



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**OTÁVIO DO CARMO DE OLIVEIRA NETO**

**RESPOSTA DA BANANEIRA CV. VITÓRIA À ADUBAÇÃO  
NITROGENADA E POTÁSSICA NA MICRORREGIÃO DO BREJO  
PARAIBANO**

**AREIA  
2019**

**OTÁVIO DO CARMO DE OLIVEIRA NETO**

**RESPOSTA DA BANANEIRA CV. VITÓRIA Á ADUBAÇÃO  
NITROGENADA E POTÁSSICA NA MICRORREGIÃO DO BREJO  
PARAIBANO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia da Universidade Federal da Paraíba, como parte das exigências para obtenção do título de Doutor em Agronomia, área de concentração: Agricultura Tropical.

**Orientador:** Profa. Dra. Rejane Maria Nunes Mendonça

**Coorientador:** Profa. Dra. Raunira da Costa Araújo

AREIA  
2019

**Catálogo na publicação**  
**Seção de Catalogação e Classificação**

O48r Oliveira Neto, Otávio do Carmo de.  
Resposta da bananeira cv. Vitória à adubação nitrogenada e potássica na microrregião do Brejo Paraibano / Otávio do Carmo de Oliveira Neto. - Areia, 2019.

356 f. : il.

Orientação: Rejane Maria Nunes Mendonça.  
Coorientação: Raunira da Costa Araújo.  
Tese (Doutorado) - UFPB/CCA.

1. Musa spp. 2. Crescimento vegetativo. 3. Fisiologia.  
4. Pós-colheita. 5. Adubação mineral. I. Mendonça, Rejane Maria Nunes. II. Araújo, Raunira da Costa. III. Título.

UFPB/CCA-AREIA

CDU 631/635(043.2)



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

**TÍTULO:** Resposta da bananeira cv. Vitória à adubação nitrogenada e potássica na microrregião do Brejo Paraibano

**AUTOR:** OTÁVIO DO CARMO DE OLIVEIRA NETO

Aprovado como parte das exigências para obtenção do título de DOUTOR em AGRONOMIA (Agricultura Tropical) pela comissão Examinadora:

*Rejane Maria Nunes Mendonça*  
\_\_\_\_\_  
Profa. Dra. Rejane Maria Nunes Mendonça  
Orientadora  
PPGA/CCA/UEPB

*Adailson Pereira de Souza*  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Adailson Pereira de Souza  
Examinador  
PPGCS/CCA/UEPB

*Silvanda de Melo Silva*  
\_\_\_\_\_  
Profa. Ph.D. Silvanda de Melo Silva  
Examinadora  
PPGA/CCA/UEPB

*Alberto Soares de Melo*  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Alberto Soares de Melo  
Examinador  
PPGCA/CCBS/UEPB

*Evandro Franklin de Mesquita*  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Evandro Franklin Mesquita  
Examinador  
PPGHT/CCHA/UEPB

Data da realização: 07/08/2019.

*Rejane R. Nunes Mendonça*  
\_\_\_\_\_  
Presidente da Comissão Examinadora  
Dra. Rejane Maria Nunes Mendonça  
Orientadora

*Aos meus amados pais, Genival do Carmo de Oliveira e Maria do Carmo de Sousa Oliveira.*

*Aos meus avós, João Felismino, Marina Faustino e Marieta Gomes, in memoriam.*

*Aos meus irmãos, Marcos César e Célia Maria.*

*A minha amada esposa, Karla Patrícia, pelo amor revelado e consumado em frutos diversos, nas muitas estações da nossa caminhada.*

*Aos nossos rebentos, filhos queridos, Joan Otávio e Layza Gabriella, que nos trouxeram novas expressões de amor, renovando em nós a semente do viver.*

*A Maria do Socorro (Mira), minha sogra e segunda mãe, grande mulher de Deus, pelas orações.*

*A minha família, razão do meu viver.*

**DEDICO**

## AGRADECIMENTO

A Deus, pela proteção, provisão, pelo cuidado, pela sua soberania, por me mostrar, sempre, que Ele está no controle de todas as coisas e que jamais vai me desamparar.

A minha família, pelo apoio, cuidado e confiança.

À Universidade Federal da Paraíba e à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Agronomia, do Centro de Ciências Agrárias, pela oportunidade de realização do curso.

Ao setor de Agricultura do Centro de Ciências Humanas, Sociais e Agrárias (CCHSA), pela disponibilização da área experimental, ferramentas, equipamentos e infraestrutura necessária.

Ao Laboratório de Biologia e Tecnologia Pós-colheita do CCA e do CCHSA, pelo apoio recebido durante a realização deste trabalho.

À Professora Rejane Maria Nunes Mendonça pela orientação, confiança e amizade.

À professora Raunira da Costa Araújo pela coorientação, incentivo e amizade.

Ao professor Walter Esfrain Pereira, pela imensurável contribuição neste trabalho.

Aos professores da Banca Examinadora, pela disponibilidade e colaboração.

A todos os professores do Centro de Ciências Agrárias, pelos conhecimentos compartilhados, especialmente aos que contribuíram com sugestões e aconselhamentos para este trabalho.

À técnica do laboratório de Fruticultura de Areia, Jandira Costa, e aos alunos do curso de Agronomia, Fabiano e Jardel, pelas contribuições nas análises e pela amizade.

Aos colegas da Pós-Graduação, Eleide Maia, Emanuel Costa, Fernando Kidelmar, Gilton Dantas, Rodrigo Ferreira, Anselmo e Lucimara, pela agradável convivência, ajuda e amizade.

Aos alunos do curso Técnico em Agropecuária de Bananeiras, Jean, Higor, Jonas e Jaqueline, pelas contribuições na condução do experimento.

Aos funcionários do setor de Agricultura do CCHSA, Antônio, Chiola, Maicossuel, Severino, Edivaldo, Diogo, Arinaldo, Jean e Fátima, pelas contribuições na instalação e condução do experimento.

Aos irmãos da Igreja em Bananeiras e Solânea que, pela comunhão, orações e ensino da palavra de Deus, me deram motivos para não viver, apenas, mergulhado na insustentabilidade do presente século.

A todos que me ajudaram incondicionalmente nesta etapa acadêmica com o meu sincero reconhecimento e gratidão.

*“O Senhor te guiará continuamente, e te fartará até em lugares áridos, e fortificará os teus ossos; serás como um jardim regado, e como um manancial, cujas águas nunca falham”.*

Isaías 58:11

*“Não tenho palavras para agradecer Tua bondade.  
Dia após dia, me cercas com fidelidade  
nunca me deixes esquecer que tudo o que tenho  
Tudo o que sou, e o que vier a ser  
Vem de Ti Senhor”*

## RESUMO GERAL

O cultivo de genótipos de bananeira susceptíveis ao Mal do Panamá e as Sigatocas amarela e negra, doenças de maior importância econômica no mundo, predomina no Nordeste brasileiro e no Estado da Paraíba, em especial, o cultivo da Pacovan. A cultivar Vitória é resistente a essas doenças e possuem potencial para substituí-la, porém, pouco se conhece sobre suas necessidades nutricionais, não havendo ainda um manejo de adubação definido para esta cultivar. A adubação nitrogenada e potássica, constitui-se como principal técnica de manejo no cultivo da bananeira, com reflexos diretos na produção e qualidade dos frutos. Objetivou-se avaliar o efeito da adubação com N e K nas características de crescimento, nutrição, fisiologia, produtividade e qualidade de frutos da bananeira cv. Vitória, em dois ciclos de produção. O experimento foi conduzido no período de janeiro de 2016 a fevereiro de 2018, no município de Bananeiras-PB, em delineamento experimental de parcela subdividida no tempo em blocos ao acaso, com quatro repetições, sendo os tratamentos das parcelas constituídos por dois ciclos de cultivo (1ª e 2ª produção). A combinação de cinco doses de N (15; 90; 150; 210 e 285 g planta<sup>-1</sup>) e cinco doses de K (24; 144; 240; 336 e 456 g planta<sup>-1</sup>) constituiu os tratamentos na subparcela, distribuídos por meio de matriz Pan Puebla III, formando 10 tratamentos acrescido de um controle (sem adubação nitrogenada e potássica). As seguintes combinações de N e K (g planta<sup>-1</sup>), respectivamente, definiram os tratamentos: T1 (90;144), T2 (90;336), T3 (210;144), T4 (210;336), T5 (150;240), T6 (15;144), T7 (285;336), T8 (90;24), T9 (210;456), T10 (15;24). Assim, este trabalho está estruturado em cinco capítulos, em que no primeiro capítulo é apresentada a Introdução Geral e o Referencial Teórico. No segundo capítulo é apresentado o comportamento do crescimento da bananeira cv. Vitória em resposta à adubação nitrogenada e potássica. No terceiro capítulo é mostrado os aspectos nutricionais e fisiológicos da bananeira cv. Vitória em resposta à adubação nitrogenada e potássica. No quarto capítulo é avaliado a produtividade e os componentes de produção da bananeira cv. Vitória em resposta à adubação nitrogenada e potássica. Por fim, no quinto capítulo é estudado a qualidade de frutos da bananeira cv. Vitória em resposta à adubação nitrogenada e potássica. Existe alta correlação entre as características altura de planta, diâmetro do pseudocaule, número de dias do plantio ao florescimento, número de dias do florescimento à colheita, número de dias do plantio à colheita e área foliar específica, sendo que maiores alturas de plantas e diâmetros do pseudocaule prolongam o ciclo da bananeira 'Vitória'. A combinação das doses de 210 g de N planta<sup>-1</sup> e 456 g de K<sub>2</sub>O planta<sup>-1</sup> (tratamento N210-K456) promove maior crescimento da bananeira 'Vitória'. Os teores foliares de K apresentados pela bananeira 'Vitória' nos dois primeiros ciclos de produção, sob doses de até 285 g planta<sup>-1</sup> de N e 456 g planta<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, estão abaixo da faixa de suficiência encontrada na literatura. Nas condições em que foi realizado o experimento, as plantas de bananeira 'Vitória' apresentam eficiência no processo fisiológico. A maioria dos componentes de produção avaliados na bananeira 'Vitória', atinge seu maior valor sob aplicação de nitrogênio na dose variando entre 125 e 177 g planta<sup>-1</sup>, no 1º ciclo; e entre 135 e 170 g planta<sup>-1</sup>, no 2º ciclo de produção, combinadas com a dose de 456 g planta<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. Sob adubação combinada de 134,54 g planta<sup>-1</sup> de N e 456 g planta<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O a bananeira 'Vitória' atinge a produtividade de 26,27 t ha<sup>-1</sup> (estande de 1.111 plantas), respectivamente. A maior firmeza (32,24 N) em frutos de bananeira 'Vitória' é obtida nas doses combinadas de 102,67 g planta<sup>-1</sup> de N e 456 g planta<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, no 2º ciclo de produção. As doses combinadas de 150 g planta<sup>-1</sup> de N e 240 g planta<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O (tratamento N150-K240) no 2º ciclo de produção, promove melhor qualidade de frutos da bananeira 'Vitória' em relação as características sólidos solúveis,

relação sólidos solúveis/acidez titulável e firmeza do fruto. Em termos das características de qualidade, a banana 'Vitória' apresenta melhor desempenho no 2º ciclo de produção.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Musa* spp. Crescimento vegetativo. Fisiologia. Pós-colheita. Adubação mineral.

## GENERAL ABSTRACT

The cultivation of banana genotypes that are susceptible to Panama Disease as well as yellow and black Sigatoka, which are diseases of major economic importance in the world, predominates in northeastern Brazil and the state of Paraíba, such as the Pacovan cultivar. The Vitoria cultivar is resistant to these diseases and has the potential to replace the Pacovan cultivar. However, little is known regarding its nutritional needs and there is no fertilization management defined for this cultivar. The main management technique for banana cultivation is nitrogen and potassium fertilization, which has a direct effect on yield and fruit quality. The aim of the present study was to evaluate the effect of N and K fertilization on the growth, nutritional aspects, physiology, productivity and fruit quality of the Vitoria banana cultivar in two production cycles. The experiment was conducted from January 2016 to February 2018 in the municipality of Bananeiras (state of Paraíba, northeastern Brazil). The experimental design was a split-time plot in randomized blocks with four replications. The plot treatments consisted of two cultivation cycles (first and second production). The subplot treatments consisted of different combinations of five doses of N (15, 90, 150, 210 and 285 g plant<sup>-1</sup>) and five doses of K (24, 144, 240, 336 and 456 g plant<sup>-1</sup>) distributed using the Pan Puebla III matrix forming 10 treatments plus one control (without nitrogen and potassium fertilization). The following combinations of N and K (g plant<sup>-1</sup>) respectively defined the treatments: T1 (90; 144), T2 (90; 336), T3 (210; 144), T4 (210; 336), T5 (150; 240), T6 (15; 144), T7 (285; 336), T8 (90; 24), T9 (210; 456), T10 (15; 24). This work is structured in five chapters. The first chapter presents the General Introduction and Theoretical Reference. The second chapter presents the growth behavior of the Vitoria cultivar in response to nitrogen and potassium fertilization. The third chapter discusses the nutritional and physiological aspects of the Vitoria cultivar in response to nitrogen and potassium fertilization. The productivity and production components of the Vitoria cultivar in response to nitrogen and potassium fertilization are evaluated in the fourth chapter. Finally, the fruit quality of the Vitoria cultivar in response to nitrogen and potassium fertilization is analyzed in the fifth chapter. There was strong correlation among plant height, pseudostem diameter, days from planting to flowering, days from flowering to harvest, days from planting to harvest and specific leaf area, with greater plant height and pseudostem diameter prolonging the Vitoria banana cycle. The combination of 210 g of N plant<sup>-1</sup> and 456 g of K<sub>2</sub>O plant<sup>-1</sup> (N210-K456 treatment) promoted greater growth of the Vitoria banana. The leaf K content in the Vitoria banana in the first two production cycles with doses of up to 285 g plant<sup>-1</sup> of N and 456 g plant<sup>-1</sup> of K<sub>2</sub>O were below the sufficiency range found in the literature. With the conditions under which the experiment was carried out, the Vitoria banana plant has an efficient physiological process. Most of the production components evaluated reached their highest values with a nitrogen dose ranging from 125 to 177 g plant<sup>-1</sup> in the first cycle and from 135 to 170 g plant<sup>-1</sup> in the second production cycle combined with a dose of 456 g plant<sup>-1</sup> of K<sub>2</sub>O. With combined fertilization of 134.54 g plant<sup>-1</sup> of N and 456 g plant<sup>-1</sup> of K<sub>2</sub>O, productivity of the Vitoria banana reached 26.27 t ha<sup>-1</sup> (stand of 1,111 plants). The greatest firmness (32.24 N) in the fruit was achieved with 102.67 g plant<sup>-1</sup> of N and 456 g plant<sup>-1</sup> of K<sub>2</sub>O in the second production cycle. A combined dose of 150 g plant<sup>-1</sup> of N and 240 g plant<sup>-1</sup> of K<sub>2</sub>O (N150-K240 treatment) in the second production cycle led to better fruit quality of the Vitoria banana plant regarding soluble solids, soluble solids/titratable acidity ratio and firmness of fruit. In terms of quality, the Vitoria banana performed better in the second production cycle.

**KEYWORDS:** *Musa* spp. Vegetative growth. Physiology. Postharvest. Mineral fertilization.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

### CAPÍTULO II

- Figura 1 - Localização do município de Bananeiras na microrregião do Brejo Paraibano, onde foi realizado o experimento. Fonte: Elaboração própria (2019)..... 108
- Figura 2 - Vista geral do experimento, realizado no município de Bananeiras na microrregião do Brejo Paraibano (A e B). Fonte: Elaboração própria (2019)..... 108
- Figura 3 - <sup>1</sup>Temperaturas mínima, máxima e média (°C) e <sup>2</sup>precipitação registradas durante a condução do experimento em Bananeiras-PB, evidenciando as épocas de manejo nutricional das plantas e colheita de cachos. Fonte: <sup>1</sup>Estação Meteorológica Davis Pro2 do CCHSA/UFPB; <sup>2</sup>Agência Executiva de Gestão de Águas do Estado da Paraíba – AESA..... 109
- Figura 4 - Umidade Relativa média do ar (%) e velocidade média do vento registradas durante a condução do experimento em Bananeiras-PB. Fonte: Estação Meteorológica Davis Pro2 do CCHSA/UFPB..... 110
- Figura 5 - Altura (ALP) do pseudocaule na emissão da inflorescência de bananeira cv. Vitória em função de doses de nitrogênio e de potássio no ciclo de produção 2. \*\*: significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. Areia, PB, 2019..... 128
- Figura 6 - Diâmetro (DPS) do pseudocaule na emissão da inflorescência de bananeira cv. Vitória em função de doses de nitrogênio e de potássio no ciclo de produção 1 (A e B) e 2 (C). \* e \*\*: significativo a 5 e 1% de probabilidades pelo teste F, respectivamente. Areia, PB, 2019..... 130

Figura 7 -	Taxa de crescimento absoluto em altura (TCAAP) do pseudocaulé até a emissão da inflorescência de bananeira cv. Vitória em função de doses de nitrogênio e de potássio no ciclo de produção 1 (A e B) e 2 (C). * e **: significativo a 5 e 1% de probabilidades pelo teste F, respectivamente. Areia, PB, 2019.....	136
Figura 8 -	Taxa de crescimento absoluto em diâmetro (TCADP) do pseudocaulé até a emissão da inflorescência de bananeira cv. Vitória em função de doses de nitrogênio e de potássio no ciclo de produção 1 (A) e 2 (B). **: significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. Areia, PB, 2019.....	138
Figura 9 -	Taxa de crescimento relativo em altura (TCRAP) e diâmetro (TCRDP) do pseudocaulé até a emissão da inflorescência de bananeira cv. Vitória em função de doses de nitrogênio (A e C) e de potássio (B e D) no ciclo de produção 1 e 2. * e **: significativo a 5 e 1% de probabilidades pelo teste F, respectivamente. Areia, PB, 2019.....	140
Figura 10 -	Número de folhas vivas no florescimento (NFF) de bananeira cv. Vitória em função de doses de nitrogênio e de potássio no ciclo de produção 1 (A e B) e 2 (C). * e **: significativo a 5 e 1% de probabilidades pelo teste F, respectivamente. Areia, PB, 2019.....	142
Figura 11 -	Número de folhas vivas na colheita (NFC) de bananeira cv. Vitória em função de doses de nitrogênio e de potássio no ciclo de produção 1 (A) e 2 (B). * e **: significativo a 5 e 1% de probabilidades pelo teste F, respectivamente. Areia, PB, 2019.....	145
Figura 12 -	Índice de durabilidade das folhas (IDF) de bananeira cv. Vitória em função de doses de nitrogênio e de potássio no ciclo de produção 1 (A) e 2 (B). * e **: significativo a 5 e 1% de probabilidades pelo teste F, respectivamente. Areia, PB, 2019.....	149

Figura 13 - Área foliar no florescimento (AFF) de bananeira cv. Vitória em função de doses de nitrogênio e de potássio no ciclo de produção 1 e 2. **: significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. Areia, PB, 2019.....	152
Figura 14 - Área foliar na colheita (AFC) de bananeira cv. Vitória em função de doses de nitrogênio e de potássio no ciclo de produção 1 (A) e 2 (B). * e **: significativo a 5 e 1% de probabilidades pelo teste F, respectivamente. Areia, PB, 2019.....	154
Figura 15 - Fitomassa seca das folhas (FSFL) de bananeira cv. Vitória em função de doses de nitrogênio e de potássio no ciclo de produção 1 (A) e 2 (B). * e **: significativo a 5 e 1% de probabilidades pelo teste F, respectivamente. Areia, PB, 2019.....	156
Figura 16 - Fitomassa seca do pseudocaule (FSP) de bananeira cv. Vitória em função de doses de nitrogênio e de potássio no ciclo de produção 2. **: significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. Areia, PB, 2019.....	159
Figura 17 - Fitomassa seca do cacho (FSC) de bananeira cv. Vitória em função de doses de nitrogênio e de potássio no ciclo de produção 1 e 2. **: significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. Areia, PB, 2019.....	161
Figura 18 - Fitomassa seca da parte aérea (FSPA) de bananeira cv. Vitória em função de doses de nitrogênio e de potássio no ciclo de produção 2. * e **: significativo a 5 e 1% de probabilidades pelo teste F, respectivamente. Areia, PB, 2019.....	163
Figura 19 - Razão de área foliar (RAF) de bananeira cv. Vitória em função de doses de nitrogênio e de potássio no ciclo de produção 1 (A) e 2 (B). **: significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. Areia, PB, 2019.....	166
Figura 20 - Área foliar específica (AFE) de bananeira cv. Vitória em função de doses de nitrogênio (A) e de potássio (B) no ciclo de produção 1 e 2. **: significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. Areia, PB, 2019.....	168

Figura 21 - Número de dias do plantio ao florescimento (NDPF) de bananeira cv. Vitória em função de doses de nitrogênio (A) e de potássio (B) no ciclo de produção 1 e 2. **: significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. Areia, PB, 2019.....	170
Figura 22 - Número de dias do florescimento à colheita (NDFC) de bananeira cv. Vitória em função de doses de nitrogênio (A) e de potássio (B) no ciclo de produção 1 e 2. **: significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. Areia, PB, 2019.....	173
Figura 23 - Número de dias do plantio à colheita (NDPC) de bananeira cv. Vitória em função de doses de nitrogênio e de potássio no ciclo de produção 1 (A e B) e 2 (C). **: significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. Areia, PB, 2019.....	175
Figura 24 – Dispersão das variáveis de crescimento de bananeira cv. Vitória e agrupamentos dos tratamentos com base nos escores do primeiro (CP1) e segundo (CP2) componente principal.....	180

### **CAPÍTULO III**

Figura 1 - Localização do município de Bananeiras na microrregião do Brejo Paraibano, onde foi realizado o experimento. Fonte: Elaboração própria (2019).....	197
Figura 2 - Vista geral do experimento, realizado no município de Bananeiras na microrregião do Brejo Paraibano (A e B). Fonte: Elaboração própria (2019).....	197
Figura 3 - <sup>1</sup> Temperaturas mínima, máxima e média (°C) e <sup>2</sup> precipitação registradas durante a condução do experimento em Bananeiras-PB, evidenciando as épocas de manejo nutricional das plantas e colheita de cachos. Fonte: <sup>1</sup> Estação Meteorológica Davis Pro2 do CCHSA/UFPB; <sup>2</sup> Agência Executiva de Gestão de Águas do Estado da Paraíba – AESA.....	198
Figura 4 - Umidade Relativa média do ar (%) e velocidade média do vento registradas durante a condução do experimento em Bananeiras-PB. Fonte: Estação Meteorológica Davis Pro2 do CCHSA/UFPB.....	199

Figura 5 -	Representação esquemática de amostragem do tecido para análise foliar da bananeira no início do florescimento (modificado de BORGES e CRISOSTOMO, 2014).....	207
Figura 6 -	Plantas de bananeira na fase de florescimento com a inflorescência recentemente lançada, ainda fechada e inclinada para baixo (A e B). Fonte: Produção do próprio autor.....	208
Figura 7 -	Avaliações das trocas gasosas realizadas com o analisador de gás a infravermelho (Infra Red Gas Analyser, IRGA, modelo LCpro-SD, BioScientific®) com temperatura ambiente e radiação artificial com intensidade de 1500 $\mu\text{mol}$ de fótons $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , no 1º (A e B) e 2º (C) ciclo de cultivo. Fonte: Produção do próprio autor.....	210
Figura 8 -	Teores foliares de nitrogênio (Nfolha) de bananeira cv. Vitória em função de doses de nitrogênio (A) e de potássio (B) no ciclo de produção 1 e 2. **: significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. Areia, PB, 2019.....	214
Figura 9 -	Teores foliares de potássio (Kfolha) de bananeira cv. Vitória em função de doses de nitrogênio (A) e de potássio (B) no ciclo de produção 1 e 2. **: significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. Areia, PB, 2019.....	216
Figura 10 -	Teores foliares de fósforo (Pfolha) de bananeira cv. Vitória em função de doses de nitrogênio (A) e de potássio (B) no ciclo de produção 1 e 2. *: significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. Areia, PB, 2019.....	219
Figura 11 -	Teores foliares de magnésio (Mgfolha) de bananeira cv. Vitória em função de doses de nitrogênio (A) e de potássio (B) no ciclo de produção 1 e 2. **: significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. Areia, PB, 2019.....	221
Figura 12 -	Relação entre os teores foliares de potássio e nitrogênio (K/N) de bananeira cv. Vitória em função de doses de nitrogênio (A) e de potássio (B) no ciclo de produção 1 e 2. **: significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. Areia, PB, 2019.....	223

Figura 13 -	Relação entre os teores foliares de potássio e magnésio (K/Mg) de bananeira cv. Vitória em função de doses de nitrogênio e de potássio no ciclo de produção 1 (A) e 2 (B e C). **: significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. Areia, PB, 2019.....	225
Figura 14 -	Relação entre os teores foliares de potássio e cálcio (K/Ca) de bananeira cv. Vitória em função de doses de nitrogênio no ciclo de produção 1 e 2. *: significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. Areia, PB, 2019.....	226
Figura 15 -	Condutância estomática (gs) e concentração interna de gás carbônico (ci) de bananeira cv. Vitória em função de doses de nitrogênio (A e C) e de potássio (B e D) no ciclo de produção 1 e 2. * e **: significativo a 5 e 1% de probabilidades pelo teste F, respectivamente. Areia, PB, 2019.....	231
Figura 16 -	Índice foliar de clorofila a (Icla) em folhas de bananeira cv. Vitória em função de doses de nitrogênio e de potássio no ciclo de produção 2. * e **: significativo a 5 e 1% de probabilidades pelo teste F, respectivamente. Areia, PB, 2019.....	236
Figura 17 -	Índice foliar de clorofila b (Iclb) em folhas de bananeira cv. Vitória em função de doses de nitrogênio e de potássio no ciclo de produção 1(A) e 2 (B). * e **: significativo a 5 e 1% de probabilidades pelo teste F, respectivamente. Areia, PB, 2019.....	237
Figura 18 -	Índice foliar de clorofila total (Iclt) em folhas de bananeira cv. Vitória em função de doses de nitrogênio e de potássio no ciclo de produção 1 (A e B) e 2 (C). * e **: significativo a 5 e 1% de probabilidades pelo teste F, respectivamente. Areia, PB, 2019.....	238
Figura 19 -	Índice SPAD em folhas de bananeira cv. Vitória em função de doses de nitrogênio e de potássio no ciclo de produção 1 (A) e 2 (B). * e **: significativo a 5 e 1% de probabilidades pelo teste F, respectivamente. Areia, PB, 2019.....	239
Figura 20 -	Teor de clorofila a - CclaA (A), b - CclbA (B) e total – CcltA (C) em folhas de bananeira cv. Vitória em função da interação entre doses de nitrogênio e potássio no ciclo 1. * e **: significativo a 5 e 1% de probabilidades pelo teste F, respectivamente. Areia, PB, 2019.....	241

## CAPÍTULO IV

- Figura 1 - Localização do município de Bananeiras na microrregião do Brejo Paraibano, onde foi realizado o experimento. Fonte: Elaboração própria (2019)..... 259
- Figura 2 - Vista geral do experimento, realizado no município de Bananeiras na microrregião do Brejo Paraibano (A e B). Fonte: Elaboração própria (2019)..... 259
- Figura 3 - <sup>1</sup>Temperaturas mínima, máxima e média (°C) e <sup>2</sup>precipitação registradas durante a condução do experimento em Bananeiras-PB, evidenciando as épocas de manejo nutricional das plantas e colheita de cachos. Fonte: <sup>1</sup>Estação Meteorológica Davis Pro2 do CCHSA/UFPB; <sup>2</sup>Agência Executiva de Gestão de Águas do Estado da Paraíba – AESA..... 260
- Figura 4 - Umidade Relativa média do ar (%) e velocidade média do vento registradas durante a condução do experimento em Bananeiras-PB. Fonte: Estação Meteorológica Davis Pro2 do CCHSA/UFPB..... 261
- Figura 5 - Esquema demonstrando a medida tomada para comprimento dos frutos (modificado de Cavatte, 2008)..... 270
- Figura 6 - Massa do cacho (MC) de bananeira cv. Vitória em função de doses de nitrogênio e de potássio no ciclo de produção 1 e 2. \*\*: significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. Areia, PB, 2019..... 276
- Figura 7 - Massa de engão (ME) de bananeira cv. Vitória em função de doses de nitrogênio e de potássio no ciclo de produção 1 (A e B) e 2 (C). \*\*: significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. Areia, PB, 2019..... 279
- Figura 8 - Massa de ráquis (MR) de bananeira cv. Vitória em função de doses de nitrogênio (A) e de potássio (B) no ciclo de produção 1 e 2. \*\*: significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. Areia, PB, 2019..... 280

- Figura 9 - Número de pencas (NP) de bananeira cv. Vitória em função de doses de nitrogênio e de potássio no ciclo de produção 1 (A e B) e 2 (C). \* e \*\*: significativo a 5 e 1% de probabilidades pelo teste F, respectivamente. Areia, PB, 2019..... 281
- Figura 10 - Massa fresca total das pencas (MTP) de bananeira cv. Vitória em função de doses de nitrogênio e de potássio no ciclo de produção 1 e 2. \*\*: significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. Areia, PB, 2019..... 284
- Figura 11 - Massa fresca média das pencas (MMP) de bananeira cv. Vitória em função de doses de nitrogênio e de potássio no ciclo de produção 1 (A) e 2 (B). \*\*: significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. Areia, PB, 2019..... 285
- Figura 12 - Número de frutos por cacho (NFC) de bananeira cv. Vitória em função da interação entre doses de nitrogênio e potássio no ciclo 1 (A)  $\hat{y} = 90,3 + 0,1115**N - 0,0005**N^2 + 0,0299K - 0,0001**K^2 + 0,0002**NxK$ ,  $R^2 = 0,6549$ ; e ciclo 2 (B)  $\hat{y} = 85,9 + 0,2134**N - 0,0009*N^2 + 0,0256**K + 0,0002**NxK$ ,  $R^2 = 0,7569$ . \* e \*\*: significativo a 5 e 1% de probabilidades pelo teste F, respectivamente. Areia, PB, 2019..... 287
- Figura 13 - Número de frutos por penca (NFP) em função da interação entre doses de nitrogênio e potássio.  $\hat{y} = 14 + 0,012389**N - 0,000051**N^2 + 0,000924**K + 0,000008*NxK$ ,  $R^2 = 0,7623$  (A) e número de frutos da segunda penca (NF2P) de bananeira cv. Vitória em função de doses de nitrogênio (B) e de potássio (C) no ciclo de produção 1 e 2.\* e \*\*: significativo a 5 e 1% de probabilidades pelo teste F, respectivamente. Areia, PB, 2019..... 290
- Figura 14 - Comprimento dos frutos da segunda penca (CF2P) de bananeira cv. Vitória em função de doses de Nitrogênio e de potássio no ciclo de produção 1 (A) e 2 (B). \*\*: significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. Areia, PB, 2019..... 292

Figura 15 - Massa fresca média dos frutos da segunda penca (MMF2P) de bananeira cv. Vitória em função de doses de nitrogênio e de potássio no ciclo de produção 1 (A) e 2 (B). * e **: significativo a 5 e 1% de probabilidades pelo teste F, respectivamente. Areia, PB, 2019.....	294
Figura 16 - Produtividade em pencas (PP) de bananeira cv. Vitória em função de doses de nitrogênio e de potássio no ciclo de produção 1 e 2. **: significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. Areia, PB, 2019.....	296
Figura 17 - Produtividade em frutos (PF) de bananeira cv. Vitória em função de doses de nitrogênio e de potássio no ciclo de produção 2. **: significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. Areia, PB, 2019.....	300
Figura 18 - Dispersão das variáveis de produção de bananeira cv. Vitória e agrupamentos dos tratamentos com base nos escores do primeiro (CP1) e segundo (CP2) componente principal.....	303

## CAPÍTULO V

Figura 1 - Localização do município de Bananeiras na microrregião do Brejo Paraibano, onde foi realizado o experimento. Fonte: Elaboração própria (2019).....	318
Figura 2 - Vista geral do experimento, realizado no município de Bananeiras na microrregião do Brejo Paraibano (A e B). Fonte: Elaboração própria (2019).....	318
Figura 3 - <sup>1</sup> Temperaturas mínima, máxima e média (°C) e <sup>2</sup> precipitação registradas durante a condução do experimento em Bananeiras-PB, evidenciando as épocas de manejo nutricional das plantas e colheita de cachos. Fonte: <sup>1</sup> Estação Meteorológica Davis Pro2 do CCHSA/UFPB; <sup>2</sup> Agência Executiva de Gestão de Águas do Estado da Paraíba – AESA.....	319

Figura 4 -	Umidade Relativa média do ar (%) e velocidade média do vento registradas durante a condução do experimento em Bananeiras-PB. Fonte: Estação Meteorológica Davis Pro2 do CCHSA/UFPB.....	320
Figura 5 -	Escala de maturação de Von Loesecke (CEAGESP, 2006), adaptado por Delfino et al. (2010). 1-Totalmente verde; 2-Verde com traços amarelos; 3-Mais verde do que amarelo; 4-Mais amarelo do que verde; 5-Amarelo com a ponta verde; 6-Todo amarelo (banana com excelente qualidade de cor e consumo); 7-Amarelo com áreas marrons.....	328
Figura 6 -	Firmeza (FMF) de frutos íntegros de bananeira cv. Vitória em função de doses de nitrogênio e de potássio no ciclo de produção 1 (A) e 2 (B). * e **: significativo a 5 e 1% de probabilidades pelo teste F, respectivamente. Areia, PB, 2019.....	335
Figura 7 -	Sólidos solúveis (SS) de frutos de bananeira cv. Vitória em função de doses de nitrogênio (A) e de potássio (B) no ciclo de produção 1 e 2. **: significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. Areia, PB, 2019.....	338
Figura 8 -	Acidez titulável – AT (g 100g <sup>-1</sup> de ácido málico) de frutos de bananeira cv. Vitória em função de doses de nitrogênio e de potássio no ciclo de produção 2. **: significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. Areia, PB, 2019.....	340
Figura 9 -	Relação SS/AT (RATIO) de frutos de bananeira cv. Vitória em função de doses de nitrogênio e de potássio no ciclo de produção 1 (A e B) e 2 (C). * e **: significativo a 5 e 1% de probabilidades pelo teste F, respectivamente. Areia, PB, 2019.....	342
Figura 10 -	Açúcares redutores (AR) e totais (AT) na polpa em frutos de bananeira cv. Vitória em função de doses de nitrogênio (A e C) e de potássio (B e D) no ciclo de produção 1 e 2. **: significativo a 5 e 1% de probabilidades pelo teste F, respectivamente. Areia, PB, 2019.....	345
Figura 11 -	Dispersão das variáveis de qualidade do fruto de banana cv. Vitória e agrupamentos dos tratamentos com base nos escores do primeiro (CP1) e segundo (CP2) componente principal.....	349

## LISTA DE TABELAS

### MATERIAL E MÉTODOS

Tabela 1 - Atributos químicos e físicos do solo, na camada de 0 - 20 e 0 - 40 cm de profundidade, da área experimental em Bananeiras, antes da instalação do experimento, Paraíba, 2019.....	111
Tabela 2 - Níveis e doses de nitrogênio (N) e potássio (K) empregados nos tratamentos/combinções do experimento, conforme a matriz “Pan Puebla III”. Areia-PB, 2019.....	112
Tabela 3 - Recomendações para cultura da bananeira em alguns Estados Brasileiros. Areia -PB, 2019.....	113
Tabela 4 - Teores médios de macro e micronutrientes na matéria seca do esterco aplicado na adubação de fundação da bananeira. Areia-PB, 2019.....	115
Tabela 5 - Características químicas da água utilizada nas irrigações da bananeira. Areia-PB, 2019.....	116

### CAPÍTULO II

Tabela 6 - Resumo das análises de variância e valores médios para altura (ALP) e diâmetro do pseudocaule no florescimento, (DPS), taxa de crescimento absoluto em altura (TCAAPF) e diâmetro do pseudocaule até o florescimento (TCADPF), taxa de crescimento relativo em altura (TCRAPF) e diâmetro do pseudocaule até o florescimento, (TCRDPF) e número de rebentos (NRF) de bananeira cv. Vitória em dois ciclos (C) e quanto a combinação entre doses de nitrogênio e potássio utilizando a matriz de Pan Puebla III. Areia, PB, 2019.....	124
---	-----

Tabela 7 -	Resumo das análises de variância e valores médios para número de folhas vivas no florescimento (NFF) e na colheita (NFC), índice de durabilidade das folhas (IDF), área foliar no florescimento (AFF) e na colheita (AFC), fitomassa seca das folhas (FSFL) e do pseudocaule (FSP) de bananeira cv. Vitória em dois ciclos (C) e quanto a combinação entre doses de nitrogênio e potássio utilizando a matriz de Pan Puebla III. Areia, PB, 2019.....	125
Tabela 8 -	Resumo das análises de variância e valores médios para fitomassa seca do cacho (FSC) e da parte aérea (FSPA), razão de área foliar (RAF), área foliar específica (AFE), número de dias do plantio florescimento (NDPF), do florescimento à colheita (NDFC) e do plantio à colheita (NDPC) de bananeira cv. Vitória em dois ciclos (C) e quanto a combinação entre doses de nitrogênio e potássio utilizando a matriz de Pan Puebla III. Areia, PB, 2019.....	126
Tabela 9 -	Matriz de autovalores e autovetores dos componentes principais (CP1 e CP2) das variáveis de crescimento da bananeira cv. Vitória. Areia, PB, 2019.....	178

### **CAPÍTULO III**

Tabela 1 -	Atributos químicos e físicos do solo, na camada de 0 - 20 e 0 - 40 cm de profundidade, da área experimental em Bananeiras, antes da instalação do experimento, Paraíba, 2019.....	200
Tabela 2 -	Níveis e doses de nitrogênio (N) e potássio (K) empregados nos tratamentos/combinações do experimento, conforme a matriz “Pan Puebla III”. Areia-PB, 2019.....	201
Tabela 3 -	Recomendações para cultura da bananeira em alguns Estados Brasileiros. Areia -PB, 2019.....	202
Tabela 4 -	Teores médios de macro e micronutrientes na matéria seca do esterco aplicado na adubação de fundação da bananeira. Areia-PB, 2019.....	204
Tabela 5 -	Características químicas da água utilizada nas irrigações da bananeira. Areia-PB, 2019.....	205

Tabela 6 -	Resumo das análises de variância e valores médios para os teores foliares de nitrogênio (Nfolha), fósforo (Pfolha), potássio (Kfolha), cálcio (Cafolha) e magnésio (Mgfolha) de bananeira cv. Vitória em dois ciclos (C) e quanto a combinação entre doses de nitrogênio e potássio utilizando a matriz de Pan Puebla III. Areia, PB, 2019.....	212
Tabela 7 -	Resumo das análises de variância e valores médios para a relação entre os teores foliares de nitrogênio/fósforo (N/P), nitrogênio/potássio (N/K), nitrogênio/Cálcio (N/Ca), nitrogênio/Mg (N/Mg), potássio/nitrogênio (K/N), potássio/Cálcio (K/Ca) e potássio/magnésio (K/Mg), de bananeira cv. Vitória em dois ciclos (C) e quanto a combinação entre doses de nitrogênio e potássio utilizando a matriz de Pan Puebla III. Areia, PB, 2019.....	213
Tabela 8 -	Resumo das análises de variância e valores médios para assimilação líquida de gás carbônico (A), transpiração (E), condutância estomática (gs), concentração interna de gás carbônico (ci), eficiência no uso da água (EUA) de bananeira cv. Vitória em dois ciclos (C) e quanto a combinação entre doses de nitrogênio e potássio utilizando a matriz de Pan Puebla III. Areia, PB, 2019.....	228
Tabela 9 -	Resumo das análises de variância e valores médios para índices foliares de clorofila a (Icla), b (Iclb), total (Iclt) e SPAD e teor foliar de clorofila a (CclaA), b (CclbA) e total (CcltA) em folhas de bananeira cv. Vitória em dois ciclos (C) e quanto a combinação entre doses de nitrogênio e potássio utilizando a matriz de Pan Puebla III. Areia, PB, 2019.....	235
Tabela 10 -	Correlação de Pearson entre os índices foliares de clorofila a (Icla), b (Iclb) e total (Iclt), os teores de clorofila a (CclaA), b (CclbA) e total (CcltA) e índice SPAD em folhas de bananeiras cv. Vitória. Areia, PB, 2019.....	244

#### **CAPÍTULO IV**

Tabela 1 -	Atributos químicos e físicos do solo, na camada de 0 - 20 e 0 - 40 cm de profundidade, da área experimental em Bananeiras, antes da instalação do experimento, Paraíba, 2019.....	262
------------	---	-----

Tabela 2 - Níveis e doses de nitrogênio (N) e potássio (K) empregados nos tratamentos/combinções do experimento, conforme a matriz “Pan Puebla III”. Areia-PB, 2019.....	263
Tabela 3 - Recomendações para cultura da bananeira em alguns Estados Brasileiros. Areia -PB, 2019.....	264
Tabela 4 - Teores médios de macro e micronutrientes na matéria seca do esterco aplicado na adubação de fundação da bananeira. Areia-PB, 2019.....	266
Tabela 5 - Características químicas da água utilizada nas irrigações da bananeira. Areia-PB, 2019.....	267
Tabela 6 - Resumo das análises de variância e valores médios para massa do cacho (MC), de engajo (ME) e de ráquis (MR), número de pencas (NP), massa total de pencas (MTP) massa média de pencas (MMP) e número de frutos por cacho (NFP) de bananeira cv. Vitória em dois ciclos (C) e quanto a combinação entre doses de nitrogênio e potássio utilizando a matriz de Pan Puebla III. Areia, PB, 2019.....	273
Tabela 7 - Resumo das análises de variância e valores médios para número de frutos por cacho (NFP), por penas (NFP) e na segunda penca (NF2P), comprimento (CF2P) e massa média dos frutos na segunda penca (MMS2P), produtividade em pencas (PP) e em frutos (PF) de bananeira cv. Vitória em dois ciclos (C) e quanto a combinação entre doses de nitrogênio e potássio utilizando a matriz de Pan Puebla III. Areia, PB, 2019.....	274
Tabela 8 - Matriz de autovalores e autovetores dos componentes principais (CP1 e CP2) da massa do cacho (MC), de engajo (ME) e de ráquis (MR), número de pencas (NP), massa total de pencas (MTP) e massa média de pencas (MMP), número de frutos por cacho (NFP), por penas (NFP) e na segunda penca (NF2P), comprimento (CF2P) e massa média dos frutos na segunda penca (MMS2P), produtividade em pencas (PP) e em frutos (PF) de bananeira cv. Vitória. Areia, PB, 2019.....	302

## CAPÍTULO V

Tabela 1 - Atributos químicos e físicos do solo, na camada de 0 - 20 e 0 - 40 cm de profundidade, da área experimental em Bananeiras, antes da instalação do experimento, Paraíba, 2019.....	321
Tabela 2 - Níveis e doses de nitrogênio (N) e potássio (K) empregados nos tratamentos/combinções do experimento, conforme a matriz “Pan Puebla III”. Areia-PB, 2019.....	322
Tabela 3 - Recomendações para cultura da bananeira em alguns Estados Brasileiros. Areia -PB, 2019.....	323
Tabela 4 - Teores médios de macro e micronutrientes na matéria seca do esterco aplicado na adubação de fundação da bananeira. Areia-PB, 2019.....	325
Tabela 5 - Características químicas da água utilizada nas irrigações da bananeira. Areia-PB, 2019.....	326
Tabela 6 - Resumo das análises de variância e valores médios para firmeza (FMF), sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT) e pH de frutos de bananeira cv. Vitória em dois ciclos (C) e quanto a combinação entre doses de nitrogênio e potássio utilizando a matriz de Pan Puebla III. Areia, PB, 2019.....	333
Tabela 7 - Resumo das análises de variância e valores médios para relação SS/AT (RATIO), açúcares redutores (AR), açúcares não redutores (ANR) e açúcares totais (AT) de frutos de bananeira cv. Vitória em dois ciclos (C) e quanto a combinação entre doses de nitrogênio e potássio utilizando a matriz de Pan Puebla III. Areia, PB, 2019.....	334
Tabela 8 - Matriz de autovalores e autovetores dos componentes principais (CP1 e CP2) da firmeza (FMF), sólidos solúveis (SS), acidez titulável (ATT), relação SS/ATT (RATIO), açúcares redutores (AR), açúcares não redutores (ANR) e açúcares totais (AT) em frutos de bananeira cv. Vitória. Areia, PB, 2019.....	348

## SUMÁRIO

### CAPÍTULO I

1	INTRODUÇÃO GERAL.....	28
1.1	Objetivos.....	32
1.1.1	Objetivo Geral .....	32
1.1.2	Objetivos Específicos .....	32
1.2	Estrutura da tese.....	33
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	35
2.1	Ecofisiologia da bananeira .....	35
2.2	Importância econômica e rendimento da bananeira .....	44
2.3	A cultivar BRS Vitória .....	46
2.4	Requerimentos e adubação da bananeira com N e K .....	49
2.5	Nitrogênio.....	51
2.6	Metabolismo do nitrogênio.....	54
2.7	Potássio.....	60
2.8	Potássio e características de qualidade do fruto da bananeira .....	64
2.9	Interação entre N e K.....	65
2.10	N e K na qualidade interna e externa de frutos, na maturação e conservação pós-colheita.....	69
2.11	K e acúmulo de carboidratos solúveis, amido e compostos nitrogenados.....	74
2.12	Antagonismo entre N e K .....	77
	REFERÊNCIAS .....	81

### CAPÍTULO II – RESPOSTA DA BANANEIRA CV. BRS VITÓRIA À ADUBAÇÃO NITROGENADA E POTÁSSICA: CRESCIMENTO .....

1	INTRODUÇÃO.....	106
2	MATERIAL E MÉTODOS.....	108
2.1	Localização do experimento .....	108
2.2	Clima e solo .....	109
2.3	Delineamento experimental.....	112
2.4	Implantação e manejo do experimento .....	114
2.4.1	Cultivar.....	114

2.4.2	Plantio e tratos culturais .....	115
2.5	Características avaliadas.....	117
2.5.1	Partição de fitomassa.....	117
2.5.2	Altura (ALP) e diâmetro (DPS) do pseudocaule.....	119
2.5.3	Taxas de crescimento absoluto (TCA) e relativo (TCR).....	119
2.5.4	Área foliar total (AFTe).....	119
2.5.5	Razão de área foliar (RAF).....	120
2.5.6	Área foliar específica (AFE).....	120
2.5.7	Número de filhos (NRF).....	121
2.5.8	Número de folhas (NFF) .....	121
2.5.9	Índice de durabilidade das folhas (IDF) .....	121
2.5.10	Ciclo da cultura.....	121
2.6	Análise estatística .....	122
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	122
4	CONCLUSÕES .....	181
	REFERÊNCIAS .....	182

**CAPÍTULO III - RESPOSTA DA BANANEIRA CV. BRS VITÓRIA À ADUBAÇÃO NITROGENADA E POTÁSSICA: ASPECTOS NUTRICIONAIS E FISIOLÓGICOS .....** 192

1	INTRODUÇÃO.....	195
2	MATERIAL E MÉTODOS.....	197
2.1	Localização do experimento.....	197
2.2	Clima e solo.....	198
2.3	Delineamento experimental.....	201
2.4	Implantação e manejo do experimento.....	203
2.4.1	Cultivar.....	203
2.4.2	Plantio e tratos culturais .....	204
2.5	Características avaliadas.....	206
2.5.1	Teores foliares de nutrientes.....	206
2.5.2	Índice e teor relativo de clorofila das plantas .....	207
2.5.3	Trocas gasosas .....	209
2.6	Análise estatística .....	210
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	211

4	CONCLUSÕES .....	245
	REFERÊNCIAS .....	246

CAPÍTULO IV – RESPOSTA DA BANANEIRA CV. BRS VITÓRIA À ADUBAÇÃO NITROGENADA E POTÁSSICA: PRODUTIVIDADE E COMPONENTES DA PRODUÇÃO ..... 254

1	INTRODUÇÃO.....	257
2	MATERIAL E MÉTODOS.....	259
2.1	Localização do experimento.....	259
2.2	Clima e solo.....	260
2.3	Delineamento experimental.....	263
2.4	Implantação e manejo do experimento.....	265
2.4.1	Cultivar.....	265
2.4.2	Plantio e tratos culturais .....	266
2.5	Colheita e transporte de cachos .....	268
2.6	Características avaliadas.....	269
2.6.1	Massa fresca do cacho, engajo e da ráquis .....	269
2.6.2	Número e massa fresca das pencas.....	269
2.6.3	Número de frutos por cacho e penca .....	269
2.6.4	Número, comprimento e massa fresca dos frutos da segunda penca.....	269
2.6.5	Produtividade.....	270
2.7	Análise estatística .....	270
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	271
4	CONCLUSÕES .....	304
	REFERÊNCIAS .....	305

CAPÍTULO V – RESPOSTA DA BANANEIRA CV. BRS VITÓRIA À ADUBAÇÃO NITROGENADA E POTÁSSICA: QUALIDADE DE FRUTOS ..... 312

1	INTRODUÇÃO.....	315
2	MATERIAL E MÉTODOS.....	318
2.1	Localização do experimento.....	318
2.2	Clima e solo.....	319
2.3	Delineamento experimental.....	322
2.4	Implantação e manejo do experimento.....	324

2.4.1	Cultivar.....	324
2.4.2	Plantio e tratos culturais .....	325
2.5	Colheita e transporte de cachos .....	327
2.6	Despencamento e lavagem de pencas.....	328
2.7	Características avaliadas .....	328
2.7.1	Firmeza.....	328
2.7.2	Sólidos solúveis (%) .....	329
2.7.3	Acidez titulável (% ácido málico) - AT.....	329
2.7.4	Relação SS/AT .....	329
2.7.5	Potencial hidrogeniônico (pH) .....	329
2.7.6	Açúcares redutores (glicose), não redutores (sacaroses) e totais.....	329
2.7.7	Amido.....	330
2.8	Análise estatística .....	330
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	331
4	CONCLUSÕES .....	350
	REFERÊNCIAS .....	351

## CAPÍTULO I

### 1. INTRODUÇÃO GERAL

A fruticultura é uma atividade que tem participação direta na economia do país por meio do valor das exportações e mercado interno. Apresenta elevada importância na esfera econômica-social, visto que está presente em todos os estados brasileiros, sendo responsável pela geração de 5,6 milhões de empregos diretos, o equivalente a 27% do total da mão-de-obra agrícola, tornando este setor no cenário nacional um dos principais geradores de renda, emprego e desenvolvimento rural do agronegócio (REETZ, 2015).

Dentre as frutíferas de expressividade cultivadas no mundo, insere-se a bananeira (*Musa spp*), destacando-se como os maiores produtores a Índia, China, Indonésia, Brasil e Equador (FAOSTAT, 2018). O Brasil é o quarto maior produtor mundial, com 7,2 milhões de toneladas por ano e produtividade de 14,8 t ha<sup>-1</sup> (FAOSTAT, 2018; IBGE, 2018), sendo a região Nordeste a segunda produtora nacional, respondendo por 33,13% da produção nacional (IBGE, 2018).

Na Paraíba, a bananeira é a segunda frutífera em termos de produção e importância econômica (IDEME,2014), gerando em torno de R\$ 134.440.000,00 no ano de 2017, constituindo-se o 13º estado na produção nacional dessa fruta, com uma produção de 121.398 t no ano de 2017. O Brejo Paraibano é a região de maior produção de banana, respondendo por 71,4% da produção estadual, com destaque para os municípios de Alagoa Nova e Bananeiras, com produção de 24.000 e 21.000 t no ano de 2017, respectivamente (IBGE 2018).

Apesar da representatividade da bananicultura no estado da Paraíba, grande parte da produção paraibana é realizado por pequenos produtores que mesmo com as dificuldades

pela escassez hídrica da região, conseguem uma produção significativa; porém ainda se tem uma carência por um manejo adequado nutricional, água de qualidade e de variedades de banana com melhor produtividade para a região. Entretanto, é de fundamental importância aumentar os níveis tecnológicos na cadeia produtiva, criando desta forma, alternativas para atingir novos mercados e a diversificação dos sistemas de cultivo.

A falta de manejo em níveis adequado de nutrientes, durante o ciclo da cultura, é um dos principais fatores responsáveis pelo baixo rendimento da bananeira (BORGES e OLIVEIRA, 1995; MOREIRA, 1999; BORGES et al., 2002); e na Paraíba, um outro fator agravante é que o manual de recomendação de adubação para o estado, data dos anos 70, sendo, portanto, as técnicas utilizadas para recomendação de adubação baseadas em manual pertencente a outros estados da federação.

As principais cultivares de banana comercializadas no País ('Prata', 'Prata Anã', 'Pacovan', 'Maçã' e 'Nanica') são suscetíveis a Sigatoka amarela (*Mycosphaerella musicola*, Leach), a Sigatoca negra (*Mycosphaerella fijiensis*, Morelet) e ao Mal do Panamá (*Fusarium oxisporum* f. sp. *cubense*), doenças de maior importância econômica na bananicultura, as quais podem conduzir a severas perdas de até 100% (SILVA S et al., 2013 e 2015; SILVA M et al. 2013), sendo a Sigatoca negra a principal doença que afeta o cultivo de bananas em todo o mundo (ARANGO-ISAZA et al., 2016).

Descrita pela primeira vez nas ilhas Fiji, em 1963, em menos de seis décadas a Sigatoca negra se espalhou para atingir ampla distribuição global, estando atualmente presente em vários continentes (Ásia, África, América do Norte, América Central e Caribe, América do Sul e Oceania). No Brasil, foi constatada em fevereiro de 1998 no Estado do Amazonas, sendo que já atingiu grande parte do País, estando presente também nos Estados do Acre, Amapá, Rondônia, Roraima, Tocantins, Pará (Região Norte), Mato Grosso, Mato Grosso do Sul (Região Centro-Oeste), São Paulo, Minas Gerais, Espírito Santo (Região

Sudeste), Santa Catarina, Rio Grande do Sul, Paraná (Região Sul) e Bahia na região Nordeste (CABI, 2019).

Assim, a chegada da Sigatoca negra nos demais Estados do Nordeste, a exemplo da Paraíba, é uma questão de tempo e passa a ser um fator de relevante preocupação. Salientam-se que os consumidores no Nordeste do Brasil, incluindo a Paraíba, mostram preferência por banana 'Prata', 'Maçã' (MATSUURA et al., 2004) e 'Pacovan' (GARRUTI et al., 2012), cultivares suscetíveis a Sigatoka negra.

Diante dessa realidade, surge a necessidade de dar maior atenção a novas cultivares que sejam resistentes as doenças de maior importância econômica, como também aos fatores relacionados ao manejo dos fertilizantes e água, para poder proporcionar um aumento de produtividades, aumentando, conseqüentemente, a renda líquida do produtor.

Uma das estratégias para solucionar a falta de cultivares que apresentam resistência as doenças de maior importância econômica e que possam ser cultivadas em áreas contaminadas por essas doenças é a utilização da cv. Vitória, desenvolvida pelo Programa de Melhoramento Genético da Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, no Estado da Bahia. Segundo Ventura et al. (2011), essa cultivar é um híbrido tetraploides (AAAB), resultante do cruzamento de 'Pacovan' (AAB) com o diploide 'M53' (AA), apresentando resistência às Sigatokas amarela e negra, ao mal-do-panamá e à antracnose em pós-colheita, além de sabor idêntico ao da 'Pacovan'. Esta vem suprir a lacuna existente pela ausência de uma cultivar do subgrupo Prata resistente à Sigatoka-negra, que ameaça praticamente todo o território nacional.

A oferta de nutrientes é de fundamental importância para que a bananeira apresente todo seu potencial produtivo, pois o suprimento inadequado provoca distúrbios nutricionais que afetam negativamente o crescimento, a produtividade e a qualidade do fruto (EPSTEIN e BLOOM, 2006; TAIZ et al., 2017).

Dentre os nutrientes mais exigidos pela cultura da bananeira, o nitrogênio e potássio são os mais requeridos por favorecerem o aumento da produtividade e a qualidade da produção (RAIJ, 2011; BORGES et al., 2014), variando a quantidade extraída em função da espécie e, ou, da cultivar, do metabolismo, do estágio fenológico e da idade da planta (ROMERO e ZAMORA, 2006). O potássio tem sido descrito como o “elemento da qualidade”, assegurando ótima qualidade aos frutos (MALAVOLTA, 2006; IMAS, 2013; ARAÚJO et al., 2014), e o nitrogênio caracterizado com o nutriente fundamental no crescimento e desenvolvimento de plantas e frutos (BRUNETTO et al., 2015).

O potássio é o elemento mais importante para a nutrição da bananeira, estando presente em quantidade elevada na planta (SILVA et al., 2013; WEINERT e SIMPSON, 2016), influenciando o tamanho e diâmetro do fruto, a aparência, a cor, o aroma, o sabor e o amadurecimento (GANESHAMURTHY et al., 2011). Esse nutriente ativa enzimas de plantas e participa de inúmeros processos metabólicos, incluindo a fotossíntese, mecanismos oxidativos e síntese proteica, e influencia na taxa de transporte dos fotoassimilados (MARSCHNER, 2012; BUCHANAN et al., 2015). É um dos mais importante osmótico em plantas (WANG et al., 2016) e atua na otimização da condutância estomática, trocas gasosas, foto-assimilação e resistência ao estresse em diferentes espécies de plantas (WANG et al., 2013; ZORB et al., 2014).

O nitrogênio é o segundo elemento mais importante para a nutrição da bananeira (BORGES et al., 2014), influenciando na emergência e produção do cacho (ARAUJO, 2008) e na qualidade e vida útil pós-colheita do fruto (GANESHAMURTHY et al., 2011). Esse nutriente é constituinte de aminoácidos, amidas, proteínas, ácidos nucléicos (DNA e RNA), enzimas, coenzimas, trifosfato de adenosina (ATP), fitocromos, bases nitrogenadas (purinas e pirimidinas), fitohormônios, fazendo parte da composição da molécula de clorofila (BISSANI et al., 2008; RAIJ, 2011; TAIZ et al., 2017; MELO et al., 2018).

Nesse contexto, mediante a grande relevância socioeconômica da banana para o Estado da Paraíba, pela importância da adubação e nutrição mineral para a bananeira e por não haver informações disponíveis baseadas em resultados experimentais sobre recomendações de adubação para a cultivar BRS Vitória, faz-se necessário a realização de estudos regionalizados que enfatizem a adubação na cultura da banana, buscando a otimização e adaptação desta prática à realidade das condições edafoclimáticas deste Estado.

## **1.1. Objetivos**

### **1.1.1. Objetivo Geral**

Avaliar o efeito da adubação com nitrogênio e potássio nas características de crescimento, nutrição, fisiologia, produtividade e qualidade de frutos da bananeira, cultivar BRS Vitória, em dois ciclos de produção.

### **1.1.2. Objetivos Específicos**

- ✓ Estudar o crescimento vegetativo em plantas de bananeira, cultivar BRS Vitória, adubadas com doses de nitrogênio e potássio, em condições edafoclimáticas do Brejo Paraibano;
- ✓ Avaliar os teores foliares de clorofila e macronutrientes em bananeira, cultivar BRS Vitória, com a utilização de doses de nitrogênio e potássio, em condições edafoclimáticas do Brejo Paraibano;
- ✓ Avaliar as trocas gasosas em bananeira, cultivar BRS Vitória, adubadas com doses de nitrogênio e potássio, em condições edafoclimáticas do Brejo Paraibano;

- ✓ Investigar o efeito de doses de nitrogênio e potássio no rendimento e componentes da produção da bananeira, cultivar BRS Vitória, em condições edafoclimáticas do Brejo Paraibano;
- ✓ Analisar a qualidade de frutos da bananeira BRS Vitória, mediante o emprego de doses de nitrogênio e potássio, em condições edafoclimáticas do Brejo Paraibano;
- ✓ Estabelecer as doses de N e K que proporcione melhor crescimento vegetativo, nutrição, fisiologia, produção e qualidade de frutos da bananeira, cultivar BRS Vitória, visando o manejo da adubação para o Estado da Paraíba.

## 1.2. Estrutura da tese

A tese está estruturada em cinco capítulos, em que no primeiro capítulo é apresentada a Introdução Geral e o Referencial Teórico.

No segundo capítulo apresenta-se o comportamento do crescimento da bananeira cv. BRS 'Vitória' sob adubação nitrogenada e potássica, através das variáveis altura do pseudocaule no florescimento (m), diâmetro do pseudocaule no florescimento (cm), taxa de crescimento absoluto da altura do pseudocaule no florescimento ( $\text{cm dia}^{-1}$ ), taxa de crescimento absoluto do diâmetro pseudocaule no florescimento ( $\text{cm dia}^{-1}$ ), taxa de crescimento relativo da altura do pseudocaule no florescimento ( $\text{cm cm}^{-1} \text{dia}^{-1}$ ), taxa de crescimento relativo do diâmetro do pseudocaule no florescimento ( $\text{cm cm}^{-1} \text{dia}^{-1}$ ), número de rebentos no florescimento, número de folhas vivas no florescimento, número de folhas vivas na colheita, área foliar no florescimento ( $\text{m}^2$ ), área foliar na colheita ( $\text{m}^2$ ), índice de durabilidade das folhas (%), fitomassa seca das folhas (g), fitomassa seca do pseudocaule (kg), fitomassa seca do cacho (kg), fitomassa seca da parte aérea (kg), razão de área foliar ( $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$ ), área foliar específica no florescimento ( $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$ ), número de dias do plantio ao

florescimento, número de dias do florescimento a colheita e número de dias do plantio a colheita, em dois ciclos de produção.

No terceiro capítulo mostra-se os aspectos nutricionais e fisiológicos da bananeira cv. BRS Vitória em respostas as doses de nitrogênio e potássio, através das variáveis  $N_{\text{foliar}}$  ( $\text{g kg}^{-1}$ ),  $P_{\text{foliar}}$  ( $\text{g kg}^{-1}$ ),  $K_{\text{foliar}}$  ( $\text{g kg}^{-1}$ ),  $Ca_{\text{foliar}}$  ( $\text{g kg}^{-1}$ ),  $M_{\text{foliar}}$  ( $\text{g kg}^{-1}$ ),  $A$  -Taxa de assimilação líquida de  $\text{CO}_2$  ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ),  $E$  - taxa transpiratória ( $\text{mmol vapor d'água m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ),  $g_s$  - condutância estomática ( $\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ),  $C_i$  - concentração interna de  $\text{CO}_2$  na câmara subestomática ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ ar}$ ),  $EUA (A/T)$  - eficiência no uso da água [ $(\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}) (\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1})^{-1}$ ],  $EiC (A/C_i)$  - eficiência aparente de carboxilação da enzima Rubisco [ $(\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}) (\mu\text{mol mol}^{-1})$ ], índice de clorofila Falker (a, b e total ) e índice SPAD, em dois ciclos de produção.

No quarto capítulo avalia-se a produtividade e os componentes de produção da bananeira cv. BRS 'Vitória' em função da adubação com N e K, em dois ciclos de produção, através das variáveis massa do cacho (engajo + pencas + ráquis cortada a 10 cm da última penca) - (kg), massa de engajo (kg), massa de ráquis (kg), número de pencas, massa total das pencas (kg), massa média das pencas (kg), número de frutos por cacho, número de frutos por penca, número de frutos da segunda penca, comprimento de frutos da segunda penca (cm), massa média dos frutos da segunda penca (g) e produtividade em pencas ( $\text{t ha}^{-1}$ ) e em frutos ( $\text{mil ha}^{-1}$ ).

Por fim, no quinto capítulo estuda-se a qualidade de frutos da bananeira cv. BRS 'Vitória', em dois ciclos de produção, sob adubação nitrogenada e potássica, através das variáveis firmeza do fruto (N), solúveis totais (Brix), acidez total titulável ( $\text{g } 100\text{g}^{-1}$  de ácido málico na polpa), Potencial de hidrogênio, relação SST/ATT, açúcares redutores ( $\text{g } 100\text{g}^{-1}$  de glicose na polpa), açúcares não redutores ( $\text{g } 100\text{g}^{-1}$  de sacarose na polpa), açúcares totais ( $\text{g } 100\text{g}^{-1}$ ) e amido ( $\text{g } 100\text{g}^{-1}$ ).

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1. Ecofisiologia da bananeira

Ecofisiologia compreende o estudo do funcionamento, da adaptação e da eficiência de uma determinada espécie ou cultivar a um ambiente específico.

Os processos de fotossíntese, transpiração, respiração, absorção de água, de nutrientes e o balanço hormonal da bananeira são interdependentes e influenciados pelas interações dos fatores água-solo-genótipo-atmosfera. Desta forma, o crescimento, o desenvolvimento fenológico e a produtividade da bananeira são determinados por esses processos e fatores, que também são regulados pela interferência humana (DONATO et al., 2015). Posto assim, a altitude, a temperatura, a disponibilidade de água e de nutrientes influenciam na duração e na plasticidade do desenvolvimento fenológico da bananeira (TAULYA et al., 2014).

A água é o fator abiótico mais limitante à produção da bananeira, por ser uma planta hidrófita considerada muito sensível ao déficit hídrico no solo e responsiva à irrigação (VANHOVE et al., 2012; MUTHUSAMY et al., 2014; KISSEL et al., 2015). Sob condições de déficit hídrico do solo ou de seca da atmosfera, a bananeira aumenta a síntese do ácido abscísico (ABA) nas raízes (MAHOUACHI et al., 2014), transporta até a parte aérea via xilema e provoca o fechamento estomático. Assim, conserva a água na planta, mas interfere na assimilação de CO<sub>2</sub> (MAHOUACHI, 2009) e, conseqüentemente, na produtividade.

As maiores produções de bananeiras estão associadas a uma precipitação total anual de 1.900 mm, bem distribuídas ao longo do ano, representando 160 mm mês<sup>-1</sup> e 5 mm dia<sup>-1</sup> (BORGES; SOUZA, 2004). Contudo, salienta-se que o suprimento de água também varia com o tipo de solo, pois de acordo com Moreira (1999), em solos com pouca capacidade de retenção, a quantidade estimada é de 180 mm mês<sup>-1</sup>, enquanto que naqueles com maior

capacidade o limite é de 100 mm mês<sup>-1</sup>, sendo a precipitação efetiva anual entre 1200 e 1800 mm ano<sup>-1</sup>.

A bananeira apresenta melhor desenvolvimento em locais com médias de umidade relativa do ar anuais superior a 80%. Essa condição acelera a emissão das folhas, prolonga sua longevidade, favorece a emissão da inflorescência e uniformiza a coloração dos frutos e torna a casca e a polpa das bananas mais túrgidas (MOREIRA, 1987; ALVES et al., 1997). Porém, quando associada as chuvas e às variações de temperatura, favorece a ocorrência e disseminação das Sigatokas, negra (*Mycosphaerella fijiensis*) e amarela (*Mycosphaerella musicola*), doenças que causam grandes prejuízos à cultura (ALVES et al., 1997).

A luminosidade é outro aspecto a ser levado em consideração no cultivo da bananeira, posto que, a bananeira é classificada como planta C<sub>3</sub>, com altas taxas fotossintéticas, de modo que a luminosidade afeta diretamente a duração do ciclo, qualidade e conservação dos frutos (TURNER, 1995). Assim, a bananeira requer alta luminosidade, ainda que a duração do dia, aparentemente, não influencia no seu crescimento e frutificação. (BORGES; SOUSA, 2004).

Em regiões de alta luminosidade, o período para que o cacho atinja o ponto comercial é de 80 a 90 dias após a emissão, enquanto que, em regiões com baixa luminosidade, o período necessário para alcançar o ponto de corte comercial varia de 85 a 112 dias (BORGES; SOUSA, 2004). Logo, o número de horas luz solar considerado como ideal deve ser maior que 2000 horas ano<sup>-1</sup> e não menor que 1000 horas ano<sup>-1</sup> (TURNER, 1995).

Os limites térmicos ótimos para o cultivo da bananeira estar entre 15 e 38 °C (DONATO et al., 2015). Segundo Robinson e Galán Saúco (2010), a emissão foliar é paralisada abaixo de 16 °C; a temperatura ótima para o crescimento e iniciação floral é de 22 °C; a temperatura ótima para taxa de emergência foliar é em torno de 31 °C; a temperatura

média ótima para o equilíbrio entre emissão foliar e fotossíntese líquida é de 27 °C; e a temperatura de 34 °C indica início de estresse térmico à tarde.

Os autores supracitados também relatam que em condições de 38 °C o crescimento é paralisado e ocorre estresse por temperatura elevada, os estômatos podem fechar, a planta pode murchar e superaquecer; com 40 °C de temperatura ambiente a temperatura da folha pode se aproximar do ponto de dano termal, de 47,5 °C; ocorrência de temperatura mínima média mensal abaixo de 9 °C, ou a média de temperatura mensal de 14 °C, prejudica a assimilação de matéria seca, paralisa a emergência foliar e trava a planta; e a temperatura base, ou zero vegetativo para bananeiras, é 10 °C para os subtropicais e 13 °C para os trópicos.

A altitude influencia o período vegetativo dependendo da cultivar (BALALCÁZAR CARVAJAL, 1991; CAYÓN SALINAS; 2004). Desse modo, esses autores verificaram que a bananeira cultivar Dominico-Hartón (AAB) apresentou diferença no ciclo quando cultivada em regiões com altitudes diferentes. Assim, a duração do ciclo foi de 327, 361 e 418 dias para as altitudes de 20 m, 320 m e 1000 m acima do nível do mar, respectivamente. Outros trabalhos também demonstram esse processo (PEREIRA et al., 2000, 2003; LIMA et al., 2005; OLIVEIRA et al., 2007).

O vento constitui importante fator limitante à produtividade da bananeira, sendo que o tipo e a intensidade do dano causado pelo vento à bananeira variam com a velocidade, duração e temperatura, com a cultivar e sua fase fenológica (DONATO et al., 2015). Notadamente as causas são observadas em locais de ventos com velocidades superiores a 50 km h<sup>-1</sup> (CAYÓN SALINAS, 2004) e podem ser quebra do pseudocaule e tombamento inteiro da touceira, *chilling* (ventos frios), desidratação da planta devido à grande evaporação, fendilhamento entre nervuras foliares secundárias, diminuição da área foliar pela dilaceração do limbo e rompimento de raízes. Em adição reduzem a eficiência de

aplicação de água dos sistemas de irrigação por aspersão, miniaspersão e gotejamento (DONATO et al., 2015).

Segundo Cayón Salinas (2004) o peso e a qualidade dos frutos são afetados diretamente pela diminuição da área foliar, sendo que para se atingir bom desenvolvimento é necessário que a planta tenha uma superfície foliar ativa entre 7 e 8 m<sup>2</sup>. De modo geral, as perdas causadas pelos ventos podem atingir 20 a 30% da produção total (TURNER, 1994).

Cayón Salinas (2004) ainda acrescentam que a fotossíntese da *Musaceae* é afetada pela dimensão da folha e pela resistência da difusão do vapor da água. Nessa direção, Robinson e Galán Saúco (2010) verificaram que as taxas fotossintéticas em folhas de bananeira não dilaceradas e dilaceradas com pedaços de 100 mm cada, não diferiram, apresentando taxa fotossintética de 20,5  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  de CO<sub>2</sub>. Contudo, para pedaços de 50 mm, 25 mm e de 12 mm de largura ocorreram decréscimos de 10,70%, 19,50% e 33,20%, respectivamente, comparada a folhas não dilaceradas. Em relação ao peso médio do cacho houve um declínio na produção da ordem de 4,28% para pedaços de limbo de 50 mm, 13% para 25 mm e 17,84% para 12 mm.

A disponibilidade de água e nutrientes no solo está relacionada às trocas gasosas e ao crescimento e desenvolvimento da bananeira. Nesse sentido, Melo et al. (2009) verificou que sob excesso de nitrogênio e ausência de potássio, a condutância estomática é reduzida, afetando o processo fotossintético e o rendimento da cultura. Assim, para Mahouachi et al. (2014), quaisquer medidas em plantas relacionadas às trocas gasosas devem ser corroboradas com medições da umidade do solo e de condições atmosféricas.

Troca gasosa é um processo fisiológico bem elucidado no reino vegetal além de essencial para a sobrevivência das plantas (TAIZ et al., 2017), estando intimamente ligado com a fotossíntese, sendo o processo básico para acúmulo de cerca de 95% de matéria seca (ALFONSI, 2003; EPSTEIN; BLOOM, 2006; MARSCHNER, 2012).

A avaliação das trocas gasosas baseia-se no efluxo de água e o influxo de CO<sub>2</sub>; elas são medidas pontuais instantâneas, que servem de base para a determinação de parâmetros fisiológicos importantes, tais como fotossíntese e correlaciona com as taxas de transpiração, condutância estomática, servindo de base para a determinação do potencial produtivo de cultivares (ARANTES, 2014).

O padrão de trocas gasosas no decorrer do dia e do ano depende das condições internas e externas da planta, estando relacionado com o clima. Sempre que um fator se apresenta em nível mínimo pode se tornar limitante para a absorção do CO<sub>2</sub> por certo tempo. Assim, raras vezes os fatores externos favorecerem a ocorrência de picos de fotossíntese na natureza (LARCHER, 2006). Lucena (2013), Santos et al. (2013) e Arantes et al. (2016) argumentam que por variarem com as condições atmosféricas e umidade do solo no momento da mensuração, a avaliação das trocas gasosas pode não refletir o histórico de manejo ao qual a planta esteja submetida.

Raschke (1979) e Habermann (2004) relatam que o acesso do CO<sub>2</sub> no aparelho fotossintético se deve à abertura estomática, sendo a sua variação dependente da condutância estomática (*gs*), que afeta a transpiração e a assimilação de CO<sub>2</sub>. Nessa mesma direção, Larcher (2006) afirma que apesar dos estômatos reagirem a vários fatores, o movimento estomático obedece principalmente ao controle dos circuitos do CO<sub>2</sub> e da H<sub>2</sub>O. Quando a pressão parcial de CO<sub>2</sub> nos espaços intercelulares diminui devido ao consumo de CO<sub>2</sub> pelo processo de fotossíntese, os estômatos se abrem.

A temperatura (BERRY; BJORKMAN 1980, GUTSCHICK 1997) e a nutrição mineral (EPSTEIN; BLOOM 2006; MARSCHNER, 2012) são outros fatores que afetam o movimento estomático, estando bem documentadas as relações fotossintéticas com os elementos minerais (MALAVOLTA, 1980; GUTSCHICK, 1997; MENGEL; KIRKBY, 2001; EPSTEIN; BLOOM, 2006; MARSCHNER, 2012).

Ainda relacionado aos estômatos, Lei et al. (2006) acrescentam que com a redução da condutância estomática, a transpiração declina mais rápido do que a fotossíntese, visto que a perda de água transpirada pelos estômatos depende mais da condutância estomática do que a fotossíntese. No entanto, a perda de água para atmosfera via estômatos (transpiração) é citada na literatura como um mal necessário, haja vista que além de possibilitar o resfriamento foliar, proporciona a entrada de CO<sub>2</sub> na folha. Assim sendo, a quantidade de CO<sub>2</sub> fixado por unidade de água transpirada para a atmosfera é indicada pela eficiência no uso da água (EUA), conforme descrito por Kerbaury (2006) e Taiz et al. (2017).

A disponibilidade de CO<sub>2</sub>, de água e de radiação solar são fatores ambientais que podem influenciar o processo fotossintético, pois estão interligados. Assim, a quebra da molécula de água (fotólise) pela radiação solar, libera energia que será utilizada na redução de CO<sub>2</sub> a carboidrato (KERBAURY, 2008).

Cayón Salinas (2001) relata que o processo fotossintético além de estar ligado funcionalmente à transpiração, é dependente da concentração de clorofila no limbo foliar e da ontogenia da folha. Desse modo evidencia-se que maior eficiência fotossintética somente ocorre após a produção de clorofila, uma vez que o nível em que a radiação é utilizada depende da concentração de pigmentos fotossinteticamente ativos, incorrendo, por consequente, no crescimento e adaptação das plantas aos ambientes diversificados.

Em estudos comparativos sobre a atividade fotossintética de clones de bananeira (*Musa* AAB e ABB, Simmonds), Cayón Salinas et al. (1994), constataram que a fotossíntese máxima foi obtida na terceira folha a partir do ápice. Em estudos sobre Ecofisiologia e produtividade da banana (*Musa* AAB Simmonds), Cayón Salinas (2004) verificou taxas máximas de fotossíntese variando entre 12,7 e 16,1  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ . O mesmo autor registrou que a taxa fotossintética foi baixa nas primeiras horas do dia, alcançando valores máximos no período próximo ao meio dia.

segundo Cayón Salinas (2001), a fotossíntese, a transpiração e o teor de clorofila são baixos na fase inicial de desenvolvimento, incrementando rapidamente até alcançar valores máximos de  $12,22 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , de  $3,5 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  e de  $10 \text{ mg g}^{-1}$  de massa seca, respectivamente, entre 20 e 40 dias após a expansão (DAE) completa da folha e diminuindo gradualmente até a senescência total (140 DAE).

Estudo avaliando as trocas gasosas em genótipos de bananeira tipo Maçã, constatou que as taxas fotossintéticas, a eficiência de carboxilação e a eficiência instantânea do uso da água são superiores no período da manhã, favorecidas pelas condições meteorológicas, enquanto que a temperatura foliar e a transpiração são mais altas no período da tarde, decorrente da elevação da temperatura do ar e baixa umidade neste período. Isso acontece independentemente da cultivar ou taxa de fertilização (MARQUES et al., 2018).

Nesse mesmo sentido, Donato et al. (2016) afirmam que a fotossíntese pode ser benéfica pela manhã devido a radiação predominante ser num comprimento de onda na faixa do vermelho e do vermelho distante, que têm melhor efeito para a fotossíntese, enquanto a radiação predominante a partir das 10h da manhã, tem maior energia e podem causar fotoinibição (TAIZ et al., 2017). Meses com radiação elevada e temperatura intermediária proporciona maiores taxas de fotossíntese, maior eficiência de carboxilação e fotoquímica da fotossíntese (RAMOS et al., 2018).

A bananeira quando cultivada em regiões e ou épocas, cujas temperaturas sejam acima da temperatura média considerada ótima para a cultura, mesmo com o aporte de água suficiente, a transpiração e a fotossíntese podem ser afetadas (DONATO et al., 2013). Nesse seguimento, Arantes et al. (2016) relatam que existe uma relação linear direta entre a temperatura da folha e transpiração. O aumento da temperatura da folha, devido à elevação da temperatura do ar (DONATO et al., 2017), aumenta transpiração e diminui a eficiência instantânea do uso da água (LUCENA, 2013; ARANTES et al., 2016). Essa afirmativa

corroborar com Turner et al. (2007), os quais argumentam que a transpiração da planta é regulada por características biológicas e parâmetros ambientais, como a radiação solar, umidade relativa e temperatura do ar.

Associações entre o clima e as trocas gasosas de vegetais já foram estabelecidas por vários pesquisadores, por exemplo: Silva et al. (2015) com berinjela, Amarullah et al. (2016) com mandioca, Arantes et al. (2016) e Santos et al. (2017) com bananeiras. Assim, indicam que estudos da mesma natureza revelam os efeitos da interação entre a fisiologia da planta, o meio ambiente, e manejo, com correlações positivas entre essas respostas e fatores climáticos.

Características fisiológicas variam também em função dos genótipos, independentemente de períodos e tempo de avaliação (RAMOS et al., 2018). Assim, na literatura são encontradas variações nas taxas das características fisiológicas em diferentes genótipos de bananeira.

Para genótipos do grupo tipo Prata, Arantes et al. (2018) observaram os seguintes valores: taxa de fotossíntese - A (13,53 a 27,10  $\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), transpiração - E (3,35 a 10,11  $\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), condutância estomática - gs (0,30 a 1,01  $\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), eficiência instantânea de uso da água - A/E (2,61 a 5,35  $\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1} / (\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1})^{-1}$ ) e eficiência de carboxilação - A/Ci (0,05 a 0,13  $\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1} / \mu\text{mol de CO}_2 \text{ mol}^{-1}$ ).

Para genótipos de bananeira tipo Maçã, Ramos et al. (2018) encontraram os seguintes valores: taxa de fotossíntese - A (15,12 a 24,98  $\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), transpiração - E (2,27 a 6,94  $\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), condutância estomática - gs (0,278 a 0,611  $\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), eficiência instantânea de uso da água - A/E (3,70 a 6,81  $\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1} / (\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1})^{-1}$ ), concentração interna de  $\text{CO}_2$  - Ci (213,55 a 232,53  $\mu\text{mol CO}_2$

$\text{mol}^{-1}$  e eficiência de carboxilação –  $A/C_i$  (0,067 a 0,114  $\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1} / \mu\text{mol de CO}_2 \text{ mol}^{-1}$ ).

Baseado no contexto acima, pode-se inferir que bananeiras apresentam taxas médias de fotossíntese acima da maioria das plantas  $C_3$ , com valores de até 35  $\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , corroborando com Turner et al. (2007). Na maioria das plantas  $C_3$  as taxas fotossintéticas variam entre 10 e 20  $\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  (TAIZ et al., 2017). Isso reforça a necessidade de estudar o comportamento fisiológico dos genótipos, em diferentes ambientes, como uma ferramenta básica para determinar a melhor gestão, com o objetivo de expressar o máximo do seu potencial produtivo (RAMOS et al., 2018).

Uma alta eficiência instantânea no uso da água pode indicar maior tolerância a possíveis estresses hídricos ou períodos de irrigação mais longos, bem como maior eficiência do uso da água, produção de massa seca por grama de água transpirada (DONATO et al., 2015), quando sob condições ideais de gestão. No entanto, em estudo realizado por Ramos et al. (2018), os genótipos de bananeira com maior uso instantâneo de água, a eficiência do uso da água não apareceu como variável indicativa de melhor resposta da planta.

Segundo Zhengbin et al. (2011), as plantas mais eficientes no uso da água são aquelas que apresentam melhor ajuste osmótico, mantendo a estabilidade da membrana plasmática e enzimas antioxidantes ativas, isto é, melhoria das funções fisiológicas, com menos água, implicando maior eficiência fotossintética, acumulação de matéria seca e teor de clorofila.

A concentração de  $\text{CO}_2$  no meio ambiente determina a concentração interna de  $\text{CO}_2$  na planta ( $C_i$ ), este gás se move do meio mais concentrado ao menos concentrado por difusão, sendo regulado por abertura e fechamento estomático (ARANTES et al., 2016; et al., 2017). O  $C_i$  em níveis mais elevado favorece a fotossíntese, enquanto  $C_i$  em níveis baixos pode causar mudança na atividade da enzima rubisco, ou seja, aumentar a fotorrespiração e diminuir da fotossíntese líquida (MARENCO et al., 2014).

Ainda relacionado a ecofisiologia da bananeira, Marques et al. (2018), relatam que a fotossíntese e as taxas de transpiração foliar se correlacionam diretamente com condutância estomática, eficiência instantânea do uso da água e temperatura foliar; enquanto a eficiência instantânea do uso da água e a fotossíntese estão inversamente associadas à transpiração e à temperatura foliar.

## **2.2. Importância econômica e rendimento da bananeira**

Considerada uma importante fonte de alimento no mundo (PERRIER et al., 2011) e estando entre os oito alimentos mais importante mundialmente (SEYDOU et al., 2017), a banana ocupa a primeira posição no ranking mundial de frutas, com 113,28 milhões de toneladas produzidas em 2016. Mais de 125 países dedicam-se ao cultivo dessa fruta, sendo o continente asiático líder na produção, participando com 54,4% da produção mundial. A Índia ocupa o primeiro lugar, sendo responsável por 29,11 milhões de toneladas produzidas em 2016, seguida pela China, Indonésia, Brasil e Equador (FAOSTAT, 2018).

O Brasil é o quarto maior produtor mundial, com 7,2 milhões de toneladas por ano, e o maior consumidor, com 28,99 kg/habitante/ano (FAOSTAT, 2018; IBGE, 2018), sendo a principal frutícola explorada na maioria dos Estados (VIDAL; XIMENES, 2016).

A produção brasileira de bananas é quase que totalmente (98%) direcionada para abastecer o mercado interno (KIST, et al, 2018), sendo essa fruta o 8º produto agrícola nacional (FAOSTAT, 2018), com área plantada de 533 mil ha, situando-se em segundo lugar entre as frutas, atrás apenas da laranja (CARVALHO et al., 2017; IBGE, 2018). Constituída por cerca de 800 mil unidades produtoras, sendo a maioria de pequeno porte e de perfil familiar, a atividade da bananicultura brasileira é, dentre todas as fruteiras tropicais, uma das mais rentáveis no campo (CARVALHO et al., 2017).

A região Nordeste é a segunda produtora nacional (33,13%), a qual juntamente com a região Sudeste detém mais de 67% da produção de banana, com destaque para os Estados de São Paulo e Bahia, com produção de 1.160.400 e 1.017.000 toneladas, respectivamente. No entanto, a região Nordeste apresenta o segundo menor rendimento (12,43 t ha<sup>-1</sup>) do país, com 42,21%, 29,45% e 8,1% abaixo das regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste, respectivamente, superando apenas a região Norte em 5,7%, ficando 15,8% abaixo do rendimento brasileiro, que é de 14,76 t ha<sup>-1</sup> e 39,7% abaixo do rendimento mundial, que é de 20,6 t ha<sup>-1</sup> (IBGE, 2018).

Ainda segundo o IBGE (2018), os maiores rendimentos são apresentados pelo Rio Grande do Norte (28,33 t ha<sup>-1</sup>), Santa Catarina (24,46 t ha<sup>-1</sup>) e Paraná (22,73 t ha<sup>-1</sup>). De acordo com Carvalho et al. (2017), esses melhores rendimentos se dão devido ao maior nível de tecnificação empregado na produção, por estes Estados.

Na Paraíba, a banana é a segunda frutífera em termos de produção e importância econômica (IDEME,2014), gerando em torno de R\$ 134.440.000,00 no ano de 2017, respondendo junto com a cultura do abacaxi por cercar de 39,0% do valor da produção agrícola estadual, superando, juntas, a cultura da cana-de-açúcar. Dessa forma, constituindo-se o 13º estado na produção de banana, com uma produção de 121.398 t no ano de 2017 e rendimento de 12,30 t ha<sup>-1</sup> (IBGE, 2018).

O Brejo Paraibano é a região de maior produção de banana no Estado, apresentando um rendimento de 11,6 t ha<sup>-1</sup>, respondendo por 71,4% da produção estadual e 75,6% do valor corrente da produção, estando presente em todos os municípios, com destaque para Alagoa Nova e Bananeiras, com produção de 24.000 e 21.000 t no ano de 2017 e rendimento de 12 e 14 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente (IBGE, 2018).

### 2.3. A cultivar BRS Vitória

Desenvolvida pelo Programa de Melhoramento Genético da Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, a cultivar BRS Vitória (PV 4281) é um tetraploide (AAAB) obtido do cruzamento entre parental feminino Pacovan, cv. triploide (AAB), subgrupo Prata, com o macho parental M-53, diploides (AA), sendo, portanto, um híbrido de genética superior. Uma das principais características da BRS Vitória é a sua resistência à Sigatoka-negra, Sigatoka-amarela e ao mal-do-panamá. Além disso é também resistente à antracnose em pós colheita, o que lhe confere maior vida de prateleira, tornando-a mais atrativa do ponto de vista comercial (PEREIRA et al., 2005).

Apresenta características agronômicas semelhantes e, ou, superiores, especialmente às da 'Prata' e 'Pacovan', com praticamente o mesmo porte da 'Prata'. São plantas vigorosas e podem ser cultivadas nos mesmos espaçamentos (4 x 2,5 x 2,5 m com 1.230 plantas ha<sup>-1</sup> ou 4 x 2,5 x 2 m com 1.538 plantas ha<sup>-1</sup>) e seguindo as mesmas recomendações técnicas usadas na 'Prata'. Apresenta bom perfilhamento, bom desenvolvimento e crescimento, produzindo frutos de excelente qualidade para o mercado (VENTURA et al., 2011).

Os frutos da cultivar Vitória, quando maduros, apresentam casca de coloração amarelo-intensa, polpa de coloração creme, sabor adocicado e acidez reduzida, em relação aos frutos da cultivar Prata-comum (PEREIRA et al., 2005).

Lima (2005) relata que antes de se recomendar a substituição de uma cultivar, faz-se necessário conhecer bem o novo genótipo, mediante estudos de caracterização e avaliação em diferentes ecossistemas, como altura das plantas, produtividade, resistência a doenças, precocidade etc., que influenciam diretamente no sistema de produção a ser escolhido.

Assim sendo, Ventura et al. (2011) apresentam as principais características da cultivar Vitória, segundo a média dos dados de pesquisa coletados no Espírito Santo, Bahia e Amazônia Ocidental, no primeiro ciclo de produção: massa fresca do cacho (19,9 kg),

frutos por penca (14), pencas por cacho (7), diâmetro do fruto (4,2 cm), espessura da casca (3,9 mm), acidez total titulável (0,5%), dias da inflorescência à colheita (114), folhas viáveis no florescimento (14,5), folhas viáveis na colheita (11,4).

Pereira et al. (2005) apontam características fitotécnicas da cultivar Vitória obtidas a partir de pesquisa realizada na Amazônia Ocidental, também no primeiro ciclo de produção: dias do plantio ao florescimento (190-225), dias do florescimento a colheita (90 – 110), massa fresca do cacho (21 – 23 kg), massa fresca da penca (2,0- 2,3 kg), massa fresca do fruto (160 – 180 g), produtividade (25 - 32 t ha<sup>-1</sup>, estande de 1.230 e 1.538 plantas, respectivamente), folhas viáveis no florescimento (11 – 13) e alta resistência ao despencamento em relação à prata-comum.

Em pesquisa realizada nas condições edafoclimáticas da região do Vale do Ribeira - SP, Nomura et al. (2013) observaram os seguintes valores para variáveis de crescimento e desenvolvimento da cultivar Vitória durante dois ciclos de produção: altura de planta (1º ciclo: 429,9 cm; 2º ciclo: 588,5 cm), diâmetro do pseudocaule (1º ciclo: 25 cm; 2º ciclo: 33,5 cm), número de folhas ativas no florescimento (1º ciclo: 15,6; 2º ciclo: 12,8), número de folhas ativas na colheita (1º ciclo: 6,8; 2º ciclo: 4,5); dias do plantio ao florescimento (1º ciclo: 288,1; 2º ciclo: 639,6), dias do plantio a colheita (1º ciclo: 469,5; 2º ciclo: 809,3).

No cultivo da bananeira Vitória, os tratos culturais e a colheita dos cachos são prejudicados, devido ao porte alto das plantas (NOMURA et al., 2013). Nesse sentido, Santos et al. (2006) relataram que a faixa de altura de bananeira mais recomendada comercialmente é entre 2,00 m e 3,50 m. Valores muito elevados em altura, além de dificultarem a colheita, podem provocar tombamento da planta em decorrência de ventos fortes e ataques de nematóides e broca. Do ponto de vista fitotécnico e genético, a altura da planta é um descritor importante, permitindo maior adensamento e, conseqüentemente, maiores produtividades.

Santos et al. (2017) relatam que a cultivar Vitória é boa alternativa ao plantio da cultivar Prata, mantendo-se maior rendimento do fruto e com vida útil pós-colheita (verificado pela firmeza da polpa) equivalente ou maior que a cultivar Prata. Nas condições edafoclimáticas do município Alfredo Chaves – ES, os autores obtiveram os seguintes valores para características do fruto no estágio de maturação totalmente amarelo: massa fresca do fruto (175,55 g); comprimento do fruto (15,59 cm), relação polpa/casca (1,75), firmeza (16,07 Newton), sólidos solúveis (18%), pH (4,25), acidez titulável (0,52 g 100g<sup>-1</sup>).

Em trabalho conduzido na Embrapa Transferência de Tecnologia, nas condições edafoclimáticas do município de Goiânia-GO, Mendonça et al. (2013) relataram os seguintes valores para as características avaliadas na cultivar Vitória, durante o 1º ciclo de produção: altura da planta (3,15 m), circunferência do pseudocaule (59,77 cm); nº de folhas ativas no florescimento (12,55), nº de folhas ativas na colheita (1,0), massa fresca de cacho (12,43 kg), massa fresca de penca (11,43 kg), número de pencas (5,88), número de frutos por cacho (73,71), massa fresca de fruto (207,40 g), comprimento de frutos (19,66 cm) e diâmetro de frutos (36,33 mm).

A cultivar Vitória mostrou-se uma das mais precoce em relação ao número de dias do plantio ao florescimento (326,46), intermediária em relação ao número de dias do plantio à colheita (490,50), porém uma das mais tardia em relação ao número de dias entre o florescimento e a colheita (164,07), entre 23 genótipos avaliados (MENDONÇA et al., 2013).

Weber et al. (2017), avaliando o desempenho de genótipos de bananeira resistente à Sigatoka-negra, cultivados em Limoeiro do Norte-CE, sob diferentes densidades de plantio e fertirrigados, obtiveram os seguintes valores para as características avaliadas na cultivar Vitória, durante três ciclos de produção: altura da planta (1º ciclo: 4,0 m; 2º ciclo: 4,5 m; 3º

ciclo: 5,7 m), diâmetro do pseudocaule (1º ciclo: 28,5 cm; 2º ciclo: 31,6 cm; 3º ciclo: 35,3 cm), número de folhas ativas no florescimento (1º ciclo: 12,9; 2º ciclo: 12,0; 3º ciclo: 9,0) número de pencas (1º ciclo: 7,1; 2º ciclo: 8,6; 3º ciclo: 8,8) número de frutos por cacho (1º ciclo: 107,3; 2º ciclo: 128,9; 3º ciclo: 137,1), dias do plantio à colheita (1º ciclo: 271; 2º ciclo: 431,8; 3º ciclo: 604,6), massa fresca de penca (1º ciclo: 3,0 kg; 2º ciclo: 2,9 kg; 3º ciclo: 2,6 kg), massa fresca de fruto (1º ciclo: 194 g; 2º ciclo: 195,1 g; 3º ciclo: 167,5 g), massa fresca de cacho sem o engaço (1º ciclo: 20,8 kg; 2º ciclo: 25,1 kg; 3º ciclo: 23,1 kg). Os autores também relatam que essa cultivar é alta demais para ser plantada em áreas desprotegidas dos ventos fortes.

#### **2.4. Requerimentos e adubação da bananeira com N e K**

Considerando os diversos fatores que influenciam o crescimento e o desenvolvimento da bananeira, a nutrição é decisiva para obtenção de alta produtividade, uma vez que as plantas apresentam crescimento rápido e acumulam quantidades elevadas de nutrientes (HOFFMANN et al., 2010). A bananeira requer para seu crescimento, desenvolvimento e produção, quantidade adequadas de nutrientes prontamente disponíveis (BORGES et al., 2006), pois, a mesma é altamente eficiente na produção de fitomassa em um curto período de tempo (MELO et al., 2010).

O potássio e o nitrogênio são os nutrientes mais absorvidos e necessários para o crescimento e produção da bananeira. Em ordem decrescente a bananeira absorve os seguintes macronutrientes: potássio (K) > nitrogênio (N) > cálcio (Ca) > magnésio (Mg) > enxofre (S) > fósforo (P). Em média, um bananal retira, por tonelada de cachos, 1,9 kg<sup>-1</sup> de N; 0,23 kg<sup>-1</sup> de P; 5,2 kg<sup>-1</sup> de K; 0,22 kg<sup>-1</sup> de Ca e 0,30 kg<sup>-1</sup> de Mg (BORGES; CRISOSTOMO, 2014), mas pode variar dependendo da cultivar (BORGES et al., 1999).

Nesse sentido, Prezotti (1992) descreveu para a bananeira Prata os seguintes teores padrões de nutrientes foliares: 27 - 36 g kg<sup>-1</sup> de N, 1,8 - 2,7 g kg<sup>-1</sup> de P, 30 - 54 g kg<sup>-1</sup> de K, 2,5 - 12,0 g kg<sup>-1</sup> de Ca, 3,0 - 6,0 g kg<sup>-1</sup> de Mg, 2,0 - 3,0 g kg<sup>-1</sup> de S.

Silva et al. (2002) e Borges e Sousa (2009) estabeleceram para bananais 'Prata Anã' as seguintes faixas de suficiência para os macronutrientes: 25 - 29 g kg<sup>-1</sup> de N, 1,5 - 1,9 g kg<sup>-1</sup> de P, 27 - 35 g kg<sup>-1</sup> de K, 4,5 - 7,5 g kg<sup>-1</sup> de Ca, 2,4 - 4,0 g kg<sup>-1</sup> de Mg, 1,7 - 2,0 g kg<sup>-1</sup> de S.

Borges e Sousa (2009) definiram os teores padrões de nutrientes para cv. Pacovan, nas condições do pólo de irrigação Petrolina- PE/Juazeiro-BA, sendo: 22 - 24 g kg<sup>-1</sup> de N, 1,7 - 1,9 g kg<sup>-1</sup> de P, 25 - 28 g kg<sup>-1</sup> de K, 6,3 - 7,3 g kg<sup>-1</sup> de Ca, 3,1 - 3,5 g kg<sup>-1</sup> de Mg, 1,7 - 1,9 g kg<sup>-1</sup> de S.

Santos (2011) em pesquisa avaliando as características fisiológicas e bioquímicas da bananeira, nas condições de Alfredo Chaves-ES, encontrou os seguintes valores de nutrientes na folha da cultivar Vitória: 22,72 - 23,66 g kg<sup>-1</sup> de N, 1,71 - 2,69 g kg<sup>-1</sup> de P, 18,13 - 32,5 g kg<sup>-1</sup> de K, 4,34 - 5,8 g kg<sup>-1</sup> de Ca, 2,0 - 3,0 g kg<sup>-1</sup> de Mg, 2,78 - 3,27 g kg<sup>-1</sup> de S.

No contexto, observa-se existência de diferenças de exigências nutricionais entre variedades de bananeiras. Assim sendo, Bataglia e Dechen (1986) afirmam que as exigências nutricionais estão relacionadas com fatores ambientais, solo, cultivares etc., e que os valores de referência quase sempre precisam ser adaptados às condições locais. Na mesma direção, Soto Ballesterio (1992) relata que exigência de nutrientes de uma cultivar de bananeira depende do seu potencial produtivo, da densidade populacional, do estado fitossanitário e, principalmente, do balanço entre os elementos no solo, além do sistema radicular que interferirá na absorção dos nutrientes. Dessa maneira, Borges e Caldas (2004) enfatizam que

é importante estabelecer, para diferentes cultivares de banana, a concentração do nutriente abaixo do qual espera-se resposta à aplicação de adubo.

## 2.5. Nitrogênio

Fertilizantes industriais e fixação biológica de N são os principais fornecedores de N para a agricultura, contribuindo com 139 e 170 milhões de toneladas por ano de N, respectivamente (GHALY e RAMAKRISHNAN, 2015).

O nitrogênio é absorvido pelas plantas na forma de  $\text{NH}_4^+$  e especialmente  $\text{NO}_3^-$  (MALAVOLTA et al., 1997). Período prolongado de chuva pode causar condições anaeróbicas e favorece a redução de  $\text{NO}_3^-$  para  $\text{NO}_2^-$  e  $\text{N}_2\text{O}$  (SIGNOR e CERRI, 2013), um poderoso gás que é liberado na atmosfera (KHALIL et al., 2004). O excesso de chuva também causa lixiviação de  $\text{NO}_3^-$ , uma vez que o mesmo é muito pouco adsorvido pelos colóides do solo, sendo facilmente lixiviado para a água subterrânea, causando sua contaminação (MELO et al. 2018). Desta forma, grande fração do N depositado nos campos não é diretamente absorvida pelas plantas e é perdida por lixiviação (HIREL et al., 2011). Já o  $\text{NH}_4^+$  no solo pode ser perdido por volatilização, na forma de  $\text{NH}_3$ , (CAMARGO et al., 2008).

Quando comparado aos demais nutrientes, o nitrogênio é muito difícil de ser mantido no solo ao alcance das raízes devido à sua alta mobilidade (MALAVOLTA, 1989). Além disso, o processo no qual o nitrogênio entra em contato com as raízes das plantas para ser absorvido se dá na sua quase totalidade (99%) por meio do mecanismo de fluxo de massa. Nesse mecanismo, o contato com as raízes se dá quando o elemento é carregado de um local de maior potencial de água para um de menor potencial de água próximo da raiz (DIAS et al., 2012), sendo esse processo, decorrente do gradiente de potencial hídrico entre a parte aérea do vegetal e o solo gerado pela transpiração da planta (TAIZ et al., 2017).

O mecanismo de absorção por fluxo de massa exige cuidados na adubação, pois pode provocar toxicidade ou se perder por lixiviação, devendo ser aplicados parcialmente em cobertura (DIAS et al., 2012), sendo o sistema radicular da planta pouco desenvolvido um dos fatores que contribui com as maiores perdas por lixiviação (CANTARELLA e MONTEZANO, 2010). Portanto, quando as plantas frutíferas são transplantadas para o local definitivo, logo após o preparo das covas, se encontram com o sistema radicular ainda não desenvolvido, desfavorecendo a absorção de nitrogênio.

Doses elevadas de N podem ser prejudiciais ao crescimento inicial das plantas, alterando a relação entre as raízes e a parte aérea (MARSCHNER, 1995), o que pode comprometer o crescimento da planta. Além disso, Segundo Good et al. (2004) as plantas consomem menos de 50% do N aplicado no solo. A parte restante leva a poluição, aumentando a emissão de gases de efeito estufa, acidificação do solo ou eutrofização da água (GUO et al. 2010; LIU et al. 2013).

O nitrogênio (N) é um dos elementos mais limitantes ao crescimento de plantas e, com exceção do dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), é o mais requerido para o desenvolvimento vegetal (EPSTEIN e BLOOM, 2006). Esse nutriente é constituinte de aminoácidos, amidas, proteínas, ácidos nucleicos (DNA e RNA), enzimas, coenzimas, trifosfato de adenosina (ATP), fitocromos, bases nitrogenadas (purinas e pirimidinas), fitohormônios, fazendo parte da composição da molécula de clorofila (BISSANI et al., 2008; RAIJ, 2011; TAIZ et al., 2017; MELO et al., 2018).

Desta forma, o N está relacionado ao crescimento e ao rendimento da planta. Isso se deve principalmente ao fato deste nutriente estar associado ao crescimento e desenvolvimento dos drenos reprodutivos e por participar na molécula de clorofila, indispensável para a manutenção da atividade fotossintética (MARTIN et al., 2011). Assim, o N é determinante para o crescimento, desenvolvimento e rendimento das plantas, já que

pode influenciar nos processos fisiológicos essenciais para a manutenção da vida vegetal (BASI et al., 2011).

O nitrogênio representa cerca de 1 a 5% da matéria seca total da planta. A deficiência de nitrogênio leva a uma coordenada repressão de genes envolvidos na síntese de clorofila, fotossíntese e síntese de proteínas (MARSCHNER, 2012; TAIZ et al., 2017). Assim, o número de folhas, a área foliar e o crescimento das plantas são reduzidos, dando lugar a um desfolhamento prematuro em situação de baixo nível de nitrogênio. Plantas deficientes em nitrogênio apresentam folhas pequenas, caules finos e pouca ramificação (MALAVOLTA, 2006)

Para a bananeira, especificamente, o nitrogênio é o segundo elemento mais importante para a nutrição da bananeira (BORGES et al., 2014), sendo importante para o crescimento vegetativo, impulsionando o crescimento das plantas, sobre tudo nos três primeiros meses iniciais, quando a planta está em desenvolvimento dos perfilhos, além de aumentar a quantidade de matéria seca (BORGES, 2004; WEINERT e SIMPSON, 2016). É essencial para a fabricação de clorofila, que por sua vez produz os carboidratos necessários para crescimento e desenvolvimento da planta (WEINERT e SIMPSON, 2016).

Esse nutriente influencia na emergência e produção do cacho (ARAUJO, 2008) e no rendimento, qualidade e vida útil pós-colheita do fruto da bananeira, contribuindo para aumentar o tamanho da fruta e o número de pencas (GANESHAMURTHY et al., 2011; WEINERT e SIMPSON, 2016).

A falta desse nutriente reduz o número de folhas, aumenta o número de dias para a emissão de uma folha, os cachos ficam raquíuticos e o número de pencas diminui. Além disso, a deficiência de N leva a clorose generalizada das folhas e ocorre, normalmente, em solos com baixo teor de matéria orgânica, bem como em solos com alta lixiviação e onde existe seca prolongada (BORGES, 2004).

Segundo Weinert e Simpson (2016), as folhas amareladas é o sintoma mais comum de deficiência de nitrogênio, resultante do baixo conteúdo de clorofila. O amarelinho normalmente começa nas folhas mais velhas e depois afeta folhas mais jovens à medida que a deficiência aumenta. Em plantas mais jovens, a deficiência de nitrogênio, muitas vezes, mostra-se através da coloração rosa ou vermelha nas bainhas das folhas, que também pode progredir pelo pecíolo.

Os autores supracitados também afirmam que o excesso de nitrogênio leva a um crescimento rápido e pseudocaule pouco resistente, o qual pode se curvar com o peso do cacho, atrasa a floração, produz cachos pequenos e reduz a vida útil do fruto.

Nos vários países produtores de banana, as doses recomendadas de nitrogênio variam de 100 a 600 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de N (ARAUJO, 2008). No Brasil, as recomendações variam de 90 a 500 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de N (BORGES e COSTA, 2002; BORGES e CRISOSTOMO, 2014; TEIXEIRA et al., 2014), dependendo da textura do solo, teor de matéria orgânica, manejo adotado, idade da planta e produtividade (BORGES; COSTA, 2002).

Contudo, Melo et al. (2010) concluíram que o maior ganho na fitomassa seca da parte aérea (produção de 8.054,88 g planta<sup>-1</sup>) para a “Prata Anã” foi obtida na combinação de doses elevadas de N e K, sendo a dose de N de 700 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de N.

Nomura et al. (2016) verificaram que a recomendação de adubação mais adequada para promover o crescimento e a produção das cultivares de banana "Caipira" e "BRS Princesa" foi de 150% (525 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de N) da recomendação padrão contida no Boletim 200 (Teixeira et al., 2014), em ambos os ciclos.

## **2.6. Metabolismo do nitrogênio**

Em plantas superiores, a assimilação de nitrogênio é o segundo maior processo metabólico, sendo superado apenas pelo processo fotossintético de fixação do carbono

(BUCHANAN et al., 2015). No entanto, a importância da redução do nitrato na vida da planta é similar ao da redução e assimilação de CO<sub>2</sub> na fotossíntese (MARSCHNER, 2012).

A absorção do nitrogênio é mediada por dois tipos de carregadores. Os carregadores de baixa afinidade (Low Affinity Transport System – LATS) que são proteínas constitutivas, que operam quando a concentração externa de N é elevada. Os carregadores de alta afinidade (High Affinity Transport System – HATS) podem ser constitutivos e atuam em condições de baixas concentrações externas de N ou induzidos pela exposição ao N (VON WIRÉN et al., 1997; LUDEWIG et al., 2007; MILLER et al., 2007; KRAISER et al., 2011; XU et al., 2012).

Amônio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) e nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) são as duas formas principais de nitrogênio (N) que pode ser absorvido pelas plantas superiores, sendo o nitrato a principal forma de nitrogênio inorgânico disponível para as plantas (CAMERON et al., 2013; BUCHANAN et al., 2015). Essas duas formas demandam quantidades diferentes de energia para sua assimilação uma vez que, o nitrato entra em uma forma muito oxidada, necessitando ser reduzido até amônio para ser incorporado, processo que demanda muita energia, indicada pela maior taxa de liberação de CO<sub>2</sub> respiratório, diferente do íon amônio, que é absorvido na forma pronta para ser incorporado, demandando menos energia, assim liberando menos CO<sub>2</sub> (WEGER; TURPIN, 1989).

Nesse sentido, Von Wirén et al. (1997) relatam que em concentrações externas inferiores a 100-200 µM, o Nitrato é transportado pela membrana via carregadores de alta afinidade (HATS). Acima dessas concentrações, a absorção de nitrato ocorre pelos carregadores de baixa afinidade (LATS). Por outro lado, a absorção de amônio é mediada pelo HATS quando a concentração externa do íon é menor que 1mM, enquanto que o LATS é responsável pela absorção de amônio em concentrações externas superiores a 1mM.

O nitrato é facilmente móvel nas plantas e pode ser armazenado nos vacúolos, mas, para que ele seja utilizado na síntese de proteínas e outros compostos orgânicos em plantas, ele deve ser reduzido à amônio. Esse processo consiste primeiramente na redução do nitrato a nitrito, reação essa catalisada pela enzima nitrato redutase. A forma mais comum da enzima nitrato redutase utiliza apenas NADH como doador de elétrons no processo de redução. Em tecidos aclorofilados, como as raízes, podem usar tanto NADH quanto NADPH para tal assimilação (LARCHER, 2006; TAIZ et al., 2017).

O nitrato absorvido pelas raízes pode ser armazenado ou assimilados nas raízes ou transportados no xilema para a parte aérea, onde mais uma vez pode ser armazenada ou assimilada (WANG et al., 2012). Muitas plantas, quando submetidas a baixa quantidade de nitrato, tem esse nutriente reduzido principalmente na raiz. Já sob um nível mais elevado de nitrato, uma proporção maior do nitrato absorvido é translocada para as partes aéreas, onde será assimilada. O equilíbrio do metabolismo do nitrato entre a raiz e o caule, sob condições similares de suprimento, varia de espécie para espécie (TAIZ et al., 2017).

O amônio, se acumulado em níveis elevados nos tecidos vivos, é tóxico para plantas. Por outro lado, as plantas podem armazenar níveis altos de nitrato, e translocá-lo através dos tecidos sem causar efeitos deletérios (TAIZ et al., 2017). Uma vez nas folhas, sabe-se que diferentes fontes de N podem afetar diferentemente o metabolismo vegetal, sendo que o acúmulo de  $\text{NH}_4^+$  pode acarretar em decréscimo da fotossíntese (BLACKWELL et al., 1987); enquanto que Li et al. (2013) afirmam que o excesso de  $\text{NO}_3^-$  pode acarretar na formação de espécies reativas induzindo estresse oxidativo.

Ainda nessa direção, conforme descrito por Taiz et al. (2017), o mecanismo de conversão de nitrato à amônio ocorre rapidamente, pois o nitrito é altamente reativo e potencialmente tóxico para a célula. Contudo, Neill et al. (2008) enfatiza que elevada concentração de nitrato ocasiona aumento na atividade da nitrato redutase e da concentração

de nitrito, cujo acúmulo na célula se deve ao fato da nitrito redutase não apresentar a mesma eficiência da nitrato redutase. Nessa condição, a nitrato redutase exerce outra função, convertendo o nitrito à óxido nítrico, que em elevadas concentrações leva a fechamento estomático.

A incorporação rápida do amônio em moléculas orgânicas, como aminoácidos e nucleotídeos, é o meio pelo qual as células vegetais evitam a toxicidade do amônio. Esse processo se dá através da ação das enzimas glutamina sintetase (GS), que combina o amônio com o glutamato para formar a glutamina e glutamato sintase que produz glutamato (GOGAT). As moléculas de nitrogênio incorporadas à glutamina e ao glutamato no ciclo GS/GOGAT são inicialmente distribuídas através do metabolismo por reações de transaminação, formando novos aminoácidos (LARCHER, 2006; TAIZ et al., 2017).

Um quarto da energia produzida pela fotossíntese, na forma de ATP e NADPH<sup>+</sup>, é empregada para assimilar compostos inorgânicos no processo denominado fotoassimilação, a assimilação do nitrogênio (LEMOS et al., 2008). Assim sendo, a assimilação do nitrato é um processo que envolve uma série de reações bioquímicas, que demandam alta quantidade de energia (12 ATP para cada N inorgânico incorporado em formas orgânicas), conforme Marengo e Lopes (2005) e Taiz et al. (2017). Uma delas é a redução do nitrato a nitrito, pela reação que ocorre no citoplasma. O nitrito gerado é rapidamente transportado para o cloroplasto, onde reações catalisadas pelas enzimas nitrito redutase (NIR) e glutamato sintase (GOGAT) irão transformá-lo em amônio e incorporá-lo em cadeias carbônicas, em reações que necessitam de agentes redutores fornecidos pela cadeia transportadora de elétrons na fase fotoquímica não cíclica da fotossíntese (MASCLAUX-DAUBRESSE et al., 2007; MARSCHNER, 2012).

Nesse mesmo contexto, a enzima nitrito redutase (NiR), usa a ferredoxina reduzida como doadora de elétrons, sendo esta proveniente do transporte de elétrons da fotossíntese

nos cloroplastos e do NADPH formado na rota da oxidação das pentose-fosfato nos tecidos acolorofilados (TAIZ et al., 2017). Assim sendo, a assimilação redutiva do nitrogênio é um processo dispendioso energeticamente às plantas, razão porque ocorre predominantemente nas folhas centro da síntese de energia (ATP) e agentes redutores (fornecedores de elétrons). O processo de incorporação do N compete com a fotossíntese por massas (carboidratos) e energia (BLOOM et al., 1992).

A redução completa do nitrato à amônio requer oito elétrons, sendo seu processo de assimilação mais eficiente na folha, onde o poder redutor para a redução do nitrato e os seis elétrons utilizados na redução no nitrito pode ser fornecido diretamente pelas reações fotoquímicas, sem competição com a fixação do gás carbônico. Isso é possível sob alta intensidade luminosa quando há excesso de energia fotoquímica e a assimilação do carbono satura facilmente (SODEK, 2004).

As plantas utilizam a luz para incorporar nitrato absorvido pelas raízes, que são convertidos em aminoácidos e nucleotídeos, na presença de luz em tecidos fotossintéticos (STITT et al., 2010). A luz, os níveis de carboidratos e outros fatores ambientais são considerados fatores limitantes à redução do nitrato nas raízes, pois estimulam a proteína fosfatase ativando a enzima nitrato redutase. Na direção inversa, o escuro e o  $Mg^{2+}$  estimulam a proteína quinase, inativando a nitrato redutase (TAIZ et al., 2017).

Nessa direção, Mantovani (2005) e Larcher (2006) relatam que os fatores ambientais, dentre eles a luz e a temperatura, podem variar de acordo com a região, época de cultivo e horário da coleta das mesmas, sendo a nitrato redutase rapidamente produzida de acordo com as necessidades da planta. Assim, sob maior intensidade luminosa, a atividade da enzima aumenta e em temperaturas entre 25 e 35°C e baixa intensidade luminosa, há inibição da ação enzimática levando ao acúmulo de nitrato na planta. Sua maior atividade ocorre em

órgãos de crescimento, durante a fase jovem, pois estes requerem grande quantidade de nitrato.

Em condições normais de ativação e na presença de luz, a nitrato redutase apresenta 70% a 90% de ativação, sendo reduzida para 10% a 30% no escuro. Mesmo sob intensa e contínua luminosidade, a nitrato redutase é inativa na ausência de dióxido de carbono, não sendo a luz um sinal direto para sua atividade, indicando que a fotossíntese é requerida para sua ativação (KAISER; HUBER, 2001).

Segundo Bloom et al. (2010), a redução do nitrato pode funcionar como um dreno alternativo de elétrons, usando o excesso de energia para a redução do nitrato presente nas folhas, uma vez que, ambiente com alta luminosidade causa fotoinibição ou fotoxidação do fotossistema. Os mesmos autores também afirmam que atmosfera com elevada concentração de CO<sub>2</sub> pode reduzir a assimilação de nitrato, haja vista que, os redutores produzidos pela fotossíntese são necessários para assimilação de carbono e nitrogênio.

A assimilação do amônio demanda ATP e elétrons provenientes da ferredoxina, em tecidos fotossintéticos, sendo, portanto, competidora tanto da fase fotoquímica quanto da bioquímica da fotossíntese. Nos tecidos não fotossintéticos o doador de elétrons é o NADH<sup>+</sup> ou também pode funcionar como auxiliar do NADPH<sup>+</sup> nos tecidos fotossintéticos (SHEN et al., 1975; AHMAD; ABDIN, 1999). Na fase bioquímica a competição ocorre por cadeia carbônica (2-oxoglutarato) onde o amônio é incorporado, afetando a atividade da RubP (Ribulose 1,5 bifosfato), que também utiliza a mesma cadeia, o que ocasiona diminuição na velocidade de formação de carboidratos (NUNES-NESI et al., 2010; BLOOM et al., 2010; BOWSHER et al., 2007).

Os carboidratos, aminoácidos e nucleotídeos, resultantes da fotossíntese e da assimilação do nitrogênio, são transportados para o crescimento dos tecidos onde são convertidos em macromoléculas como proteínas, ácidos nucleicos, pigmentos e lipídios,

além de metabolitos secundários, como fenilpropanóides, flavonoides, terpenos, glicosilatos e alcalóides, importantes para as funções celulares e de adaptação contra estresses bióticos e abióticos (STITT et al., 2010).

A ureia é a principal forma de N fornecida como fertilizante, incluindo aplicações de solo e foliar na agricultura em todo o mundo (MARSCHNER, 2012; CAMERON et al., 2013). Nos solos, a ureia é hidrolisada em amônio e  $\text{CO}_2$  através da enzima urease produzida pelos microrganismos do solo, mas as plantas também podem absorver a ureia diretamente (MARSCHNER, 2012). Dentro da planta, a ureia sofre hidrólise por meio da urease com  $\text{NH}_3$  e  $\text{CO}_2$  sendo produzido (WITTE, 2011). O  $\text{NH}_3$  é assimilado em aminoácidos através da via GS / GOGAT (ANDREWS et al., 2013).

O nitrogênio e o potássio estão relacionados pela função do potássio na ativação da enzima redutase do nitrato. Correlação positiva entre atividade da redutase do nitrato e a fertilização potássica foi encontrada em estudos conduzidos por Ruan et al. (1998). Conforme observaram Venkatesan e Ganapathy (2004), incrementos nas doses de nitrogênio e de potássio resultaram em aumento da atividade da redutase do nitrato em plantas.

## **2.7. Potássio**

As plantas absorvem K como cátion ( $\text{K}^+$ ) e muitas fontes de K estão disponíveis nos solos ou fornecidas como fertilizantes, incluindo cloreto de potássio (KCl), nitrato de potássio ( $\text{KNO}_3$ ), sulfato de potássio ( $\text{K}_2\text{SO}_4$ ) e carbonato de potássio ( $\text{K}_2\text{CO}_3$ ). Entre estas formas, KCl é a mais barata e mais frequentemente utilizada na nutrição de plantas (KAFKAFI et al., 2001).

A capacidade das espécies de plantas de absorverem  $\text{K}^+$  é um dos fatores que controla a liberação de K dos minerais do solo ou fertilizantes aplicados. Para facilitar a absorção de  $\text{K}^+$  do ambiente exterior e transportá-lo para diferentes compartimentos celulares, muitas

proteínas estão presentes na célula, principalmente na membrana. Essas proteínas são frequentemente chamadas de transportadoras e canais. Baseado em suas afinidades por  $K^+$ , componentes de transporte de  $K^+$  podem ser classificados como componentes de alta afinidade (transportadores), que são ativos em uma baixa concentração de  $K^+$  externo, e componentes de baixa afinidade (canais), que são ativos em uma concentração maior, geralmente em mais de 0,3 mM de  $K^+$  externo (WANG e WU, 2013).

O potássio desempenha papéis reguladores significativos em numerosos processos fisiológicos de plantas, a saber: ativa enzimas de plantas e participa de inúmeros processos metabólicos, incluindo a fotossíntese, mecanismos oxidativos e síntese proteica, influencia na taxa de transporte dos fotoassimilados da fonte para o dreno, por atuar no carregamento e transporte de sacarose e estabiliza o pH nos compartimentos, beneficiando a maioria das reações enzimáticas (MARSCHNER, 2012; BUCHANAN et al., 2015; HASANUZZAMAN et al., 2018). É um dos macronutrientes essenciais e mais importante osmótico em plantas (WANG et al., 2016). Também atua na otimização da condutância estomática, trocas gasosas, fotoassimilação e resistência ao estresse em diferentes espécies de plantas (WANG et al., 2013; ZORB et al., 2014; HASANUZZAMAN et al., 2018).

Vários estudos sugeriram que a atividade da nitrato redutase (NR), Rubisco, amido sintase, sacarose fosfato sintase, amilase, invertase, fosfofrutoquinase e piruvato quinase depende muito da disponibilidade de K nas plantas, conforme relatado por TU et al., (2017).

Deste modo, esse elemento desempenha inúmeras funções reguladoras no metabolismo, crescimento e desenvolvimento de plantas sem fazer parte de sua estrutura química (OOSTERHUIS et al., 2014). Segundo Malavolta et al, (1997), o potássio está envolvido no crescimento meristemático, uma vez que os fitohormônios atuantes neste processo são postos em ação por esse mineral. Portanto, o equilíbrio desse nutriente é de extrema importância para os processos vitais da planta (BENITO et al., 2014).

Segundo IPI (2014) e Tu et al. (2017) a deficiência de K leva à disfunção em vários níveis fisiológicos e processos bioquímicos; por exemplo, no balanço hídrico, atividade enzimática e balanço de carga, além da tolerância a estresses bióticos e abióticos. Em sentido contrário, Silva e Marouelli (2002) afirmam que o excesso de potássio no solo pode inibir a absorção de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$ , chegando muitas vezes a causar a deficiência desses dois nutrientes. Esse excesso tende a induzir alterações no peso do fruto e, conseqüentemente, efeitos depressivos na produtividade

O potássio é geralmente o cátion mais abundante em todas as culturas. Está presente nos tecidos, na maioria das vezes em formas solúveis em água, sendo considerado o mais móvel dos nutrientes no sistema solo-planta-atmosfera e particularmente, na planta (MALAVOLTA, 2005). Nesse sentido, Hasanuzzaman et al. (2018) afirmam que o potássio é responsável não só pela maior produção das culturas, mas também pela melhoria da qualidade do produto. O potássio é às vezes chamado o “elemento da qualidade” por sua associação com uma melhor produção agrícola, sendo essa afirmativa apoiada por muitos cientistas.

Na bananeira o potássio é o elemento mais importante na sua nutrição, estando presente em quantidade elevada na planta (BORGES e OLIVEIRA, 2000; BORGES, 2004; SILVA et al., 2013; WEINERT e SIMPSON, 2016), sendo necessário para a divisão e expansão celular durante o crescimento da planta, mas particularmente durante o desenvolvimento da fruta. A divisão e expansão celular são processos-chave que determinam o tamanho da fruta, controla a absorção de água e, portanto, a absorção de outros nutrientes; regulando a abertura e fechamento dos estômatos, que por sua vez, permitem as trocas gasosas e o movimento da água das raízes para as folhas, além de ajudar a translocação de açúcares das folhas para a fruta.

A maior necessidade de potássio é durante o desenvolvimento da fruta (WEINERT e SIMPSON, 2016), influenciando o tamanho do cacho, tamanho e diâmetro do fruto, a aparência, a cor, o aroma, o sabor e o amadurecimento (WEINERT e SIMPSON, 2016; GANESHAMURTHY et al., 2011), aumentando a resistência deste ao transporte e sua qualidade, pelo aumento de sólidos solúveis totais e açúcares e decréscimo da acidez da polpa (BORGES e OLIVEIRA, 2000; BORGES, 2004).

Esse nutriente corresponde, aproximadamente, a 62% do total de macronutrientes e 41% do total de nutrientes da planta de bananeira (BORGES e OLIVEIRA, 2000; MOREIRA, 1999; KUMAR e KUMAR, 2008). Além disso, mais de 35% do K total absorvido é exportado pelos frutos (BORGES e OLIVEIRA, 2000).

A deficiência de K na cultura da bananeira caracteriza-se pelo amarelecimento rápido e murchamente precoce das folhas mais velhas, além de o limbo dobrar-se na ponta da folha, aparentando aspecto encarquilhado e seco, levando à morte prematura das folhas. Em áreas protegidas do vento, a deficiência de potássio pode se apresentar por meio do enrolamento da ponta da folha para baixo e uma coloração laranja-amarelo da folha. Outros sintomas podem incluir reduzido tamanho de cacho e frutas, causado pela redução na fotossíntese e transporte de açúcar (BORGES, 2004; WEINERT e SIMPSON, 2016).

Segundo Araújo (2008), as doses de potássio recomendadas, nos vários países produtores de banana, variam de 100 a 1200 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. No Brasil, as recomendações variam de 90 a 750 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O (BORGES e COSTA, 2002; BORGES e CRISOSTOMO, 2014; TEIXEIRA et al., 2014), dependendo dos teores no solo (BORGES; COSTA, 2002).

Assim, foi verificado que o maior ganho na produção de fitomassa seca da parte aérea (8.054,88 g planta<sup>-1</sup>), foi obtida na combinação de doses elevadas de N e K, sendo a dose de K de 1.200 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> (MELO et al., 2010).

De acordo com Nomura et al. (2016), as cultivares "Caipira" e "BRS Princesa" para expressar sua produtividade potencial, requerem maior quantidade de K, sendo 150% (855 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O) da recomendada para a cultura da banana no estado de São Paulo, tomando como referência as recomendações do Boletim 200 (Teixeira et al., 2014).

## **2.8. Potássio e características de qualidade do fruto da bananeira**

Resultados de muitas experiências mostraram que a oferta adequada de fertilizantes K não só aumenta o crescimento e o rendimento da banana, mas também melhora qualidade do fruto, fisiologia da planta e oferece resistência contra estresses bióticos e abióticos (BHARGAVA et al., 1993; MEMON et al., 2010; NYOMBI et al., 2010; OKUMU et al., 2011; SILVA et al., 2013; TAULYA, 2013).

Entre os efeitos positivos do K, podem-se destacar a uniformidade no amadurecimento e a maior resistência aos danos físicos durante o transporte e o armazenamento (GANESHAMURTHY et al., 2011).

Vários trabalhos relatam sobre o papel do K na qualidade do fruto da bananeira. Deste modo, Silva et al. (1999) confirmaram que o K aumenta a produção de cachos e pencas, melhora a qualidade e aumenta a resistência dos frutos. Atua, também, diminuindo a relação polpa/casca e aumentando a espessura da casca (HEDGE e SRINIVAS, 1991). Borges e Oliveira (2000) encontraram que o K aumenta a resistência dos frutos ao transporte e melhora a qualidade, pelo aumento dos teores de sólidos solúveis totais e açúcares, e decréscimo da acidez da polpa.

O K proporciona melhoria na qualidade dos frutos, promovendo aumento do peso e número de frutos por cacho, número de pencas, comprimento e diâmetro do fruto da segunda penca, sólidos solúveis (%), Acidez (% ac. málico) e relação sólidos solúveis (SS) e acidez (AT) (WEERASINGHE e PREMALAR, 2002; GOMES, 2004; PINTO et al., 2005;

RADHA e MATHEW, 2007; GANESHAMURTHY et al., 2011;), além de diminuir a acidez da polpa (BORGES e SOUZA, 2004) e aumentar a resistência das plantas a doenças (ATIM et al., 2013 e SILVA et al., 2013).

Quando o suprimento de K não é o requerido pela planta, o cacho é a parte da planta mais afetada, pois reduz a produção de matéria seca. Com o baixo suprimento de K, a translocação de carboidratos das folhas para os frutos diminui e, mesmo quando os açúcares atingem os frutos, sua conversão em amido é restrita, produzindo frutos pequenos e cachos impróprios para comercialização, com maturação irregular e polpa pouco saborosa (BORGES e OLIVEIRA, 2000; BORGES, 2004; BORGES e SOUZA, 2004; MEMON et al., 2010).

O baixo suprimento de potássio favorece o acúmulo de nitrogênio amoniacal, que induz o amadurecimento precoce e a produção de frutos magros (Araújo, 2008) e cachos curtos, com aspecto atrofiado e de baixo peso (LÓPEZ e ESPINOLA, 1995). A relatos que a redução no tamanho dos cachos e frutos por conta da deficiência de K, são causados pela redução na fotossíntese e transporte de açúcar (WEINERT e SIMPSON, 2016).

## **2.9. Interação entre N e K**

Dentre os nutrientes mais exigidos pelas culturas, o nitrogênio e potássio são os mais requeridos por favorecerem o aumento da produtividade e a qualidade da produção (RAIJ, 2011; TAIZ et al., 2017). Na bananeira, o potássio e o nitrogênio são os nutrientes mais absorvidos e necessários para o crescimento e produção. Em ordem decrescente a bananeira absorve os seguintes macronutrientes: K>N>Ca>Mg>S>P (BORGES et al., 2014).

Na nutrição da bananeira, é importante considerar as interações entre os elementos ao decidir quanto fertilizante aplicar. O equilíbrio entre elementos no solo e na planta demonstra os efeitos que os elementos têm na disponibilidade total de nutrientes. Alguns

elementos interferem na disponibilidade ou captação de outro, chamado antagonismo, enquanto outros elementos podem estimular a captação ou aumentar a disponibilidade de outro. Nesse sentido, a alta adubação nitrogenada pode reduzir a disponibilidade no solo de potássio, boro e cobre. O aumento dos níveis de potássio do solo pode aumentar a absorção de potássio e fósforo, mas reduzir a absorção de cálcio, magnésio e zinco (WEINERT e SIMPSON, 2016).

A interação entre nitrogênio e potássio obedece à Lei do Mínimo, pois quando o nitrogênio é aplicado em quantidade suficiente para haver elevação da produção, essa passa a ser limitada pelos baixos teores de potássio aplicados ao solo (BULL, 1993).

Sob baixo suprimento de K, a resposta para o aumento do suprimento de N é pequena e com alto suprimento de N, o rendimento é fortemente limitado (MARSCHENER, 2012), pois a eficiência do uso de nitrogênio somente será máxima com o suprimento adequado de potássio (LOPES e GUILHERME, 1992; BRAR et al.; 2011). Assim, a disponibilidade do nitrogênio e do potássio e a adequada proporção entre eles no solo, são fatores importantes nos processos de crescimento e desenvolvimento das plantas (VIANA; KIEHL, 2010).

A disponibilidade do nitrogênio e do potássio e a adequada proporção entre eles no solo são fatores importantes nos processos de crescimento e desenvolvimento das plantas. O metabolismo de nitrogênio nas plantas requer adequadas quantidades de potássio no citoplasma (XU et al., 2002), sendo importante para a produção de aminoácidos e produtividade das culturas. O potássio está envolvido no início dos processos metabólicos do nitrogênio, como incorporação do nitrogênio mineral e especialmente na redutase do nitrato (RUAN et al., 1999) e também na fase final do metabolismo do nitrogênio (MARSCHNER, 1995).

Doses elevadas de N no meio faz com que a planta vegete muito e armazene menos carboidratos (SOUZA e CARVALHO, 2000), ou seja, doses elevadas de N podem gerar um

maior crescimento da parte aérea em relação ao das raízes (maior relação PA/R) (SOUZA e CARVALHO, 2000; MARSCHNER, 1995) e também, em alguns casos, a planta pode ficar mais tempo na fase vegetativa atrasando a floração (SOUZA e CARVALHO, 2000).

O excesso de nitrato pode ser acumulado em vacúolos, mas amônio em excesso é tóxico (SOUZA e CARVALHO, 2000). Nesse sentido, o fornecimento elevado de N, quando na forma de amônio, provoca diminuição no crescimento de algumas culturas, devido à utilização de carboidratos produzidos para a rápida assimilação do  $\text{NH}_4^+$  absorvido, a fim de evitar seu acúmulo e conseqüente toxicidade, o que levaria a alterações no pH celular e desbalanço iônico e hormonal (BRITTO e KRONZUCKER 2002, TAIZ et al., 2017).

Ainda em relação ao nitrogênio, em condições de alto suprimento desse nutriente, ocorre aumento na área foliar, como conseqüência, a curvatura das folhas é ampliada de modo a interferir na interceptação de luz (MARSCHNER, 1995), interferindo no metabolismo da planta.

Relação equilibrada de K não é apenas essencial para manter a fertilidade do solo, mas também afeta o mecanismo de várias plantas como sequestro de carbono, metabolismo, fotossíntese, crescimento e formação de rendimento (SUNG et al., 2015; CHUN et al., 2017). Estudos com diferentes culturas mostram que a aplicação de K em condições adequadas a planta promove o metabolismo de N (AHANGER et al., 2015; HU et al., 2016). Sob baixos níveis de K ocorre redução de atividade enzimática e fotossintética (ZHAO et al., 2001; PERVEZ et al., 2004).

Assim, razão equilibrada de nitrogênio (N) e potássio (K) é mais crítica do que o seu valor absoluto para melhor atividade fisiológica, crescimento e rendimento de plantas (OGBONNA e NWEZE, 2012; SUMINARTI et al., 2016). Relativo aumento no valor de K em relação ao N altera o metabolismo do carbono e finalmente o rendimento de plantas (HU

et al., 2017; ZAHOOR et al., 2017), mas proporção de K igual a N também pode aumentar o rendimento de plantas (ALI et al., 2018).

Na cultura da bananeira, o desbalanceamento entre N e K na adubação causa problemas na pós-colheita, pois o baixo suprimento de potássio e excesso de N favorece o acúmulo de nitrogênio amoniacal, que induz o amadurecimento precoce e a produção de frutos magros e atrasa a emergência do cacho, o que favorece a produção de pencas separadas (ARAUJO, 2008, IMAS, 2013).

Na presença de alta relação N/K, os pedicelos dos frutos tornam-se frágeis e, quando amadurecem, os frutos caem do cacho (BORGES et al., 1997). Assim, o uso inadequado do N, seja por desbalanceamento, seja em excesso, gera no fruto da bananeira uma qualidade pobre em termos de SST, cor, conteúdo mineral e curta vida útil pós-colheita. Isso pode também tornar a banana mais suscetível aos efeitos das doenças e pragas (GANESHAMURTHY et al., 2011).

Nos vários países produtores de banana, as doses de potássio recomendadas variam de 100 a 1200 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O e a de nitrogênio de 100 a 600 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de N (ARAUJO, 2008). Esses valores equivalem as proporções variando de 1N:1K a 1N:3K. Guerrero e Gargban (2002), verificaram que a adubação de N e K em bananeira pode ser feita pela proporção de 1:2 ou 1:3, ou seja, a dose de K é duas ou três vezes a dose recomendada de N, onde os resultados foram melhores na proporção de 1:2. Melo et al. (2010) concluíram que o maior ganho na fitomassa seca da parte aérea foi obtida na combinação de doses elevadas de N e K (700 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de N e 1.200 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, ou seja, uma proporção de 1N:1,7K.

## 2.10. N e K na qualidade interna e externa de frutos, na maturação e conservação pós-colheita

A oferta equilibrada de nutrientes na nutrição de plantas frutíferas é um fator de grande importância, pois afeta a produção e qualidade dos frutos (SÃO JOSÉ et al., 2014; AMORIM et al., 2015), tanto para consumo *in natura* como para o processamento industrial. A nutrição deficiente ou excessiva ou, ainda, desequilibrada pode afetar a qualidade, como, por exemplo, o teor de açúcares, a firmeza da massa, as cores externa e interna, rachaduras nos frutos, etc. (SÃO JOSÉ et al., 2014), sendo considerada um dos fatores responsáveis pela ocorrência de desordens fisiológicas na pós-colheita de frutos (CHITARRA e CHITARRA, 1997).

Dentre os nutrientes mais exigidos pelas culturas, o nitrogênio e potássio são os mais requeridos por favorecerem o aumento da produtividade e a qualidade da produção (RAIJ, 2011; TAIZ e ZEIGER, 2013). Assim, o potássio tem sido descrito como o “elemento da qualidade”, assegurando ótima qualidade aos frutos (MALAVOLTA, 2006; IMAS, 2013; ARAÚJO et al., 2014), e o nitrogênio caracterizado com o nutriente fundamental no crescimento e desenvolvimento de plantas e frutos (BRUNETTO et al., 2015).

Nesse contexto, existe uma relação positiva entre N e K (CAI e QIN, 2006) e níveis mais elevados de K são necessárias para taxas mais altas de N na nutrição de plantas frutíferas (MONDAL, 1982). As taxas ótimas de N-K favoreceram o crescimento da cultura e melhoraram a eficiência de N e K (ZHANG et al., 2010). A qualidade do fruto tem clara relação com as adubações potássica e nitrogenada (GUARÇONI e VENTURA, 2011). Assim sendo, as plantas frutíferas necessitam ser supridas com N e K nas proporções 1N:1K, 1N:2K e até 1N:3K (GUERRERO e GARGBAN, 2002; ARAUJO, 2008; KUMAR et al., 2010).

A nutrição adequada melhora a produtividade, e a maturação dos frutos, conseqüentemente, isso interfere na resistência da polpa, na coloração, tamanho e uniformidade dos frutos. Outro fator é a maior concentração de açúcares e menor acidez dos frutos (TEIXEIRA et al., 2011). Em sentido oposto, o suprimento inadequado de nutrientes à planta tem reflexos negativos sobre a produtividade e a qualidade de frutos (PAULA et al., 1998).

O suprimento adequado de K à planta influencia o tamanho do fruto, a aparência, a cor, a firmeza, a textura, a espessura da casca, o conteúdo de açúcares, as proteínas, o amido, as vitaminas, os sólidos solúveis, os minerais, o aroma e o sabor do fruto (GANESHAMURTHY et al., 2011; IMAS, 2013).

Plantas inadequadamente adubadas com K apresenta baixo teor de açúcares nos frutos. Isso advém da reduzida translocação de assimilados pelas folhas para o órgão de armazenamento, devido à restrição na carga do floema (IMAS, 2013).

Diversos trabalhos reportam efeito negativo do nitrogênio na qualidade do fruto, quando fornecido a planta sem a presença do potássio (GUARÇONI e VENTURA, 2011). Contudo, Spironello et al. (2004) afirmam que o efeito negativo do nitrogênio nos teores de SST e de ATT pode ser compensado pela aplicação de K, dado o efeito positivo desse nutriente nessas características de qualidade do fruto. Nesse sentido, segundo Guarçoni e Ventura (2011) as características de qualidade do fruto são reduzidas com aplicação de nitrogênio e incrementadas com a adição de potássio.

Relativo aumento no valor de K em relação ao N altera o metabolismo do carbono e finalmente o rendimento de plantas (HU et al., 2017; ZAHOOR et al., 2017), bem como a qualidade de frutos. Portanto, razão equilibrada de nitrogênio (N) e potássio (K) é mais crítica do que o seu valor absoluto para melhor atividade fisiológica, crescimento,

rendimento de plantas (OGBONNA e NWEZE, 2012; SUMINARTI et al., 2016) e qualidade dos frutos.

A oferta de nutrientes é de fundamental importância para que a planta apresente todo seu potencial produtivo, pois o suprimento inadequado provoca distúrbios nutricionais que afetam negativamente o crescimento, a produtividade e a qualidade do fruto (EPSTEIN e BLOOM, 2006; RAMOS et al., 2009; TAIZ e ZEIGER, 2013). Assim, a qualidade interna e externa dos frutos é elaborada no curso de desenvolvimento da planta, resultante de muitas interações no processo de crescimento e atividades metabólicas, que são reguladas de acordo com a ontogenia da planta (HO, 2003) e foi correlacionada com a incidência de vários distúrbios fisiológicos na pós-colheita (SOARES et al., 2005).

Sob baixos níveis de K a atividade enzimática e fotossintética é reduzida (ZHAO et al., 2001; PERVEZ et al., 2004) e a translocação de sacarose da fonte para o dreno é restrita (ZHAO et al., 2001), comprometendo a boa qualidade do fruto e sua vida útil pós-colheita.

Outro importante papel desempenhado pelo potássio é a eficiência do uso de água, devido ao controle de abertura e fechamento dos estômatos, onde há uma maior translocação de carboidratos produzidos nas folhas para o restante da planta, maior eficiência enzimática e melhoria da qualidade dos frutos (MALAVOLTA et al., 1997).

Os efeitos do K na pós-colheita são predominantemente favoráveis, tanto pelo retardo da senescência quanto através da redução de várias doenças fisiológicas. O potássio aumenta a firmeza e resistência da casca dos frutos que, com isso, não sofrem facilmente danos durante o transporte, conferindo uma maior vida útil pós-colheita. A aplicação adequada de K reduz a perda de umidade na pós-colheita, pois aumenta o peso das partes colhidas mantendo a integridade do tecido. Por outro lado, a falta de K aumenta a taxa de respiração e mais energia é necessária para esta função, de modo que frutos provenientes de plantas que

receberam pouco potássio apresentam uma vida útil pós-colheita encurtada (IMAS e WIENDL, 2014).

Segundo Gonçalves e Carvalho (2000), o potássio eleva o teor de ácido ascórbico que reduz as quinonas produzidas pela oxidação enzimática, convertendo-se em ácido de-hidroascórbico e atuando como inibidor da atividade da enzima polifenoloxidase, responsável pelo escurecimento interno de frutos.

O potássio também exerce papel importante na resistência das culturas a doenças. Quantidades adequadas de K diminuem a incidência de doenças fúngicas em até 70% (IMAS e WIENDL, 2014). Isso certamente contribui para a formação de frutos de melhor qualidade, e por consequência, menor surgimento de desordens fisiológicas pós-colheita causadas pela presença de fungos, proporcionando uma maior vida útil pós-colheita.

Segundo São José et al. (2014), a qualidade dos frutos (tamanho, teor de ácidos e açúcares, teor de suco ou massa comestível, antioxidantes, etc.) pode ser afetada pela presença, ausência ou mesmo deficiência ou desequilíbrio nutricional provocado pelo nitrogênio.

Níveis muito altos de nitrogênio estão associados ao rápido crescimento celular, o qual aumenta a susceptibilidade a desordens fisiológicas e reduz a qualidade e o potencial de armazenamento dos frutos. Por outro lado, o fornecimento adequado de nitrogênio resulta em crescimento vegetativo equilibrado, possibilitando acúmulo de fotoassimilados na planta e um aumento no aporte de carboidratos para os frutos, conferindo alta qualidade de consumo e potencial de armazenamento (BRUNETTO et al., 2015; FREITAS et al., 2016).

A peroxidase (POD) e a polifenoloxidase (PPO) têm sido consideradas as principais enzimas responsáveis pela deterioração da qualidade em muitos frutos armazenados (VAN-VINGAZO, 1981). Estas enzimas podem participar de um grande número de reações oxidativas e de biodegradação, tais como mudança de cor, degradação da clorofila ou

auxinas, oxidação de fenóis, oxidação de ácidos indol acético, biossíntese de lignina, e muitos destes fatores também podem ser associados com *flavor*, cor, textura e qualidade nutricional dos alimentos (MACHEX et al., 1990). Estima-se que 50% das perdas de frutos tropicais no mundo devem-se à ação da polifenoloxidase, que resulta na formação de pigmentos escuros, proporcionando mudanças indesejáveis na aparência e nas características organolépticas dos produtos (WHITAKER, 1994).

Fenilalanina amônio liase (PAL) é uma enzima reguladora de sínteses e acumulação de fenilpropanoides em diferentes tecidos de plantas (TENA et al., 1984) e que também está associada ao escurecimento interno de muitas frutas e vegetais (KE e SALTVEIT, 1989).

Contudo, é relatado que a atividade da polifenoloxidase e fenilalanina amônio liase pode ser acrescida ou inibida em plantas por meio de alguns fatores, dentre eles a nutrição mineral (SANCHEZ-BALLESTA et al., 2003; JONES, 1984).

Nesse sentido, foi verificado que a adubação nitrogenada retarda o amadurecimento (RUFAT et al., 2011), mas aumenta a atividade da Polifenoloxidase (FALGUERA et al., 2012), com subseqüentes problemas no manuseio pós-colheita e aceitação pelo consumidor (CRISOSTO e CRISOSTO, 2005).

Nesse mesmo contexto, Pascual et al. (2013) relatam que a atividade da polifenoloxidase é reforçada pela fertilização com nitrogênio em fruto de pêsego. Esses mesmos autores também afirmam que o fornecimento da dose mínima de nitrogênio que assegura o acúmulo de sólidos solúveis durante o desenvolvimento do fruto, proporciona um menor rendimento da cultura, mas uma menor atividade de polifenoloxidase. Em sentido contrário, doses mais altas dão maiores rendimentos, mas com atividades polifenoloxidase mais altas que resultarão em uma vida útil pós-colheita reduzida.

Utilizando doses de N e K na nutrição do abacaxi 'Peróla', Martins (2009) verificou que as relações de N/K proporcionaram uma diminuição da atividade da fenilalanina amônio liase, mas influenciaram na atividade da peroxidase durante o desenvolvimento do fruto.

Na cultura da bananeira, o desbalanço entre N e K causa problemas na pós-colheita, pois o baixo suprimento de potássio favorece o acúmulo de nitrogênio amoniacal, que induz o amadurecimento precoce e a produção de frutos magros (ARAUJO, 2008). Isso promove uma vida pós-colheita curta (IMAS, 2013).

Mediante a diversidade de funções desempenhadas pelos nutrientes nitrogênio e potássio na fisiologia das plantas, fica bem evidente que a qualidade dos frutos é elaborada no curso de desenvolvimento da planta, resultante de muitas interações no processo de crescimento e atividades metabólicas, que são reguladas de acordo com a ontogenia da planta, conforme relatado por Ho (2003), e que a vida útil pós-colheita de frutos começa a ser determinado antes da colheita (REID et al., 1992).

Nesse sentido, vários relatos mostram que a composição do fruto é dependente do fluxo metabólico e atividades enzimáticas na planta (BECKLES et al., 2012). A composição do fruto foi correlacionada com a incidência de vários distúrbios fisiológicos (SOARES et al., 2005) e é determinante na vida útil pós-colheita.

### **2.11. K e acúmulo de carboidratos solúveis, amido e compostos nitrogenados**

O potássio desempenha inúmeras funções reguladoras no metabolismo, crescimento e desenvolvimento de plantas sem fazer parte de sua estrutura química (OOSTERHUIS et al., 2014a), ativando enzimas e participando de inúmeros processos metabólicos, incluindo a fotossíntese, mecanismos oxidativos e síntese proteica, estabiliza o pH nos compartimentos, beneficiando a maioria das reações enzimáticas e influencia na taxa de

transporte dos fotoassimilados da fonte para o dreno, por atuar no carregamento e transporte de sacarose (MARSCHNER, 2012; BUCHANAN et al., 2015).

Assim, vários trabalhos relatam que o K exerce um papel fundamental na otimização da translocação de açúcar da fonte para o dreno (MAKHDUM et al., 2007; WANG et al., 2012; HU et al., 2015)

Segundo Oosterhuis et al. (2014b), a translocação de carboidratos depende em grande parte dos níveis de K na planta. Nesse sentido, vários pesquisadores afirmam que níveis de K abaixo do ideal resultam em acúmulo de carboidratos em plantas (ZHAO et al., 2001, AMTMANN et al., 2008; AMTMANN e ARMENGAUD, 2009; IMAS, 2013). De acordo com Fageria (2016), sob condições de déficit de K, a formação de proteínas é dificultada mesmo quando há um abundante suprimento de N; portanto,  $\text{NO}_3^-$ , aminoácidos e amidas se acumulam na célula.

Zhao et al. (2001) relatam que a translocação de sacarose da fonte para o dreno foi restrita sob baixo suprimento de K e, Hu et al. (2015) e Zahoor et al. (2017a), que o acúmulo de sacarose aumentou sob baixo nível de K.

As plantas absorvem o nitrogênio na forma de íons nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) e amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) (LAN et al. 1996). No processo de assimilação do nitrogênio na planta, o  $\text{NO}_3^-$  introduzido na célula é reduzido a íon nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) através da ação da enzima nitrato redutase (NR). O íon nitrito então se move para o plastídio e é reduzido ao íon amônio através da enzima nitrito redutase (NiR). O amônio é então incorporado em aminoácido pela glutamina sintetase (GS) e glutamato sintase (GOGAT). O íon amônio transportado por transportadores de amônio entra diretamente no ciclo GS/GOGAT (GOEL e SINGH, 2015). Nesse sentido, Ruan et al. (1999), afirma que o potássio está envolvido no início dos processos metabólicos do nitrogênio, como incorporação do nitrogênio mineral e especialmente na redutase do nitrato.

Nessa mesma direção, Marschner (1995) afirma que o potássio também está envolvido na fase final do metabolismo do nitrogênio. Desse modo, várias pesquisas relatam que a aplicação de K promove o metabolismo de N (AHANGER et al., 2015; HU et al., 2016; ZAHOOR et al., 2017b). Assim sendo, Xu et al. (2002) relatam que o metabolismo de nitrogênio nas plantas requer adequadas quantidades de potássio no citoplasma.

Segundo Anjana et al. (2009), a aplicação de potássio facilita a absorção e transporte de nitrato para a parte aérea da planta, que por sua vez aumenta as atividades do nitrogênio. Para Marschner (1995) e Schobert et al. (1998), o potássio regula o transporte de sais minerais, nitrato e aminoácidos.

Nesse mesmo sentido, Yang et al. (2004) relatam que inúmeros estudos mostraram que a aplicação de K aumenta o conteúdo de proteínas e aminoácidos nas culturas devido o K desempenhar um papel crucial no transporte de N para o local de síntese proteica e sua posterior estabilização. Imas (2013) afirma que o potássio promove a absorção de N, estimulando a translocação de aminoácidos em plantas.

Ainda em relação ao metabolismo do nitrogênio, a nitrato redutase (NR) é uma enzima essencial para a assimilação de N nas plantas (GOEL e SINGH, 2015). É a primeira enzima atuante na rota de assimilação e incorporação de nitrogênio inorgânico em moléculas orgânicas complexas, assumindo, função de extrema importância no metabolismo vegetal, sendo a etapa limitante nesse processo (Donato et al., 2004).

Estudos relataram a redução de atividade enzimática e fotossintética sob baixos níveis de K (ZHAO et al., 2001; PERVEZ et al., 2004). Nesse sentido, Ali et al. (1991) relatam que a deficiência de K resulta na redução da atividade foliar da nitrato redutase. Oosterhuis et al. (2014a) em sua revisão relata que nitrato redutase mostrou-se ser controlada pelo suprimento de K.

## 2.12. Antagonismo entre N e K

A disponibilidade de nutrientes para as plantas é afetada por diversas reações de natureza física, química e biológica. Vários mecanismos estão envolvidos, dentre eles as interações iônicas, cujo efeito pode refletir na composição mineral da planta (SILVA e TREVIZAM, 2015).

O nitrogênio é um dos nutrientes que mais restringe o desenvolvimento, a produtividade e a biomassa da maioria das culturas na agricultura, as principais fontes de nitrogênio são os fertilizantes derivados da amônia anidra, como ureia, o sulfato de amônio e o nitrato de amônio, tais fertilizantes oferecem diferentes formas de nitrogênio: amidica, nítrica e amoniacal (MAÇAS, 2008).

As interações entre os elementos afetam desde processos que ocorrem no solo, como o contato no nutriente com as células da raiz, como na planta, na absorção, transporte, redistribuição e metabolismo, podendo induzir desordem nutricional, seja esta por deficiência, seja por toxidez, refletindo na produção das culturas (PRADO, 2008). Assim, a forma, a taxa e o momento de aplicação do nitrogênio podem afetar o comportamento de  $K^+$  no solo, bem como a sua absorção pelas plantas (WANG e WU, 2010).

Amônio ( $NH_4^+$ ) e nitrato ( $NO_3^-$ ) são duas formas principais de nitrogênio (N) que pode ser absorvido pelas plantas superiores do ambiente natural (CAMERON et al., 2013). Porque as duas formas são fundamentalmente diferentes no comando, eles têm efeitos bastante diferentes sobre os processos fisiológicos e metabólicos das plantas (HAYNES e GOH, 1978; MARSCHNER, 1995). Embora  $NH_4^+$  seja um intermediário em muitas reações metabólicas, pode resultar em sintomas de toxicidade em muitas plantas quando é fornecido como a única fonte de nitrogênio (BRITTO e KRONZUCKER, 2002).

A forma de absorção do nitrogênio amoniacal influencia em vários processos fisiológicos e bioquímicos das plantas, como fotossíntese e atividades enzimáticas do

metabolismo do nitrogênio (LASA et al., 2002; CRUZ et al., 2011; BORGOGNONE et al., 2013), no desenvolvimento e na morfologia (ZHU et al., 2000), alterando com a espécie e variedade do vegetal (LASA et al., 2002).

A nutrição de plantas com nitrogênio amoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ) tem sido mostrado reduzir a absorção e acumulação de potássio em plantas (KOTSIRAS et al., 2002; WANG et al., 2003; MARTINEZ-CORDERO et al., 2004; ROTHSTEIN e CREGG, 2005; LU e LI, 2005; GUO et al., 2007; LEAL et al., 2007; HOLZSCHUH et al., 2011; JAMPEETONG et al., 2012).

A nutrição com uma fonte amoniacal também influenciou marcadamente o fluxo e particionamento de potássio dentro das plantas. Assim, a retranslocação de potássio no floema de plantas nutridas com a fonte amoniacal excedeu a das plantas supridas com a fonte nítrica e a fonte amoniacal/nítrica (LU e LI, 2005). Resultados semelhantes também foram encontrados por Wang et al. (2003). Os resultados destacam o alto grau de reutilização por retranslocação através do floema, e fornecer mais provas de que o particionamento e a retranslocação de potássio nas plantas pode ser alterado, dependendo das condições ambientais (HIBBERD et al., 1999; JIANG et al., 2001), neste caso específico pela nutrição com uma fonte amoniacal de nitrogênio.

De acordo com Marschner (2012), os transportadores iônicos raramente são específicos e os íons podem competir diretamente pelo transporte. Esta competição é influenciada pelas propriedades do próprio transporte e pela diferença na concentração dos íons na solução. Espécies, cultivares, como também o estágio de desenvolvimento da planta, influenciam os efeitos antagônicos e sinérgicos.

As proteínas transportadoras auxiliam a passagem dos íons que estão na solução rizosférica pela membrana plasmática, atingindo o citoplasma das células da raiz (SILVA e TREVIZAM, 2015). Concorrência entre íons da mesma valência para entrada em um canal de proteína ou para ligação a uma proteína transportadora é comum. Tal competição ocorre

particularmente entre íons com propriedades físico-químico similar (valência e diâmetro do íon) (MARSCHNER, 2012), os quais provavelmente compartilham o mesmo transportador (SILVA e TREVIZAM, 2015).

Segundo Wang e Wu (2010),  $\text{NH}_4^+$  tem propriedades físico-químico similar (valência e raio iônico) ao  $\text{K}^+$ . Nesse sentido, Nieves-Cordones et al. (2007) e Szczerba et al. (2009) relatam que  $\text{NH}_4^+$  inibe o sistema de transporte de alta afinidade que é funcional principalmente em baixas concentrações externas de  $\text{K}^+$  (<1 mM), enquanto o sistema de transporte de baixa afinidade, que opera principalmente em alto níveis externos de  $\text{K}^+$  permanecem relativamente não afetados. Guo et al. (2007) relata que  $\text{NH}_4^+$  reduz a absorção de  $\text{K}^+$  pelas raízes das plantas.

Para Marschner (2012), o  $\text{NH}_4^+$  é bastante eficaz na inibição do influxo de  $\text{K}^+$ , enquanto o inverso (inibição da absorção do  $\text{NH}_4^+$  por  $\text{K}^+$ ) raramente é observado. Isto pode ser explicado por dois fenômenos. Primeiro,  $\text{NH}_4^+$  compete com  $\text{K}^+$  pelo transporte através de AtAKT1 e AtHAK5 (TEM HOOPEN et al., 2010) e também reduz a expressão de AtHAK5 (QI et al., 2008), enquanto  $\text{K}^+$  não parece afetar a expressão ou atividade do principal transportador de  $\text{NH}_4^+$  (AtAMT1). Em segundo lugar, uma proporção substancial de amônio não pode ser tomada como  $\text{NH}_4^+$  através de transportadores como AtAMT1, mas como  $\text{NH}_3$ .

Por outro lado,  $\text{NO}_3^-$  é um ânion monovalente e foi relatado que a absorção de  $\text{NO}_3^-$  é mais eficiente na presença de  $\text{K}^+$  e que a absorção de  $\text{K}^+$  aumenta com a fertilização com nitrato (PETTERSSON e JENSEN, 1983). A absorção de nitratos estimulou a captação líquida de  $\text{K}^+$  em várias espécies de culturas, sugerindo que o íon  $\text{NO}_3^-$  serve como ânion de acompanhamento móvel durante a absorção e, ou, transporte de  $\text{K}^+$  (PETTERSSON, 1984). Para Marschner et al. (1996), o  $\text{K}^+$  está envolvido no transporte de  $\text{NO}_3^-$  para a parte aérea, após a retranslocação do K-malato para as raízes.

O uso de  $\text{NH}_4^+$ , como a única fonte de N, causa uma diminuição na absorção de  $\text{K}^+$  em comparação ao uso de  $\text{NO}_3^-$ , no entanto,  $\text{NH}_4^+$  resulta em maior quantidade de  $\text{K}^+$  sendo translocado para as folhas (LU e LI, 2005). A redução de  $\text{K}^+$  na solução nutritiva aumenta a absorção de  $\text{NH}_4^+$ , mas em contraste suprime a absorção, translocação e assimilação de  $\text{NO}_3^-$ , diminuindo a atividade da nitrato redutase na folha. Esse comportamento sugere que as plantas requerem fornecimento adequado de  $\text{K}^+$  para absorver  $\text{NO}_3^-$  e manter elevados níveis de atividade da nitrato redutase em comparação com assimilação de  $\text{NH}_4^+$  (ALI et al. 1991).

O fornecimento de N nas duas formas ( $\text{NO}_3^-$  e  $\text{NH}_4^+$ ) proporciona crescimento na planta e, ou, acumulação de  $\text{K}^+$ , comparado com o suprimento de N apenas na forma de  $\text{NO}_3^-$  (WANG e BELOW, 1998). O potássio ativa enzimas que funcionam na assimilação de amônio e transporte de aminoácidos na planta. Portanto, uma oferta adequada de  $\text{K}^+$  aumenta a utilização de amônio, sendo que melhores rendimentos ocorrem quando ambas as formas de N ( $\text{NO}_3^-$  -  $\text{NH}_4^+$ ) são aplicadas juntas (HAGIN et al. 1990).

Na cultura da bananeira, diversos trabalhos demonstram que o aumento nos teores de N no solo leva a reduções significativas de K não só na folha diagnóstica (TEIXEIRA, 2000; SILVA et al., 2003; MELO, 2007) como também nos perfilhos das plantas (NÓBREGA et al., 2010).

## REFERÊNCIAS

AHANGER, M. A.; AGARWAL, R. M.; TOMAR, N. S.; SHRIVASTAVA, M. Potassium induces positive changes in nitrogen metabolism and antioxidant system of oat (*Avena sativa* L. cultivar Kent). **Journal of Plant Interactions**, v.10, p. 1–33, 2015.

AHMAD, A.; ABDIN, M. Z. NADH: nitrate reductase and NAD(P)H: nitrate reductase activities in mustard seedlings. **Plant Science**, v.143, p.1–8, 1999.

ALFONSI, E. L. **Avaliação do potencial para porta-enxerto de genótipos de coffea, por meio de características fisiológicas de crescimento, trocas gasosas fotossintéticas e nutrição mineral**. 2003. 87f. Dissertação (Mestrado) - Agricultura tropical e subtropical, Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), Campinas, 2003.

ALI, A. A.; IKEDA, M.; YAMADA, Y. Effects of supply of K, Ca, and Mg on the absorption and assimilation of ammonium- and nitrate- N in tomato plants. **Soil Science and Plant Nutrition**, v.37, p.283–289, 1991.

ALI, S.; HAFEEZ, ABDU.; MA, X.; TUNG, S. A.; LIU, SHAH, A. N. CHATTHA, M. S., ZHANG, Z.; YANG, G. Potassium relative ratio to nitrogen considerably favors carbon metabolism in late-planted cotton at high planting density. In: **Field Crops Research**, v. 223. Elsevier. p. 48–56, 2018.

ALVES, E. J. OLIVEIRA, M. de A.; DANTAS, J. L. L.; OLIVEIRA, S. L. de. Exigências climáticas. In: ALVES, E. J. (Org.) **A cultura da banana: aspectos técnicos, socioeconômicos e agroindustriais**. Cruz das Almas: Embrapa CNPMF, 1997. p.35-46.

AMARULLAH, A.; INDRADEWA, D.; YUDONO, P.; DAN SUNARMINTO, B. H. Photosynthetic activity of superior varieties and local cassava (*Manihot esculenta* Crantz) Indonesia. **Journal of Agricultural Science**, v. 8, n. 8, p.194-200, 2016.

AMORIM, D. A. de; ROZANE, D. E.; SOUZA, H. A. de; MODESTO, V. C.; NATALE, W. Adubação nitrogenada e potássica em goiabeiras 'Paluma': I. Efeito na produtividade e na qualidade dos frutos para industrialização. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.37, p.201-209, 2015.

AMTMANN, A.; ARMENGAUD, P. Effects of N, P, K, and S on metabolism: new knowledge gained from multilevel analysis. **Current Opinion in Plant Biology**, v.12, p.275–283, 2009.

AMTMANN, A.; TROUFFLARD, S.; ARMENGAUD, P. The effect of potassium nutrition on pest and disease resistance in plants. **Physiology Plant**, v.133, p.682 691, 2008.

ANDREWS, M.; RAVEN, J. A.; LEA, P. J. Do plants need nitrate? The mechanisms by which nitrogen form affects plants, **Annals of Applied Biology**, p. 1-26, 2013.

ANJANA, S. U.; IQBAL, M. Effect of Applied Potassium in Increasing the Potential for N Assimilation in Spinach (*Spinacea oleracea* L). **Electronic International Fertilizer Correspondent**, n.20, 2009.

ARANGO-ISAZA, R. E.; DIAZ-TRUJILLO, C.; DHILLON, B.; AERTS, A.; CARLIER, J.; CRANE, C. F.; de JONG, T.; VRIES, I. de; DIETRICH, R.; FARMER, A. D.; FERREIRA, C. F.; GARCIA, S.; GUZMAN, M.; HAMELIN, R. C.; LINDQUIST, E. A.; MEHRABI, R.; QUIROS, O.; SCHMUTZ, J.; SHAPIRO, H.; REYNOLDS, E.; SCALLIET, G.; SOUZA JR, M.; STERGIOPOULOS, I.; VAN DER LEE, T. A. J.; DEWIT, P. J. G. M.; ZAPATER, MARIE-FRANÇOISE; ZWIERS, LUTE-HARM; GRIGORIEV, I. V.; GOODWIN, S. B.; KEMA, G. H. J. Combating a Global Threat to a Clonal Crop: Banana black Sigatoka pathogen *Pseudocercospora fijiensis* (Synonym *Mycosphaerella fijiensis*) genomes reveal clues for disease control. **PLoS Genetics**, v. 12, p.1–36, 2016.

ARANTES, A. de M. **Trocas gasosas e predição do estado nutricional de bananeiras tipo prata em ambiente semiárido**. 2014. 153f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2014.

ARANTES, A. de M.; DONATO, S. L. R.; SILVA, T. S.; RODRIGUES FILHO, V. A.; AMORIM, E. P. Agronomic evaluation of banana plants in three production cycles in southwestern state of Bahia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.31, n.1, p.1-12, 2017.

ARANTES, A. de M.; DONATO, S. L. R.; SIQUEIRA, D. L. de; COELHO, E. F.; SILVA, T. S. Gas exchange in different varieties of banana prata in semi-arid environment. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.38, n.2, e-600, 2016.

ARAÚJO, H. S. de; CARDOSO, A. I. I.; EVANGELISTA, R. M.; TAKATA, W. H. S.; SILVA, E. G. da. Características físico-químicas de frutos de abobrinha-de-moita em função de doses de potássio em cobertura. **Revista Colombiana de Ciências Hortícolas**, v. 8 - No. 2, p. 242-249, 2014.

ARAÚJO, J. P. C. de. **Crescimento e marcha de absorção de nutrientes de bananeira (*Musa sp.* AAA), ‘Grande Naine’ no primeiro ciclo de produção**. Piracicaba, 2008. 80 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

ATIM, M.; BEED, F.; TUSIIME, G.; TRIPATHI, L.; VAN ASTEN, P. High potassium, calcium and nitrogen application reduce susceptibility to banana Xanthomonas wilt caused by *Xanthomonas campestris* pv. *musacearum*. **Plant Disease**, v.97, p.123–130, 2013.

BALALCÁZAR CARVAJAL, S.I. **El cultivo del plátano en el trópico**. Cali: Impresora Feriva, 1991. 376p.

BASI, S.; NEUMANN, M.; MARAFON, F.; UENO, R. K.; SANDINI, I. E. Influência da adubação nitrogenada sobre a qualidade da silagem de milho. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, v. 4, n.3, p.219-234, 2011.

BATAGLIA, O. C.; DECHEN, A. R. Critérios alternativos para diagnose foliar. In: SIMPÓSIO AVANÇADO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO, 1., 1986, Piracicaba, SP. **Anais...** Piracicaba: Fundação Cargill, 1986. p. 115-136.

BECKLES, D. M.; HONG, N.; STAMOVA, L.; LUENGWILAI, K. Biochemical factors contributing to tomato fruit sugar content: a review. **Fruits**, v. 67, p.49–64, 2012.

BENITO, B.; HARO, R.; AMTAMANN, T. A. C.; DREYER, I. The twins K<sup>+</sup> and Na<sup>+</sup> in plants. **Journal of Plant Physiology**, v. 171, p. 723-731, 2014.

BERRY, J.; BJORKMAN, O. Photosynthetic response and adaptation to temperature in higher plants. **Annual Review Plant Physiology**, v.31, p.491-543, 1980.

BHARGAVA, B. S.; SINGH, H. P.; CHADHA, K. L. Role of potassium in development of fruit crops. **Advances in Horticulture**, v.2, p.947-960, 1993.

BISSANI, C. A.; GIANELO, C.; CAMARGO, F. A. O.; TEDESCO, M. J. Nitrogênio e Adubos nitrogenados. In: BISSANI, C. A.; GIANELO, C.; CAMARGO, F. A. O.; TEDESCO, M. J. (Ed.) **Fertilidade dos solos e manejo da adubação de culturas**. 2 ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p.145-168.

BLACKWELL, R. D.; MURRAY, A. J. S.; LEA, P. J. Inhibition of Photosynthesis in Barley with Decreased Levels of Chloroplastic Glutamine Synthetase Activity. **Journal of Experimental Botany**, v.38, n.11, p. 1799-1809, 1987.

BLOOM, A. J.; BURGER, M.; RUBIO, A. J. S; COUSINS, A. B. Carbon dioxide enrichment inhibits nitrate assimilation in wheat and Arabidopsis. **Science**, v.328, p.899–903, 2010.

BLOOM, A. J.; SUKRAPANHA, S.S.; WARNER, R. L. Root respiration associated with ammonium and nitrate absorption and assimilation by barley. **Plant Physiology**, v.99, p. 1294-1301, 1992.

BORGES, A. L. Calagem e adubação. In: Borges, A.L.; Souza, L.S. (Eds.) **O cultivo da Bananeira**. Cruz das Almas: EMBRAPA. p. 32-43, 2004.

BORGES, A. L.; CALDAS, R. C. Teores de nutrientes nas folhas de bananeira, cv. Pacovan, sob irrigação. **Ciência Agrotécnica**, v. 28, n. 5, p. 1099-1106, 2004.

BORGES, A. L.; COELHO, E. F.; COSTA E. L.; SILVA, J. T A. da. **Fertirrigação da bananeira**. Cruz da alma: EMBRAPA Mandioca e Fruticultura Tropical, 2006. 8 p. (Circular Técnica, 84).

BORGES, A. L.; COSTA, E. L. da. Requerimentos de nutrientes para fertirrigação de banana. In: BORGES, A. L.; COELHO, E. F.; TRINDADE, A. V. Org. **Fertirrigação em fruteiras tropicais**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, p. 77-84. 2002.

BORGES, A. L.; CRISOSTOMO, L. A.; SOUZA, L. da S. Cultivo da Bananeira para o Agropolo Jaguaribe-Apodi, Ceará. In: **Sistema de Produção**. Versão Eletrônica, 2<sup>a</sup> edição, Nov/2014.

BORGES, A. L.; OLIVEIRA, A. M. G. Nutrição, calagem e adubação. In: CORDEIRO, Z. J. M. **Banana produção: aspectos técnicos**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000. p. 47– 59. (Série Frutas do Brasil, 1).

BORGES, A. L.; OLIVEIRA, A. M. G.; SOUZA, L. S. Solos, nutrição e adubação. In: ALVES, E. J. (ed.). **A cultura da banana: Aspectos técnicos, socioeconômicos e agroindustriais**. Brasília, Embrapa, 1999. p.197-260.

BORGES, A. L.; SOUZA, L. da S. **O cultivo da bananeira**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2004. 279p.

BORGES, A.L.; OLIVEIRA, A.M.G. **Nutrição e adubação de bananeira**. Brasília: Embrapa-SPI, 1995. 106p. (Publicação Técnicas Frupe, 18).

BORGES, A.L.; SILVA, J.T.A.; OLIVEIRA, S.L. Adubação nitrogenada e potássio para bananeira cv. Prata-anã irrigada: produção e qualidade dos frutos no primeiro ciclo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.19, p.179-184, 1997.

BORGES, A.L.; SILVA, T.O.; CALDAS, R.C.; ALMEIDA, I. E. Adubação nitrogenada para bananeira “Terra” (*Musa sp.* AAB, subgrupo Terra). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.24, n.1, p.189-193, 2002.

BORGES, A.L.; SOUZA, L. da S. Calagem e adubação para bananeira. In: BORGES, A.L.; SOUZA, L. da S. (Ed.). **Recomendações de calagem e adubação para abacaxi, acerola, banana, laranja, tangerina, lima ácida, mamão, mandioca, manga e maracujá**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2009. p.57-73.

BORGOGNONE, D.; COLLA, G.; ROUPHAEL, Y.; CARDARELLI, M.; REA, E.; SCHWARZ, D. Effect of nitrogen form and nutrient solution pH on growth and mineral composition of self-grafted and grafted tomatoes. **Scientia Horticulturae**, v. 149, n. 1, p. 61–69, 2013.

BOWSHER, C. G., LACEY, A. E.; HANKE, G. T.; CLARKSON, D.T. The effect of G1c6P uptake and its subsequent oxidation within pea root plastids on nitrite reduction and glutamate synthesis. **Journal of Experimental Botany**, v.58, p.1109–1118, 2007.

BRAR, M. S.; BIJAY-SINGH.; BANSAL, S. K.; SRINIVASARAO, C. H. Role of potassium nutrition in nitrogen use efficiency in cereals. **Electronic International Fertilizer Correspondent**, n. 29, 2011.

BRITTO, D. T.; KRONZUCKER, H. J.  $\text{NH}_4^+$  toxicity in higher plants: a critical review. **Journal of Plant Physiology**, v. 159, n. 6, p. 567-584, 2002.

BRUNETTO, G.; MELO, G. W. B. de; TOSELLI, M.; QUARTIERI, M.; TAGLIAVINI, M. Nutrição mineral, produtividade e composição de frutos de frutíferas de clima temperado: videira, pereira e macieira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, p. 1089-1104, 2015.

BUCHANAN, B. B.; GRUISSEM, W.; JONES, R. L. **Biochemistry and Molecular Biology of Plants**. 2. ed. Rockville, MD: American Society of Plant Physiologists, 2015.1264p.

BULL, L. T. Nutrição mineral do milho. In: BULL, L. T.; CANTARELLA, H. (Ed.). **Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: POTAFÓS, 1993. P.63-145.

CABI. **Mycosphaerella fijiensis (black Sigatoca)**, c2019. Disponível em: <<https://www.cabi.org/isc/datasheet/35278#toidentity>>. Acesso em 24 de jun. de 2019.

CAI, Z.C.; QIN, S. W. Dynamics of crop yields and soil organic carbon in a long-term fertilization experiment in the Huang-Huai-Hai Plain of China. **Geoderma**, v.136, p.708–715, 2006.

CAMARGO, F. A. O.; SILVA, L. S.; GIANELLO, C.; TEDESCO, M. J. Nitrogênio orgânico do solo. In: SANTOS, G. de A.; da SILVA, L. S.; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. A. O. (Eds.), **Fundamentos da Matéria Orgânica do Solo: Ecossistemas Tropicais e Subtropicais**. Metrópole, Porto Alegre, p. 645, 2008.

CAMERON, K. C.; DI, H. J.; MOIR, J. L. Nitrogen losses from the soil/plant system: a review. **Annals of Applied Biology**, v 162, p. 145–173, 2013.

CANTARELLA, H.; MONTEZANO, Z. F. Nitrogênio e enxofre. In: PROCHNOW, L.I.; CASARIN, V.; STIPP, S.R. **Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute – Brasil, 2010, volume 2, cap. 1, p. 5-46.

CARVALHO, C. de; KIST, B. B.; SANTOS, C. E. dos; TREICHEL, M.; FILTER, C. F. **Anuário brasileiro da fruticultura 2017**. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta, 2017. 88 p.

CAYÓN SALINAS, D. G. Ecofisiologia y productividad Del plátano (*Musa* AAB Simmonds). In: REUNIÓN INTERNACIONAL PARA COPERACIÓN EN LA INVESTIGACIÓN DE BANANO EN EL CARIBE Y EM AMÉRICA CENTRAL, 16., 2004, Oaxaca, México. **Memorias...** San José, Costa Rica: CORBANA, 2004. p.172- 183.

CAYÓN SALINAS, D. G. Evolución de la fotosíntesis, transpiración y clorofila durante el desarrollo de la hoja de plátano (*Musa* AAB Simmonds). **InfoMusa**, v.10, n.1, p.12-15, 2001.

CAYÓN, M. G.; LOZADA, J. E.; BALALCÁZAR CARVAJAL, S. I. Estudios comparativos sobre la actividad fotosintética de clones de plátano (*Musa* AAB y ABB, Simmonds) em Colombia. In: REUNIÓN INTERNACIONAL PARA COPERACIÓN EN LA INVESTIGACIÓN DE BANANO EN EL CARIBE Y EN AMÉRICA CENTRAL, 10, 1994, Tabasco, México. **Memorias...**San José, Costa Rica: CORBANA, 1994. p.549-558.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. Colheita e qualidade pós-colheita de frutos. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.17, n.179, p.-18, 1997.

CHUN, J. H.; KIM, S.; ARASU, M. V.; AL-DHABI, N. A.; CHUNG, D.Y.; KIM, S.J. Combined effect of nitrogen, phosphorus and potassium fertilizers on the contents of glucosinolates in rocket salad (*Eruca sativa* Mill.). **Saudi Journal of Biological Sciences**, v. 24, p. 436–443, 2017.

CRISOSTO, C.; CRISOSTO, G. Relationship between ripe soluble solids concentration (RSSC) and consumer acceptance of high and low acid melting flesh peach and nectarine (*Prunus persica* (L.) Batsch) cultivars. **Postharvest Biology and Technology**, v.38, p.239–246, 2005.

CRUZ, C.; DOMÍNGUEZ-VALDIVIA, M. D.; APARICIO-TEJO, P. M.; LAMSFUS, C.; BIO, A.; MARTINS-LOUÇÃO, M. A.; MORAN, J. F. Intra-specific variation in pea responses to ammonium nutrition leads to different degrees of tolerance. **Environmental and Experimental Botany**, v. 70, n. 3, p. 233–243. 2011.

DIAS, J. S.; NEVES, I.; SILVEIRA, V. H. da. **Nutrientes do que as plantas precisam?** Canoas-RS. Unifertil de Fertilizantes S.A. (Unifertil), 002/ano 02, outubro de 2012.

DONATO, S. L. R.; ARANTES, A. de M.; MARQUES, P. R. R.; RODRIGUES, M. G. V. Considerações ecofisiológicas e estratégias de manejo da bananeira. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 36. n. 288. p. 1-128, 2015.

DONATO, S. L. R.; ARANTES, A. de M.; RODRIGUES FILHO, V. A.; RODRIGUES, M. G. V.; RODRIGUES, F. E. Aspectos de ecofisiologia e estratégias de manejo da bananeira. In: ZUCOLOTO, M.; BONOMO, R. (Org.). **Fruticultura tropical: diversificação e consolidação**. Alegre: CAUFES, 2017. p.57-73.

DONATO, S. L. R.; COELHO, E. F.; MARQUES, P. R. R.; ARANTES, A. de M. Considerações ecológicas, fisiológicas e de manejo. In: FERREIRA, C. F.; SILVA, S. O. de; AMORIM, E. P.; SANTOS-SEREJO, J. A. (Org.). **O agronegócio da banana**. Brasília, DF: Embrapa, 2016. v.1, p.45-110.

DONATO, S. L. R.; COELHO, E. F.; MARQUES, P. R. R.; ARANTES, A. M.; SANTOS, M. R.; OLIVEIRA, P. M. Ecofisiologia e eficiência de uso da água em bananeira. In: REUNIÃO INTERNACIONAL DA ASSOCIAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO EM PESQUISA E DESENVOLVIMENTO INTEGRAL DAS MUSÁCEAS (BANANAS E PLÁTANOS), 20., 2013, Fortaleza. **Anais...** Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2013. p.58-72.

DONATO, S. L. R.; COELHO, E. F.; SANTOS, M. R.; ARANTES, A. de M.; RODRIGUES, M. G. V. Eficiência de uso da água em bananeira. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.36, n.288, p.46-61, 2015.

DONATO, V. M. T. S.; ANDRADE, A. G. DE; SOUZA, E. S. DE; FRANÇA, J. G. E. DE; MACIEL, G. A. Atividade enzimática em variedades de cana-de-açúcar cultivadas in vitro sob diferentes níveis de nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n.11, p. 1087-1093, 2004.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas: Princípios e perspectivas**. 2. ed. Londrina: Editora Planta, 2006. 401 p.

FAGERIA, N.K. **The Use of Nutrients in Crop Plants**; CRC Press: Boca Raton, FL, USA, 2016.

FALGUERA, V.; LORDAN, J.; GATIUS, F.; PASCUAL, M.; VILLAR, J. M.; IBARZ, A. Influence of nitrogen fertilization on polyphenol oxidase activity in peach fruits. **Scientia Horticulturae**, v.142, p.155–157, 2012.

FAOSTAT, FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistics Division. Disponível em: < <http://www.fao.org/faostat/fr/>>. Acesso em: 24 de outubro de 2018.

FARQUHAR, G. D.; SHARKEY, T. D. Stomatal Conductance and photosynthesis. **Annual Review of Plant Physiology**, v.33, p.317-345, 1982.

FREITAS, S. T.; AMARANTE, C. V. T.; MITCHAM, E. J. Calcium deficiency disorders in plants. In: PAREEK, S. **Postharvest ripening physiology of crops**. New York: CRC Press, 2016. p. 477-512.

GANESHAMURTHY, N.; SATISHA, G.; PRAKASH PATIL, P. Potassium Nutrition on yield and quality of fruit crops with special emphasis on banana and grapes. **Karnataka Journal of Agricultural Science**, v.24, n.1, p.29-38, 2011.

GARRUTI, D. dos S.; MATIAS, M. de L.; FACUNDO, H. V. de V.; SILVA, E. de O.; COSTA, J. N. da; SILVA, M.A.A.P. da. Aceitação de cultivares de bananas resistentes à Sigatoka Negra junto ao consumidor da região Nordeste do Brasil. **Ciência Rural**, v.42, p.948-954, 2012.

GHALY, A. E.; RAMAKRISHNAN, V. V. Nitrogen sources and cycling in the ecosystem and its role in air, water and soil pollution: a critical review. **Journal of Pollution Effects and Control**, v. 3, p. 136–152, 2015.

GOEL, P., SINGH, A.K. Abiotic stresses downregulate key genes involved in nitrogen uptake and assimilation in *Brassica juncea* L. **PLoS One**, v.10, p.1-17, 2015.

GOMES, E. M. **Crescimento e produção de bananeiras ‘Prata anã’ e ‘Maçã’ fertirrigadas com potássio**. Botucatu, 76f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2004.

GONÇALVES, N. B.; CARVALHO, V. D. de. **Abacaxi pós-colheita-2. Característica da Fruta. Frutas do Brasil**, Brasília-DF, n.5, p. 13-27, 2000.

GOOD, A. G.; SHRAWAT, A, K.; MUENCH, D. G. Can less yield more? Is reducing nutrient input into the environment compatible with maintaining crop production? **Trends in Plant Science**, v. 9, n.12, p. 597–605, 2004.

GUARÇONI, A.; VENTURA, J. A. Adubação N-P-K e o desenvolvimento, produtividade e qualidade dos frutos do abacaxi ‘GOLD’ (MD-2). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, p.1367-1376, 2011.

GUERRERO, R. R.; GAGBAN, R. J. Eficacia de diferentes fertilizantes nitrogenados em el cultivo del banano (*Musa* AAA, Clon Valery), en la zona de Riofrío, Magdalena, Colombia. In. **XV Encuentro de Acorbat**. Cartagena del India, 2002

GUO, J.H; LIU, X. J; ZHANG, Y.; SHEN, J. L.; HAN, W. X.; ZHANG, W. F.; CHRISTIE, P.; GOULDING, K. W. T.; VITOUSEK, P. M.; ZHANG, F. S. Significant acidification in major Chinese croplands. **Science**, v. 327, p. 1008–1010, 2010.

GUO, S. W.; SHEN, Q. R.; BRUECK, H. Effects of local nitrogen supply on water uptake of bean plants in a split root system. **Journal of Integrative Plant Biology**. V.49, p. 472–480, 2007.

GUTSCHICK, V. P. Photosynthesis, Growth Rate, and Biomass Allocation In: JACKSON, L.E. (Ed.) **Ecology in agriculture**. Califórnia: Academic Press, 1997. p. 39-78.

HABERMANN, G. **Trocas gasosas, relações hídricas e hormônios vegetais em laranjeirasdoce, infectadas por *Xylella fastidiosa*, em três regiões do Estado de São Paulo**. 2004. 167f. Tese (Doutorado). Instituto de Biociências de Botucatu Universidade Estadual Paulista (UNESP), Botucatu, 2004.

HAGIN, J.; OLSEN, S.R.; SHAVIV, A. Review of interaction of ammonium nitrate and potassium nutrition of crops. **Journal of Plant Nutrition**. v.13, p. 1211–1226, 1990.

HASANUZZAMAN, M.; BHUYAN, M. H. M. B.; NAHAR, K.; HOSSAIN, M. S.; AL MAHMUD, J.; MASUD, A. A. C.; FUJITA, M. Potassium: A vital regulator of plant responses and tolerance to abiotic stresses. **Agronomy**, v.8, n.31, p.1-29, 2018.

HAYNES, R. J.; GOH, K. M. Ammonium and nitrate nutrition of plants. **Biological Review**, v.53, p.465–510, 1978.

HEGDE, D. M.; SRINIVAS, K. Growth, yield, nutrient uptake and water use of bananas crops under drip and basin irrigation with N and K fertilization. **Tropical Agriculture**, v. 69, n. 4, p. 331-334, 1991.

HIBBERD, J. M.; QUICK, W. P.; PRESS, M. C.; SCHOLLES, J. D.; JESCHKE, W. D. Solution fluxes from tobacco to the parasitic angiosperm *Orobanche cernua* and the influence of infection on host carbon and nitrogen relations. **Plant, Cell and Environment**, v.22, p.937–947, 1999.

HO, L. C. Improving tomato fruit quality by cultivation. In: COCKSHULL, K. E.; GRAY, D.; SEYMOUR, G. B.; THOMAS, B. (Eds.). Genetic and Environmental Manipulation of Horticultural Crops. **CABI Publishing**, UK, p. 17–29, 2003.

HOFFMANN, R. B.; OLIVEIRA, F. H. T.; GHEYI, H. R.; SOUZA, A. P.; ARRUDA, J. A. Acúmulo de matéria seca e de macronutrientes em cultivares de bananeira irrigada. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 32, n. 1, p. 268-275, 2010.

HOLZSCHUH, M. J.; BOHNEN, H.; ANGHINONI, I.; PIZZOLATO, T. M.; CARMONA, F. C.; CARLOS, F. S. Absorção de nutrientes e crescimento do arroz com suprimento combinado de amônio e nitrato. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, p.1357-1366, 2011.

HU, W.; COOMER, T. D.; LOKA, D. A.; OOSTERHUIS, D. M.; ZHOU, Z. Potassium deficiency affects the carbon-nitrogen balance in cotton leaves. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 115, p. 408–417, 2017.

HU, W.; YANG, J.; MENG, Y.; WANG, Y.; CHEN, B.; ZHAO, W.; OOSTERHUIS, D. M.; ZHOU, Z. Potassium application affects carbohydrate metabolism in the leaf subtending the cotton (*Gossypium hirsutum* L.) boll and its relationship with boll biomass. **Field Crop Research**. v.179, p.120–131, 2015.

HU, W.; ZHAO, W.; YANG, J.; OOSTERHUIS, D. M.; LOKA, D. A.; ZHOU, Z. Relationship between potassium fertilization and nitrogen metabolism in the leaf subtending the cotton (*Gossypium hirsutum L.*) boll during the boll development stage. **Plant Physiology Biochemistry**, v.101, p.113–123, 2016.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/>>. Acesso em: 20 de outubro 2018.

IDEME. Instituto de Desenvolvimento Municipal e Estadual. **Anuário Estatístico da Paraíba 2014**. João Pessoa – PB: IDEME, v. 40/41, 2014. p. 871.

IMAS, P. Potassium – the quality element in crop production. **International Potash Institute (IPI)**, Suíça, 2013.

IMAS, P.; Wiendl, T. **Potássio, o elemento da qualidade na produção agrícola**. Instituto Internacional do Potássio (IPI), São Paulo, 2014.

IPI. INSTITUTO INTERNACIONAL DO POTÁSSIO. **Potássio um Nutriente Essencial para a Vida**. Disponível em: <<http://www.ipipotash.org/udocs/397-potassio-um-nutriente-essencial-para-a-vida.pdf>> Acessado em: 25 jun. 2018.

JAMPEETONG, A.; BRIX, H.; KANTAWANICHKUL, S. Response of *Salvinia cucullata* to high  $\text{NH}_4^+$  concentrations at laboratory scales. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 79, n. 1, p. 69–74, 2012.

JIANG, F.; LI, C. J.; JESCHKE, W.D.; ZHANG, F. S. Effect of top excision and replacement by 1-naphthylacetic acid on partition and flow of potassium in tobacco plants. **Journal of Experimental Botany**, v.52, p.2143–2150, 2001.

JONES, D. H. Phenylalanine ammonia lyase: regulation of its induction, and its role in plant development. **Phytochemistry**, v.23, p.1349-1359, 1984.

KAFKAFI, U.; XU, G.; IMAS, P.; MAGEN, H.; TARCHITZKY, J. **Potassium and Chloride in Crops and Soils: The Role of Potassium Chloride Fertilizer in Crop Nutrition**; IPI Research Topics N. 22; International Potash Institute: Horgen, Switzerland, 2001; p. 220.

KAISER, W. M.; HUBER, S. C. Pos-translation regulation of nitrate reductase: mechanism, physiological relevance and environmental triggers. **Journal of Experimental Botany**, v.363, n.52, p.1981-1989, 2001.

KE, D.; SALTVEIT, M. E. J. R. Carbon dioxide-induced brown stain development as related to phenolic metabolism in iceberg lettuce. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.114, n.5, p. 789-794, 1989.

KERBAURY, G. B. **Fisiologia vegetal**. 1ª Ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006. 452 p.

KERBAURY, G. B. **Fisiologia vegetal**. 2ª. Ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008, 431p

KHALIL, K.; MARY, B.; REMAULT, P. Nitrous oxide product by nitrification and denitrification in soil aggregate as affected by O<sub>2</sub> concentration. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 36, p. 687–699, 2004

KISSEL, E.; VAN ASTEN, P.; SWENNEN, R.; LORENZEN, J.; CARPENTIER, S.C. Transpiration efficiency versus growth: Exploring the banana biodiversity for drought tolerance. **Scientia Horticulturae**, v.185, n., p.175-182, 2015.

KIST, B. B.; CARVALHO, C. de; TREICHEL, M.; SANTOS, C. E. dos. **Anuário brasileiro da fruticultura** 2018. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta, 2018. 48 p.

KOTSIRAS, A.; OLYMPIOS, C. M.; DROSOPOULOS, J.; PASSAM, H. C. Effects of nitrogen form and concentration on the distribution of ions within cucumber fruits. **Scientia Horticulturae**, v. 95, n. 3, p. 175–183, 2002.

KRAISER, T.; GRAS, D. E.; GUTIÉRREZ, A. G.; GONZÁLEZ, B.; GUTIÉRREZ, R. A. A holistic view of nitrogen acquisition in plants. *Journal of Experimental Botany*, v. 62, p. 1455–1466, 2011.

KUMAR, A. R.; KUMAR, N. Potassium nutrition in banana. **The Asian Journal of Horticulture**, v.3, p.479- 482, 2008.

KUMAR, N.; SOORIANATHASUNDARAM, K.; MEENAKSHI, N.; MANIVANNAN, M.; SURESH, J.; NOSOV, D. Balanced fertilization in papaya (*Carica papaya L.*) for higher yield and quality. **Acta Horticulturae**, v.851, p.357-362, 2010.

LAM, H. M.; COSCHIGANO, K. T.; OLIVEIRA, I. C.; OLIVEIRA, R. M.; CORUZZI, G. M. The molecular-genetics of nitrogen assimilation into amino acids in higher plants. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v.47, p.569-593, 1996.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos: RiMa, 2006. 550p.

LASA, B.; FRECHILLA, S.; APARICIO-TEJO, P. M.; LAMSFUS, C. Role of glutamate dehydrogenase and phosphoenolpyruvate carboxylase activity in ammonium nutrition tolerance in roots. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 40, n. 11, p. 969–976, 2002.

LAWLOR, D. W. Carbon and nitrogen assimilation in relation to yield: mechanisms are the key to understanding production systems. **Journal of Experiment Botany**, v.53, p.77, 2002.

LEA P. J.; MIFLIN B. J. Nitrogen assimilation and its relevance to crop improvement. **Annual Plant Reviews**, v. 42, p. 1–40, 2011.

LEAL, R. M.; NATALE, WILLIAM; PRADO, R. M.; ZACCARO, R.P. Adubação nitrogenada na implantação e na formação de pomares de caramboleira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.8, p.1111-1119, 2007.

LEI, W.; TONG, Z.; SHENGYAN, D. Effect of drought and rewatering on photosynthetic physioecological characteristics of soybean. **Acta Ecologica Sinica**, v. 26, n.7, p. 2073-2178, 2006.

LEMOS, O. L.; ALMEIDA, O. S.; GUEDES P. A.; REBOUÇAS, T.; NAIR, H.; SENO, S. Relação entre o metabolismo de nitrogênio e a fotossíntese na formação de frutos: uma revisão bibliográfica. **Diálogos & Ciência**, n.6, p.23-37, 2008.

LI, S. X.; WANG, Z. H.; STEWAR, B. A. Responses of crop plants to ammonium and nitrate N. **Advances in Agronomy**, v. 118, p. 205–397, 2013.

LIMA, M. B.; OLIVEIRA e SILVA, S. de; JESUS, O. N. de; OLIVEIRA, W. S. J. de; GARRIDO, M. da S.; AZEVEDO, R. L. Avaliação de cultivares e híbridos de bananeira no recôncavo baiano. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, n. 3, p. 515-520, 2005.

LIU, X.; ZHANG, Y.; HAN, W.; TANG, H.; SHEN, J.; CUI, Z.; VITOUSEK, P.; ERISMAN, J.W.; GOULDING, K.; CHRISTIE, P.; FANGMEIER, A.; ZHANG, F. Enhanced nitrogen deposition over China. **Nature**, v. 494, p. 459–462, 2013.

LOPES, A. S; GUILHERME, L. R. Fertilizantes e corretivos agrícolas: sugestões de manejo para uso eficiente. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, Piracicaba, 1992. Anais..., Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992.p.39-69.

LÓPEZ, A; ESPINOLA, J. **Manual de nutrición y fertilización del banano**. International Plant Nutrition Institute. Quito-Ecuador, 1995.

LU, Y. X. e LI, C. J. Transpiration, potassium uptake and flow in tobacco as affected by nitrogen forms and nutrient levels. **Annals of Botany**. v.95, p.991–998, 2005.

LUCENA, C. C. **Estratégias de manejo de irrigação de bananeiras baseadas em coeficientes de transpiração e área foliar**. 2013. 152 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2013.

LUDEWIG, U.; NEUHÄUSER, B.; DYNOWSKI, M. Molecular mechanisms of ammonium transport and accumulation in plants. **FEBS Letters**, v. 581, p. 2301–2308, 2007.

MAÇÃS, J. E. S. **Nitrogenio nítrico e amoniaco no desenvolvimento da parte aérea de milho cultivado em argilossolos**. Porto Alegre, 2008. 72 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

MACHEIX, J.; FLEURIET, A.; BILLOT, J. **Fruit phenolics**. Boca Raton: USA, CRC Press. 1990.

MAHOAUCHI, J.; LÓPEZ-CLIMENT, M.F.; GÓMEZ-CADENAS. A. Hormonal and hidroxicinnamic acids profiles in banana leaves in response to various periods of water stress. **The Scientific World Journal**, v.2014, p.1-9, 2014.

MAHOUACHI, J. Changes in nutrient concentrations and leaf gas exchange parameters in banana plantlets under gradual soil moisture depletion. **Scientia Horticulturae**, v.120, n.4, p.460-466, 2009.

MAKHDUM, M.I.; PERVEZ, H.; ASHRAF, M. Dry matter accumulation and partitioning in cotton (*Gossypium hirsutum L.*) as influenced by potassium fertilization. **Biology and Fertility of Soils**, v.43, p.295–301, 2007.

MALAVOLTA, E. **ABC da adubação**. 5ª ed. Editora Agronômica Ceres. São Paulo. 1989. 202p.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 251p.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 2006, 638p.

MALAVOLTA, E. Potássio – Absorção, transporte e redistribuição na planta. In YAMADA, T.; BOBERTS, T.L. (Ed.). **Potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba: Instituto da Potassa e do Fosfato; Instituto Internacional da Potassa, 2005. p. 179-230.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional de plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Potafos, 1997. 319 p.

MANTOVANI, J. R.; FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. Produção de alface acúmulo de nitrato em função da adubação nitrogenada. **Horticultura Brasileira**, v.23, p.758-762, 2005.

MARENCO, R. A.; ANTEZANA-VERA, S. A.; GOUVÊA, P. R. dos S.; CAMARGO, M. A. B.; OLIVEIRA, M. F. de; SANTOS, J. K. da S. Fisiologia das espécies florestais da Amazônia: fotossíntese, respiração e relações hídricas. **Revista Ceres**, v.61, p.786-799, 2014.

MARENCO, R.A.; LOPES, N.F. **Fisiologia Vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral**. Viçosa: UFV, 2005. 439p.

MARQUES, P. R. R.; DONATO, S. L. R.; SÃO JOSÉ, A. R.; ROSA, R. C. C. Gas exchange and yield of Prata-type banana plants with fertilizer sources for organic management, **African Journal of Agricultural Research**, v. 13, p. 272-20, 2018.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. ed. London: London Academic Press, 1995. 899p.

MARSCHNER, P. **Mineral nutrition of higher plants**. 3. ed. London: Academic Press, 2012. 672p.

MARSHNER, H.; KIRKBY, E. A.; CAKMAK, I. Effect of mineral nutritional status on shoot-root partitioning of photoassimilates and cycling of mineral nutrients. **Journal of Experimental Botany**. v.47, p.1255–1263, 1996.

MARTIN, T. N.; PAVINATO, P. S.; SILVA, M. R.; ORTIZ, S.; BERTONCELLI. Fluxo de nutrientes em ecossistemas de produção de forragens conservadas. In: **Anais do IV Simpósio sobre produção e utilização de forragens conservadas**, Maringá. 2011. p.319. p.173-219.

MARTINEZ-CORDERO, M. A.; VICENTE, M.; FRANCISCO, R. Cloning and functional characterization of the high-affinity K<sup>+</sup> transporter HAK1 of pepper. **Plant Molecular Biology**, v.56, p.413–421, 2004.

MARTINS, L. P. **Qualidade de abacaxi ‘Pérola’ submetido à relação N/K e conservação de abacaxi ‘Smooth cayenne’ tratado com 1-MCP**. Areia, 195 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2009.

MASCLAUX-DAUBRESSE, C.; REISDORF-CREN, M.; PAGEAU, K.; LELANDAIS, M.; GRANDJEAN, O.; KRONENBERGER, J.; VALADIER, M.; FERAUD, M.; JOUGLET, T.; SUZUKI, A. Glutamine synthetase-glutamate synthase pathway and glutamate dehydrogenase play distinct roles in the sink-source nitrogen cycle in tobacco. **Plant Physiology**, v.140, p.444–456, 2006.

MATSUURA, F. C. A. U.; COSTA, J. I. P. da; FOLEGATTI, M. I. da S. Marketing de banana: preferências do consumidor quanto aos atributos de qualidade dos frutos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.21, p.48-52, 2004.

MELO, A. S. de. **Ecofisiologia e lucratividade da bananeira sob fertirrigação nitrogenada e potássica**. 2007. 107f. Tese (Doutorado em Recursos Naturais) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Campina Grande, 2007.

MELO, A. S. de; SILVA JÚNIOR, C. D. da; FERNANDES, P. D.; SOBRAL, L. F.; BRITO, M. E. B.; DANTAS, J. D. M. Alterações das características fisiológicas da bananeira sob condições de fertirrigação. **Ciência Rural**, v.39, n.3, p.733-741, 2009.

MELO, A. S. de; FERNANDES, P. D.; SOBRAL, L. F.; BRITO, M. E. B.; DANTAS, J. D. M. Crescimento, produção de biomassa e eficiência fotossintética da bananeira sob fertirrigação com nitrogênio e potássio. **Revista Ciência Agronômica**, v.41, p.417-426, 2010.

MELO, W. J. de; MELO, G. M. P. de; MELO, V. P. de; DONHA, R. M. A.; DELARICA, D. de L. D. Nitrogen dynamic in agricultural soils amended with sewage sludge. **Soil Management and Climate Change**, p.189-205, 2018.

MEMON, N.; MEMON, K. S.; ANWAR, R.; AHMAD, S.; NAFEES, M. Status and response to improved NPK fertilization practices in banana. **Pakistan Journal of Botany**, v.42, p.2369-2381, 2010.

MENDONÇA, K. H; DUARTE, D. A. dos S.; COSTA, V. A. de M., MATOS, G. R.; SELEGUINI, A. Avaliação de genótipos de bananeira em Goiânia, estado de Goiás. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 3 p. 652-660, 2013.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. **Principles of plant nutrition**. 5.ed. London: Kluwer Academic Publishers, 2001. 849p.

MILLER, A. J.; FAN, X.; ORSEL, M.; SMITH, S. J.; WELLS, D. M. Nitrate transport and signalling. **Journal of Experimental Botany**, v. 58, p. 2297–2306, 2007.

MONDAL, S. S. Potassium nutrition at high levels of N fertilization on rice. In: Potash Review. **International Potash Institute**, p.1-4, 1982.

MOREIRA, R. S. **Banana: teoria e prática de cultivo**. Campinas: Fundação Cargil, 1987. 335 p.

MOREIRA, R.S. **Banana: teoria e prática de cultivo**. São Paulo: Fundação Cargill. 1999. CD-ROM.

MUTHUSAMY, M.; UMA, S.; BACKIYARANI, S.; SARASWATHI, M.S. Computational prediction, identification, and expression profiling of microRNAs in banana (*Musa* spp.) during soil moisture deficit stress. **The Journal of Horticultural Sciences & Biotechnology**, v.89, n.2, p.208-214, 2014.

NEILL, S.; BARROS, R.; BRIGHT, J.; DESIKAN, R.; HANCOCK, J.; HARRISON, J.; MORRIS, P.; RIBEIRO, D.; WILSON, IAN. Nitric oxide, stomatal closure, and abiotic stress. **Journal of Experimental Botany**, v.59, n.2, p.165–176, 2008.

NIEVES-CORDONES, M.; MARTÍNEZ-CORDERO, M. A.; MARTÍNEZ, V.; RUBIO, F. An NH<sub>4</sub><sup>+</sup>- sensitive component dominates high-affinity K<sup>+</sup> uptake in tomato plants. **Plant Science**, v.172, p.273–280, 2007.

NÓBREGA, J. P. R.; PEREIRA, W. E.; DIAS, THIAGO, J.; RAPOSO, R. W. C.; FRANCISCO, A. de; ARAÚJO, R. da C. Teor nutricional nas folhas de perfilhos de bananeira em função da poda e doses de nitrogênio e boro. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, v.17, n.2, p.18-32, 2010.

NOMURA, E. S.; CUQUEL, F. L.; DAMATTO JUNIOR, E. R.; FUZITANI, E. J.; BORGES, A. L.; SAES, L. A. Nitrogen and potassium fertilization on ‘Caipira’ and ‘BRS Princesa’ bananas in the Ribeira Valley. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.20, n.8, p.702-708, 2016.

NOMURA, E. S.; DAMATTO JUNIOR, E. R.; FUZITANI, E. J.; AMORIM, E. P.; OLIVEIRA e SILVA, S. de. Avaliação agrônômica de genótipos de bananeiras em condições subtropicais, Vale do Ribeira, São Paulo – Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n. 1, p. 112-122, 2013.

NUNES-NESE, A.; FERNIE, A. R.; STITT, M. Metabolic and signaling aspects underpinning the regulation of plant carbon nitrogen interactions. **Molecular Plant**, v.3, n.6, p.973–996, 2010.

NYOMBI, K.; VAN ASTEN, P. J. A.; CORBEELS, M.; TAULYA, G.; LEFFELAAR, P. A.; GILLER, K. E. Mineral fertilizer response and nutrient use efficiencies of East African highland banana (*Musa* spp., AAA-EAHB, cv. Kisansa). **Field Crops Research**, 117:38-50, .2010.

OGBONNA, P. E.; NWEZE, N. J. Evaluation of growth and yield responses of cocoyam (*Colocasia esculenta*) cultivars to rates of NPK 15:15:15 fertilizer. **African Journal Agriculture Research**, v.7, p. 6553–6561, 2012.

OGBONNA, P. E.; NWEZE, N. J. Evaluation of growth and yield responses of cocoyam (*Colocasia esculenta*) cultivars to rates of NPK 15:15:15 fertilizer. **African Journal Agriculture Research**, v.7, p. 6553–6561, 2012.

OKUMU, M. O.; VAN ASTEN, P.J.A.; KAHANGI, E.; OKECH, S. H., JEFWA, J.; VANLAUWE, B. Production gradients in smallholder banana (cv. Giant Cavendish) farms in Central Kenya. **Scientia Horticulturae**, v.127, p.475-481, 2011.

OLIVEIRA, C. A. P.; PEIXOTO, C. P.; SILVA, S. O.; LEDO, C. A. S.; SALOMÃO, C. C. Genótipos de bananeiras em três ciclos na Zona da Mata Mineira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.2, p.173-181, 2007.

OOSTERHUIS, D. M.; LOKA, D. A.; KAWAKAMI, E. M.; PETTIGREW, W. T. The Physiology of Potassium in Crop Production. **Advances in Agronomy**, v.126, p.203-233, 2014a.

OOSTERHUIS, D. M.; LOKA, D. A.; RAPER, T. B. Potassium and stress alleviation: physiological functions and management of cotton. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, p. 1–13, 2014b.

PASCUAL, M.; VILLAR, J. M.; LORDAN, J.; FONSECA, F.; FALGUERAC, V.; RUFATC, J. Relationship between polyphenol oxidase activity and nutrition, maturity and quality parameters in flat peach. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.93: p.3384–3389, 2013.

PAULA, M. B.; MESQUITA, H. A.; NOGUEIRA, F. D. Nutrição e adubação do abacaxizeiro. **Informe Agropecuário**, v.19, p.33-39, 1998.

PEREIRA, J. C. R.; GASPAROTTO, L; PEREIRA, M. C. N. **BRS Vitória: Nova cultivar de bananeira do subgrupo prata para o agronegócio do estado do Amazonas**. 1ª edição, Manaus-AM, dezembro de 2005. (Comunicado Técnico, 43 – Embrapa Amazonas).

PEREIRA, L. V.; SILVA, S. O.; ALVES, J. E.; SILVA, C. R. R. Avaliação de cultivares e híbridos em Lavras-MG. **Ciência e Agrotecnologia**, v.27, n.1, p.17-25, 2003.

PEREIRA, M. C. T.; SALOMÃO, C. C.; SILVA, S. O.; SEDIYAMA, C. S.; COUTO, F. A. D' A.; SILVA NETO, S. P. Crescimento e produção do primeiro ciclo da bananeira Prata-Anã (AAB) em sete espaçamentos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.7, p.1377-1387, 2000.

PERRIER, X.; LANGHE, E. de; DONOHUE, M.; LENTFER, C.; VRYDAGHS, L.; BAKRY, F.; CARREEL, F.; HIPPOLYTE, I.; HORRY, JEAN-PIERRE; JENNY, C.; LEBOT, V.; RISTERUCCI, ANGE-MARIE; TOMEKPE, K.; DOUTRELEPONT, H.; BALL, T.; MANWARING, J.; MARET, P. de; DENHAM, TIM. Multidisciplinary perspectives on banana (*Musa* spp.) domestication. **Proceedings of the National Academy of Sciences of USA**, Washington, v.108, n.28, p.11311-11318, 2011.

PERVEZ, H., ASHRAF, M., MAKHDUM, M. I. Influence of potassium rates and sources on seed cotton yield and yield components of some elite cotton cultivars. **Journal of Plant Nutrition**, v.27, p.1295–1317, 2004a.

PERVEZ, H.; ASHRAF, M.; MAKHDUM, M. I. Influence of potassium nutrition on gas exchange characteristics and water relations in cotton (*Gossypium hirsutum* L.). **Photosynthetica**, v. 42, p. 251–259, 2004b.

PETTERSSON, S.; JENSEN, P. Variations among species and varieties in uptake and utilization of potassium. **Plant and Soil**, v.72, p.231–237, 1983.

PETTERSSON, S. Effects of nitrate on influx, efflux and translocation of potassium in young sunflower plants. **Physiologia Plantarum**, v. 61, p. 663–669, 1984.

PINTO, J.; FARIA, C. de; SILVA, D.; FEITOSA, J. Doses de nitrogênio e potássio aplicadas via fertirrigação em bananeira. **Irriga**, v.10, p.46-52, 2005.

PRADO, R. M. **Nutrição de plantas**. São Paulo: Editora Unesp, 2008. 407p.

PREZOTTI, L. C. **Recomendações de calagem e adubação para o Estado do Espírito Santo**: 3ª aproximação. Vitória: Emcapa, 1992. 73 p. (Emcapa. Circular Técnica, 12)

QI, Z.; HAMPTON, C. R.; SHIN, R.; BARKLA, B. J.; WHITE, P. J.; SCHACHTMAN, D. P. The high affinity K<sup>+</sup> transporter AtHAK5 plays a physiological role *in planta* at very low K<sup>+</sup> concentrations and provides a caesium uptake pathway in *Arabidopsis*. **Journal and Experimental Botany**, v.59, p.595–607, 2008.

RADHA, T.; MATHEW, L. Banana, In: **Fruit crops**, New India Publishing agency, Pitampura, New Delhi, p-33-58, 2007.

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2011. 420 p.

RAMOS, A. G. O. **Trocas gasosas em genótipos de bananeira tipo Maçã**. 2016. 18f. Dissertação (Mestrado Profissional em Produção Vegetal no Semiárido) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, Guanambi, 2016.

RAMOS, A. G. O.; DONATO, S. L. R.; ARANTES, A. de M.; COELHO FILHO, M. A.; RODRIGUES, M. G. V. Evaluation of gas exchanges and production of genotypes of maçã banana type cultivated in the semi-arid region of Bahia, **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 40, n. 3, 2018.

RAMOS, M. J. M.; MONNERAT, P. H.; CARVALHO, A. J. C.; PINTO, J. L. A.; SILVA, J. A. Sintomas visuais de deficiência de macronutrientes e de boro em abacaxizeiro “Imperial”. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, n. 1, p. 252-256, 2009.

RASCHKE, K. Movements using turgor mechanisms. In: HAUPT, W.; FEINLEIB, M. E. (Eds.) **Physiology of Movements**. Berlin: Springer-verlag, 1979, p.383-441.

REETZ, E. R. **Anuário brasileiro da fruticultura** 2015. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta, 2015.

REID, M. S. Maturation and maturity indices, in Peaches, Plums and Nectarines: Growing and Handling for Fresh Market, ed. by La Rue, J. H and Johnson, R.S. Department of Agriculture and Natural Resources, University of California, Davis, CA, pp. 21–28, 1992.

ROBINSON, J. C.; GALÁN SAÚCO, V. **Bananas and plantains**. 2nd ed. Oxford: CAB International. 311p. (Crop production science in horticulturae series, 19). 2010.

ROMERO, J. O.; ZAMORA, O. P. Tensión de humedad del suelo y fertilización nitrogenada en plátano (*Musa* AAA Simmonds) cv. Gran Enano. **Agrociencia**, v.40, n.2, p.149- 162, 2006.

ROTHSTEIN, D. E.; CREGG, B. M. Effects of nitrogen form on nutrient uptake and physiology of Fraser fir (*Abies fraseri*). **Forest Ecology and Management**, v.219, p.69–80, 2005.

RUAN, J.; WU, X.; HARDTER, R. Effects of potassium and magnesium nutrition on the quality components of diffents types of tea. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.79, p. 47-52, 1999.

RUAN, J.; WU, X.; YE, Y.; HARDTER, R. Effect of potassium, magnesium and Sulphur applied in different form of fertilizers on free amino acid content in leaves of tea (*Camellia sinensis* L.). **Journal of the Science of Food and Agricultura**, v. 76, p. 389-396, 1998.

RUFAT, J.; DOMINGO, X.; ARBONES, A.; PASCUAL, M.; VILLAR, J. M. Interaction between water and nitrogen management in peaches for processing. **Irrigation Science**, v.29, p.321–329, 2011.

SANCHEZ-BALLESTA, M. T.; LAFUENTE, M. T.; ZACARIAS, L.; GRANELL, A. Involvement of phenylalanine ammonia-lyase in the response of Fortune mandarin fruits to cold temperature. **Physiologia Plantarum**, v. 108, p. 382-389, 2003.

SANTOS, M. R.; DONATO, S. L. R.; ARANTES, A. de M.; COELHO, E. F.; OLIVEIRA, P. M. de Gas exchange in ‘BRS Princesa’ banana (*Musa* spp.) under partial rootzone drying irrigation in the north of Minas Gerais, Brazil. **Acta Agronómica**, v.66, n.3, p.378-384, 2017.

SANTOS, M. R; MARTINEZ, M. A.; DONATO, S. L. R. Gas exchanges of Tommy Atkins mango trees under different irrigation treatments. **Bioscience Journal**, v.29, p.1141-1153, 2013.

SANTOS, P. N. **Características fisiológicas e bioquímicas das bananeiras ‘Prata1, ‘Japira’ e ‘Vitória’**. Vitória. 2011. 46f. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) – Centro de Ciências Humanas e Naturais, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2011.

SANTOS, P. N. dos; SILVA, D. M.; GALLON C. Z.; VENTURA, J. A. Sensitivity to environmental stress of Prata, Japira and Vitória banana cultivars proven by chlorophyll *a* fluorescence<sup>1</sup>. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 39, n. 2, p. 1-11, 2017.

SÃO JOSÉ, A. R.; PRADO, N. B.; BOM FIM, M. P.; REBOUÇAS, T. N. H.; MENDES, H. T. A. Marcha de absorção de nutrientes em anonáceas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.36, p. 176-183, 2014.

SCHOBERT, C.; BAKER, L.; KOMOR, E.; HAYASHI, H.; CHINO, M.; LUCAS, W. J. Identification of immunologically related proteins in sieve-tube exudate collected from monocotyledonous and dicotyledonous plants. **Planta**, v.206, p.245–252, 1998.

SEYDOU, T.; ELISÉE, A. L. D. G.; MAMADOU, C.; LEONARD, O. S.; FERNAND, K.; GASTON, K. K.; BRAHIMA, C.; DAOUDA, K. Agronomic Performance of Plantain Cultivars (*Musa* spp.) in Efficient Mixing Situation for the Control of Black Sigatoka in Southern Côte d'Ivoire. **Asian Journal of Plant Pathology**, v.11, p.1-9, 2017.

SHEN, T. C.; FUNKHOUSER, E. A.; GUERRERO, M. G. NADH- and NAD(P)H-Nitrate Reductases in Rice Seedlings. **Plant Physiology**, v.58, p. 292-294, 1976.

SIGNOR, D.; CERRI, C. E. P. Nitrous oxide emissions in agricultural soils: a review. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, p. 322–338, 2013.

SILVA, F. G. da; DUTRA, W. F.; DUTRA, A. F.; OLIVEIRA, I. M. de; FILGUEIRAS, L. M. B.; MELO, A. S. de. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em plantas de berinjela sob lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.10, p.946–952, 2015.

SILVA, I. P. da; SILVA, J. T. A. da; PINHO, P. J. de; RODAS, C. L.; CARVALHO, J. G. de. Vegetative development and yield of the banana cv. 'Prata Anã' as a function of magnesium and potassium fertilization. **IDESIA**, v. 31, n. 2, 2013.

SILVA, J. T. A.; BORGES, A. L.; DIAS, M. S. C.; COSTA, E. L. da; PRUDÊNCIO, J. M. **Diagnóstico nutricional da bananeira 'Prata-Anã' para o Norte de Minas Gerais**. Belo Horizonte: EPAMIG, 2002. 16 p. (Boletim Técnico, 70).

SILVA, J. T. A.; BORGES, A. L.; MALBURG, J. L. Solos, adubação e nutrição da bananeira. **Informe Agropecuário**, v. 20, n. 196, p. 21-36, 1999.

SILVA, M. J. R. da; ANJOS, J. M. C. dos; JESUS, P. R. R. de; SANTOS, G. S dos; LIMA, F. B. F.; RIBEIRO, V. G. Produção e caracterização da bananeira "Prata Anã" (AAB) em dois ciclos de produção (Juazeiro, Bahia). **Revista Ceres**, v. 60, n.1, p. 122-126, 2013.

SILVA, M. L.de S.; TREVIZAM, A. R. Interações iônicas e seus efeitos na nutrição das plantas. **Informações Agronômicas**. n. 149, 2015, 16p.

SILVA, S. de O. e; AMORIM, E. P.; SANTOS-SEREJO, J. A.; FERREIRA, C. F.; RODRIGUEZ, M. A. D. Melhoramento genético da bananeira: estratégias e tecnologias disponíveis. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n. 3, p. 919-931, 2013.

SILVA, S. de O. e; AMORIM, E.P.; SANTOS-SEREJO, J. A. dos. Cultivares. In: FERREIRA, C.F.; SILVA, S. de O. e; AMORIM, E.P.; SANTOS-SEREJO, J.A. dos (Ed.). **O agronegócio da banana**. Brasília: Embrapa, 2015. p.137- 170.

SILVA, W. L. C.; MAROUELLI, W. A. Fertirrigação de hortaliças. **Irrigação & Tecnologia Moderna**, v.52/53, 2001/2002.

SOARES, A. G., TRUGO, L. C., BOTREL, N., SOUZA, L. F. da S. Reduction of internal browning of pineapple fruit (*Ananas comusus L.*) by preharvest soil application of potassium. **Postharvest Biology and Technology**, v.35, p. 201-207, 2005.

SODEK, L. Metabolismo do nitrogenio. In: KERBAUY, G. B. **Fisiologia vegetal**. São Paulo: Guanabara Koogan, 2004. 252p.

SOTO BALLESTERO, M. **Bananas: cultivo y comercialización**. 2. ed. San José, Costa Rica: Litografia e Imprensa LIL, 1992, 674p.

SOUZA, R. J; CARVALHO, J. G. Efeito de doses de nitrogênio aplicadas no solo e níveis de cálcio aplicados via foliar sobre o teor e o acúmulo de micronutrientes em alface americana. **Ciência Agrotécnica**, v.24, n.4, p. 905-916, 2000.

SPIRONELLO, A.; QUAGGIO, J. A.; TEIXEIRA, L. A. J.; FURLANI, P. R.; SIGRIST, J. M. M. Pineapple yield and fruit quality effected by NPK fertilization in a tropical soil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.26, p.155-159, 2004.

STITT, M.; SULPICE, R.; KEURENTJES, J. Metabolic Networks: How to Identify Key Components in the Regulation of Metabolism and Growth. **Plant Physiology**, v.152, p.428–444, 2010.

SUMINARTI, N. E.; ARIFFIN GURITNO, B.; RAYES, M. L. Effect of fertilizer application and plant density on physiological aspect and yield of taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott var. antiquorum). **International Jornal Agriculture Research**, v.11, p. 32–39, 2016.

SUMINARTI, N. E.; ARIFFIN GURITNO, B.; RAYES, M. L. Effect of fertilizer application and plant density on physiological aspect and yield of taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott var. antiquorum). **International Journal Agriculture Research**, v.11, p. 32–39, 2016.

SUNG, J.; SUYEON, L.; YEJIN, L.; SANGKEUN, H.; BEOMHEON, S.; TAEWAN, K.; BRIAN, M. W.; HARI, B. K. Metabolomic profiling from leaves and roots of tomato (*Solanum lycopersicum L.*) plants grown under nitrogen, phosphorus or potassium-deficient condition. **Plant Sciences**, v. 241, p. 55–64, 2015.

SZCZERBA, M. W.; BRITTO, D. T.; KRONZUCKER, H. J. K<sup>+</sup> transport in plants: physiology and molecular biology. **Journal Plant Physiology**, v.166, p.447–466, 2009.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 954 p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858 p.

TAULYA, G. East African highland bananas (*Musa* spp. AAA-EA) ‘worry’ more about potassium deficiency than drought stress. **Field Crops Research**, v.151, p.45-55, 2013.

TAULYA, G.; VAN ASTEN, P.J.A.; LEFFELAAR, P.A.; GILLER, K.E. Phenological development of East African highland banana involves trade-offs between physiological age and chronological age. **European Journal of Agronomy**, v.60, n.1, p.41-53, 2014.

TEIXEIRA, L. A. J.; NOMURA, E. S.; DAMATTO JÚNIOR, E. R.; FUZITANI, E. J. Banana. In: AGUIAR, A. T. E.; GONÇALVES, C.; PATERNIANI, M. E. A. G.; TUCCI, M. G. S.; CASTRO, C. E. F (Eds.). **Instruções Agrícolas para as principais culturas econômicas**. 7. ed. rev. Campinas: Instituto Agrônômico, 2014. p.46-51. Boletim Técnico, 200.

TEIXEIRA, L. A. J.; TECCHIO, M. A.; MOURA, M. F.; TERRA, M. M.; PIRES, E. J. P.; HERNANDES, J. L. Alterações em atributos químicos de um solo submetido à adubação e cultivo com videira “Niagara rosada”. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.33, n.3, p.983-992, 2011.

TEN HOOPEN, F.; CUIN, T. A.; PEDAS, P.; HEGELUND, J. N.; SHABALA, S.; SCHJOERRING, J. K.; JAHN, T. P. Competition between uptake of ammonium and potassium in barley and *Arabidopsis* roots. Molecular mechanisms and physiological consequences. **Journal and Experimental Botany**, v.61, p.2303–2315, 2010.

TENA, M.; LOPES-VALBUENA, R.; JORRÍN, J. Induction of phenylalanine ammonia-lyase in hypocotys of sunflower seedlings by light, excision and sucrose. **Physiologia Plantarum**, v.60, n.2, p.159-165, 1984.

TU, B.; LIU, C.; TIAN, B.; ZHANG, Q.; LIU, X.; HERBERT, S.J. Reduced abscisic acid content is responsible for enhanced sucrose accumulation by potassium nutrition in vegetable soybean seeds. **Journal of Plant Research**, v. 130, p.551–558, 2017.

TURNER, D. W.; FORTESCUE, J. A.; THOMAS, D. S. Environmental physiology of the bananas (*Musa* spp.). **Brazilian Journal Plant Physiology**, v.19, p.463-484, 2007.

TURNER, D.W. Bananas and plantains. In: SCHAFFER, B.; ANDRESEN, P. C. (Ed.). **Handbook of environmental Physiology of Fruits**. Boca Raton: CRC Press, 1994. P. 37-64.

TURNER, D.W. The response of plant to the environment. In: GOWEN, S. (Ed.). **Bananas and plantains**. London: Chapman and Hall, 1995. p. 206-229.

VAM-VIGYÁZÓ, L. Polyphenoloxidase and peroxidase in fruit and vegetables. **CRC-Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, n.49, 1981.

VANHOVE, A.C.; VERMAELEN, W.; PANIS, B.; SWENNEN, R.; CARPENTIER, S.C. Screening the banana biodiversity for drought tolerance: can an *in vitro* growth model and proteomics be used as a tool to discover tolerant varieties and understand homeostasis. **Frontiers in Plant Science**, v.3, n.176, p.1-10, 2012.

VENKATESAN, S.; GANAPATHY, M. N. K. Nitrate reductase activity in tea as influenced by various levels of nitrogen and potassium fertilizers. **Communication in Soil Science and Plant Analysis**, v. 35, p. 1283-1291, 2004.

VENTURA, J. A.; SILVA, S. O.; GOMES, J. A.; ARLEU, R. J.; COSTA, H.; GASPAROTTO, L.; PEREIRA, L. C. R.; PEREIRA, M. C. N.; PACOVA, B. E. V. **Vitória e Japira: Novas cultivares de bananeira**. Editor: DCM-Incaper, Vitória-ES, 4ª Edição, julho de 2011. (Documentos nº 142).

VIANA, E. M.; KIEHL, J. C. Doses de nitrogênio e potássio no crescimento do trigo. **Bragantia**, v.69, p.975-982, 2010.

VIDAL, M. de F.; XIMENES, L. J. F. **Comportamento recente da fruticultura nordestina: área, valor da produção e comercialização**. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, ano 1, n.2, p. 18 -26, 2016 (ETENE/BNB).

VON WIRÉN, N., GAZZARRINI, S., FROMMER, W.B. Regulation of mineral nitrogen uptake in plants. **Plant and Soil**, v.196, p.191-199, 1997.

WANG YA-YUN; HSU, PO-KAI; TSAY, YI-FANG. Uptake, allocation and signaling of nitrate. **Trends in Plant Science**, v. 17, p. 458–467, 2012.

WANG, G.; LI, C.; ZHANG, F. Effects of different nitrogen forms and combination with foliar spraying with 6-benzylaminopurine on growth, transpiration, and water and potassium uptake and flow in tobacco. **Plant and Soil**, v.256, p.169–178, 2003.

WANG, M.; ZHENG, Q.; SHEN, Q.; GUO, S. The critical role of potassium in plant stress response. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 14, p. 7370–7390, 2013.

WANG, N.; HUA, H.; ENEJI, A. E.; LI, Z.; DUAN, L.; TIAN, X. Genotypic variations in photosynthetic and physiological adjustment to potassium deficiency in cotton (*Gossypium hirsutum*). **Journal of Photochemistry and Photobiology**, v.110, p.1–8, 2012.

WANG, R.; GAO, M.; JI, S.; WANG, S.; MENG, Y.; ZHOU, Z. Carbon allocation, osmotic adjustment, antioxidant capacity and growth in cotton under long-term soil drought during flowering and boll-forming period. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 107. p. 137-146, 2016.

WANG, X. T.; BELOW, F. E. Accumulation and partitioning of mineral nutrients in wheat as influenced by nitrogen form. **Journal of Plant Nutrition**, v. 21, p. 49–61, 1998.

WANG, Y.; WU, W. H. Plant sensing and signaling in response to K<sup>+</sup> deficiency. **Molecular Plant**, v.3, p.280–287, 2010.

WANG, Y.; WU, W. H. Potassium transport and signaling in higher plants. **Annual Review of Plant Biology**, v. 64, p. 451–476, 2013.

WEBER, O. B.; GARRUTI, D. dos S.; NORÕES, N. P.; SILVA, S. de O. e. Performance of banana genotypes with resistance to black leaf streak disease in Northeastern Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.52, n.3, p.161-169, 2017.

WEERASINGHE, P.; PREMALAR, N. Influence of potassium fertilization of growth and yield of Embul Banana (*Musa spp.* AAB Group) grown in Rhodudalfts under irrigated conditions. **Annals of the Sri Lanka Department of Agriculture**, v.4, p.109-117, 2002.

WEGER, H. G.; TURPIN, D. H. Mitochondrial respiration can support NO<sub>3</sub><sup>-</sup> and NO<sub>2</sub><sup>-</sup> Reduction during Photosynthesis: Interactions between Photosynthesis, Respiration, and N Assimilation in the N-Limited GreenAlga *Selenastrum minutum*. **Plant Physiology**, v. 89, p. 409-415, 1989.

WEINERT, M; SIMPSON, M. **Subtropical banana nutrition – matching nutrition requirements to growth demands**. NSW Department of Primary Industries, Queensland, Australia, 2016, 28 p.

WHITAKER, J. R. Polyphenol oxidase. In: FENNEMA, O. R. (Ed.) **Principles of Enzymology for the Food Sciences**. New York: Marcel Dekker Inc, 1994. p. 543-556.

WITTE, CLAUS-PETER. Urea metabolism in plants. **Plant Science**, v. 180, p. 431–438, 2011.

XU, G., FAN, X.; MILLER, A. J. Plant nitrogen assimilation and use efficiency. **Annual Review of Plant Biology**, v. 63, p. 153–182, 2012.

XU, G.; WOLF, S.; KAFKAFI, U. Ammonium on potassium interaction in sweet pepper. **Journal of Plant Nutrition**, v.25, p.719-734, 2002.

YANG, X. E.; LIU, J. X.; LI, H.; LUO, A. C. Potassium internal use efficiency, relative to growth vigor, potassium distribution and carbohydrate allocation in rice genotypes. **Journal of Plant Nutrition**, v.27, p.837–852, 2004.

ZAHOOR, R.; DONG, H.; ABID, M.; ZHAO, W.; WANG, Y.; ZHOU, Z. Potassium fertilizer improves drought stress alleviation potential in cotton by enhancing photosynthesis and carbohydrate metabolism. **Environmental and Experimental Botany**, v.137, p.73–83, 2017a.

ZAHOOR, R.; ZHAO, W.; ABID, M.; DONG, H.; ZHOU, Z. Potassium application regulates nitrogen metabolism and osmotic adjustment in cotton (*Gossypium hirsutum L.*) functional leaf under drought stress. **Journal of Plant Physiology**, v.215, p. 30–38, 2017b.

ZHANG, F.; NIU, J.; ZHANG, W.; CHEN, X.; LI, C.; YUAN, L.; XIE, J. Potassium nutrition of crops under varied regimes of nitrogen supply. **Plant Soil**, v. 335, p. 21–34, 2010.

ZHAO, D.; OOSTERHUIS, D.; BEDNARZ, C. Influence of potassium deficiency on photosynthesis, chlorophyll content, and chloroplast ultrastructure of cotton plants. **Photosynthetica**, v. 39, p. 103–109, 2001.

ZHENGBIN, Z.; PING, X.; HONGBO, S.; MENGJUN, L.; ZHENYAN, F.; LIYE, C. Advances and prospects: biotechnologically improving crop a water use efficiency. **Critical Reviews in Biotechnology**, v.31, n.3, p.1–13, 2011.

ZHU, Z.; GERENDÁS, J.; BENDIXEN, R.; SCHINNER, K.; TABRIZI, H.; SATTELMACHER, B.; HANSEN, U. P. Different tolerance to light stress in NO<sub>3</sub><sup>-</sup> and NH<sub>4</sub><sup>+</sup> grown *Phaseolus vulgaris L.* **Plant biology**, v. 2, n. 5, p. 558–570, 2000.

ZORB, C.; SENBAYRAM, M.; PEITER, E. Potassium in agriculture? status and perspectives. **Journal Plant Physiology**, v. 171, p. 656–669, 2014.

**CAPÍTULO II – RESPOSTA DA BANANEIRA CV. BRS VITÓRIA À  
ADUBAÇÃO NITROGENADA E POTÁSSICA: Crescimento**

## Resposta da bananeira cv. BRS Vitória à adubação nitrogenada e potássica: crescimento

**RESUMO:** A cultivar ‘Vitória’ é um híbrido tetraploide resistente à antracnose em pós colheita e às sigatokas, além de apresentar excelente qualidade dos frutos, pode ser uma alternativa aos cultivares do subgrupo Prata para os bananicultores paraibanos. Contudo, faz-se necessário a realização de estudos que permitam informações quanto à sua demanda nutricional e doses mais adequadas recomendadas à bananicultura paraibana. Com isso, objetivou-se avaliar combinações de doses de nitrogênio e potássio no crescimento vegetativo da cv. Vitória. O experimento foi conduzido no município de Bananeiras, Estado da Paraíba, no período de janeiro de 2016 a fevereiro de 2018. O delineamento experimental foi o de parcelas subdivididas no tempo em blocos casualizados, com quatro repetições, sendo os tratamentos dispostos em esquema fatorial conforme a matriz *Plan Plueba* III, sendo 10 combinações e uma testemunha (sem adubação nitrogenada e potássica). Os tratamentos das parcelas consistiram de dois ciclos de cultivo (1ª e 2ª produção), sendo os tratamentos na subparcela constituídos da combinação de cinco doses de N (15; 90; 150; 210 e 285 g planta<sup>-1</sup>), tendo como fonte de nitrogênio a ureia (44% N); cinco doses de K (24; 144; 240; 336 e 456 g planta<sup>-1</sup>), tendo como fonte de K o adubo cloreto de potássio (58% K<sub>2</sub>O). Assim, os tratamentos foram definidos pelas seguintes combinações de N e K, respectivamente: T1 (90;144), T2 (90;336), T3 (210;144), T4 (210;336), T5 (150;240), T6 (15;144), T7 (285;336), T8 (90;24), T9 (210;456), T10 (15;24). Avaliou-se as seguintes características de crescimento, em dois ciclos de produção: altura e diâmetro do pseudocaule no florescimento; taxa de crescimento absoluto da altura e do diâmetro pseudocaule no florescimento; taxa de crescimento relativo da altura e do diâmetro do pseudocaule no florescimento; número de rebentos no florescimento; número de folhas vivas no florescimento e na colheita; área foliar no florescimento e na colheita; índice de durabilidade das folhas; fitomassa seca das folhas, do pseudocaule, do cacho e da parte aérea; razão de área foliar; área foliar específica no florescimento; número de dias do plantio ao florescimento, do florescimento a colheita e do plantio a colheita. Não houve interação entre as doses de N e K<sub>2</sub>O para todas as variáveis analisadas. Apenas a área foliar na floração e a fitomassa seca do cacho não são influenciados pelo ciclo de produção. O maior ganho na produção de fitomassa seca da parte aérea de 26,43 kg planta<sup>-1</sup>, é obtido nas doses conjuntas estimadas de 94,25 g planta<sup>-1</sup> de N e 456 g planta<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, no 2º ciclo de produção. A aplicação de 176 e 285 g planta<sup>-1</sup> de N promove uma antecipação de 43 e 67 dias no florescimento da bananeira ‘Vitória’, nos 1º e 2º ciclos respectivamente. A dose isolada de 176 g planta<sup>-1</sup> de N e a aplicação conjunta de 285 g planta<sup>-1</sup> de N e 456 g planta<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O promove uma antecipação de 28 e 56,06 dias na colheita da bananeira ‘Vitória’, respectivamente, no 2º ciclo de produção. Existe alta correlação entre as características altura de planta, diâmetro do pseudocaule, número de dias do plantio ao florescimento, número de dias do florescimento à colheita, número de dias do plantio à colheita e área foliar específica, sendo que maiores alturas de plantas e diâmetros do pseudocaule prolongam o ciclo da bananeira ‘Vitória’. A combinação das doses de 210 g de N planta<sup>-1</sup> e 456 g de K<sub>2</sub>O planta<sup>-1</sup> (tratamento N210-K456) promove maior crescimento da bananeira ‘Vitória’.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Musa* spp. Crescimento vegetativo. Manejo da adubação.

## Response of banana cv. BRS Vitoria to nitrogen and potassium fertilization: growth

**ABSTRACT:** The Vitoria cultivar is a tetraploid hybrid resistant to anthracnose in the postharvest period. It is also resistant to black and yellow Sigatoka. It has excellent fruit quality and may be an alternative to cultivars of the subgroup *Prata* for banana planters in the state of Paraíba, Brazil. However, it is necessary to carry out studies that provide information on its nutritional demands and the most appropriate doses for banana cultivation in the state. The aim of the present study was to evaluate the effects of different combinations of doses of nitrogen and potassium on the vegetative growth of cv. Vitoria. The experiment was conducted in the municipality of Bananeiras, state of Paraíba, northeastern Brazil, from January 2016 to February 2018. The experimental design was a split-time plot in randomized blocks with four replications. The treatments were arranged in a factorial scheme according to the Plan Plueba III matrix, with 10 combinations and one control (without nitrogen and potassium fertilization). The treatments of the plots consisted of two cultivation cycles (first and second production) and the subplot treatments consisted of the combination of five doses of N (15, 90, 150, 210 and 285 g plant<sup>-1</sup>), for which urea (44% N) was the source, and five doses of K (24, 144, 240, 336 and 456 g plant<sup>-1</sup>), for which potassium chloride fertilizer (58% K<sub>2</sub>O) was the source. The treatments were defined by the following combinations of N and K, respectively: T1 (90; 144), T2 (90; 336), T3 (210; 144), T4 (210; 336), T5 (150; 240), T6 (15; 144), T7 (285; 336), T8 (90; 24), T9 (210; 456), T10 (15; 24). The following growth characteristics were evaluated in two production cycles: height and diameter of the pseudostem at flowering; absolute growth rate of height and pseudostem diameter at flowering; relative growth rate of pseudostem height and diameter at flowering; number of shoots at flowering; number of live leaves at flowering and harvest; leaf area at flowering and harvest; leaf durability index; dry biomass of leaves, pseudostem, bunch and shoot; leaf area ratio; specific leaf area at flowering; number of days from planting to flowering, from flowering to harvesting and from planting to harvesting. No interaction between the N and K<sub>2</sub>O doses was found for any of the variables analyzed. Only leaf area at flowering and dry matter of the bunch were not influenced by the production cycle. The greatest gain in the dry phytomass production of the shoot (26.43 kg plant<sup>-1</sup>) was obtained with a combined dose of 94.25 g plant<sup>-1</sup> of N and 456 g plant<sup>-1</sup> of K<sub>2</sub>O in the second production cycle. The application of 176 and 285 g plant<sup>-1</sup> of N shortened the time to flowering of the Vitoria banana by 43 and 67 days in the first and second cycles, respectively. The isolated dose of 176 g plant<sup>-1</sup> of N and the combined application of 285 g plant<sup>-1</sup> of N and 456 g plant<sup>-1</sup> of K<sub>2</sub>O shortened the time to harvest of the Vitoria banana by 28 and 56.06 days, respectively, in the second production cycle. There was strong correlation among plant height, pseudostem diameter, days from planting to flowering, days from flowering to harvest, days from planting to harvest and specific leaf area, with greater plant height and pseudostem diameter prolonging the Vitoria banana cycle. The combination of 210 g of N plant<sup>-1</sup> and 456 g of K<sub>2</sub>O plant<sup>-1</sup> (N210-K456 treatment) promoted greater growth of the Vitoria banana.

**KEYWORDS:** *Musa* spp. Vegetative growth. Fertilizer management.

## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil é o quarto maior produtor mundial de banana, com 7,2 milhões de toneladas por ano, em uma área plantada de 533 mil hectares (IBGE, 2018), sendo a principal frutícola explorada na maioria dos Estados (VIDAL; XIMENES, 2016), com 98% da produção de bananas direcionada para abastecer o mercado interno (KIST et al., 2018) e um consumo per capita de 28,99 kg por ano (FAOSTAT, 2018). A Região Nordeste contribui com aproximadamente 33,13% do volume total da produção, na qual o Estado da Paraíba é responsável por 121.398 toneladas (IBGE, 2018).

Na Paraíba, a banana se apresenta como a segunda frutífera em termos de produção e importância econômica (IDEME, 2014), sendo a região do Brejo a maior produtora dessa fruta, respondendo por 71,4% da produção estadual (IBGE 2018).

A preferência pelo cultivo das cultivares Prata, Prata Anã e Pacovan, que junto a Nanica, Nanicão, Grand Naine e Maçã, compõem as cultivares mais utilizadas no Brasil, tem limitado a produção devido a suscetibilidade dessas cultivares ao Mal do Panamá e as Sigatocas, doenças de maior importância econômica na bananicultura, pois podem conduzir a severas perdas de até 100%, uma vez que o uso sistemático do controle químico se apresenta cada vez menos eficiente e com custo mais elevado (SILVA S et al., 2013 e 2015; SILVA M et al. 2013). Aliado a esse fator, evidencia-se o manejo inadequado dos fertilizantes. Neste contexto, a bananicultura no estado da Paraíba tem apresentando baixas produtividades.

O Programa de Melhoramento Genético de Bananeira da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) tem gerado diversos híbridos que são resistentes às doenças de maior importância econômica e muitos deles lançados oficialmente como cultivares (SILVA S et al., 2013). Dentre esses híbridos, destaca-se a cultivar Vitória, um híbrido tetraploide resistente à antracnose em pós colheita e às sigatocas, além de apresentar excelente qualidade dos frutos,

podendo ser uma alternativa aos cultivares do subgrupo Prata para os bananicultores paraibanos.

A introdução de novas cultivares de bananeiras resistente às sigatokas, como a cv. Vitória, pode ser promissora para o Estado da Paraíba, pois possibilitará a diversificação do sistema de produção e permitirá a ampliação de mercado, com geração de renda e melhoria da qualidade de vida dos agricultores familiares. No entanto, por ser uma cultivar que ainda não é bem explorada comercialmente e não há áreas de produção na Paraíba, faz-se necessário a realização de estudos que permitam informações quanto à sua demanda nutricional e doses mais adequadas recomendadas para o crescimento vegetativo da bananeira na Paraíba.

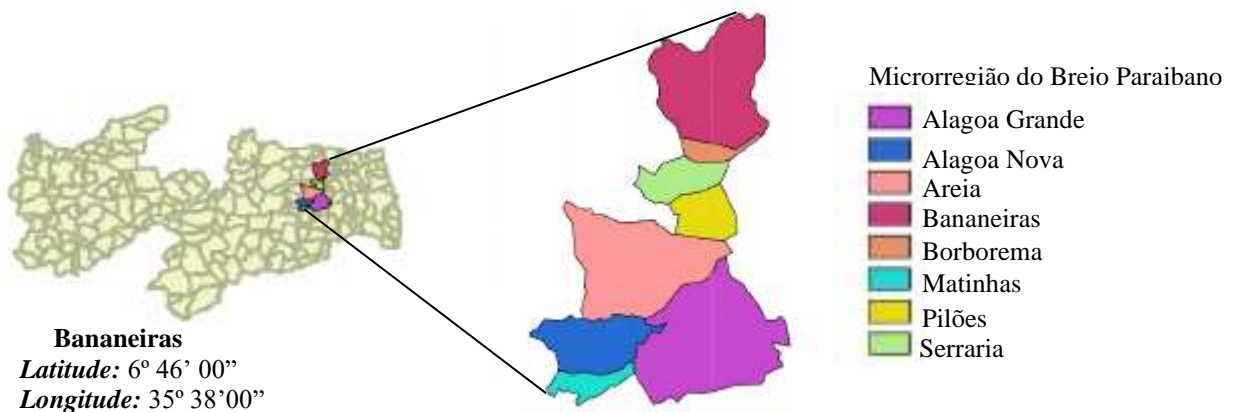
Dentre os nutrientes mais exigidos pela cultura da bananeira, o nitrogênio e potássio são os mais requeridos por favorecerem o aumento da produtividade e a qualidade da produção (RAIJ, 2011; TAIZ et al., 2017; BORGES et al., 2014). O nitrogênio é constituinte de aminoácidos, amidas, proteínas, ácidos nucleicos, enzimas, coenzimas, trifosfato de adenosina, fitocromos, bases nitrogenadas (purinas e pirimidinas), fitohormônios, fazendo parte da composição da molécula de clorofila (BISSANI et al., 2008; RAIJ, 2011; TAIZ et al., 2017; MELO et al., 2018). O potássio ativa enzimas de plantas e participa de inúmeros processos metabólicos, incluindo a fotossíntese, mecanismos oxidativos e síntese proteica, e influencia na taxa de transporte dos fotoassimilados (MARSCHNER, 2012; BUCHANAN et al., 2015).

Assim, devido a demanda nutricional para a cultivar Vitória ser ainda pouco estudada e por não haver informações disponíveis sobre recomendações de adubação para a referida cultivar nas condições do Estado da Paraíba, objetivou-se avaliar combinações de doses de N e K sobre o crescimento vegetativo dessa cultivar, nas condições edafoclimáticas do Brejo Paraibano.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

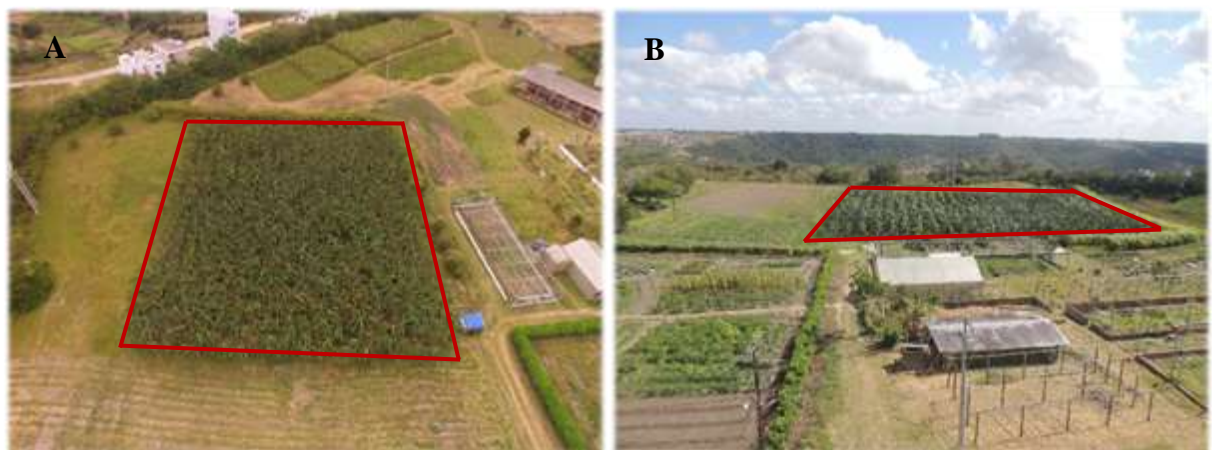
### 2.1. Localização do experimento

A área experimental situa-se na microrregião do Brejo Paraibano, cuja localização está próxima ao ponto de coordenadas geográficas de 6° 46' latitude sul e 35° 38' longitude oeste de Greenwich, com uma altitude de 552 metros (BRASIL, 1972) (Figura 1).



**Figura 1.** Localização do município de Bananeiras na microrregião do Brejo Paraibano, onde foi realizado o experimento. Fonte: Elaboração própria (2019).

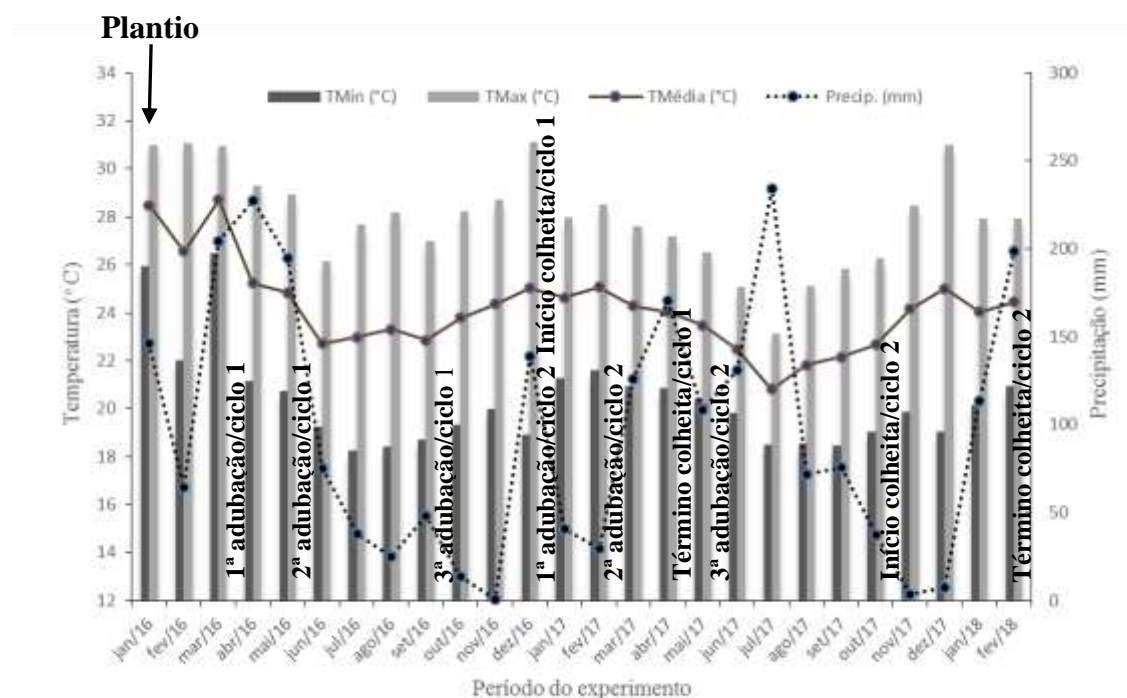
O experimento foi desenvolvido em condições de campo, no período de janeiro de 2016 a fevereiro de 2018, no Setor de Agricultura do Centro de Ciências Humanas, Sociais e Agrárias (CCHSA) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Campus III, em Bananeiras – PB (Figura 2).



**Figura 2.** Vista geral do experimento, realizado no município de Bananeiras na microrregião do Brejo Paraibano (A e B). Fonte: Elaboração própria (2019).

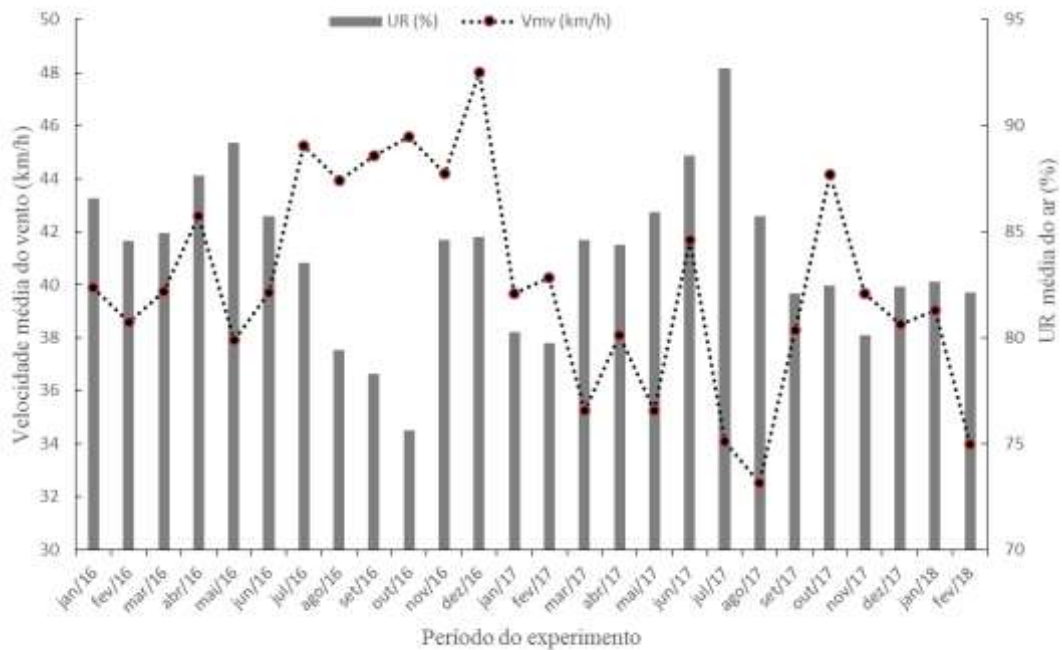
## 2.2. Clima e solo

O município de Bananeiras – PB, está situada na escarpa oriental do planalto da Borborema, apresenta relevo forte, ondulado e montanhoso; a vegetação é formada por Florestas Subcaducifólia e Caducifólia, próprias das áreas agrestes (SILVA, 2016). O clima predominante na região, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo As' (tropical chuvoso), quente e úmido e se caracteriza por apresentar temperatura máxima de 38 °C e mínima de 18 °C (média anual de 24-26 °C), com chuvas de outono-inverno, precipitação anual total de 1000 – 1300 mm (ALVARES, et al., 2013) e umidade relativa do ar de 85% (SILVA, 2016). As médias mensais das características climatológicas, no período de condução do experimento, estão descritas nas Figuras 3 e 4.



**Figura 3.** <sup>1</sup>Temperaturas mínima, máxima e média (°C) e <sup>2</sup>precipitação registradas durante a condução do experimento em Bananeiras-PB, evidenciando as épocas de manejo nutricional das plantas e colheita de cachos. Fonte: <sup>1</sup>Estação Meteorológica Davis Pro2 do CCHSA/UFPB; <sup>2</sup>Agência Executiva de Gestão de Águas do Estado da Paraíba – AESA.

A temperatura média anual nos anos de 2016 e 2017 e nos dois primeiros meses de 2018, período de realização do experimento, foi de 24,9; 23,4 e 24,2 °C; e a precipitação de 1.176,3; 1035,8 e 311,7; respectivamente.



**Figura 4.** Umidade Relativa média do ar (%) e velocidade média do vento registradas durante a condução do experimento em Bananeiras-PB. Fonte: *Estação Meteorológica Davis Pro2 do CCHSA/UFPB.*

A umidade relativa média do ar no ano de 2016 e 2017 e nos dois primeiros meses de 2018, período de realização do experimento, foi de 83,7; 84,1 e 82,4 (%) e a velocidade média do vento de 42,5; 38,1 e 36,5 (km/h); respectivamente.

O solo da área experimental corresponde a um Latossolo Amarelo Distrófico tóxico, apresentando relevo suave ondulado, perfil muito profundo, bem drenado, com capacidade de retenção de umidade moderada e classe textural franco-argiloso-arenosa (SANTOS et al., 2018), cujos atributos químicos, determinados antes do cultivo, em amostras coletadas na camada de 0-20 cm e 20-40 cm, encontram-se na Tabela 1.

**Tabela 1.** Atributos químicos e físicos do solo, na camada de 0 - 20 e 20 - 40 cm de profundidade, da área experimental em Bananeiras, Paraíba, 2019.

Atributos	Unidade	Valores	
		0 -20 cm	20 - 40 cm
<sup>1</sup> pH em água (1:2,5)		5,9	5,3
<sup>1</sup> P	mg dm <sup>-3</sup>	17,3	9,1
<sup>1</sup> K	mg dm <sup>-3</sup>	69,0	27,0
<sup>1</sup> H <sup>+</sup> + Al <sup>+3</sup>	cmolc dm <sup>-3</sup>	3,4	6,3
<sup>1</sup> Al <sup>+3</sup>	cmolc dm <sup>-3</sup>	0,1	0,8
<sup>1</sup> Ca <sup>+2</sup>	cmolc dm <sup>-3</sup>	2,1	1,8
<sup>1</sup> Mg <sup>+2</sup>	cmolc dm <sup>-3</sup>	0,9	0,5
<sup>1</sup> M.O.	g kg <sup>-1</sup>	26,6	21,5
<sup>1</sup> V	%	48,6	24,0
<sup>1</sup> CTC a pH 7,0	cmolc dm <sup>-3</sup>	6,6	8,3
<sup>2</sup> Areia	g kg <sup>-1</sup>	625	587
<sup>2</sup> Silte	g kg <sup>-1</sup>	50	83
<sup>2</sup> Argila	g kg <sup>-1</sup>	325	330
<sup>2</sup> Areia dispersa	g kg <sup>-1</sup>	25	13
<sup>2</sup> Grau de flocculação	kg dm <sup>-3</sup>	923	961
<sup>2</sup> Densidade do solo	g cm <sup>-3</sup>	1,25	1,19
<sup>2</sup> Densidade de partícula	kg cm <sup>-3</sup>	2,63	2,64
<sup>2</sup> Porosidade total	m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup>	0,52	0,55
<sup>2</sup> Umidade - 0,01	g kg <sup>-1</sup>	154	175
<sup>2</sup> Umidade - 1,50	g kg <sup>-1</sup>	105	131
		Franco Argilo	Franco Argilo
<sup>2</sup> Classe textural		Arenosa	Arenosa

<sup>1</sup>Análises realizadas pelo Laboratório de Análise de Solo, Tecido Vegetal e Fertilidade do Departamento de Solos da UFV; <sup>2</sup>Análises realizadas pelo Laboratório de Química e Fertilidade do Solo do Departamento de Solos e Engenharia Rural do CCA-UFPB.

### 2.3. Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o de parcela subdividida no tempo em blocos ao acaso, sendo os tratamentos das parcelas constituídos por dois ciclos de cultivo (1ª e 2ª produção) e, na subparcela, os tratamentos constituídos de cinco doses de nitrogênio N (15; 90; 150; 210 e 285 g planta<sup>-1</sup>) e de potássio (24; 144; 240; 336 e 456 g planta<sup>-1</sup>), combinados conforme a matriz Pan Puebla III (Tabela 2), totalizando 10 tratamentos com quatro repetições, mais um controle (sem adubação nitrogenada e potássica). A parcela foi constituída por 9 plantas, distribuídas em três fileiras de 3 plantas, considerando-se como plantas úteis a segunda e a terceira planta da fileira central, seguindo sempre a direção norte. Foram utilizadas 396 plantas no total em uma área de 3.564 m<sup>2</sup>, plantadas no espaçamento 3m x 3m, equivalendo a uma área experimental de 81 m<sup>2</sup> por parcela (9 x 9 m), sendo 88 plantas úteis.

**Tabela 2.** Níveis e doses de nitrogênio (N) e potássio (K) empregados nos tratamentos/combinções do experimento, conforme a matriz “Pan Puebla III”. Areia-PB, 2019

Tratamentos	Nível		Dose (g planta <sup>-1</sup> )		Relação N/K
	N	K	N	K	
1	-0,4	-0,4	90	144	1:1,6
2	-0,4	0,4	90	336	1:3,73
3	0,4	-0,4	210	144	1:0,69
4	0,4	0,4	210	336	1:1,6
5	0	0	150	240	1:1,6
6	-0,9	-0,4	15	144	1:9,6
7	0,9	0,4	285	336	1:1,18
8	-0,4	-0,9	90	24	1:0,27
9	0,4	0,9	210	456	1:2,17
10	-0,9	-0,9	15	24	1:1,6

O espaço de exploração para estimativa das doses foi 0 a 300 g planta<sup>-1</sup> de N e 0 a 480 g planta<sup>-1</sup> de K, estabelecido com base nas maiores recomendações de N e K para cultura da

bananeira nos Estados no Nordeste (CE, PE, PB e BA, acrescido de 15,4% para N e 20% para K (Tabela 3).

**Tabela 3.** Recomendações para cultura da bananeira em alguns Estados Brasileiros. Areia -PB, 2019

Estados	Recomendações		Fontes
	N	K	
	(g planta <sup>-1</sup> )		
	Cobertura	Cobertura	
Ceará	260	360	Recomendações de adubação e calagem para o Estado do Ceará (1993)
Pernambuco	90	400	Recomendações de adubação para o Estado de Pernambuco (2008)
Paraíba	100	160	Sugestões de adubação para o Estado da Paraíba (1979)
Bahia	180	400	Manual de adubação e calagem para o estado da Bahia (1989)

A dose de fósforo foi de 144 g planta<sup>-1</sup>, estabelecida com base na recomendação de adubação para o Estado do Ceará (2008), acrescida de 20%, sendo aplicada toda em fundação antes do plantio. A partir do 2º ano de cultivo, todo o fosforo foi aplicado juntamente com as primeiras doses de nitrogênio e de potássio.

As doses de N e K foram parceladas em três aplicações iguais, sendo a adubação da planta mãe realizada aos 70, 130 e 250 dias após o plantio (DAP); a adubação da planta filha realizada aos 340, 400 e 490 (DAP) e a adubação da planta neta realizada aos 614, 674 e 764 (DAP). Utilizou-se como fonte de nitrogênio a ureia, como fonte de potássio o cloreto de potássio e como fonte de fósforo o superfosfato simples. O adubo foi aplicado em círculo para a planta mãe e em meia lua para a planta filha, sendo para esta última, localizado em frente a planta.

Salienta-se que mesmo não coletando os dados referentes ao terceiro ciclo da cultura, a adubação da planta neta foi realizada para proporcionar as mesmas condições nutricionais oferecidas para as plantas mãe e filha, uma vez que no momento da 1ª adubação da planta filha, a colheita de cacho em muitas plantas ainda não havia sido realizada. Esse fato ocorreu em função da resposta das plantas devido aos diferentes tratamentos aplicados.

## **2.4. Implantação e manejo do experimento**

### **2.4.1. Cultivar**

Foram utilizadas mudas de bananeira cv. BRS Vitória, grupo genômico AAAB, provenientes de cultivo *in vitro*. As mudas na forma de “torrãozinho” (3 a 5 cm) e com cerca de 5 a 10 cm de altura foram adquiridas junto à Empresa Campo Biotecnologia Vegetal LTDA, Cruz das Almas, Bahia. As mudas foram acondicionadas em caixa de isopor e transportadas para o setor de agricultura do CCHSA/UFPB, em Bananeiras – PB.

No viveiro do CCHSA/UFPB, em Bananeiras – PB, as mudas foram aclimatadas, sendo repicadas para sacos plásticos pretos de 20 cm de diâmetro x 25 cm de altura, sanfonados e perfurados em seu terço inferior, contendo substrato peneirado e autoclavado a 105°C por 30 minutos e sem fertilizantes químicos (KATAN et al., 1976; RICCI et al., 1999).

O substrato foi preparado com terra argilo – arenosa de superfície mais composto orgânico vegetal na proporção de 1:1, pesando em média 3,74 kg saco<sup>-1</sup>, antes de ser regado. A repicagem foi efetuada ao entardecer, estando o substrato úmido e as mudas túrgidas. O substrato utilizado apresenta as seguintes características químicas e de fertilidade (pH: 5,9; P: 201,99 mg dm<sup>-3</sup>; K: 490,0 mg dm<sup>-3</sup>; Na<sup>+</sup>: 0,22 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; H<sup>+</sup>+Al<sup>+3</sup>: 8,8 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Al<sup>+3</sup>: 0,0 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Ca<sup>+2</sup>: 6,1 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg<sup>+2</sup>: 4,6 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; SB: 12,2 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; CTC: 20,9 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; V: 58%; M.O.: 138,21 g kg<sup>-1</sup>).

### 2.4.2 Plantio e tratos culturais

O preparo da área para instalação do experimento foi realizado por meio de aração e em seguida gradagem para incorporação de restos vegetais. Posteriormente, foi realizado o coveamento utilizando-se um perfurador de solo, modelo **PSH C/broca de 9”/12” C<sup>X</sup> – 11310, da marca BALDAN**. As covas foram abertas com as dimensões de aproximadamente 0,30 m de diâmetro e 0,50 m de profundidade, tendo as paredes escarificadas para facilitar a penetração das raízes da bananeira no solo. A adubação de fundação foi realizada por ocasião do plantio, sendo aplicada a dose de 144 g cova<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> na forma de superfosfato simples (18% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 11% S e 20% Ca) e oito litros de esterco bovino curtido. O esterco utilizado apresenta as seguintes características químicas, conforme Tabela 4.

**Tabela 4.** Teores médios de macro e micronutrientes na matéria seca do esterco aplicado na adubação de fundação da bananeira. Areia-PB, 2019

<b>Macronutrientes</b>	<b>Valores</b>	<b>Micronutrientes</b>	<b>Valores</b>
N (g kg <sup>-1</sup> )	8,05	Fe (mg kg <sup>-1</sup> )	6326,54
P (g kg <sup>-1</sup> )	2,17	Cu (mg kg <sup>-1</sup> )	16,24
K (g kg <sup>-1</sup> )	1,92	Mn (mg kg <sup>-1</sup> )	205,98
Ca <sup>+2</sup> (g kg <sup>-1</sup> )	32,11	Zc (mg kg <sup>-1</sup> )	82,95
Mg <sup>+2</sup> (g kg <sup>-1</sup> )	4,98		
S (g kg <sup>-1</sup> )	1,88		

Análises realizadas pelo Laboratório de Química e Fertilidade do Solo do Departamento de Solos e Engenharia Rural do CCA-UFPB.

As mudas foram submetidas ao processo de rustificação iniciado 30 dias antes da realização do plantio no campo. As mudas foram plantadas no campo quando atingiram uma altura média de 24,74 cm. O plantio foi realizado no espaçamento 3,0 x 3,0m.

O experimento foi conduzido sob o sistema de irrigação por microaspersão, com um aspersor (vazão nominal de 63 L hora<sup>-1</sup>) para cada duas plantas, com turno de rega de dois dias, para manter a umidade do solo próxima à capacidade de campo, sendo o tempo fixo de irrigação de 1 hora até os 270 DAP e de 1 hora e 30 minutos após este período. A água utilizada na

irrigação foi classificada como C<sub>2</sub>S<sub>1</sub> e apresenta as seguintes características químicas descritas na tabela 5.

**Tabela 5.** Características químicas da água utilizada nas irrigações da área experimental da bananeira. Areia-PB, 2019

Atributos	Unidade	Valores
pH		6,9
Condutividade elétrica a 25 °C	dS m <sup>-1</sup>	0,26
R.A.S		2,39
P.S.T		2,21
Carbonatos, expressos em CO <sub>3</sub>	mmol <sub>c</sub> . L <sup>-1</sup>	0,00
Sulfatos, expresso em SO <sub>4</sub>	mg. L <sup>-1</sup>	2,28
Cloretos, expresso em Cl <sup>-</sup>	mmol <sub>c</sub> . L <sup>-1</sup>	2,25
Cálcio, expresso em Ca <sup>2+</sup>	mmol <sub>c</sub> . L <sup>-1</sup>	0,50
Magnésio, expresso em Mg <sup>2+</sup>	mmol <sub>c</sub> . L <sup>-1</sup>	0,73
Sódio, expresso em Na <sup>+</sup>	mmol <sub>c</sub> . L <sup>-1</sup>	1,87
Potássio, expresso em K	mmol <sub>c</sub> . L <sup>-1</sup>	0,06

Análises realizadas pelo Laboratório de Química e Fertilidade do Solo do Departamento de Solos e Engenharia Rural do CCA-UFPB.

Durante a condução do experimento, foram realizadas as seguintes operações de manejo: aplicação foliar de micronutrientes, capinas, desbaste de perfilhos, desfolhas, escoramento, corte do coração para melhorias na qualidade dos frutos e corte do pseudocaule após a colheita. O bananal foi conduzido no sistema família, por meio de desbaste, deixando-se apenas um segmento por geração, evitando-se competição por água e nutrientes. Os restos culturais foram enleirados entre as fileiras de plantas servindo como cobertura morta.

A aplicação do adubo foliar foi realizada com uma solução de magnésio complexada com micronutrientes, sendo aos 100, 180 e 214 dias após o plantio (DAP) para a planta mãe; e aos 408, 442 e 508 DAP para a planta filha. Utilizou-se o fertilizante foliar comercial Defender Complex® (Mg = 1,8%; S = 2,6%; B = 0,2%; Cu = 0,2%; Fe = 1,5%; Mn = 1,5%; Mo = 0,06%;

Zn = 1,5%), empregando-se a dose de 3 a 5 L ha<sup>-1</sup>, conforme recomendação do fabricante do produto. Também foi realizada aplicação foliar com produto contendo apenas o micronutriente Boro (10% de B), sendo aos 113 e 142 DAP para a planta mãe; e aos 411 e 491 DAP para a planta filha. Seguiu-se a recomendação do fabricante do produto, que é de 1,0 L ha<sup>-1</sup>.

Na aplicação foliar, utilizou-se inicialmente um pulverizador manual de 20 L, contendo haste adaptada e prolongada para alcançar as folhas mais altas da bananeira. No segundo ciclo da cultura, devido a maior altura das plantas, utilizou-se um pulverizador estacionário com motor à gasolina de 2,0 HP (Yamaha, LS-22C).

Nos períodos quentes e de maior índice pluviométrico foi constatada a incidência da “Antracnose” (*Colletotrichum musae*) nas bananeiras, sendo necessária a aplicação do fungicida sistêmico Tiofanato-metílico (Cercobin® 700 WP – 70 g 100 L<sup>-1</sup>) para o controle da doença. Assim, as aplicações foram realizadas aos 12 e 28 DAP para a planta mãe; e aos 408, 415 e 500 DAP para a planta filha.

O controle de plantas invasoras foi realizado por meio de coroamento e alternância entre roço e uso de herbicida Glifosato (Roundap Original DI) nas entrelinhas, conforme infestação da área. As operações de desfolha e poda do coração foram realizadas conforme preconizado por Moreira (1999).

## **2.5. Características avaliadas**

### **2.5.1. Partição de fitomassa**

A fitomassa seca da parte aérea (fitomassa das folhas + fitomassa do pseudocaule + fitomassa do cacho) (FSPA) foi quantificada no momento da colheita, objetivando analisar a partição de fitomassa seca.

Para a fitomassa do pseudocaule, a massa de matéria seca foi estimada a partir de seu volume e massa específica, obtida a partir de três discos de 10 cm de espessura, coletados no meio e nas extremidades do pseudocaule, cortado rente ao solo e considerado até a roseta foliar.

Os discos foram pesados em balança eletrônica Welmy W-15, sendo o seu volume determinado por meio de imersão em água. De cada disco, retirou-se uma fatia correspondente a  $\frac{1}{4}$  de seu volume, de modo que a amostra foi composta de três pedaços de disco (HOFFMANN et al., 2010; COSTA et al., 2012). Por meio das medições de comprimento total do pseudocaule e dos raios de cada disco, foi calculado o volume total do pseudocaule, com uso da equação de volume de tronco de cone,  $V = 0,33\pi h \times [R^2 + (R \times r) + r^2]$ , em que:  $V_p$  é o volume do pseudocaule ( $m^3$ );  $h$  é a altura do pseudocaule (m);  $R$  é o raio da base maior do pseudocaule (m); e  $r$  é o raio da base menor do pseudocaule (m). Após obter o volume total, a massa de matéria seca foi determinada pela relação volume e massa de matéria seca dos discos (COSTA et al., 2012).

Para determinação da massa de matéria seca dos cachos (FSC), considerou-se os pesos fresco e seco de três discos do engaço e de um fruto central por penca. Desta forma, após o despencamento, o cacho foi dividido em engaço e frutos. Do engaço, foram retirados três discos de aproximadamente 5 cm, sendo um disco do centro e os outros dois próximos das duas extremidades. Em cada penca do cacho, retirou-se um fruto da parte central da penca, alternando frutos em posições inferiores e superiores da penca. Os frutos e os discos do engaço foram pesados em balança semianalítica Radwag WTB 2000. A massa de matéria seca total do engaço e dos frutos foi obtida pela relação com o peso fresco total e a quantidade de matéria seca acumulada no cacho, que é a matéria seca exportada, a qual foi obtida somando-se as quantidades de matéria seca acumuladas no engaço e nos frutos (HOFFMANN et al., 2010).

Para a determinação da fitomassa seca da parte aérea (FSPA), o material vegetal referente ao pseudocaule e cacho foram colocados em estufa de circulação de ar forçado a 100 °C (MELO, 2007) e o material referente a folha (amostras de 10 discos de 16mm de diâmetro extraídos da parte central do limbo foliar) em estufa a 65 °C, até atingir massa constante.

### 2.5.2. Altura (ALP) e diâmetro (DPS) do pseudocaule

A altura do pseudocaule (ALP) foi determinada por meio da medição da base até a inserção da última folha, por meio de fita métrica, sendo os dados expressos em metros. O diâmetro do pseudocaule (DPS) foi determinado a 30 cm do nível do solo, por meio de uma régua graduada (suta), sendo os dados expressos em centímetros. Essas determinações foram realizadas no dia que antecedeu a primeira adubação, para a planta mãe e planta filha, e no período de emissão da inflorescência.

### 2.5.3. Taxas de crescimento absoluto (TCA) e relativo (TCR)

As taxas de crescimento absoluto (TCA) e de crescimento relativo (TCR) da altura (TCAA) e diâmetro (TCAD) do pseudocaule foram estimadas pela relação apresentada em Benincasa (2003) e Floss (2004):

$$\text{i) } TCA = \frac{M_2 - M_1}{t_2 - t_1}$$

$$\text{ii) } TCR = \frac{\ln M_2 - \ln M_1}{t_2 - t_1}$$

Em que:  $M_1$  é a medida da altura ou diâmetro do pseudocaule na época um ( $t_1$ ) e  $M_2$  medida realizada na época da emissão da inflorescência ( $t_2$ ). Para o primeiro ciclo de produção,  $t_1$  coincide com o dia anterior a primeira adubação do ciclo 1 e  $t_2$ , com a emissão da inflorescência; no segundo ciclo,  $t_1$  foi o dia anterior a primeira adubação do ciclo 2 e  $t_2$ , coincidiu com a emissão da inflorescência no segundo ciclo.

### 2.5.4. Área foliar total (AFTe)

A AFTe ( $\text{cm}^2$ ) foi calculada conforme relação proposta por Zucoloto et al (2008). Para isso, as determinações de comprimento e largura da folha nº 3, bem como o número de folhas foram realizadas tanto no período de florescimento (AFF) como na colheita (AFC). O

comprimento e largura da folha nº 3 foi determinado por meio de uma fita métrica, utilizando-se escada de alumínio extensível (2 x 15 degraus; 4,37 x 7,80 m de altura), sendo os dados expressos em metros.

$$AFTe \text{ (cm}^2\text{)} = 0,5187 \times (C \times L \times N) + 9603,5$$

Em que: L = Largura do limbo foliar (m); C = Comprimento do limbo foliar (m); N = Número total de folhas.

### 2.5.5. Razão de área foliar (RAF)

A RAF expressa à área foliar útil para a realização da fotossíntese e foi quantificada conforme Benincasa (2003) e Floss (2004):

$$RAF = \frac{AF}{FSTPA}$$

Em que: RAF = razão de área foliar (cm<sup>2</sup> g<sup>-1</sup>); AF = área foliar (cm<sup>2</sup>); FSPAT = fitomassa seca total da parte aérea (g).

### 2.5.6. Área foliar específica (AFE)

A AFE foi quantificada pela razão entre a área foliar e a fitomassa seca foliar (FLOSS, 2004). Nessa determinação foram utilizadas amostras de 10 discos extraídos da parte central do limbo foliar, utilizando-se vazador de 16 mm de diâmetro. Posteriormente, os discos foram colocados para secar em estufa de circulação de ar forçado à 65° C até massa constante, para determinação da fitomassa seca (MELO et al, 2010a). Após a secagem os discos foram pesados em balança semianalítica Celtac FA210N.

$$AFE = \frac{AF}{FSDF}$$

Em que: AFE = área foliar específica ( $\text{cm}^{-2} \text{ g}$ ); FSDF = fitomassa seca dos discos foliares (g); AF = área foliar do disco ( $\text{cm}^2$ ).

#### **2.5.7. Número de filhos (NRF)**

Foi computado o número de filhos emitidos até o período de florescimento, sendo o levantamento realizado a cada dois meses.

#### **2.5.8. Número de folhas (NFF)**

Foi determinado o número de folhas presentes no período de florescimento (NFF) e de colheita de cacho (NFC), considerando as folhas totalmente abertas e que apresentavam 50% área verde.

#### **2.5.9. Índice de durabilidade das folhas (IDF)**

Os resultados de número de folhas das bananeiras foram utilizados para calcular o índice de durabilidade das folhas (IDF), conforme equação adaptada de Teixeira et al. (2007), descrita abaixo:

$$\text{IDF} = 100 \times \frac{\text{NFC}}{\text{NFE}}$$

Em que: IDF = índice de durabilidade foliar (%); NFC = número de folhas ativas na época da colheita do cacho; NFE = número de folhas ativas na época da emissão da inflorescência.

#### **2.5.10. Ciclo da cultura**

As características de número de dias do plantio ao florescimento (NDPF), número de dias do florescimento à colheita (NDFC) e número de dias do plantio à colheita (NDPC) foram obtidas por meio do cálculo da diferença entre a data da emissão da inflorescência e a data do plantio, a data da colheita e a data da emissão da inflorescência, a data da colheita e a data do plantio, respectivamente. A colheita foi realizada quando os frutos atingiram o diâmetro de 36

mm (3/4 gordo), determinado nos frutos centrais da segunda penca com auxílio de um paquímetro graduado em mm.

## 2.6. Análise estatística

Nas análises estatísticas, empregaram-se técnicas de análise univariada e multivariada. Os efeitos quantitativos das doses de nitrogênio e potássio foram ajustados à regressão utilizando o teste F ( $P \leq 0,05$ ) para verificar o ajuste do modelo. A escolha do modelo foi com base na significância dos efeitos, na explicação adequada para fenômeno analisado e no valor do  $R^2$ , considerando-se valor de  $R^2 \geq 0,60$  para aceitação do modelo. A comparação entre os ciclos foi realizada pelo teste F, que é conclusivo para dois fatores (BANZATTO e KRONKA, 2006), admitindo-se erro de até 5% de probabilidade.

Na análise multivariada, fez-se uso da análise de componentes principais (ACP) e de agrupamento com base nos escores dos tratamentos (HUSSON; LÊ; PAGÈS, 2010; MINGOTI, 2005). O critério utilizado para classificar a variável nos componentes foi baseada na relação  $0,5(\lambda^{-0,5})$ , sendo  $\lambda$  o autovalor do componente (OVALLES; COLLINS, 1988). As análises estatísticas foram realizadas nos softwares SAS<sup>®</sup> University Edition e R-Studio versão 3.3.1.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A interação entre ciclos e as doses de N e K<sub>2</sub>O não apresentou efeito significativo para altura (ALP) e diâmetro do pseudocaule (DPS) no florescimento, taxa de crescimento absoluto em altura (TCAAPF) e diâmetro do pseudocaule até o florescimento (TCADPF), taxa de crescimento relativo em altura (TCRAPF) e diâmetro do pseudocaule até o florescimento (TCRDPF) e número de rebentos produzidos até o florescimento (NRF) (Tabela 6).

Quando o efeito das doses (N e K) são desdobrados dentro de cada ciclo, observa-se significância para as variáveis DPS, TCAAPF, TCADPF, TCRAPF e TCRDPF no 1º ciclo e significância para as variáveis ALP, DPS, TCAAPF e TCADPF no 2º ciclo. Não houve

significância para as variáveis ALP e NRF no 1º ciclo, apresentando média de 3,51 e 8,65, respectivamente; nem para as variáveis TCRAPF, TCRDPF e NRF no 2º ciclo, com média de 0,0035, 0,0033 e 20,66, nessa ordem.

De acordo com a Tabela 7, verifica-se que a interação entre ciclos e as doses de N e K<sub>2</sub>O não apresentou efeito significativo para número de folhas vivas no florescimento (NFF) e na colheita (NFC), índice de durabilidade das folhas (IDF), área foliar no florescimento (AFF) e na colheita (AFC) e fitomassa seca das folhas (FSFL), mas apresentou efeito significativo para fitomassa seca do pseudocaule (FSP).

Ao desdobrar o efeito das doses (N e K) dentro de cada ciclo, observa-se significância para as variáveis NFF, NFC, IDF, AFC e FSFL nos dois ciclos de produção e significância para a variável FSP no 2º ciclo. Apenas a AFF não foi influenciada pelos ciclos de produção, mas sofreu efeito das doses de N e K. Não houve significância para a variável FSP no 1º ciclo, apresentando média de 5,51.

**Tabela 6.** Resumo das análises de variância e valores médios para altura (ALP) e diâmetro (DPS) do pseudocaule no florescimento, taxa de crescimento absoluto em altura (TCAAPF) e diâmetro (TCADPF) do pseudocaule até o florescimento, taxa de crescimento relativo em altura (TCRAPF) e diâmetro (TCRDPF) do pseudocaule até o florescimento, e número de rebentos (NRF) de bananeira cv. Vitória em dois ciclos (C) e quanto a combinação entre doses de nitrogênio e potássio utilizando a matriz de Pan Puebla III. Areia, PB, 2019

FV	GL	QUADRADO MÉDIO						
		ALP	DPS	TCAAPF	TCADPF	TCRAPF	TCRDPF	NRF
Bloco	3	0,1393 <sup>ns</sup>	8,4602 <sup>ns</sup>	0,0720 <sup>ns</sup>	0,0002 <sup>ns</sup>	0,0000011 <sup>ns</sup>	0,0000006 <sup>ns</sup>	81,7633 <sup>ns</sup>
Ciclo (C)	1	38,3746**	758,4068**	0,8529**	0,0085**	0,0002810**	0,0002330**	3.716,1681**
Resíduo (a)	3	0,0158	1,1097	0,0154	0,0002	0,0000003	0,0000008	27,8950
Dose (D)	10	0,2491**	11,5924**	0,1221**	0,0007**	0,0000009**	0,0000010**	7,2440 <sup>ns</sup>
C x D	10	0,0940 <sup>ns</sup>	1,5441 <sup>ns</sup>	0,0184 <sup>ns</sup>	0,0001 <sup>ns</sup>	0,0000004 <sup>ns</sup>	0,0000006 <sup>ns</sup>	3,2450 <sup>ns</sup>
Resíduo (b)	60	0,0497	2,6094	0,0201	0,0001	0,0000003	0,0000004	8,4992
CVa (%)		3,01	9,39	9,40	17,68	10,33	18,25	36,05
CVb (%)		5,35	13,07	10,74	12,50	10,33	12,91	19,90
Regressão/Ciclo 1								
N-L	1	0,0005 <sup>ns</sup>	5,4466 <sup>ns</sup>	0,1389*	0,0015**	0,00000582**	0,00000520**	0,0483 <sup>ns</sup>
N-Q	1	0,1178 <sup>ns</sup>	5,6093 <sup>ns</sup>	0,2954**	0,0014**	0,00000202*	0,00000443**	1,7639 <sup>ns</sup>
K-L	1	0,0027 <sup>ns</sup>	14,1328*	0,054 <sup>ns</sup>	0,0013**	0,00000033 <sup>ns</sup>	0,00000181 <sup>ns</sup>	0,00004 <sup>ns</sup>
K-Q	1	0,0127 <sup>ns</sup>	7,3419 <sup>ns</sup>	0,0045 <sup>ns</sup>	0,0006*	0,00000001 <sup>ns</sup>	0,00000013 <sup>ns</sup>	1,6398 <sup>ns</sup>
N-L x K-L	1	0,0277 <sup>ns</sup>	2,5954 <sup>ns</sup>	0,0379 <sup>ns</sup>	0,0002 <sup>ns</sup>	0,00000008 <sup>ns</sup>	0,00000001 <sup>ns</sup>	4,1989 <sup>ns</sup>
Regressão/Ciclo 2								
N-L	1	0,5255**	5,5821 <sup>ns</sup>	0,4061**	0,0009**	0,00000110 <sup>ns</sup>	0,0000001 <sup>ns</sup>	6,7113 <sup>ns</sup>
N-Q	1	0,8379**	31,9511**	0,0258 <sup>ns</sup>	0,0001 <sup>ns</sup>	0,00000005 <sup>ns</sup>	0,0000010 <sup>ns</sup>	11,3011 <sup>ns</sup>
K-L	1	0,6573**	37,5071**	0,0997*	0,0011**	0,00000038 <sup>ns</sup>	0,00000139 <sup>ns</sup>	2,2549 <sup>ns</sup>
K-Q	1	0,1183 <sup>ns</sup>	0,2414 <sup>ns</sup>	0,0223 <sup>ns</sup>	0,0000 <sup>ns</sup>	0,00000067 <sup>ns</sup>	0,00000098 <sup>ns</sup>	5,0626 <sup>ns</sup>
N-L x K-L	1	0,0186 <sup>ns</sup>	1,2952 <sup>ns</sup>	0,0000 <sup>ns</sup>	0,0001 <sup>ns</sup>	0,00000009 <sup>ns</sup>	0,0000000 <sup>ns</sup>	1,8922 <sup>ns</sup>
Médias								
Ciclo 1		3,51b	23,48 b	1,42a	0,09a	0,0071a	0,0065a	8,65b
Ciclo 2		4,83a	29,35 a	1,23b	0,07b	0,0035b	0,0033b	20,66a

<sup>ns</sup>, \*\* e \*: não significativo e significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

CVa e CVb = Coeficiente de variação da parcela e da subparcela, respectivamente.

Médias seguidas pela mesma letra, entre ciclo, não diferem entre si pelo teste F ( $P \leq 0,05$ ).

**Tabela 7.** Resumo das análises de variância e valores médios para número de folhas vivas no florescimento (NFF) e na colheita (NFC), índice de durabilidade das folhas (IDF), área foliar no florescimento (AFF) e na colheita (AFC), fitomassa seca das folhas (FSFL) e do pseudocaulo (FSP) de bananeira cv. Vitória em dois ciclos (C) e quanto a combinação entre doses de nitrogênio e potássio utilizando a matriz de Pan Puebla III. Areia, PB, 2019

FV	GL	QUADRADO MÉDIO						
		NFF	NFC	IDF	AFF	AFC	FSFL	FSP
Bloco	3	11,1142 <sup>ns</sup>	1,1661 <sup>ns</sup>	69,0657 <sup>ns</sup>	27,9538*	3,1432*	0,0807*	19,5260 <sup>ns</sup>
Ciclo (C)	1	338,0477**	2,5659*	625,7145*	11,8573 <sup>ns</sup>	11,8982**	0,1659**	1.034,6570**
Resíduo (a)	3	1,5752	0,1438	28,2793	2,3125	0,1681	0,0046	3,7185
Dose (D)	10	28,2602**	40,1738**	1.862,9068**	62,9595**	66,2622**	1,2131**	39,8294**
C x D	10	1,8658 <sup>ns</sup>	2,0052 <sup>ns</sup>	157,5711 <sup>ns</sup>	5,0301 <sup>ns</sup>	4,6390 <sup>ns</sup>	0,0830 <sup>ns</sup>	15,1639*
Resíduo (b)	60	3,5925	3,4563	169,4775	6,6000	5,4238	0,1006	7,0889
CVa (%)		9,98	9,34	17,41	10,51	7,62	9,42	21,57
CVb (%)		15,07	45,79	42,75	17,75	43,29	44,05	29,78
Regressão								
N-L	1				303,5748**			
N-Q	1				88,5938**			
K-L	1				123,9994**			
K-Q	1				9,9789 <sup>ns</sup>			
N-L x K-L	1				1,6645 <sup>ns</sup>			
Regressão/Ciclo 1								
N-L	1	60,2193**	91,0346**	2.945,7940**		109,2840**	2,1780**	2,8433 <sup>ns</sup>
N-Q	1	18,2074*	3,5644 <sup>ns</sup>	101,6544 <sup>ns</sup>		9,0855 <sup>ns</sup>	0,1613 <sup>ns</sup>	15,0792 <sup>ns</sup>
K-L	1	7,1263 <sup>ns</sup>	48,5722**	1.899,7909**		59,2186**	1,1338**	7,0134 <sup>ns</sup>
K-Q	1	2,2349 <sup>ns</sup>	7,3231 <sup>ns</sup>	197,2666 <sup>ns</sup>		8,9238 <sup>ns</sup>	0,2321 <sup>ns</sup>	1,7439 <sup>ns</sup>
N-L x K-L	1	0,4860 <sup>ns</sup>	5,4013 <sup>ns</sup>	225,8640 <sup>ns</sup>		7,1896 <sup>ns</sup>	0,1108 <sup>ns</sup>	0,1066 <sup>ns</sup>
Regressão/Ciclo 2								
N-L	1	79,1949**	101,0340**	5.614,6610**		217,1252**	4,0121**	15,8206 <sup>ns</sup>
N-Q	1	14,4275*	15,2289*	1.083,3764*		36,1624*	0,6316*	129,7796**
K-L	1	47,1165**	61,4030**	3.075,9538**		130,9172**	2,3916**	188,2944**
K-Q	1	3,1299 <sup>ns</sup>	2,6578 <sup>ns</sup>	328,9373 <sup>ns</sup>		6,0110 <sup>ns</sup>	0,0702 <sup>ns</sup>	20,5039 <sup>ns</sup>
N-L x K-L	1	0,7575 <sup>ns</sup>	8,8125 <sup>ns</sup>	376,7718 <sup>ns</sup>		18,6865 <sup>ns</sup>	0,3304 <sup>ns</sup>	3,3354 <sup>ns</sup>
Médias								
Ciclo 1		14,54a	4,23a	27,87b	14,83a	5,01b	0,68b	5,51b
Ciclo 2		10,62b	3,89b	33,20a	14,10a	5,75a	0,77a	12,37a

<sup>ns</sup>, \*\* e \*: não significativo e significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

CVa e CVb = Coeficiente de variação da parcela e da subparcela, respectivamente.

Médias seguidas pela mesma letra, entre ciclo, não diferem entre si pelo teste F ( $P \leq 0,05$ ).

A interação entre ciclos e as doses de N e K<sub>2</sub>O não apresentou efeito significativo sobre a fitomassa seca do cacho (FSC) e da parte aérea (FSPA), razão de área foliar (RAF), área foliar específica (AFE), número de dias do plantio florescimento (NDPF), do florescimento à colheita (NDFC) e do plantio à colheita (NDPC), no 1º e 2º ciclo de produção (Tabela 8). A FSC não

foi influenciada pelos ciclos de produção, mas sofreu efeito das doses de N e K, sendo que para o NDPF e o NDPC o efeito de ciclo não deve ser considerado, uma vez que o cálculo para essas duas variáveis se deu a partir da data do plantio.

**Tabela 8.** Resumo das análises de variância e valores médios para fitomassa seca do cacho (FSC) e da parte aérea (FSPA), razão de área foliar (RAF), área foliar específica (AFE), número de dias do plantio ao florescimento (NDPF), do florescimento à colheita (NDFC) e do plantio à colheita (NDPC) de bananeira cv. Vitória em dois ciclos (C) e quanto a combinação entre doses de nitrogênio e potássio utilizando a matriz de Pan Puebla III. Areia, PB, 2019

FV	GL	QUADRADO MÉDIO						
		FSC	FSPA	RAF	AFE	NDPF	NDFC	NDPC
Bloco	3	1,129 <sup>ns</sup>	32,241*	0,581 <sup>ns</sup>	6,161 <sup>ns</sup>	451,5595*	55,5041 <sup>ns</sup>	335,9695 <sup>ns</sup>
Ciclo (C)	1	0,806 <sup>ns</sup>	1.003,363**	58,324**	2.127,613**	1.554.403,0**	26.140,0**	2.003.911,0**
Resíduo (a)	3	0,294	2,107	0,146	8,072	35,4254	38,0363	147,7493
Dose (D)	10	4,502**	83,792**	25,529**	41,899**	3.243,5641**	76,2481 <sup>ns</sup>	1.987,9313**
C x D	10	0,405 <sup>ns</sup>	21,337 <sup>ns</sup>	1,860 <sup>ns</sup>	22,558 <sup>ns</sup>	502,2226 <sup>ns</sup>	88,9596 <sup>ns</sup>	545,2572 <sup>ns</sup>
Resíduo (b)	60	0,524	11,432	1,815	9,651	384,2108	46,6982	306,6209
CVa (%)		14,19	10,76	9,87	3,47	1,56	4,27	2,31
CVb (%)		18,95	25,06	34,81	3,80	5,12	4,74	3,33
Regressão								
N-L	1	11,7758**						
N-Q	1	12,1743**						
K-L	1	11,565**						
K-Q	1	0,4763 <sup>ns</sup>						
N-L x K-L	1	0,2145 <sup>ns</sup>						
Regressão/Ciclo 1								
N-L	1	28,2665 <sup>ns</sup>	72,4279**	310,2703**	4.689,1327**	3,5491 <sup>ns</sup>	2.792,8561**	
N-Q	1	38,6375 <sup>ns</sup>	0,5129 <sup>ns</sup>	103,6980**	4.009,1073**	0,0362 <sup>ns</sup>	2.244,9108**	
K-L	1	24,9063 <sup>ns</sup>	34,5449**	6,6841 <sup>ns</sup>	966,7540 <sup>ns</sup>	0,6478 <sup>ns</sup>	680,3383 <sup>ns</sup>	
K-Q	1	2,0746 <sup>ns</sup>	2,1802 <sup>ns</sup>	4,4079 <sup>ns</sup>	18,5401 <sup>ns</sup>	5,1550 <sup>ns</sup>	28,5109 <sup>ns</sup>	
N-L x K-L	1	0,0007 <sup>ns</sup>	2,5876 <sup>ns</sup>	9,5183 <sup>ns</sup>	26,7279 <sup>ns</sup>	128,0935 <sup>ns</sup>	9,1854 <sup>ns</sup>	
Regressão/Ciclo 2								
N-L	1	75,3205*	77,0232**	12,7546 <sup>ns</sup>	18.522,0470**	258,5961*	133.522,5056**	
N-Q	1	230,7350**	2,2345 <sup>ns</sup>	2,3653 <sup>ns</sup>	1.493,4497 <sup>ns</sup>	41,7720 <sup>ns</sup>	826,4895 <sup>ns</sup>	
K-L	1	353,4529**	18,0119**	10,4810 <sup>ns</sup>	13,4153 <sup>ns</sup>	44,8182 <sup>ns</sup>	4,5662 <sup>ns</sup>	
K-Q	1	26,7015 <sup>ns</sup>	2,6987 <sup>ns</sup>	2,0907 <sup>ns</sup>	687,9909 <sup>ns</sup>	278,9826*	150,1487 <sup>ns</sup>	
N-L x K-L	1	0,4512 <sup>ns</sup>	4,4141 <sup>ns</sup>	6,3430 <sup>ns</sup>	1.068,3193 <sup>ns</sup>	16,4921 <sup>ns</sup>	857,7710 <sup>ns</sup>	
Médias								
Ciclo 1		3,92a	10,11b	4,69a	76,90b	249,80b	127,07b	374,93b
Ciclo 2		3,73a	16,87a	3,06b	86,73a	515,61a	161,54a	676,74a

<sup>ns</sup>, \*\* e \*: não significativo e significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

CVa e CVb = Coeficiente de variação da parcela e da subparcela, respectivamente.

Médias seguidas pela mesma letra, entre ciclo, não diferem entre si pelo teste F ( $P \leq 0,05$ ).

Ainda relacionado a Tabela 8, observa-se que a AFE foi influenciada pelas doses de N somente no 1º ciclo de produção, enquanto a FSPA foi influenciada apenas no 2º ciclo. As doses de K influenciaram a FSPA somente no 2º ciclo, enquanto que a AFE, o NDFP e o NDPC não sofreram influência desse nutriente. Apenas a RAF foi influenciada pelas doses de N e K, nos dois ciclos de produção. Os tratamentos não exerceram influência sobre o NDFC, mas houve efeito de ciclo. Não houve significância para FSPA e NDFC no 1º ciclo, com média de 10,11 e 127,07 respectivamente; nem para AFE no 2º ciclo, apresentando média de 86,73.

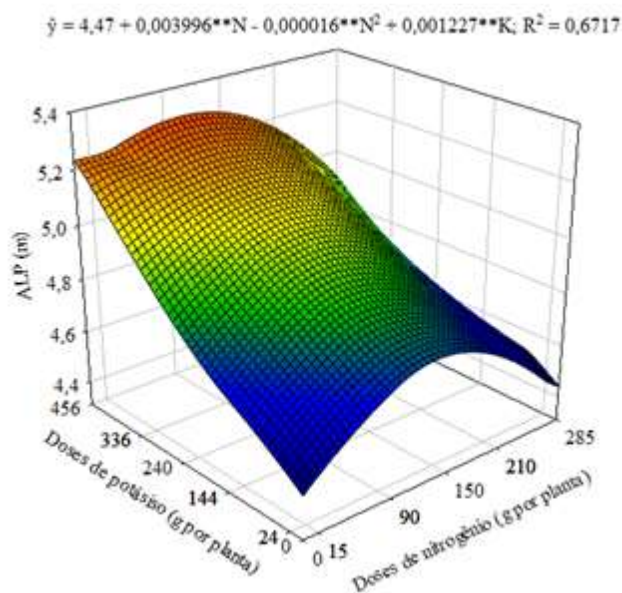
### **3.1. Altura e diâmetro do pseudocaule**

No 2º ciclo de produção, as doses de nitrogênio aumentaram a altura do pseudocaule de forma quadrática, até o valor máximo estimado de 4,71 m, na dose estimada de 124,87 g planta<sup>-1</sup> de N (Figura 5). Comparando o valor de 4,47 m das plantas que não receberam adubações nitrogenadas com o máximo estimado de N, se obteve incremento de 5,36%. A partir da dose estimada de 124,87 g planta<sup>-1</sup> de N, o aumento dos níveis de N propiciou acentuada redução na altura do pseudocaule das plantas, mostrando efeito prejudicial ao crescimento dessa variável avaliada.

Quanto à ação do potássio, as plantas cresceram de forma linear no 2º ciclo atingindo a altura de 5 m na dose máxima estudada de 456 g planta<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O (Figura 5), resultando num ganho de 11,85% em relação às plantas dos tratamentos sem potássio (dose 0), cujo valor é de 4,47 m. Logo, Derivando a equação matemática em função de N e K, tem-se a máxima altura estimada de 5,27 m nas doses estimadas de 124,87 g planta<sup>-1</sup> de N e dose máxima estudada de 456 g planta<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. Isso representa um acréscimo de 17,89% em relação às plantas sem adubação nitrogenada e potássica (4,47 m).

Ao comparar com o 1º ciclo de produção (3,51 m), verifica-se que no 2º ciclo a altura da bananeira foi maior em função das doses de N e K, corroborando Souza M. et al. (2011) e

Oliveira et al. (2013) que afirmam que plantas de bananeira aumentam em altura durante os ciclos. A estabilização do porte da bananeira só acontece a partir do segundo ciclo de produção (SILVA et al., 2002a).



**Figura 5.** Altura (ALP) do pseudocaule na emissão da inflorescência de bananeira cv. Vitória em função de doses de nitrogênio e de potássio no ciclo de produção 2. \*\*: significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. Areia, PB, 2019.

Nesse mesmo sentido, Nomura et al. (2017) verificaram que no primeiro ciclo as plantas atingiram altura máxima com a aplicação de 262,5 g planta<sup>-1</sup> de N e 427,5 g planta<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, enquanto no 2º ciclo, as plantas atingiram a maior altura com aplicação de 201,2 g planta<sup>-1</sup> de N e 327,7 g planta<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. A dose de 124,87 g planta<sup>-1</sup> de N encontrada no presente estudo, promovendo maior altura da planta, é inferior a dose apresentada por Nomura et al. (2017), enquanto que a dose de 456 g planta<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O encontrada, é superior a dose relatada pelos mesmos autores.

A menor quantidade de fertilizantes necessária no 2º ciclo, no presente estudo, pode ter sido porque as plantas estavam bem estabelecidas no campo, a planta-mãe translocou os nutrientes para a planta-filha, e foi devido à decomposição e liberação de nutrientes dos resíduos provenientes do 1º ciclo da cultura, conforme Moreira e Fageria (2009). Além disso, as sucessivas aplicações de fertilizantes podem ter elevado o teor de K no solo da área

experimental, como relatado por Teixeira et al. (2007), os quais reportaram que aplicações sucessivas de K em banana favoreceu o acúmulo desse nutriente, a maioria notavelmente na camada superficial e na área próximo as plantas.

A altura da bananeira é uma variável importante, pelo fato de interferir na definição do espaçamento e, conseqüentemente, na densidade de plantio, com seus reflexos na produtividade, sendo uma característica que também está sujeita a modificações devidas às diferentes condições edafoclimáticas de cultivo (SILVA et al. (2016).

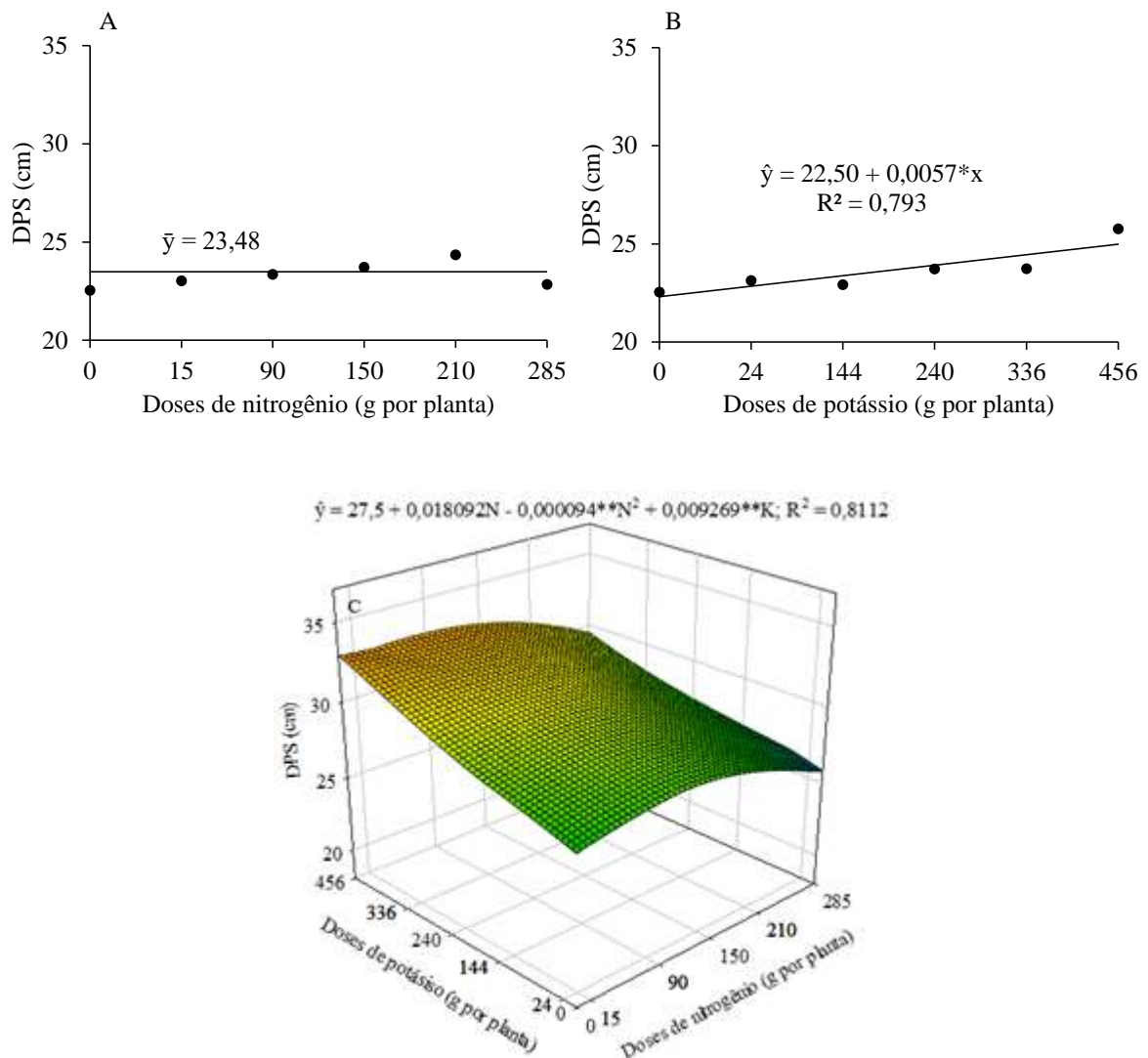
Os valores de diâmetro do pseudocaule para doses de nitrogênio no 1º ciclo de produção não se ajustaram a nenhum modelo de regressão, com valores médios de 23,48 (Figura 6A). Em relação ao potássio, os valores se ajustaram a regressão linear apresentando diâmetro estimado de 25,1 cm na dose máxima estudada de 456 g planta<sup>-1</sup> de K (Figura 6B).

Derivando-se a equação quadrática que modelou os resultados para DPS, obteve-se máximo diâmetro estimado de 28,37 cm, quando aplicado à dose estimada de 96,23 g planta<sup>-1</sup> de N no 2º ciclo de produção, resultando num ganho de 3,16% em relação às plantas dos tratamentos sem nitrogênio, cujo valor foi de 27,5 cm. O aumento dos níveis de N a partir da dose estimada (96,23 g planta<sup>-1</sup> de N), propiciou acentuada redução no diâmetro do pseudocaule das plantas (DPS), indicando efeito negativo ao crescimento dessa variável (Figura 6C).

Em relação ao potássio, houve ajuste linear para os valores de diâmetro do pseudocaule, apresentando diâmetro máximo de 31,7 cm na maior dose estudada de 456 g planta<sup>-1</sup> de K.

Ao derivar a equação matemática em função de N e K, obtém-se o máximo diâmetro estimado do pseudocaule de 32,59 cm nas doses estimadas de 96,23 g planta<sup>-1</sup> de N e dose máxima estudada de 456 g planta<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. Isso representa um acréscimo de 18,5% em relação às plantas sem adubação nitrogenada e potássica (27,5 cm) (Figura 6C).

O diâmetro do pseudocaule foi superior no 2º ciclo de produção, tendência semelhante ao observado por Arantes et al. (2017). Segundo Ratke et al. (2012), o nitrogênio e o potássio são considerados elementos-chave no desenvolvimento vegetativo da bananeira. Diferentes doses combinadas desses nutrientes proporcionam aumento significativo no diâmetro do pseudocaule.



**Figura 6.** Diâmetro (DPS) do pseudocaule na emissão da inflorescência de bananeira cv. Vitória em função de doses de nitrogênio e de potássio no ciclo de produção 1 (A e B) e 2 (C). \* e \*\*: significativo a 5 e 1% de probabilidades pelo teste F, respectivamente. Areia, PB, 2019.

O pseudocaule é constituído por bainhas de folhas embrulhadas, tornando-se rígida, com o surgimento de novas folhas. Assim, o fornecimento adequado de nutrientes promove o desenvolvimento foliar e, conseqüentemente, o pseudocaule aumenta sua altura e diâmetro. Todavia, o pseudocaule armazena grandes quantidades de nutrientes, especialmente N e K (67,9 e 233,1 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente), que é usado para o enchimento de frutas (SOTO-BALLESTERO, 2008). Logo, considera-se que as doses de 96,23 e 124,87 g planta<sup>-1</sup> de N encontradas no presente estudo e a dose máxima estudada (456 g planta<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O) foram suficientes para promover o fenômeno descrito acima.

Salienta-se que o desenvolvimento do pseudocaule em diâmetro garante a sustentação da planta no campo (MENDONÇA et al., 2013), principalmente, durante as fases que seguem após a emissão da inflorescência, onde ela é mais susceptível ao tombamento em função do surgimento, da formação e crescimento do cacho.

No que se refere a não ocorrência de efeito na altura e no diâmetro para a aplicação de N e K no 1º ciclo de produção, é pouco provável obter resposta da bananeira à aplicação de K no 1º ciclo, quando cultivada em solo que apresenta teor de K disponível classificado entre médio e alto (ALVAREZ et al., 1999; SILVA et al., 2011)). Quanto ao nitrogênio, sabe-se que esse nutriente é importante nesta fase da planta. Assim, o teor de N contido na matéria orgânica (26,6 g kg<sup>-1</sup>) e de K (69 mg dm<sup>-3</sup>) disponível no solo utilizado no presente trabalho, foram classificados como médios. Deste modo, possivelmente, a planta utilizou-se das reservas de N e K no solo, bem como do suprimento de N pelo esterco de curral na cova de plantio (64,4 g cova<sup>-1</sup> de N aproximadamente) para suprir as exigências nutricionais desses elementos durante o 1º ciclo de produção, conforme descrito por Brasil et al., (2000), Borges et al. (2002b), Sousa et al. (2004), Santos et al. (2009), Ratke et al. (2012), Costa et al. (2012), Silva; Pereira e Rodrigues (2012) e Nomura et al. (2017).

Assim, Borges et al. (2002b) também observaram que não houve resposta de doses de nitrogênio mineral e adubo orgânico sobre a altura e diâmetro do pseudocaule da bananeira “Terra”, concordando com Da Silva Alves et al. (2010), usando diferentes combinações de fontes de nitrato de cálcio e ureia aplicadas via fertirrigação; e com Costa et al. (2012) que observaram não ocorrer efeito significativo de doses de K sobre a altura do pseudocaule do híbrido 'Galil 18', no 1º ciclo de produção.

Por outro lado, Melo et al. (2010a), trabalhando com a cv. Prata-Anã em um Argissolo Vermelho Amarelo, contendo 32,2 mg dm<sup>-3</sup> de K e 21 g kg<sup>-1</sup> de matéria orgânica, obtiveram respostas desses dois nutrientes no 1º ciclo de produção, sobre a altura e diâmetro do pseudocaule. Da mesma forma, Santos et al. (2006) observaram que o diâmetro das plantas de várias cultivares cresceu linearmente com as doses crescentes de K aplicadas.

Salienta-se que no presente trabalho a maior dose de N estudada que é de 285 g planta<sup>-1</sup> e de potássio que é de 456 g planta<sup>-1</sup>, bem como as doses encontradas (96,23 e 124,87 g planta<sup>-1</sup> de N e 456 g planta<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O), são inferiores as doses estimadas por diversos autores (TEIXEIRA, 2000; MELO et al., 2006; 2010a).

Em pesquisa realizada nas condições edafoclimáticas da região do Vale do Ribeira – SP, aplicando-se as doses de 270 kg ha<sup>-1</sup> de N e 390 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, Nomura et al. (2013) observaram que a cv. Vitória alcançou a altura de pseudocaule de 4,3 e 5,9 m e diâmetro do pseudocaule de 25 e 33,5 cm, no 1º e 2º ciclo, respectivamente. Mendonça et al. (2013), nas condições edafoclimáticas do município de Goiânia-GO, observaram a altura do pseudocaule de 3,15 m e diâmetro de 19,02 cm, no 1º ciclo de produção.

Já no Nordeste brasileiro, sob adubação de 270 kg ha<sup>-1</sup> N e 233 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, Weber et al. (2017) obtiveram os valores de altura da planta de 4 e 4,5 m e diâmetro do pseudocaule de 28,5 e 31,6 cm, no 1º e 2º ciclo, respectivamente. Os valores médios de altura (3,51 m) e diâmetro (23,48) registrados no presente trabalho para o 1º ciclo de produção, estão abaixo dos

valores encontrados por Nomura et al. (2013) e Weber et al. (2017) e acima dos encontrados por Mendonça et al (2013). Para o 2º ciclo, o valor de altura (5,27 m) proporcionado pelas doses estimadas de 124,87 g planta<sup>-1</sup> de N e 456 g planta<sup>-1</sup> de K, estão abaixo dos encontrados por Nomura et al. (2013) e acima dos valores de Weber et al. (2017). Já para diâmetro, o valor estimado de 32,59 cm nas doses de 96,23 g planta<sup>-1</sup> de N e 456 g planta<sup>-1</sup> de K, no 2º ciclo, está próximo dos valores de Nomura et al. (2013) e Weber et al. (2017).

A altura elevada de pseudocaule apresentada pela cv. Vitória, pode ser visto como um aspecto negativo, considerando regiões com ocorrência de ventos fortes, que favorece o tombamento de plantas, além de prejudicar os tratos culturais e a colheita de cachos (FARIA et al., 2010; NOMURA et al., 2013; WEBER et al., 2017), fato comprovado durante a execução do presente trabalho.

Agricultores preferem plantas mais curtas, porque não há necessidade de usar âncoras para apoiar as plantas e porque é possível aumentar a densidade de plantação (AMORIM et al., 2013). A faixa de altura mais recomendada comercialmente é entre 2,00 m (SANTOS et al., 2006).

Atualmente, em algumas regiões do Brasil, a bananeira Pacovan (genitora da cv. Vitória) já vem sendo substituída por bananeiras de porte menor (PRATA et al. 2018). Contudo, a adoção de cultivares com altura mais elevada pode ser justificada quando outras características agronômicas favoráveis se sobrepõem em importância (ALVES e OLIVEIRA, 1999), no caso da vc. Vitória, a resistência ao Mal do Panamá e as Sigatokas.

Salienta-se que durante a execução do presente trabalho, foi necessário realizar o escoramento da bananeira cv. Vitória, no 1º ciclo de produção, para evitar quebra do pseudocaule em função do peso do cacho.

No 2º ciclo, em função do maior desenvolvimento do diâmetro do pseudocaule equivalente a 32,59 cm obtido nas doses estimadas de 96,23 g planta<sup>-1</sup> de N e 456 g planta<sup>-1</sup> de

K<sub>2</sub>O, não foi necessário realizar o escoramento da bananeira. Assim, pode-se inferir que a resistência do pseudocaule também foi influenciada pela nutrição mineral, principalmente pelas doses de K, corroborando Silva et al. (2003b) e Silva et al. (2011) os quais afirmam que esta característica é de grande importância, pois, o maior diâmetro do pseudocaule está relacionado ao vigor, refletindo na capacidade da planta em sustentar o peso das folhas e do cacho. Além de representar o número de folhas emitidas pela planta (SILVA et al., 2000) e poder influenciar o número de pencas (ROBINSON e GALÁN SAÚCO, 2010).

O porte elevado da cv. Vitória é uma característica herdada de sua genitora, a cv. Pacovan, a qual apresenta plantas vigorosas e têm pseudocaule mais alto que as demais cultivares desse subgrupo (ALVES, 1999; JESUS et al., 2004; MENDONÇA, 2009; ROQUE et al., 2014), com valores entre 2,02 m e 3,86 m, no primeiro ciclo, e 3,34 m a 5,76 m, no segundo (LIMA et al., 2005; DONATO et al., 2006; OLIVEIRA et al., 2008; LÉDO et al., 2008; AZEVEDO et al., 2010; NOMURA et al., 2013).

De forma geral, as médias de perímetro de pseudocaule dos híbridos da cv. Pacovan são superiores, caracterizando maior vigor desses, conforme descrito por Lédo et al. (2008), Oliveira et al. (2008), Arantes et al. (2017) e também observado no presente estudo para a cv. Vitória.

### **3.2. Taxa de crescimento absoluto de altura e diâmetro do pseudocaule**

A adaptação ecológica das culturas a novos ambientes e os efeitos de manejo e tratamentos culturais, são alguns dos fatores que podem ser investigados por meio da análise de crescimento. Assim, a análise de crescimento vegetal constitui-se como ferramenta imprescindível na avaliação das diferenças comportamentais das plantas que sofrem influência de determinadas práticas agronômicas, adubações, estímulos ou estresses climáticos e fatores intrínsecos associados à fisiologia da planta (COSTA et al., 2006). Segundo Benincasa (2003), é possível

detectar efeitos de deficiência do meio, possibilitando a correção dos mesmos a tempo de não comprometer a produção final.

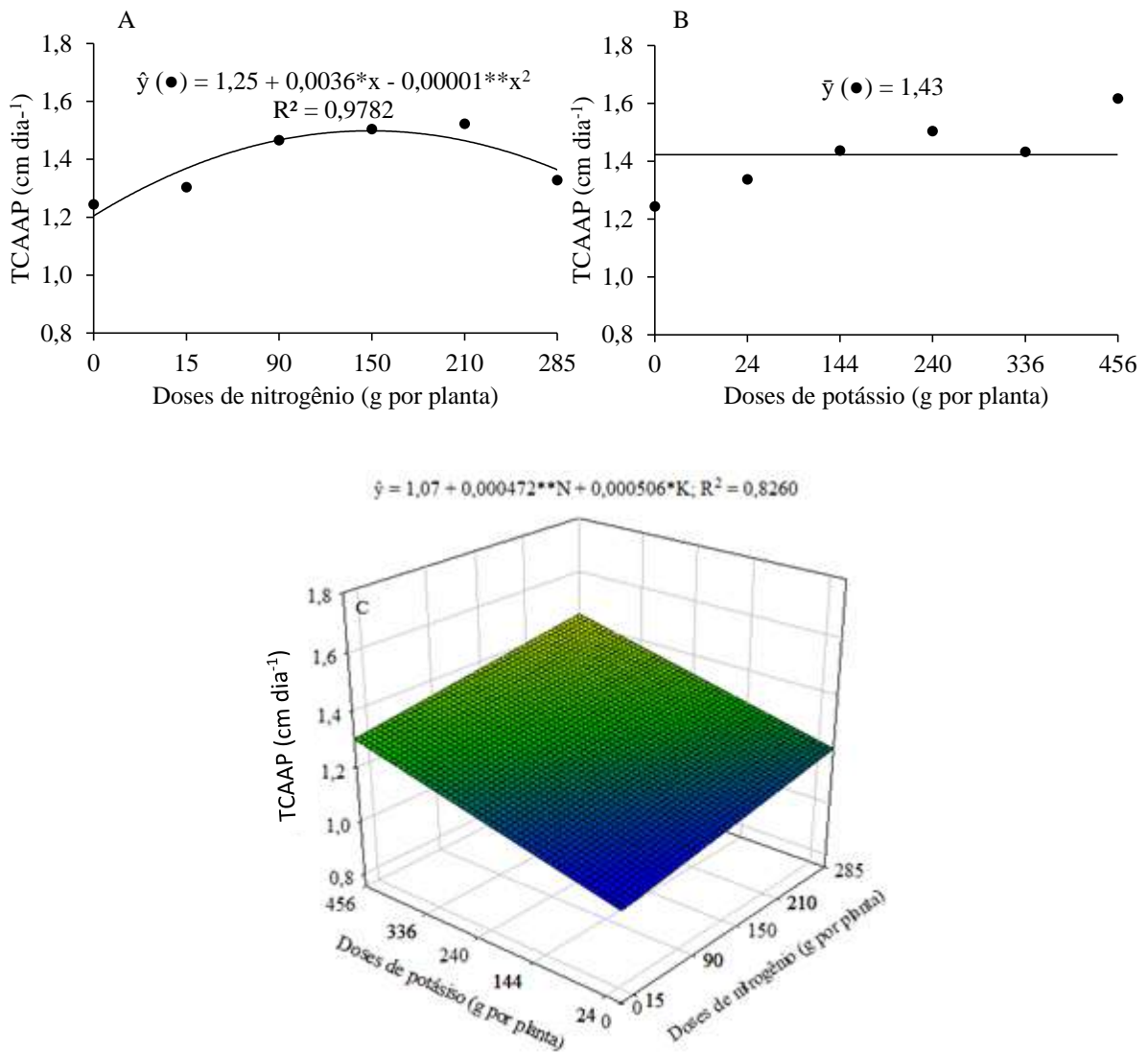
A taxa de crescimento absoluto (TCA) do pseudocaule reflete o vigor da bananeira (TEIXEIRA et al., 2007). Assim, com a estimativa da TCA é possível avaliar o aumento da massa de um órgão vegetal por unidade de tempo (BASTÍAS et al., 2014).

A taxa de crescimento absoluto da altura do pseudocaule (TCAAP) foi influenciada positivamente pelas doses de nitrogênio e potássio, apresentando valores diferentes para o 1º e 2º ciclo de produção (Figura 7A, B e C).

Em relação ao nitrogênio, derivando-se a equação quadrática que modelou os resultados para TCAAP, obteve-se máximo crescimento estimado de  $1,57 \text{ cm dia}^{-1}$ , quando aplicado à dose estimada de  $180 \text{ g planta}^{-1}$  de N, no 1º ciclo de produção, resultando num ganho de  $0,32 \text{ cm dia}^{-1}$  em relação às plantas dos tratamentos sem nitrogênio. Maiores níveis de N a partir da dose estimada ( $180 \text{ g planta}^{-1}$  de N), promoveu acentuada redução na TCAAP das plantas, indicando efeito negativo ao crescimento (Figura 7A). Quanto ao potássio, os dados não se ajustaram a nenhum modelo matemático no 1º ciclo de produção, com média de  $1,43 \text{ cm dia}^{-1}$  (Figura 7B).

Para o 2º ciclo de produção, os dados ajustaram ao modelo linear crescente com incremento de  $1,07 \text{ cm dia}^{-1}$  para cada aumento unitário do nível de nitrogênio, sendo a máxima TCAAP de  $1,20 \text{ cm dia}^{-1}$  alcançada na aplicação da maior dose testada de  $285 \text{ g planta}^{-1}$  de N, representando um ganho de  $0,13 \text{ cm dia}^{-1}$  em relação a dose zero de N (Figura 7C). Para o potássio no 2º ciclo, os dados se ajustaram a equação linear, observando-se que as doses de K promoveram efeito crescente sobre o valor da TCAAP, obtendo o maior valor de  $1,30 \text{ cm dia}^{-1}$  na dose máxima estudada ( $456 \text{ g planta}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ ), o que representa uma TCAAP de  $0,23 \text{ cm dia}^{-1}$  acima do promovido pelo tratamento sem aplicação de K (Figura 7C). Logo, derivando a equação matemática em função de N e K, observa-se o maior valor estimado de  $1,43 \text{ cm}$

dia<sup>-1</sup> obtido nas doses máximas estudadas de 285 g planta<sup>-1</sup> de N e 456 g planta<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, com acréscimo de 0,36 cm dia<sup>-1</sup> em relação ao tratamento sem adubação nitrogenada e potássica (1,07 cm dia<sup>-1</sup>).



**Figura 7.** Taxa de crescimento absoluto em altura (TCAAP) do pseudocaulo até a emissão da inflorescência de bananeira cv. Vitória em função de doses de nitrogênio e de potássio no ciclo de produção 1 (A e B) e 2 (C). \* e \*\*: significativo a 5 e 1% de probabilidades pelo teste F, respectivamente. Areia, PB, 2019.

Observando a altura média da planta (3,51 m) no 1º ciclo de produção e a altura estimada de 5,27 m no 2º ciclo (Figura 5), verifica-se que tanto o N quanto o K proporcionaram altura maior no 2º ciclo de produção, porém numa taxa de crescimento absoluto menor que no 1º ciclo. Segundo Bastías et al. (2014), a magnitude do aumento da TCA é devido ao maior alongamento celular.

Esses valores divergem de Teixeira et al. (2007), que estudando o crescimento da altura da bananeira Nanicão sob fertirrigação com N e K, obtiveram a máxima taxa de crescimento absoluto da planta na dose combinada de 210 g de N e 240 g planta<sup>-1</sup> de K para o 1º ciclo de produção e, 217 g de N e 134 g planta<sup>-1</sup> de K para o 2º ciclo de produção; e de Ratke et al. (2012), que avaliando a taxa de crescimento absoluto do pseudocaule, em função das doses de N e K, verificaram regressão polinomial significativa com crescimento de 0.61 cm dia<sup>-1</sup> na dose combinada de 135 g de N e 225 g planta<sup>-1</sup> de K, para o 1º ciclo de produção da bananeira Prata Anã.

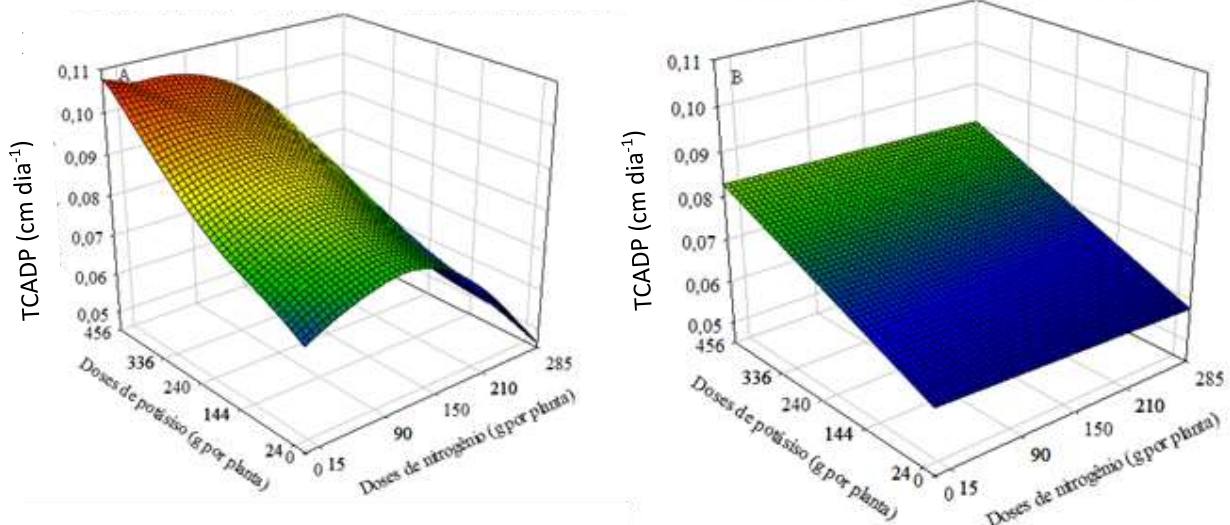
Ainda na mesma direção, Pereira et al. (2000) estudando o comportamento da bananeira ‘Prata Anã’ no primeiro ciclo de produção, observaram que a taxa de crescimento absoluto da altura da planta teve incremento lento nos primeiros meses, atingindo o valor máximo por volta do sexto mês após o plantio (1,6 cm dia<sup>-1</sup>), e a partir daí houve decréscimo contínuo até o florescimento. Salienta-se que diferentes respostas de plantas podem estar relacionadas ao potencial genético dos genótipos, conforme descrito por Tester e Davenport (2003) e Taiz e Zeiger (2006).

A taxa de crescimento absoluto do diâmetro do pseudocaule (TCADP) foi influenciada positivamente pelas doses de nitrogênio e potássio nos dois ciclos de produção (Figura 8A e B). Assim, a partir da derivação da equação quadrática que modelou os resultados para TCADP, observou-se máximo crescimento estimado de 0,082 cm dia<sup>-1</sup>, quando aplicado à dose estimada de 143,3 g planta<sup>-1</sup> de N no 1º ciclo de produção, resultando num ganho de 0,012 cm dia<sup>-1</sup> em

relação às plantas dos tratamentos sem adubação. Doses elevadas de N a partir da dose estimada (143,3 g planta<sup>-1</sup> de N), promoveu acentuada redução na TCADP das plantas, causando efeito deletérico ao crescimento da planta. No 2º ciclo de produção, a maior dose testada de 285 g planta<sup>-1</sup> de N promoveu a TCADP estimada de 0,057 cm dia<sup>-1</sup> (Figura 8B).

$$\hat{y} = 0,07 + 0,000172^{**}N - 0,0000006^{**}N^2 + 0,000055^{**}K; R^2 = 0,7524$$

$$\hat{y} = 0,06 - 0,000008^{**}N + 0,00005^{**}K; R^2 = 0,8282$$



**Figura 8.** Taxa de crescimento absoluto em diâmetro (TCADP) do pseudocaule até a emissão da inflorescência de bananeira cv. Vitória em função de doses de nitrogênio e de potássio no ciclo de produção 1 (A) e 2 (B). \*\*: significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. Areia, PB, 2019.

Em relação ao potássio, a TCADP foi influenciada de forma linear pelas doses crescentes de K, obtendo valores máximos de 0,095 e 0,082 cm dia<sup>-1</sup> na maior dose estudada (456 g planta<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, para o 1º e 2º ciclo, respectivamente (Figura 8A e B). Assim, como observando para o crescimento da altura da planta, tanto o N quanto o K proporcionaram menor taxa de crescimento absoluto do diâmetro do pseudocaule no 2º ciclo de produção, embora o diâmetro tenha sido maior, indicando menor alongamento celular, conforme Bastías et al. (2014).

Ao derivar a equação matemática em função de N e K, tem-se a TCADP estimada de  $0,107 \text{ cm dia}^{-1}$  nas doses estimadas de  $143,3 \text{ g planta}^{-1}$  de N e  $456 \text{ g planta}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ , no 1º ciclo (Figura 8A). Para o 2º ciclo a TCADP estimada de  $0,080 \text{ cm dia}^{-1}$  foi obtida com as maiores doses estudadas de N e K ( $285 \text{ g planta}^{-1}$  de N e  $456 \text{ g planta}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ ) (Figura 8B). Esses valores estimados representam acréscimo de  $0,037$  e  $0,020 \text{ cm dia}^{-1}$  em relação ao tratamento sem adubação nitrogenada e potássica, para o 1º e 2º ciclo respectivamente.

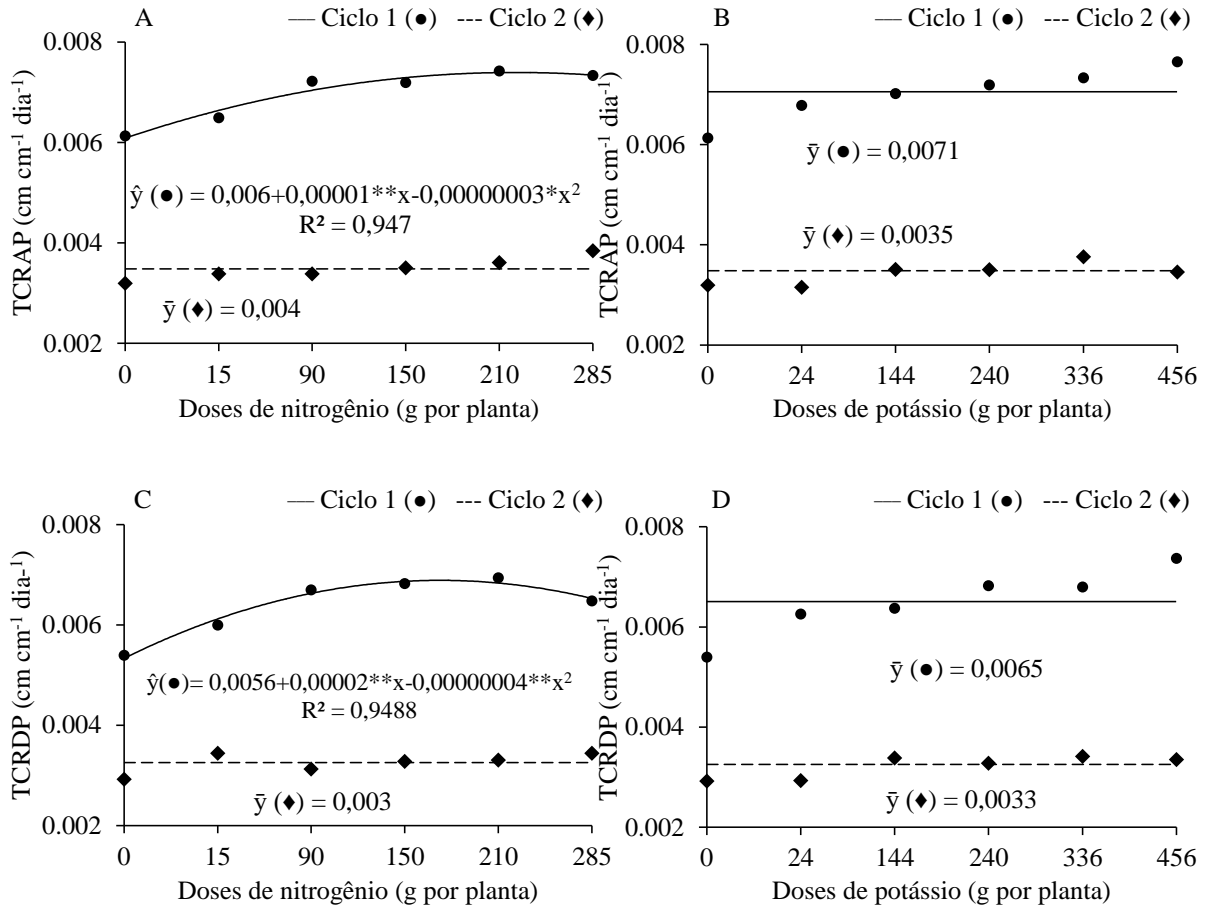
Medeiros (2012) observou que a taxa de crescimento absoluto para o perímetro do pseudocaule foi lenta até os 15 dias, posteriormente o desenvolvimento ocorreu de maneira mais rápida, sendo a TCA máxima aos 57 dias, para a bananeira ‘Pacovan’ irrigada. Pereira et al. (2000) também observaram que a taxa de crescimento referente à circunferência do pseudocaule foi lenta inicialmente, porém atingiu o máximo  $0,47 \text{ cm dia}^{-1}$  por volta do sexto mês para a bananeira ‘Prata Anã’, no primeiro ciclo de produção.

### **3.3. Taxa de crescimento relativo de altura e diâmetro do pseudocaule**

A TCR corresponde em aumento de massa por unidade de massa por unidade de tempo, desta forma, representa a capacidade de produzir um novo tecido meristemático em um determinado momento (PAVEL e DEJONG, 1993; GROSSMAN e DEJONG, 1995; MORANDI et al., 2010). Assim, analisando-se o comportamento da altura das plantas ao longo do primeiro ciclo (Figura 9A, B, C e D), foi possível estimar a taxa de crescimento relativo (TCR) como índice de eficiência na produção de fitomassa.

Os valores médios da TCRAP e TCRDP foram elevados com o aumento das doses de N até a dose máxima estimada de  $167$  e  $250 \text{ g planta}^{-1}$ , respectivamente, no 1º ciclo de produção. O valor da TCRAP estimado foi de  $0,0068 \text{ cm cm}^{-1} \text{ dia}^{-1}$  e da TCRDP de  $0,0081 \text{ cm cm}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ . Doses de N acima da dose estimada de  $167 \text{ g planta}^{-1}$  de N para TCRAP e de  $250 \text{ g planta}^{-1}$  de N para TCRDP, promoveu efeito negativo ao crescimento. No 2º ciclo de produção, os valores

da TCRAP e TCRDP para doses de nitrogênio (Figura 9A e C) não se ajustaram a nenhum modelo de regressão, com valores médios de 0,004 e 0,003  $\text{cm cm}^{-1} \text{dia}^{-1}$ , respectivamente.



**Figura 9.** Taxa de crescimento relativo em altura (TCRAP) e diâmetro (TCRDP) do pseudocaulo até a emissão da inflorescência de bananeira cv. Vitória em função de doses de nitrogênio (A e C) e de potássio (B e D) no ciclo de produção 1 e 2. \* e \*\*: significativo a 5 e 1% de probabilidades pelo teste F, respectivamente. Areia, PB, 2019.

Em relação ao potássio, as doses não se ajustaram a nenhum modelo de regressão para TCRAP e TCRDP, com média de 0,0071  $\text{cm cm}^{-1} \text{dia}^{-1}$  no 1º ciclo e média de 0,0035  $\text{cm cm}^{-1} \text{dia}^{-1}$  no 2º ciclo para TCRAP. Para TCRDP a média foi de 0,0065  $\text{cm cm}^{-1} \text{dia}^{-1}$  no 1º ciclo e 0,0033  $\text{cm cm}^{-1} \text{dia}^{-1}$  no 2º ciclo (Figura 9B e D).

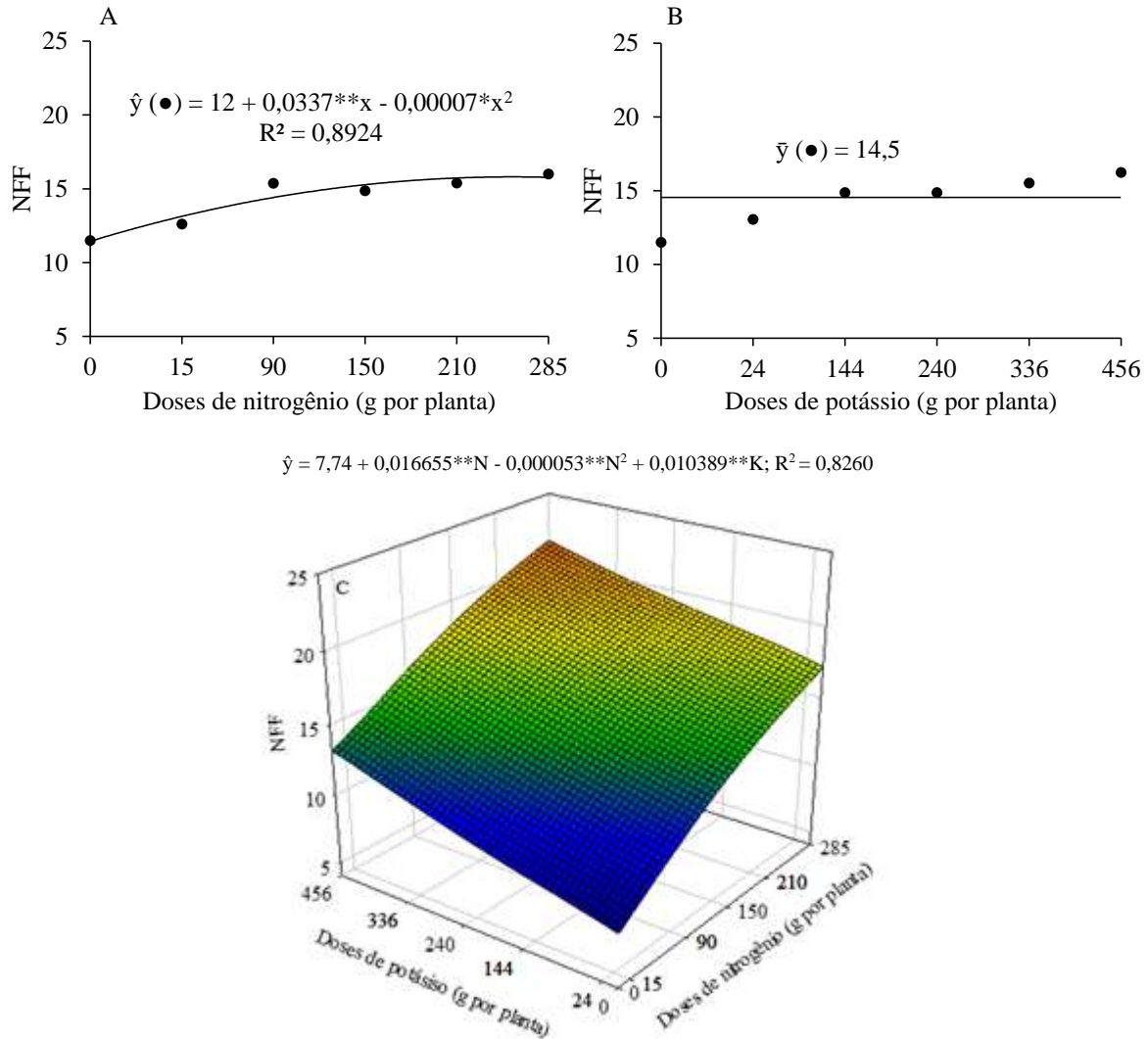
Assim, observa-se que no 2º ciclo de produção as doses de N e K promoveram valores de TCRAP e de TCRDP inferiores aos valores do 1º ciclo. Fato também ocorrido para as taxas de crescimento absoluto de altura e diâmetro do pseudocaule. Desta maneira, a planta no 1º ciclo de produção foi mais rápida em crescer quando comparada com o seu tamanho inicial, conforme Benincasa (2003), mostrando que ocorreu um aumento na massa tecidual do pseudocaule em decorrência de maior divisão celular, conforme Bastías et al. (2014).

Melo et al. (2010) verificaram que a bananeira ‘Prata Anã’ teve crescimento relativo lento de  $0,006 \text{ cm cm}^{-1} \text{ dia}^{-1}$  para altura da planta e de  $0,0065 \text{ cm cm}^{-1} \text{ dia}^{-1}$  para diâmetro até aproximadamente os 60 dias após o plantio (DAT), apresentando rápido crescimento entre os 120 e 240 DAT. Os mesmos autores constataram uma taxa de  $0,0104 \text{ cm cm}^{-1} \text{ dia}^{-1}$  para altura e  $0,0089 \text{ cm cm}^{-1} \text{ dia}^{-1}$  para diâmetro até os 240 DAT, quando a bananeira tinha 89,56% da altura máxima estimada, seguida de pequeno decréscimo após esse período ( $0,0007$  e  $0,0014 \text{ cm cm}^{-1} \text{ dia}^{-1}$  para altura e diâmetro, respectivamente), assemelhando-se ao apresentado por Pereira et al. (2000) também para a cv. Prata-Ana sob irrigação em diferentes espaçamentos e próximo ao relatado por Silva et al. (2003a) para vários genótipos em diferentes ambientes. Para este estudo, os valores da TCRAP no 1º ciclo de produção são inferiores aos apresentados por Melo et al. (2010) até os 240 DAT, sendo o valor referente ao 2º ciclo ainda menor. Já os valores da TCRDP estão próximos aos valores de Melo et al. (2010) até os 240 DAT.

#### **3.4. Número de folhas vivas no florescimento**

As doses de N elevaram o número de folhas ativas no florescimento, sendo que para o 1º ciclo de produção o valor máximo estimado foi de 16 folhas na dose estimada de  $241 \text{ g planta}^{-1}$  de N (Figura 10A), enquanto que para o 2º ciclo de produção o valor máximo estimado foi de 9,04 folhas na dose estimada de  $157,12 \text{ g planta}^{-1}$  de N (Figura 10C). Esses valores representam um acréscimo de 33,33% para o 1º ciclo e 16,79% para o 2º ciclo em relação ao

tratamento sem nitrogênio, o que equivale a 4 folhas para 1º ciclo e 1 folha para o 2º ciclo de produção. Comparando os valores entre os ciclos, observa-se que o número de folhas no 1º ciclo superou em 82,85% (7,25 folhas) o número de folhas no 2º ciclo.



**Figura 10.** Número de folhas vivas no florescimento (NFF) de bananeira cv. Vitória em função de doses de nitrogênio e de potássio no ciclo de produção 1 (A e B) e 2 (C). \* e \*\*: significativo a 5 e 1% de probabilidades pelo teste F, respectivamente. Areia, PB, 2019.

Segundo Oliveira et al. (2013), o número de folhas vivas é um importante aspecto, considerando que a taxa de fotossíntese depende da área foliar da planta. Salienta-se que o número de folhas se correlaciona com a área foliar da planta.

A aplicação de potássio também elevou o número de folhas ativas no florescimento, apresentando valores de 12,47 folhas para 2º ciclo, na dose máxima estudada de 456 g planta<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O (Figura 10C). Os dados do 1º ciclo não se ajustaram a nenhum modelo de equação de regressão, apresentando média de 14,5 folhas (Figura 10B). Houve um acréscimo no número de folhas de 61,11% (4,74 folhas) em relação ao tratamento com ausência de K, para o 2º ciclo. Ao comparar os dois ciclos, verifica-se que no 1º ciclo o K proporcionou mais folhas ativas no florescimento (média de 14,5), equivalente a 16,2%.

Ao derivar a equação matemática em função de N e K no 2º ciclo de produção, observa-se o valor estimado de 13,78 folhas nas doses estimadas de 157,12 g planta<sup>-1</sup> de N e 456 g planta<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, com acréscimo de 78,03% em relação ao tratamento sem adubação com nitrogênio e potássio (7,74 folhas).

Nomura et al. (2013) e Weber et al. (2017) também verificaram que a cv. Vitória apresentou um menor número de folhas ativas no 2º ciclo de produção. Da mesma forma, Arantes et al. (2017), avaliando 24 genótipos de bananeira pertencentes aos grupos Prata, Cavendish, Gros Michel e Maçã, observaram haver uma redução nesta característica do primeiro para o segundo ciclo na maioria dos genótipos, com média de 15,4 folhas para o 1º ciclo e 13,6 folhas para o 2º ciclo nos genótipos do grupo Prata (Pacovan e seus híbridos), corroborando com os valores obtidos no presente trabalho.

O número de folhas ativas na floração é um parâmetro importante para o desenvolvimento do cacho de banana porque reflete o rendimento potencial, pois essas folhas estão diretamente relacionadas a taxa fotossintética da planta (SOTO-BALLESTERO, 2008), promovendo translocação de assimilados aos frutos (NOMURA et al., 2017).

Observa-se que os valores para folhas no florescimento, encontrados nesse estudo, atendem a prerrogativa de Soto Ballesteros (2000), ao afirmar que para o bom desenvolvimento dos frutos, a bananeira deve apresentar no mínimo oito folhas no florescimento, já que não há

mais emissão foliar após esse momento; e a Teixeira, Ruggiero e Natale (2001), que recomendam que o número de folhas ativas deve ser igual ao valor médio de pencas apresentado pelo grupo a que pertence a cv. de bananeira; e a Rodrigues, Dias e Pacheco (2009), os quais recomendam a manutenção de 10 a 12 folhas na bananeira 'Prata-Anã' para alcançar o máximo rendimento.

Ventura et al. (2011) observaram que a cv. Vitória apresentou 14,5 folhas ativas no florescimento no 1º ciclo; Nomura et al. (2013): 15,6 folhas ativas no florescimento no 1º ciclo e 12,8 folhas no 2º ciclo; Mendonça et al. (2013): 12,55 folhas ativas no florescimento no 1º ciclo e Weber et al. (2017) observaram 12,9 folhas ativas no florescimento no 1º ciclo e 12,0 folhas no 2º ciclo de produção. Logo, os valores para o número de folhas ativas proporcionados pelas doses de N e K apresentados neste trabalho, para o 1º (16 e 14,5 folhas) e 2º ciclo de produção (13,78 folhas), estão acima dos valores observados pelos autores referidos anteriormente.

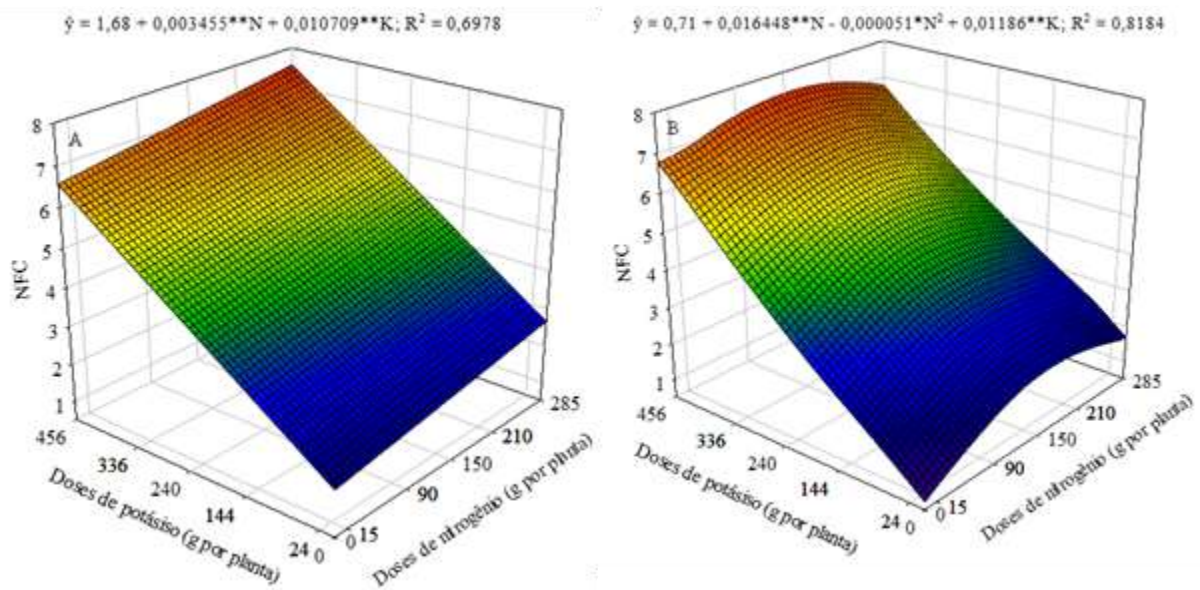
Nomura et al. (2017), estudando a nutrição mineral em diferentes cultivares de bananeira, verificaram que a resposta máxima para número de folhas no florescimento foi obtida com aplicação de 577,5 kg ha<sup>-1</sup> de N e 855 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O para o 1º ciclo; e 255,5 kg ha<sup>-1</sup> de N e 416 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, para o 2º ciclo de produção. Esses valores de N e K, são superiores aos encontrados para o presente trabalho no 1º ciclo de produção, que foi 267,75 kg ha<sup>-1</sup> de N e maior dose estudada de 506,6 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. Apenas a dose de 506,6 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O encontrada no 2º ciclo está acima do valor observado pelos autores referidos acima.

### **3.5. Número de folhas vivas na colheita**

A adubação nitrogenada e potássica promoveu efeito significativo sobre o número de folhas vivas na colheita da bananeira 'Vitória', nos dois ciclos de produção. De acordo com a análise de regressão, o modelo linear e quadrático foram os que melhores se ajustaram a essa

variável para o 1º e 2º ciclo de produção, respectivamente, em função das doses crescentes de N e K (Figuras 11A e B).

O valor máximo estimado foi de 2,66 folhas na dose máxima estudada de 285 g planta<sup>-1</sup> de N, para o 1º ciclo de produção (Figura 11A); e de 2,03 folhas na dose de 161,25 g planta<sup>-1</sup> de N, para o 2º ciclo de produção (Figura 11B). Esses valores representam um acréscimo de 58,33 e 185,9% para o 1º e 2º ciclo, respectivamente, em relação ao tratamento sem aplicação de N. Portanto, verifica-se que a planta necessitou de uma dose menor de N (de 161,25 g planta<sup>-1</sup> de N) no 2º ciclo de produção e apresentou uma maior eficiência na manutenção das folhas em relação ao tratamento sem aplicação de N, comparado ao 1º ciclo.



**Figura 11.** Número de folhas vivas na colheita (NFC) de bananeira cv. Vitória em função de doses de nitrogênio e de potássio no ciclo de produção 1 (A) e 2 (B). \* e \*\*: significativo a 5 e 1% de probabilidades pelo teste F, respectivamente. Areia, PB, 2019.

A necessidade de uma menor dose de N no 2º ciclo, pode ter sido, provavelmente, devido à reciclagem desse nutriente dos resíduos da bananeira, especialmente do pseudocaule, folhas e rizomas das bananeiras, conforme Hoffmann et al. (2010) que descobriram que o

retorno de nutrientes para o solo foi entre 91 e 121 kg ha<sup>-1</sup> de N para as variedades "Grand Naine" e "Gros Michel", respectivamente, e que segundo Borges e Silva, (2000) pode chegar a valor máximo de aproximadamente de 170 kg de N. Salienta-se que todo o material vegetal como pseudocaule, folhas e rizomas provenientes da bananeira Vitória durante a execução do experimento, foram depositados entre as fileiras de plantas.

Em relação ao efeito do potássio, constatou-se que as doses aplicadas elevaram de forma linear o número de folhas ativas na colheita com acréscimo de 1,68 e 0,71 folhas para cada incremento unitário da dose de K, apresentando valores máximos de 6,56 e 6,11 folhas para o 1º (Figura 11A) e 2º ciclo (Figura 11B), respectivamente, na maior dose estudada de 456 g planta<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. Apesar do resultado ser positivo, esse comportamento indica que a bananeira 'Vitória' poderá atingir valores maiores em relação a essa característica avaliada, com aplicação de doses de K superiores a dose máxima estudada na presente pesquisa.

Houve um acréscimo no número de folhas de 290,4 (4,88 folhas) e 760,5% (5,4 folhas) em relação ao tratamento com ausência de K, para o 1º (Figura 11A) e 2º ciclo (Figura 11B), respectivamente. Ao comparar os dois ciclos, verifica-se que o K proporcionou número semelhante de folhas ativas na colheita, com pequena diferença de apenas 7,36%.

Derivando a equação de regressão em função das doses de N e K, obtém-se o número estimado de 7,54 folhas vivas nas maiores doses estudadas de 285 g planta<sup>-1</sup> de N e 456 g planta<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, para o 1º ciclo; e 7,44 folhas na dose estimada de 161,25 g planta<sup>-1</sup> de N e dose máxima estudada de 456 g planta<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, para o 2º ciclo. Esses valores representam acréscimos de 348,8 e 947,8% em relação ao tratamento sem adubação com nitrogênio e potássio, para o 1º e 2º ciclo, nessa ordem, com incremento de 1,68 e 0,71 folhas para cada incremento unitário da dose de N e de K.

Após o florescimento da bananeira não há emissão de folhas, que diminui em número até a colheita pelo processo natural de senescência foliar e desfolhamento para controlar a

infestação de Sigatoka (OLIVEIRA et al., 2013). As folhas são estoques de fotoassimilados e na fase de envelhecimento ocorrem a translocação para os frutos (LARCHER, 2006). Assim, o menor número de folhas na colheita se deve principalmente à translocação de fotoassimilados ao enchimento dos frutos, que se torna o dreno preferido na planta devido a senescência das folhas (SILVA et al., 2006). Quanto menor o número de folhas na colheita, menor a eficiência fotossintética foliar, o que reduz a disponibilidade de fotoassimilados para o completo enchimento dos frutos, diminuindo a sua massa e, conseqüentemente, a das pencas (CAVATTE et al., 2012).

Segundo Lessa et al. (2012), plantas que retêm maior número de folhas na colheita tendem a apresentar cachos mais pesados e, segundo Lima et al. (2005) e Cavatte et al. (2012) o enchimento dos frutos está diretamente relacionado com o número de folhas adultas na colheita, certamente pela maior produção de fotoassimilados. Outros autores também relatam correlação positiva entre o número de folhas na colheita e a massa das pencas (GUIMARAES, 2011; LESSA et al. 2012; ROSA, 2016). Essas afirmações corroboram os resultados deste trabalho, no qual a bananeira ‘Vitória’, apresentou bom número de folhas, tanto no primeiro quanto no segundo ciclo de produção; apresentou também cachos pesados, com bom número de pencas e de frutos por cacho, bem como de frutos compridos.

Arantes et al. (2017) avaliando 24 genótipos de bananeira pertencentes aos grupos Prata, Cavendish, Gros Michel e Maçã, verificaram que em 50% dos 24 genótipos avaliados, houve uma redução no número de folhas na colheita ao longo dos ciclos, obtendo a média de 10 folhas para o 1º ciclo e 9,2 folhas para o 2º ciclo nos genótipos do grupo Prata (Pacovan e seus híbridos). Logo, verifica-se que os valores obtidos no presente estudo (7,54 e 7,44 folhas) estão próximos aos obtidos pelos autores citados anteriormente.

Ventura et al. (2011), a partir da média dos dados de pesquisa coletados no Espírito Santo, Bahia e Amazônia Ocidental, no primeiro ciclo de produção, constataram que a cv.

Vitória apresentou 11,4 folhas viáveis na colheita. Em pesquisa realizada nas condições edafoclimáticas da região do Vale do Ribeira - SP, Nomura et al. (2013) observaram que o número de folhas ativas na colheita foi 6,8 e 4,5 folhas para o 1º e 2º ciclo, respectivamente. Já Mendonça et al. (2013) nas condições edafoclimáticas do município de Goiânia-GO, verificaram que a cv. Vitória apresentou apenas 1,0 folha ativa na colheita. Logo, esses resultados indicam uma possível influência das condições climáticas sobre essa característica. Contextualizando esses dados com os valores do presente estudo, verifica-se que o valor obtido no 1º ciclo (7,54 folhas) está abaixo do obtido por Ventura et al. (2011), semelhante ao obtido por Nomura et al. (2013) e bem superior ao encontrado por Mendonça et al. (2013). Para o 2º ciclo o valor deste trabalho (7,44 folhas) é superior ao apresentado por Nomura et al. (2013).

### **3.6. Índice de durabilidade das folhas**

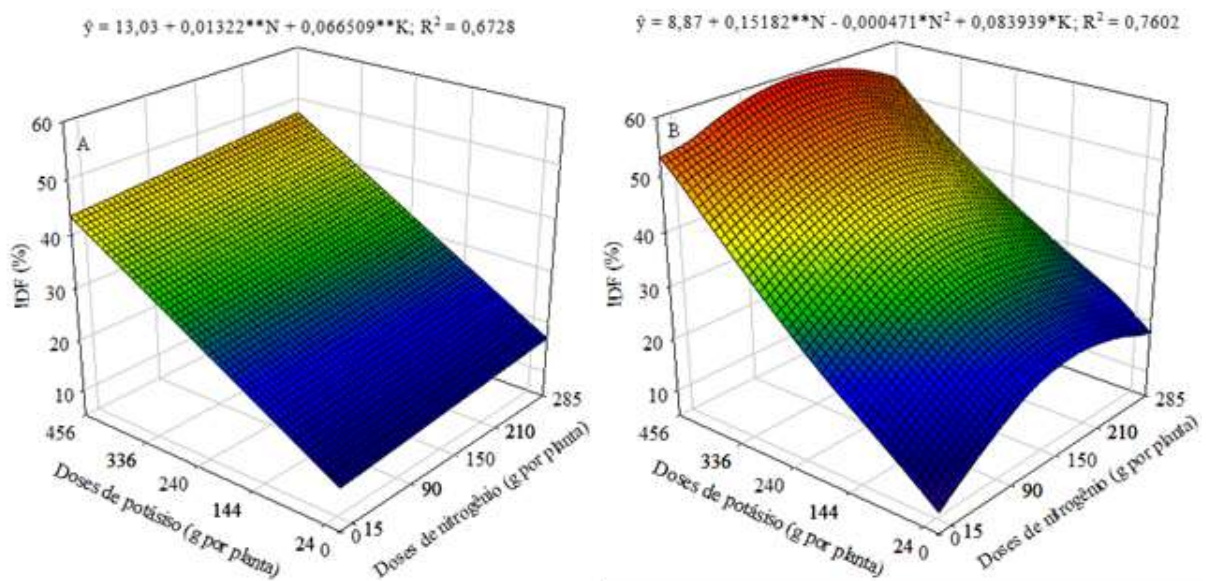
As doses de nitrogênio e potássio influenciaram de forma positiva o índice de durabilidade das folhas da bananeira ‘Vitória’, nos dois ciclos de produção (Figura 12A e B).

No 1º ciclo de produção, as doses de N influenciaram essa característica de forma linear, sendo o máximo valor (16,79%) obtido na maior dose (285 g planta<sup>-1</sup> de N) estudada, assegurando um acréscimo de 28,85% em relação ao tratamento isento de aplicação de N (Figura 12A).

Para o 2º ciclo de produção o aumento do índice de durabilidade das folhas ocorreu de forma quadrática em função das doses de N, sendo o maior valor estimado (21,10%) proporcionado pela dose estimada de 161,17 g planta<sup>-1</sup> de N, o que representa um aumento de 137,88% comparado ao tratamento sem aplicação de N, com incremento de 8,87% para cada aumento unitário do nível de N (Figura 12B). No 2º ciclo de produção não só houve maior índice de durabilidade das folhas em relação ao 1º ciclo, como também o nitrogênio foi mais

eficiente em proporcionar um maior índice de durabilidade das folhas em relação ao tratamento sem aplicação de N.

A menor dose de N promovendo maior índice de durabilidade das folhas no 2º ciclo em relação ao 1º ciclo, poder ser provavelmente devido à reciclagem desse nutriente dos resíduos da cultura, corroborando Hoffmann et al. (2010) e Borges e Silva, (2000).



**Figura 12.** Índice de durabilidade das folhas (IDF) de bananeira cv. Vitória em função de doses de nitrogênio e de potássio no ciclo de produção 1 (A) e 2 (B). \* e \*\*: significativo a 5 e 1% de probabilidades pelo teste F, respectivamente. Areia, PB, 2019.

Em relação ao potássio, as doses aplicadas proporcionaram crescimento linear no índice de durabilidade das folhas nos dois ciclos de produção, com incremento unitário da dose de potássio houve acréscimo de 232,69 e 431,45%, sendo o máximo valor de 43,35% para o 1º ciclo (Figura 12A) e 47,14% para o 2º ciclo (Figura 12B), obtidos na maior dose estudada (456 g planta<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O). Esse comportamento indica que uma resposta ainda melhor poderá ser obtida a partir da aplicação de doses de K superior a maior dose estudada na presente pesquisa. A melhor resposta da planta no 2º ciclo de produção pode ser devido à decomposição e liberação do

nutriente K dos resíduos provenientes do 1º ciclo da cultura, conforme relatado por Moreira e Fageria (2009) e Hoffmann et al. (2010). Os últimos autores descobriram que o retorno de nutriente K para o solo foi entre 497 a 305 kg ha<sup>-1</sup>, para as variedades "Grand Naine" e "Gros Michel", respectivamente.

Ao derivar a equação matemática em função de N e K, observa-se o valor estimado de índice de durabilidade das folhas de 47,12%, obtido nas maiores doses estudadas de 285 g planta<sup>-1</sup> de N e 456 g planta<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O no 1º ciclo (Figura 12A); e de 59,38% na dose de 161,17 g planta<sup>-1</sup> de N e maior dose estudada de 456 g planta<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, no 2º ciclo de produção (Figura 12B). A partir desses valores tem-se um acréscimo de 261,62 e 569,44% em relação ao tratamento sem adubação com nitrogênio e potássio, no 1º e 2º ciclo, na mesma ordem.

Teixeira, Ruggiero e Natale (2001) ressaltam que as condições de desequilíbrio nutricional, principalmente de nitrogênio e potássio, aceleram a senescência das folhas em bananeiras. Os autores acrescentam ainda que a adubação potássica favorece a manutenção de folhas ativas, corroborando os resultados obtidos no presente estudo.

Melo et al. (2010), estudando a bananeira Prata-Anã fertirrigada, observaram que às plantas apresentaram o maior índice de durabilidade foliar (73,6%.) na combinação de 592,47 kg ha<sup>-1</sup> de N e 840 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. Esses valores são superiores aos obtidos no estudo em questão. Segundo Teixeira et al. (2001), a durabilidade foliar da bananeira cv. Nanicão foi maior com o aumento da relação K/N nas folhas. No presente estudo, o maior índice de durabilidade foi obtido na relação de 1N:1,6K para o 1º ciclo e 1N:2,8K para o 2º ciclo de produção.

Na bananeira a redução do índice de durabilidade foliar é normal (PEREIRA et al., 2000; SILVA et al., 2003b), porque a planta deixa de emitir novas folhas após a emissão da inflorescência e em virtude do desenvolvimento do cacho há translocação das reservas acumuladas nas folhas para os frutos. Isso acelera a senescência das folhas, com consequente diminuição da área foliar das plantas. Contudo, o maior índice de durabilidade foliar é

importante para a cultura, pois significa maior número de folhas ativas na colheita (CAVATTE et al., 2012) e proporciona maior eficiência fotossintética foliar, elevando a disponibilidade de fotoassimilados para o completo enchimento dos frutos, aumentando a sua massa e, conseqüentemente, a das pencas, resultando em ganhos de produção e qualidade dos frutos (FERREIRA et al., 2015).

### **3.7. Área foliar no florescimento e na colheita**

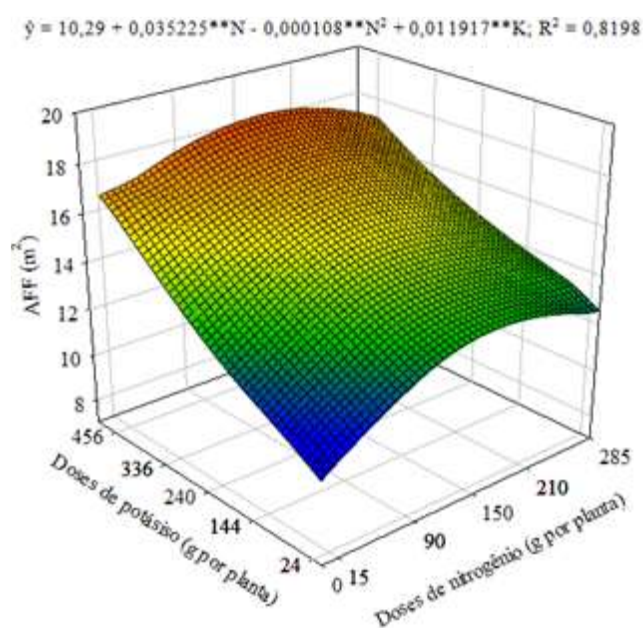
As doses de nitrogênio e potássio influenciaram de maneira positiva a área foliar no período do florescimento da bananeira Vitória, sendo que não houve efeito de ciclo de produção (Figura 13).

O maior valor estimado de área foliar no florescimento foi de 13,16 m<sup>2</sup> obtido na dose estimada de 163,07 g planta<sup>1</sup> de N, representando um acréscimo de 27,89% (2,87 m<sup>2</sup>) em relação ao tratamento ausente de adubação nitrogenada. Para o potássio, esse acréscimo foi de 52,76% (5,43 m<sup>2</sup>) em função da dose máxima estudada (456 g planta<sup>1</sup> de K<sub>2</sub>O), a qual proporcionou uma área foliar de 15,72 m<sup>2</sup>. Soto Ballesterro (2008) e Zuculoto et al. (2008) enfatizam que a área foliar é proporcional ao número de folhas, conforme observado na presente pesquisa, em que as doses crescentes de N e K proporcionaram maior números de folhas no florescimento e também maior área foliar.

Derivando a equação matemática em função de N e K, o valor máximo estimado de 18,59 m<sup>2</sup> é obtido nas doses de 163,07 g planta<sup>1</sup> de N e 456 g planta<sup>1</sup> de K<sub>2</sub>O. Esse valor representa acréscimo de 80,66% em relação ao tratamento sem aplicação de N e K, com incremento de 10,29 m<sup>2</sup> para cada aumento unitário do nível de N e K.

O aumento no valor desse caractere é muito importante na cultura da bananeira, com reflexos diretos na produtividade, pois segundo Taiz e Zeiger, (2013) a área foliar apresenta relação direta com o aproveitamento da energia solar, que é transformada em energia química

durante o processo de fotossíntese, corroborando com Francisco et al. (2014), os quais afirmam que a área foliar reflete na capacidade da planta interceptar a radiação e de efetuar as trocas gasosas, sendo um indicativo da produtividade da planta. Para este trabalho, a bananeira Vitória apresentou boa resposta de produtividade em função das doses de N e K aplicadas, corroborando com a afirmativa dos autores citados anteriormente.



**Figura 13.** Área foliar no florescimento (AFF) de bananeira cv. Vitória em função de doses de nitrogênio e de potássio no ciclo de produção 1 e 2. \*\*: significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. Areia, PB, 2019.

A partir do comportamento da curva de resposta que modelou os dados para a variável estudada, em função das doses de N, pode-se inferir que a dose de N estimada (163,07 g planta<sup>-1</sup>) foi suficiente para a planta expressar seu máximo potencial genético em relação a área foliar no florescimento. O contrário ocorreu com as doses de K, indicando que uma adubação com doses de K superior a dose máxima estudada na presente pesquisa, poderá levar a planta a atingir um maior valor de área foliar no florescimento.

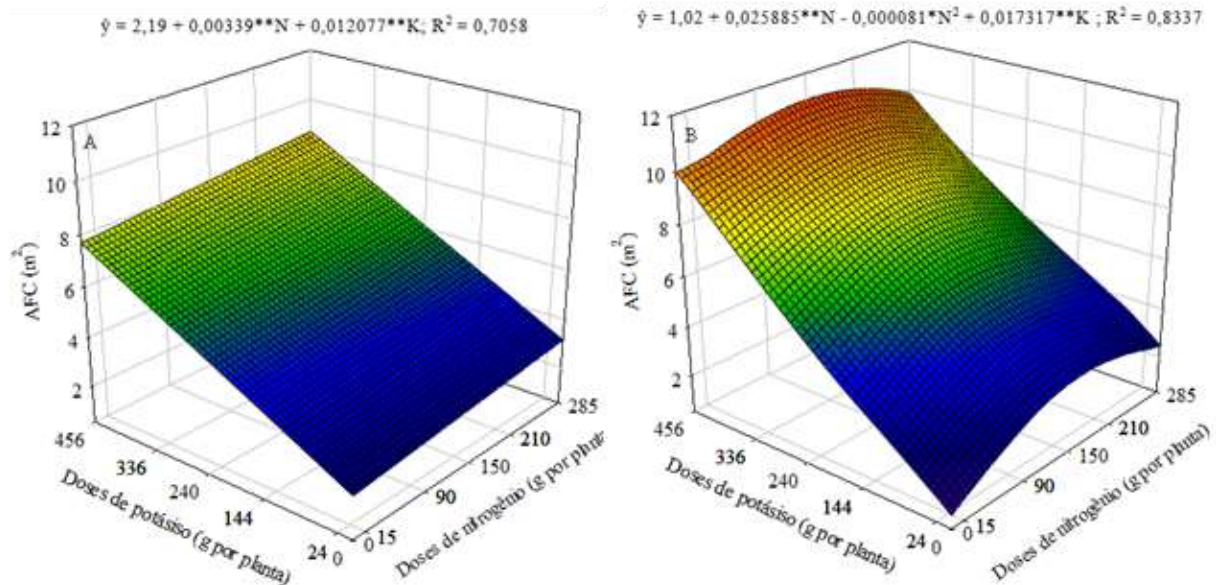
Melo et al. (2010a), estudando a bananeira Prata-Anã fertirrigada, registraram que as plantas apresentaram a máxima área foliar (12,5 m<sup>2</sup> planta<sup>-1</sup>) na combinação de 592,47 kg ha<sup>-1</sup>

de N e  $840 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ . Esses valores diferem dos encontrados no presente estudo, pois a dose estimada de N ( $181,17 \text{ kg ha}^{-1}$  de N) e a dose máxima estudada de K ( $506,6 \text{ kg ha}^{-1}$  de K), além de ser inferior as doses encontradas pelos referidos autores, proporcionaram área foliar superior na cv. Vitória. Analogicamente, Arantes et al. (2017), estudando a bananeira Pacovan e seus híbridos em Guanambi-BA, observaram uma média de  $14,4 \text{ m}^2$  de área foliar no florescimento, para o 1º ciclo; e de  $13,3 \text{ m}^2$ , para o 2º ciclo de produção, sendo os valores obtidos no presente estudo, superiores também aos valores apresentados por estes autores.

De acordo com Larcher (2006), a diminuição do valor de variáveis de crescimento de uma planta sob estresse é uma estratégia de sobrevivência das plantas para manter o equilíbrio entre o rendimento e a sobrevivência; como é o caso dos menores valores de área foliar para as plantas expostas à deficiência em N e K, observados no presente trabalho. Para Melo (2007), esse comportamento pode ser entendido como um mecanismo de ajuste morfofisiológico de proteção, permitindo as plantas seu metabolismo e, conseqüentemente, promovendo as condições mínimas de crescimento mesmo sob a continuidade do estresse. Um outro exemplo, também observado no estudo em questão, seria a redução no tamanho da planta como valor adaptativo, uma vez que, quanto menor a planta, menor a demanda por recursos.

Em relação a área foliar na colheita, a influência de forma linear das doses de N proporcionou o valor máximo estimado de  $3,15 \text{ m}^2$  na dose máxima estudada ( $285 \text{ g planta}^{-1}$ ), apresentando um acréscimo de 43,83% quando comparado ao tratamento sem adubação nitrogenada ( $2,19 \text{ m}^2$ ), para o 1º ciclo de produção (Figura 14A). No 2º ciclo, obteve-se uma resposta quadrática, de forma que o maior valor dessa característica ( $3,08 \text{ m}^2$ ) foi alcançado na dose estimada de  $159,78 \text{ g planta}^{-1}$  de N. Isso equivale a um acréscimo de 201,96% em relação ao tratamento que não recebeu adubação nitrogenada (Figura 14B). Verifica-se que a planta precisou de uma dose menor de nitrogênio ( $159,78 \text{ g planta}^{-1}$ ) no 2º ciclo, para gerar uma área

foliar ( $3,08 \text{ m}^2$ ) semelhante a área foliar do 1º ciclo ( $3,15 \text{ m}^2$ ). Esse fenômeno pode ser devido à reciclagem desse nutriente dos resíduos da bananeira, proveniente do 1º ciclo de produção.



**Figura 14.** Área foliar na colheita (AFC) de bananeira cv. Vitória em função de doses de nitrogênio e de potássio no ciclo de produção 1 (A) e 2 (B). \* e \*\*: significativo a 5 e 1% de probabilidades pelo teste F, respectivamente. Areia, PB, 2019.

Para o potássio, a área foliar na colheita aumentou de forma linear em função das doses. Os maiores valores de  $7,69$  e  $8,91 \text{ m}^2$  foram obtidos na dose máxima testada ( $456 \text{ g planta}^{-1}$ ), para o 1º e 2º ciclo, na devida ordem (Figura 14A e B). Esses valores conferem acréscimos de  $251,14$  e  $773,52\%$  em relação ao tratamento desprovido de adubação nitrogenada, para o 1º e 2º ciclo, por essa ordem. Houve um acréscimo de  $15,86\%$  na área foliar do 2º ciclo em relação ao 1º ciclo, para a mesma dose de K ( $456 \text{ g planta}^{-1}$ ), o que pode estar relacionado à decomposição e liberação do nutriente K dos resíduos provenientes do 1º ciclo da cultura, conforme relatado por Moreira e Fageria, (2009) e Hoffmann et al. (2010).

Ao derivar as equações que modelaram a resposta da área foliar na colheita em função das doses de N e K, tem-se que no 1º ciclo o maior valor estimado desse caractere de  $8,66 \text{ m}^2$

foi obtido nas maiores doses estudadas de 285 g planta<sup>-1</sup> de N e 456 g planta<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O (Figura 14A). Para o 2º ciclo o valor estimado foi de 10,98 m<sup>2</sup> obtido nas doses de 159,78 g planta<sup>-1</sup> de N e 456 g planta<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O (Figura 14B). Esses valores representam acréscimos de 295,43 e 976,47%, com incremento de 2,19 e 1,02 m<sup>2</sup> para cada aumento unitário da dose de nitrogênio e potássio, no 1º e 2º ciclo respectivamente.

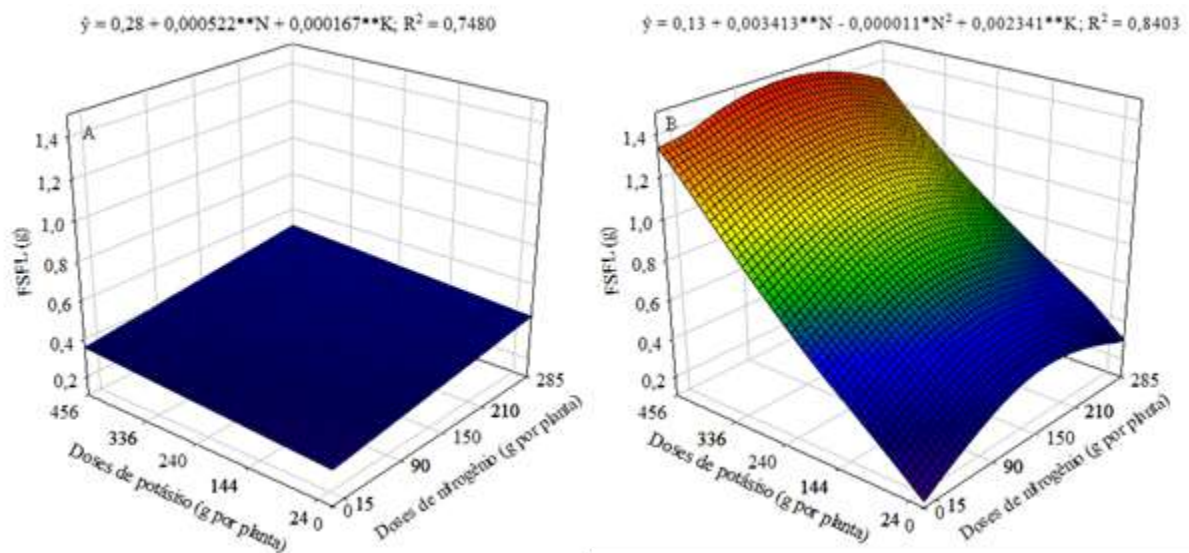
Pela não inflexão da curva de resposta, pode-se inferir que uma adubação com doses de potássio superior a dose máxima testada na pesquisa em questão, poderá assegurar uma maior área foliar à planta de bananeira 'Vitória' na colheita.

A área foliar além de exerce influência direta sobre o processo de fotossíntese (TAIZ e ZEIGER, 2013), refletindo a capacidade da planta interceptar a radiação (FRANCISCO et al., 2014), as folhas são estoques de fotoassimilados para serem translocados para os frutos (LARCHER, 2006). Assim sendo, a maior área foliar na colheita estimada para o estudo em questão e obtida em função das doses de 285 g planta<sup>-1</sup> de N e 456 g planta<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O no 1º ciclo; e em função das doses de 159,78 g planta<sup>-1</sup> de N e 456 g planta<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O no 2º ciclo, significa que houve maior eficiência fotossintética foliar, com adequada disponibilidade de fotoassimilados para o completo enchimento dos frutos, resultando no aumento da massa dos frutos e das pencas, conforme Cavatte et al. (2012). Refletindo também no peso dos cachos (LESSA et al., 2012).

### **3.8. Fitomassa seca das folhas**

As doses de N e K exerceram efeito positivo sobre a fitomassa seca das folhas (Figura 15A e B). No 1º ciclo, o crescimento dessa característica ocorreu de forma linear (Figura 15A); e no 2º ciclo de forma quadrática (Figura 15B), em função de N. Para as doses de K, o crescimento se deu de forma linear nos dois ciclos de produção (Figura 15A e B).

O máximo valor encontrado ( $0,42 \text{ kg planta}^{-1}$ ) foi obtido na maior dose estudada ( $285 \text{ g planta}^{-1}$  de N), para o 1º ciclo (Figura 15A). Uma menor dose de N ( $155,13 \text{ g planta}^{-1}$ ), no 2º ciclo (Figura 15B), foi necessária para a planta produzir uma quantidade de fitomassa ( $0,39 \text{ kg planta}^{-1}$ ) muito próxima à obtida no 1º ciclo. Essa menor dose de N necessária no 2º ciclo, pode estar relacionado a liberação de N proveniente da decomposição dos resíduos da bananeira, considerando que o pseudocaule, folhas e rizomas da planta, permaneceram na área do experimento, depositados entre as fileiras de plantas, conforme relatado por Borges e Silva (2000) e Hoffmann et al. (2010).



**Figura 15.** Fitomassa seca das folhas (FSFL) de bananeira cv. Vitória em função de doses de nitrogênio e de potássio no ciclo de produção 1 (A) e 2 (B). \* e \*\*: significativo a 5 e 1% de probabilidades pelo teste F, respectivamente. Areia, PB, 2019.

Os valores de fitomassa seca das folhas encontrados em função das doses 285 e  $155,13 \text{ g planta}^{-1}$  de N no 1º (Figura 15A), e 2º ciclo (Figura 15B), representam um acréscimo de 50

e 200%, respectivamente, em relação ao tratamento não adubado com N, cujo valores foram de 0,14 e 0,26 kg planta<sup>-1</sup>, respectivamente.

As equações que modelaram a resposta da fitomassa seca das folhas em função das doses de K, tem-se que os maiores valores estimados (0,35 e 1,19 kg planta<sup>-1</sup>) foram obtidos na dose máxima estudada, que é de 456 g planta<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O (506,6 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O), para o 1º e 2º ciclo, nessa ordem. Os acréscimos foram de 25 e 815,38% em relação ao tratamento isento de adubação com K, para o 1º e 2º ciclo, com valores de 0,07 e 1,06 kg planta<sup>-1</sup> por essa ordem (Figura 15A e B).

Ao analisar a resposta da bananeira 'Vitoria' em função da adubação conjunta de N e K, verifica-se que no 1º ciclo de produção o maior valor estimado de 0,50 kg planta<sup>-1</sup> de fitomassa seca das folhas é obtido nas maiores doses estudadas de N e K, que é de 285 g planta<sup>-1</sup> de N e 456 g planta<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O (Figura 15A). No 2º ciclo, o maior valor estimado de 1,46 kg planta<sup>-1</sup> é obtido na dose estimada de 155,13 g planta<sup>-1</sup> de N e maior dose estudada de 456 g planta<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O (Figura 15B). Houve um acréscimo de 78,57% no 1º ciclo e de 792,30% no 2º ciclo, em relação ao tratamento que não recebeu adubação com N e K, com incremento de 0,28 e 0,13 kg para cada aumento unitário do nível de nitrogênio e potássio.

O potássio foi bastante expressivo sobre o rendimento da FSFL na colheita, evidenciando a sua importância sobre o aumento e a preservação da área foliar da bananeira, corroborando Shabala (2003) e Teixeira (2000).

Sabe-se que a fitomassa seca das folhas constitui-se estoque de fotoassimilados para o suprimento do cacho, de modo que Taulya, (2013) observou que a aplicação de K aumentou significativamente (38%) a alocação de matéria seca para as folhas, na etapa de colheita, sendo que na fase de pré-colheita o conteúdo de matéria seca em resposta à suficiência de K aumentou em 154%. Assim sendo, para o presente trabalho considera-se um bom desempenho da planta em relação a variável analisada, em função da maior dose estudada de N para o 1º (285 g

planta<sup>-1</sup> de N) e dose estimada para o 2º ciclo (155,13 g planta<sup>-1</sup> de N), bem como da maior dose de K estudada (456g planta<sup>-1</sup> de K), uma vez que se obteve frutos compridos e pesados, e por consequência, cachos pesados, conforme resultados apresentado no capítulo 4 desta tese. Contudo, baseado na função de resposta das doses de K, pode-se inferir que as doses de K testadas não foram suficientes para a planta expressar seu máximo potencial genético em relação a essa variável analisada. Sugere-se que adubação com doses de K, superior a maior dose testada (456 g planta<sup>-1</sup>) na presente pesquisa, poderá possibilitar resposta ainda melhor.

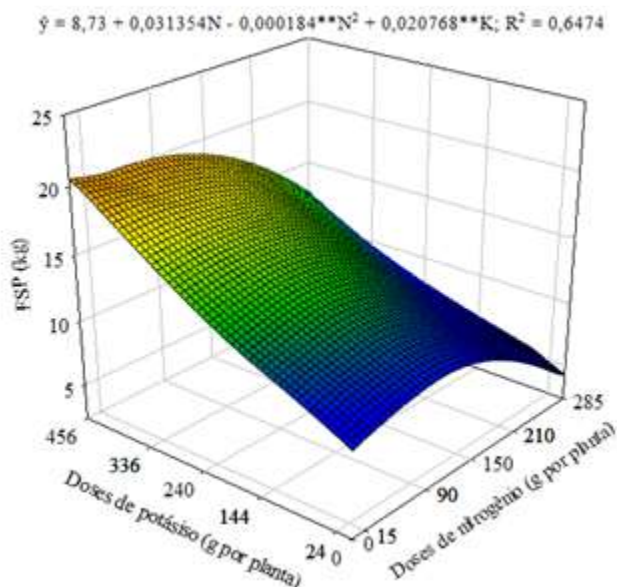
Melo et al. (2010a) avaliando a fitomassa seca das folhas da bananeira 'Prata Anã', obtiveram o maior valor quando aplicados conjuntamente 441,35 kg ha<sup>-1</sup> de N e 755,2 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. Os valores do presente estudo diferem dos apresentados por Melo et al. (2010) e também do valor relatado por Costa et al. (2012), os quais avaliando o crescimento, produção e acúmulo de potássio em bananeira 'Galil 18' sob irrigação e fertilização potássica, constataram que a maior produção de fitomassa seca das folhas foi obtida com absorção de 722,7 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. Difere ainda do valor constado por Srinivas (1997), em que o acúmulo de matéria seca nas folhas na colheita foi maior com 300 g planta<sup>-1</sup> de N.

### **3.9. Fitomassa seca do pseudocaule**

Os valores de fitomassa seca do pseudocaule no 1º ciclo de produção para doses crescentes de nitrogênio e potássio, não se ajustaram a nenhum modelo de regressão, com valores médios de 5,5 kg planta<sup>-1</sup>.

No 2º ciclo de produção, as doses crescentes de nitrogênio aumentaram o valor desse caractere de forma quadrática, até o valor máximo estimado de 10,06 kg planta<sup>-1</sup>, na dose estimada de 85,2 g planta<sup>-1</sup> de N, representando um acréscimo de 15,23% comparando as plantas que não receberam adubação nitrogenada com valor de 8,73 kg planta<sup>-1</sup>. Entretanto, sob

doses acima da ótima estimada houve decréscimo na fitomassa seca do pseudocaule (Figura 16).



**Figura 16.** Fitomassa seca do pseudocaule (FSP) de bananeira cv. Vitória em função de doses de nitrogênio e de potássio no ciclo de produção 2. \*\*: significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. Areia, PB, 2019.

Em relação ao potássio no 2º ciclo, os valores de fitomassa seca do pseudocaule cresceram de maneira linear em função das doses aplicadas. O máximo valor estimado (18,20 kg planta<sup>-1</sup>) foi alcançado na maior dose estudada (456 g planta<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O), indicando que a planta poderá atingir valor maior de fitomassa seca das folhas através do fornecimento de doses superiores a 456 g planta<sup>-1</sup> de K (Figura 16). Esse valor equivale a um acréscimo de 108,47%, quando comparado ao tratamento controle, superior ao valor encontrado por Taulya (2013), ao observar que a aplicação de K aumentou significativamente a matéria seca do pseudocaule em 34%. Portanto, a dose de 456 g planta<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O aumentou significativamente a fitomassa seca do pseudocaule na colheita, corroborando com Moreira e Fageria (2009) e Costa et al. (2012), ao afirmar que o pseudocaule é o órgão da parte aérea que mais acumula K, entre 54,6% e 75% do total acumulado na parte aérea da planta.

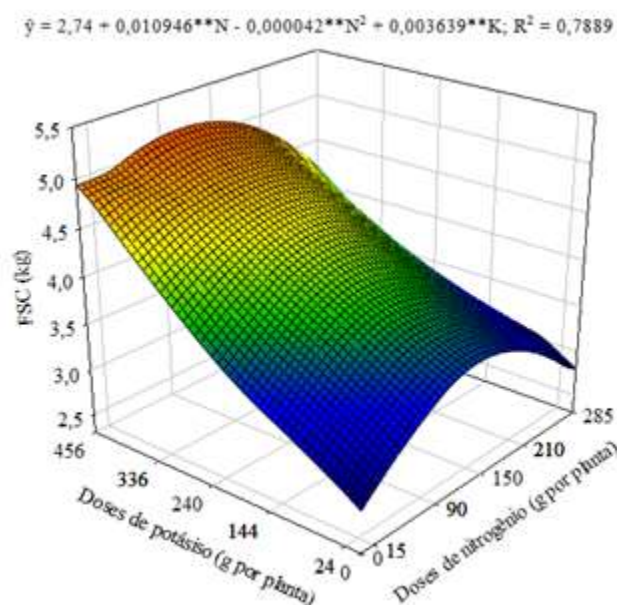
Ao analisar a resposta da bananeira 'Vitoria' em função da adubação conjunta de N e K, tem-se o maior valor estimado de 19,53 kg planta<sup>-1</sup> de fitomassa seca do pseudocaule obtido na dose estimada de 85,2 g planta<sup>-1</sup> de N e 456 g planta<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, com incremento de 123,71% em relação ao tratamento isento de adubação com N e K (8,73 kg planta<sup>-1</sup>).

Os valores do estudo em questão divergem dos valores encontrados por Melo et al. (2010a) que ao estudar da bananeira 'Prata Anã', verificaram que o maior valor de fitomassa seca do pseudocaule foi obtido com a aplicados 600 kg ha<sup>-1</sup> de N e 1200 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, com acréscimo de 53,78% em relação a ausência de N e K. Para o presente estudo, acréscimo de 123,71% foi obtido com dose de 85,2 g kg planta<sup>-1</sup> de N (94,6 kg ha<sup>-1</sup>) e 456 g kg planta<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O (506,6 g kg planta<sup>-1</sup>), respectivamente, inferiores as doses apresentadas por Melo et al. (2010a). Costa et al. (2012) para a bananeira 'Galil 18' também encontraram dose de K (773,6 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O) superior ao observado no presente estudo.

### **3.10. Fitomassa seca do cacho**

O máximo valor de fitomassa seca do cacho (3,45 kg planta<sup>-1</sup>) encontrado foi obtido na a dose estimada de 130,3 g planta<sup>-1</sup> de N, a qual proporcionou um incremento de 25,91% na fitomassa seca, em relação ao alcançado na ausência da aplicação de nitrogênio (Figura 17).

Para o potássio, a fitomassa seca do cacho aumentou linearmente em função das doses crescentes, com máximo valor (4,39 kg planta<sup>-1</sup>) obtido na maior dose estudada, que foi de 456 g planta<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, o que representa um aumento de 60,21% em relação ao tratamento ausente de suprimento de K, cujo valor foi de 2,74 kg planta<sup>-1</sup> (Figura 17), concordando com Costa et al. (2012) que verificaram um acréscimo na fitomassa seca de cacho da bananeira 'Galil 18', de 25,4% na dose 722,7 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O em relação ao valor proporcionado pela dose de 498 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. Salienta-se que a fitomassa seca do cacho exerce influência direta sobre a produtividade da bananeira.



**Figura 17.** Fitomassa seca do cacho (FSC) de bananeira cv. Vitória em função de doses de nitrogênio e de potássio no ciclo de produção 1 e 2. \*\*: significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. Areia, PB, 2019.

O maior efetivo (60,21%) proporcionado pela maior dose de  $K_2O$ , em relação ao tratamento sem adubação, indica uma sensibilidade da bananeira “Vitória” a deficiência de potássio na produção dos frutos. Tais informações denotam que durante a produção da fitomassa seca do cacho, o potássio foi utilizado em maior quantidade que o nitrogênio, corroborando com Melo et al. (2010a). Assim, Neves et al. (1991) e Costa et al. (2012), em avaliação da nutrição mineral da bananeira, observaram que aproximadamente 25 a 35% do total de potássio é absorvido pelos frutos, sendo, portanto, o potássio o elemento mais exportado pelos frutos. Pinto et al. (2005) reforçam essa afirmativa ao afirmarem que a bananeira necessita de K em quantidade superior ao N para se obter alto rendimento de cachos.

Taulya, (2013) constatou que a aplicação de K aumentou significativamente a alocação de matéria seca para o cacho em 51%. Para o presente trabalho, esse valor foi de 60,21%, indicando que o K foi eficiente na translocação da matéria seca para o cacho na dose de  $456 \text{ g planta}^{-1}$  de  $K_2O$ .

Analisando a resposta da bananeira 'Vitoria' em função da adubação conjunta de N e K, verifica-se que a dose estimada de 130,3 g planta<sup>-1</sup> de N e a maior dose estudada de 456 g planta<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, promoveram o maior valor estimado de 5,11 kg planta<sup>-1</sup> de fitomassa seca de cacho, com incremento de 86,49% em relação ao tratamento isento de adubação com N e K (2,74 kg planta<sup>-1</sup>).

Dose de N e K (1050 kg ha<sup>-1</sup> de N e 1200 kg ha<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O) superior ao obtido na presente pesquisa, foi encontrada por Melo et al. (2010a) para a maior produção (3.412,52 g planta<sup>-1</sup>) de fitomassa seca do cacho na bananeira 'Prata Anã' fertirrigada, com um ganho da ordem de 118,46%. Para o efeito isolado de N e K, os mesmos autores obtiveram nessas mesmas doses, a máxima produção de 2.202,68 e 2.771,92 g planta<sup>-1</sup> de fitomassa seca do cacho, para N e K, respectivamente. Esses valores representam um ganho efetivo de 41 e 77,45%. Contudo, para a presente pesquisa, os valores de fitomassa obtidos superam os apresentados por Melo et al. (2010a). Costa et al. (2012) para a bananeira 'Galil 18' sob irrigação e fertilização potássica, também encontraram dose de K (722,7 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O) superior ao encontrado na presente pesquisa, porém para uma produção de fitomassa seca do cacho (2.598,3 g planta<sup>-1</sup>) inferior.

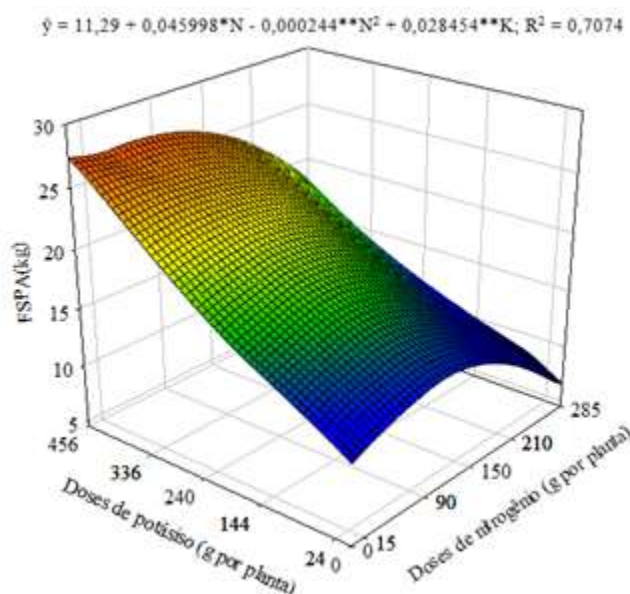
### **3.11. Fitomassa seca da parte aérea**

Os valores de fitomassa seca da parte aérea (fitomassa seca das folhas + fitomassa seca do pseudocaule + fitomassa seca do cacho) em função das doses de N e K, não se ajustaram a nenhum modelo de equação testado no 1º ciclo de produção, apresentando valor médio de 10,1 kg planta<sup>-1</sup>).

Para o 2º ciclo de produção, o crescimento da fitomassa seca da parte aérea se deu de forma quadrática em função da dose de N e linear em função da dose de K<sub>2</sub>O (Figura 18). Os maiores valores (13,45 e 24,26 kg planta<sup>-1</sup>) foram obtidos na dose estimada de 94,25 g planta<sup>-1</sup> de N e dose máxima estudada de 456 g planta<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O, respectivamente. Esses valores refletem

um acréscimo de 19,13 e 114,88% em relação ao tratamento sem adubação com N e K, na devida ordem. Doses acima de 94,25 g planta<sup>-1</sup> de N causam decréscimo na fitomassa seca da parte aérea, concordando com Araújo e Nassur (2017), que relatam que o manejo inadequado pela utilização de fertilizantes nitrogenados de alta solubilidade, promove intensa absorção pela planta e menor produção de matéria seca.

Ao derivar a equação matemática em função do efeito das doses de N e K, constata-se o máximo valor estimado de 26,43 kg de fitomassa seca da parte aérea na dose de 94,25 g planta<sup>-1</sup> de N e dose máxima estudada de 456 g planta<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O. Houve um acréscimo de 134,10% em relação ao tratamento com ausência da adubação com N e K, com incremento de 11,29 kg para cada aumento unitário da dose de N e K (Figura 18).



**Figura 18.** Fitomassa seca da parte aérea (FSPA) de bananeira cv. Vitória em função de doses de nitrogênio e de potássio no ciclo de produção 2. \* e \*\*: significativo a 5 e 1% de probabilidades pelo teste F, respectivamente. Areia, PB, 2019.

Segundo Taulya (2013), a aplicação de K aumentou significativamente a matéria seca total em 31%. No presente estudo tem-se uma forte influência do potássio sobre a fitomassa seca da parte aérea, proporcionando acréscimo de 114,88%, sendo superior ao autor referido. A bananeira requer K em quantidades muito maiores do que todos os outros nutrientes

essenciais juntos (TURNER et al., 1989). O potássio está envolvido na translocação de assimilados das fontes para os drenos (PETTIGREW, 2008). Isso explica por que o fornecimento de K induziu fortemente a matéria seca total.

A bananeira Vitória produziu quantidade elevada de fitomassa seca da parte aérea, corroborando com Neves et al. (1991), que afirmam que além dessa característica, a bananeira acumula altos teores de nutrientes em seus órgãos, principalmente K, que é o nutriente absorvido em maior quantidade pela planta. Concordando também com Hoffmann et al. (2010), que afirmam que a absorção de K pela bananeira é função da grande quantidade de matéria seca produzida pela planta.

Os valores de fitomassa seca da parte aérea encontrados no presente estudo são superiores aos constatados por Melo et al. (2010a), que obtiveram o rendimento total máximo estimado de 8.054,88 g planta<sup>-1</sup> para a bananeira 'Prata Anã' fertirrigada. Os mesmos autores alcançaram melhor resultado na combinação de 700 kg ha<sup>-1</sup> de N e 1.200 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, com acréscimo de 40% em relação a ausência da fertilização com N e K. Essas doses são superiores as doses encontradas no presente estudo (104,71 kg ha<sup>-1</sup> de N e dose máxima estudada de 506,6 kg ha<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O), porém o acréscimo é bastante inferior, sendo de 134,10% para este trabalho com a bananeira 'Vitória'. Costa et al. (2012) também encontraram dose de K (766,4 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O) superior ao presente estudo, com uma produção de fitomassa seca total da parte aérea de 8.543,6 g planta<sup>-1</sup>, para a bananeira 'Galil 18' sob irrigação e fertilização potássica.

Baseado nos valores estimados de fitomassa seca das folhas (1,46 kg), do pseudocaule (19,53 kg) e do cacho (5,11 kg) obtidos no 2º ciclo de produção em função das doses conjuntas estimadas de N e K na presente pesquisa, verifica-se que a distribuição da fitomassa seca da parte aérea, em função das doses estimadas de 94,25 g planta<sup>-1</sup> de N e dose máxima estudada de 456 g planta<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O, destinada para a FSFL correspondeu a 5,52%, para a FSP a 73,89% e a

para a FSC a 19,33% do rendimento total máximo estimado de 26,43 kg planta<sup>-1</sup>. Esses dados indicam que mais de 70% da fitomassa seca total da bananeira 'Vitória' é representada pela fitomassa seca do pseudocaule. Tal fenômeno é explicado pelo elevado crescimento vegetativo da planta, especificamente em altura e diâmetro, conforme já verificado por meio da análise dos dados dessas variáveis. Na ausência da fertilização com N e K, o rendimento da biomassa seca foi de aproximadamente 11,29 kg planta<sup>-1</sup>, expressando 1,15% destinados as folhas, 77,32% ao pseudocaule e 24,26% ao cacho.

Para a bananeira Prata Anã, Melo et al. (2010a) constataram que a distribuição da fitomassa seca da parte aérea correspondeu a 16,51%; 43,77% e 39,71% destinados a FSFL, FSP e FSC, respectivamente. Portanto, diferente dos valores observados na presente pesquisa.

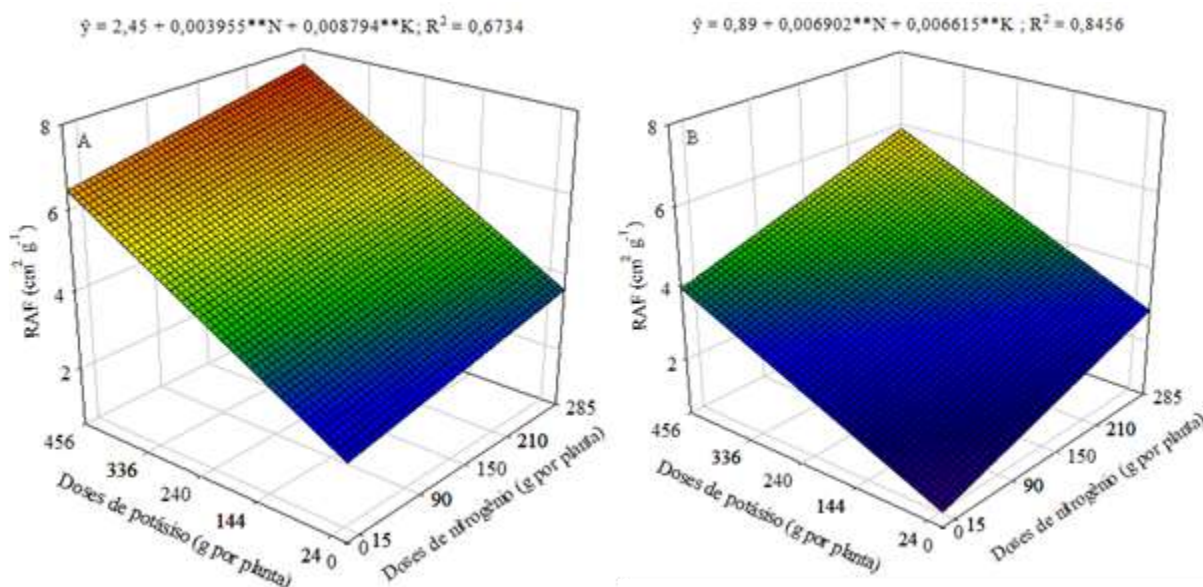
### **3.12. Razão de área foliar e área foliar específica**

Para Benincasa (2003), as mensurações da razão de área foliar e área foliar específica fornecem subsídios sobre o entendimento das respostas morfológicas e fisiológicas das plantas em diversas situações de cultivo. Assim sendo, observa-se que houve um crescimento linear no valor da razão de área foliar na planta da bananeira 'Vitória', tanto em função das doses de N, quando das doses de K, nos dois ciclos de produção (Figura 16A e B).

Nessa direção, Xu et al. (2002) afirmam que a disponibilidade do nitrogênio e do potássio em proporção adequada entre eles são fatores importantes nos processos de crescimento e desenvolvimento das plantas, pois o metabolismo de nitrogênio nas plantas requer adequadas quantidades de potássio no citoplasma, sendo importante para a produção de aminoácidos e produtividade das culturas.

Para Ruan et al. (1999), o potássio está envolvido no início dos processos metabólicos do nitrogênio, como incorporação do nitrogênio mineral e especialmente na redutase do nitrato,

sendo que para Marschner (2012), está também envolvido na fase final do metabolismo do nitrogênio.



**Figura 19.** Razão de área foliar (RAF) de bananeira cv. Vitória em função de doses de nitrogênio e de potássio no ciclo de produção 1 (A) e 2 (B). \*\*: significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. Areia, PB, 2019.

Os máximos valores de razão de área foliar foram obtidos na maior dose de N (285 g planta<sup>-1</sup>) e de K (456 g planta<sup>-1</sup>) estudadas, nos dois ciclos de produção (Figura 19A e B). Em função da dose de N, os maiores valores da RAF foi de 3,57 cm<sup>2</sup> g<sup>-1</sup> para o 1º ciclo (Figura 19A) e de 2,85 cm<sup>2</sup> g<sup>-1</sup> para o 2º ciclo de produção (Figura 19B), com acréscimo de 45,71 e 220,22% para o 1º e 2º ciclo, respectivamente, em relação ao tratamento controle, cujo valores foram de 2,45 e 0,89 cm<sup>2</sup> g<sup>-1</sup> (Figura 16A). Já em função da dose de K, os acréscimos foram de 163,67 e 338,20%, com valores máximo da RAF de 6,46 e 3,90 cm<sup>2</sup> g<sup>-1</sup>, para o 1º (Figura 19A) e 2º ciclo de produção (Figura 19B), respectivamente.

Ao analisar a resposta da bananeira ‘Vitoria’ em função da adubação conjunta de N e K, verifica-se que os maiores valores estimados de 7,58 e 5,87 cm<sup>2</sup> g<sup>-1</sup>, para o 1º e 2º ciclo

respectivamente, foram obtidos nas doses máximas estudadas de 285 g planta<sup>-1</sup> de N e 456 g planta<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. Houve um incremento de 209,38 e 559,55% para o 1º e 2º ciclo, respectivamente, com aumento de 2,45 e 0,89 cm<sup>2</sup> g<sup>-1</sup> para cada incremento unitário do nível de N e K.

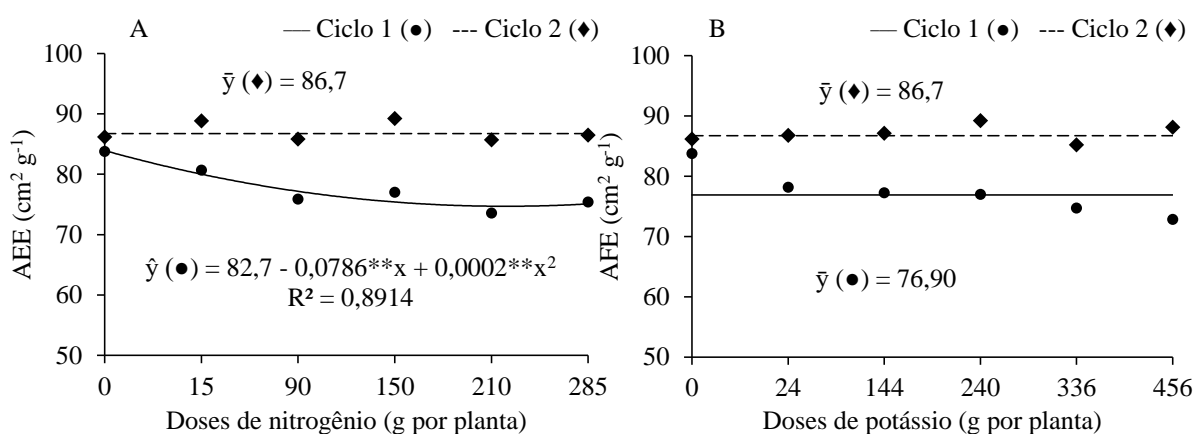
A depleção da RAF em função da ausência de adubação com N e K, pode ser explicada pela menor produção de fitomassa seca da parte aérea induzido pelo estresse nutricional, o qual promoveu a senescência mais rápida da área foliar. Também pela menor expansão das folhas, e como a área foliar total de uma planta é resultado da ação conjunta do tamanho e número de folhas, qualquer fator que altere um desses componentes afetará no crescimento e rendimento das plantas, conforme Benincasa (2003), a exemplo de alterações hormonais que podem causar redução na extensibilidade da parede celular (LARCHER, 2006).

Maiores valores de RAF registrados na época da colheita deduzem maior translocação e permitem detectar a partição de assimilados entre as folhas e fitomassa seca da planta toda, de forma que, notou-se nas parcelas impostas pelas doses de N e K, que a bananeira manteve maior área foliar ativa em função das doses crescentes desses nutrientes e possibilitou maior produção de fotoassimilados para o desenvolvimento dos frutos, corroborando com Melo et al. (2010a). Esses mesmos autores verificaram que a maior RAF (12,38 cm<sup>2</sup> g<sup>-1</sup>) foi obtida na combinação de 881 kg ha<sup>-1</sup> de N e 1200 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O na bananeira ‘Prata Anã fertirrigada, sendo a dose de N e K bastante superior a encontrada na presente pesquisa (316,6 kg ha<sup>-1</sup> de N e 506,6 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O); e ainda que doses elevadas de N e baixas de K diminuíram a razão da área foliar da bananeira.

A área foliar específica (AFE) é um dos componentes da razão da área foliar (RAF) e representa o inverso da espessura das folhas, pois se trata de um indicativo que é traduzido pelas alterações no número ou tamanho das células do mesófilo foliar (BENINCASA, 2003; FLOSS, 2004).

Ao observar a Figura 20, verifica-se que no 1º ciclo, as doses de N causaram efeito quadrático na área foliar específica, promovendo redução de 9,34% e valor mínimo de 74,97  $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$  na dose de 196,5  $\text{g planta}^{-1}$  N (Figura 20A). Isso significa que as doses elevadas de nitrogênio tornaram o mesófilo foliar mais espesso, concordando Melo et al. (2010a). Esse fenômeno aconteceu provavelmente em função de maior número de estratos celulares ou aumento dos espaços intercelulares, conforme Raven et al. (2001). Em direção oposta, ocorre diminuição da divisão e da expansão das células, em situação de deficiência de nitrogênio, com redução no tamanho de todas as partes morfológicas da planta (MARSCHNER, 2012).

No 2º ciclo de produção, os dados para essa característica em função das doses de N não se ajustaram a nenhum dos modelos matemáticos, apresentando valor médio de 86,7  $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$ .



**Figura 20.** Área foliar específica (AFE) de bananeira cv. Vitória em função de doses de nitrogênio (A) e de potássio (B) no ciclo de produção 1 e 2. \*\*: significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. Areia, PB, 2019.

Os valores do presente estudo diferem dos obtidos por Melo et al. (2010a) com a bananeira Prata-Ana, que encontraram redução de 22,87% nessa variável, com valor mínimo de 17,7  $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$  sob a maior disponibilidade de nitrogênio de 1.050  $\text{kg ha}^{-1}$  de N. Os mesmos autores também verificaram que não houve efeito do K sobre essa variável, semelhante ao

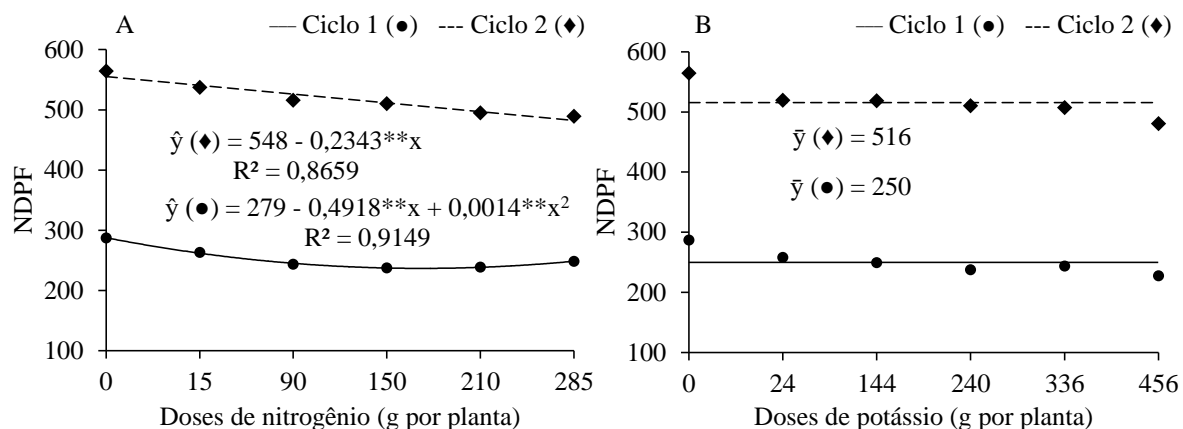
observado no presente estudo, em que os dados da AFE não se ajustaram a nenhum modelo de equação testado, com valores médios de 76,9 e 86,7cm<sup>2</sup> g<sup>-1</sup>, para o 1º e 2º ciclo de produção, por essa ordem (Figura 20B).

### 3.13. Número de dias do plantio ao florescimento

As doses crescentes de nitrogênio diminuíram o número de dias do plantio ao florescimento de forma quadrática para o 1º ciclo e linear para o 2º ciclo de produção. O valor mínimo estimado de 236 e 481 dias, foi obtido na dose estimada de 175,6 e 285g planta<sup>-1</sup> de N, para o 1º e 2º ciclo, respectivamente (Figura 21A). Esses valores representam uma antecipação no florescimento da bananeira de 43 e 67 dias em relação ao tratamento controle, para o 1º e 2º ciclo, na devida ordem, corroborando Teixeira (2000) que observou que doses crescentes de N anteciparam a emissão da inflorescência, e Mustaffa e Kumar (2017), os quais verificaram que o N tem influência positiva no florescimento das plantas de banana. Por outro lado, doses elevadas de N podem fazer com que a planta vegete muito e armazene menos carboidratos (SOUZA e CARVALHO, 2000; MARSCHNER, 2012), e assim, a planta pode ficar mais tempo na fase vegetativa atrasando a floração (SOUZA e CARVALHO, 2000; ROSA, 2016)

A precocidade da floração é uma importante característica porque reduz o tempo de exposição a patógenos, sendo capaz de possibilitar maior número de folhas no momento da diferenciação floral e favorecer uma maior quantidade de flores femininas durante a inflorescência (ROBINSON; GALÁN SAÚCO, 2010), resultando em cachos com maior número de mãos (ARANTES et al. (2017). Para o presente estudo, verificou-se que paralelo a precocidade da floração da bananeira Vitória proporcionada pelas doses de N, houve um elevado número de folhas na floração.

O número de dias do plantio ao florescimento em função das doses de  $K_2O$ , não se ajustaram a nenhum modelo de regressão testado, apresentando média de 250 e 516 dias para o 1º e 2º ciclo, nessa ordem (Figura 21B).



**Figura 21.** Número de dias do plantio ao florescimento (NDPF) de bananeira cv. Vitória em função de doses de nitrogênio (A) e de potássio (B) no ciclo de produção 1 e 2. \*\*: significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. Areia, PB, 2019.

Plantas de banana variaram em número de dias para floração entre os ciclos, obviamente, essa variação é explicada pelo fato de que o número de dias para a floração é cumulativo de um ciclo para outro, corroborando com Arantes et al. (2017).

Em avaliação de 24 genótipos de bananeira, Arantes et al. (2017) verificaram que a bananeira ‘Pacovan’, genitora da cv. Vitória, apresentou alta precocidade de floração em todos os ciclos em relação a maioria dos genótipos avaliados, incluindo seus híbridos, com média de 268,75 dias para o 1º ciclo e 412,90 dias para o 2º ciclo. Esse fato também é relatado por Azevedo et al. (2010) e Oliveira et al. (2007). A média de 232 dias para o 1º ciclo e 416 dias para o 2º ciclo da Pacovan foi observado por Azevedo et al. (2010).

O número de dias encontrados para a cv. Vitória na presente pesquisa (1º ciclo 236 dias e 2º ciclo 481 dias) é inferior ao observado por Arantes et al. (2017) no 1º ciclo da cv. Pacovam, porém, é superior ao número de dias observado por Azevedo et al. (2010) no 1º e 2º ciclo.

Pereira et al. (2005), em pesquisa com a cv. Vitória realizada na Amazônia Ocidental, constataram número de dias do plantio ao florescimento variando de 190-225 dias para o 1º ciclo; nas condições edafoclimáticas da região do Vale do Ribeira - SP, Nomura et al. (2013) observaram 288 dias para o 1º ciclo e 640 dias para 2º ciclo de produção; e nas condições edafoclimáticas do município de Goiânia-GO, Mendonça et al. (2013) verificaram que a bananeira Vitória iniciou o florescimento aos 326 dias após o plantio e que a cultivar Vitória mostrou-se uma das mais precoce em relação a outros 23 genótipos avaliados no 1º ciclo de produção.

O número de dias observados no presente estudo para o 1º ciclo (236 dias), está próximo ao encontrado por Pereira et al. (2005) e abaixo do apresentado pelos demais autores acima. Em relação ao 2º ciclo de produção, o número de dias (481 dias) é inferior ao constatado por Nomura et al. (2013), constituindo-se um fator positivo para o cultivo da bananeira Vitória nas condições edafoclimáticas da região do Brejo paraibano, por ser um caráter de suma relevância na cultura da bananeira, já que reflete a precocidade da planta (SILVA et al., 2002). Logo, a precocidade de emissão da inflorescência é um parâmetro da avaliação do potencial produtivo das bananeiras. Menor intervalo de tempo entre o plantio e o florescimento é desejável em qualquer cultivar de bananeira.

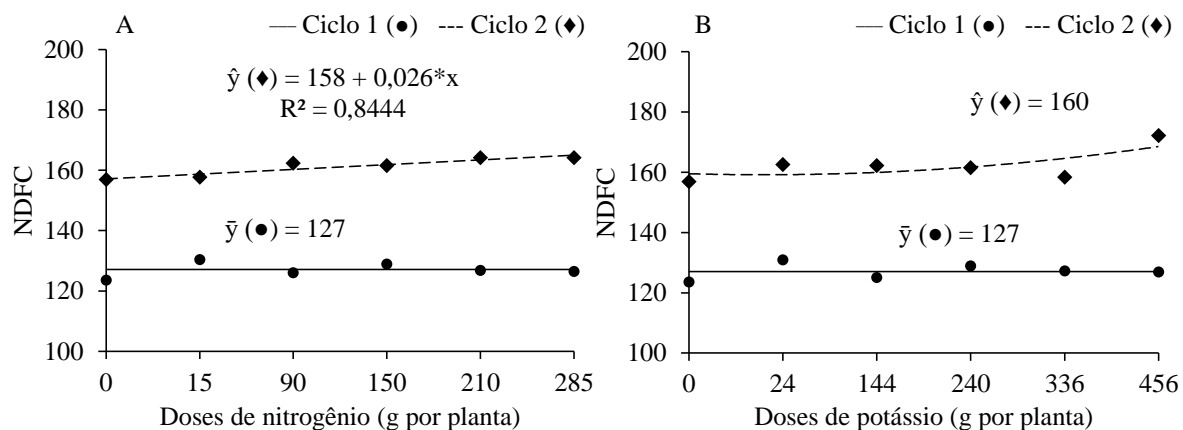
Baseado nos resultados obtidos, verifica-se influência das condições edafoclimáticas de região sobre o número de dias do plantio ao florescimento da bananeira, corroborando Gonçalves et al. (2008) ao afirmarem que o ciclo produtivo tende a se alterar em função das condições edafoclimáticas de cada região.

### 3.14. Número de dias do florescimento à colheita

A dose de 300 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de N e 450 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de K reduziu o intervalo de dias entre florescimento e a colheita quando comparado com os demais tratamentos na bananeira Thap Maeo, mas não reduziu para a cultivar Prata Anã (RATKE et al., 2012). Na presente pesquisa, para as doses de nitrogênio, houve ajuste linear dos valores de número de dias do florescimento à colheita apenas no 2º ciclo de produção, com pequeno acréscimo de 7,4 dias em relação ao tratamento controle, apresentando um intervalo de 165,4 dias na dose máxima estudada (285 g planta<sup>-1</sup>). No 1º ciclo, a bananeira Vitória apresentou intervalo médio de 127 dias do florescimento à colheita (Figura 22A).

Portanto, nas condições em que foi realizado este experimento, a cultivar Vitória mostrou ser mais precoce no 1º ciclo de produção, em relação a esta variável analisada, diferindo de Nomura et al. (2013) e Arantes et al. (2017, que observaram ser a Pacovan e seus híbridos, mais precoce no 2º ciclo de produção.

O fenômeno relatado anteriormente pode estar relacionado as condições climáticas durante o período entre o florescimento e colheita do cacho, pois observando os dados climatológicos durante o período de desenvolvimento do experimento (Tabela 3 e 4), constata-se que houve uma maior média de precipitação, menor média de temperatura média e maior média de Umidade relativa do ar, nos cinco meses que antecederam a colheita do cacho no 2º ciclo de produção, em relação aos cinco meses que antecederam a colheita do 1º ciclo. Silva et al. (2016) relatam que há influência das temperaturas médias nos diferentes locais sobre os ciclos da cultura. O potássio não exerceu influência sobre essa característica avaliada (Figura 18B).



**Figura 22.** Número de dias do florescimento à colheita (NDFC) de bananeira cv. Vitória em função de doses de nitrogênio (A) e de potássio (B) no ciclo de produção 1 e 2. \*\*: significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. Areia, PB, 2019.

O intervalo de 127 dias no 1º ciclo e 165,4 dias no 2º ciclo encontrado para cv. Vitória na presente pesquisa, é inferior ao intervalo (149 – 174,7 dias) apresentado por Arantes et al. (2017), Nomura et al. (2013) e Mendonça et al (2013), para o 1º ciclo de produção, e superior ao intervalo (127 – 143,6 dias) para o 2º ciclo. Verifica-se ainda que esse intervalo é superior ao intervalo para o 1º ciclo apresentado por Pereira et al. (2005) para a cv. Vitória nas condições edafoclimáticas na Amazônia Ocidental (90 – 110 dias) e Ventura et al. (2011) segundo a média dos dados de pesquisa coletados no Espírito Santo, Bahia e Amazônia Ocidental (114 dias),

Nas condições edafoclimáticas do município de Goiânia-GO, Mendonça et al (2013) relatam que entre 23 genótipos avaliados no 1º ciclo de produção, a cultivar Vitória mostrou-se uma das mais tardia em relação ao número de dias entre o florescimento e a colheita (164 dias), diferindo do presente estudo (127 dias).

### 3.15. Número de dias do plantio à colheita

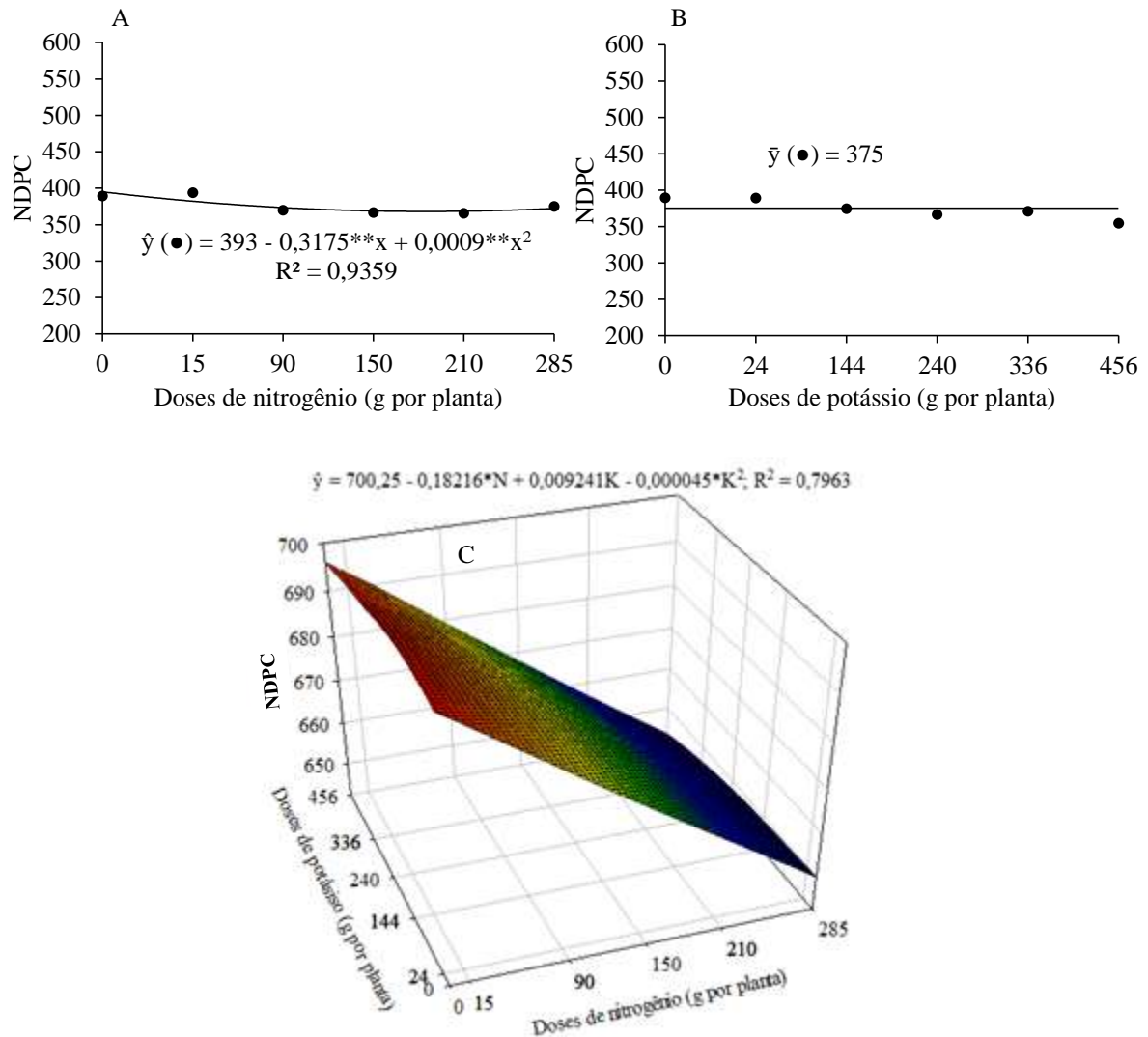
As doses de nitrogênio influenciaram de forma quadrática o número de dias do plantio à colheita no 1º ciclo de produção, sendo o menor intervalo de dias (365 dias) obtido na dose

estimada de  $176,3 \text{ g planta}^{-1}$  ( $196 \text{ kg ha}^{-1}$  de N), representando uma antecipação de 28 dias em relação às plantas que não receberam adubação nitrogenada (Figura 23A). No 2º ciclo, esse caractere foi influenciado de forma linear, com antecipação de 51,92 dias na colheita, sendo o menor intervalo de dias (648,33 dias) alcançado com a dose máxima estudada de nitrogênio ( $285 \text{ g planta}^{-1}$ ), o que equivale a  $316,6 \text{ kg ha}^{-1}$  de N (Figura 23C). O ciclo reflete a precocidade da cultura (SILVA et al., 2002a) e a redução do tempo de colheita da bananeira implica retorno mais rápido do investimento do produtor (SILVA et al., 2016). Aliado a isso, o menor tempo de permanência na planta reduz o tempo de exposição do cacho a agentes causadores de danos (RODRIGUES et al., 2006).

Houve antecipação de 23,92 dias na colheita do 2º ciclo em relação a colheita do 1º ciclo de produção, o que pode estar relacionado a maior área foliar e maior fitomassa seca das folhas no período da colheita do 2º ciclo, pois a área foliar influencia diretamente o processo de fotossíntese (TAIZ e ZEIGER, 2013) e reflete a capacidade da planta interceptar a radiação (FRANCISCO et al., 2014), sendo as folhas estoques de fotoassimilados para serem translocados para os frutos (LARCHER, 2006). Isso provavelmente contribuiu para o enchimento mais rápidos dos frutos, levando o cacho a atingir o ponto de colheita mais cedo. Para a presente pesquisa, os frutos foram colhidos quando atingiram o diâmetro de 36 mm.

Em relação as doses de potássio, os dados não se ajustaram a nenhum modelo de regressão testados, apresentando médias de 375 dias do plantio à colheita, para o 1º ciclo (Figura 23B). Apesar disso, observa-se uma tendência decrescente no intervalo de dias do plantio à colheita em função das doses de  $\text{K}_2\text{O}$ , com menor intervalo de 354 dias na dose máxima estudada de  $456 \text{ g planta}^{-1}$  ( $506,6 \text{ kg ha}^{-1}$ ). Esse valor representa antecipação de 21 dias em relação a valor médio de 375. Para o 2º ciclo (Figura 23C), houve efeito quadrático das doses de K sobre esse caractere, sendo que o menor intervalo de dias do plantio à colheita de 695,10 dias foi obtido na maior dose estudada de  $456 \text{ g planta}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ , com antecipação de 5,95 dias

na colheita em relação ao tratamento com ausência de adubação com K (700,25 dias).



**Figura 23.** Número de dias do plantio à colheita (NDPC) de bananeira cv. Vitória em função de doses de nitrogênio e de potássio no ciclo de produção 1 (A e B) e 2 (C). \*\*: significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. Areia, PB, 2019.

Ao analisar a resposta da bananeira ‘Vitória’ em função da adubação conjunta de N e K, tem-se que o menor intervalo estimado de dias do plantio à colheita de 643,19 dias, foi obtido nas doses máximas estudadas de 285 g planta<sup>-1</sup> de N e 456 g planta<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. Houve uma antecipação de 57,06 dias na colheita em relação ao tratamento que não recebeu adubação com nitrogênio e potássio (700,25 dias) (Figura 23C).

Melo et al. (2010b) observaram antecipação de 103 dias da colheita no primeiro ciclo da cultivar 'Prata-Anã', quando aplicado 1.016 kg ha<sup>-1</sup> de N e 1.200 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O juntos, relatando que o ciclo desta cultivar é estendido em situações de deficiência de N e K. As doses de nitrogênio observadas para o presente estudo (196 kg ha<sup>-1</sup> para o 1º ciclo e 316,6 kg ha<sup>-1</sup> de N para o 2º ciclo) são muito inferior a dose estimada por estes pesquisadores. Gomes (2004) observou que o melhor intervalo do plantio à colheita da "Prata-Anã" (383 dias) foi obtido na dose aplicada de 800 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. As doses de K apresentadas pelos autores acima, são superiores a dose estudada na presente pesquisa (506,6 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O), indicando que a cv Vitória poderá apresentar resultado ainda mais positivo em relação a essa característica avaliada, se submedida a adubação com doses superiores a máxima testada nesta pesquisa.

Deve-se ressaltar que são encontrados na literatura, valores diferentes para o número de dias do plantio à colheita em diferentes regiões. Nas condições do Sudoeste da Bahia, Arantes et al. (2017) verificaram que o número médio de dias do plantio a colheita foi de 438 e 553 dias para a 'Pacovan' (genitora da cv. Vitória); e de 459 e 622 dias para seus híbridos Japira, Pacovan-Ken, Preciosa e PV79-34, para o 1º ciclo e 2º ciclo, respectivamente. Já Nomura et al. (2013) nas condições edafoclimáticas do Vale do Ribeira – SP, encontraram os valores médios de 468 e 752 dias para os híbridos da 'Pacovan' no 1º ciclo e 2º ciclo, respectivamente; sendo a cv. Vitória a mais tardia entre os híbridos no 2º ciclo. Estes últimos autores também observaram ser a genitora Pacovan mais precoce que seus híbridos em ambos os ciclos, apresentando 425 e 691 dias, para o 1º ciclo e 2º ciclo, respectivamente. Os intervalos de dias acima, são superiores ao intervalo encontrado no presente estudo para o 1º ciclo (365 dias) e inferiores ao observado para o 2º ciclo de produção (643,19 dias), com exceção do valor apresentado por Nomura et al. (2013) no 2º ciclo de produção, que é superior ao valor do trabalho em questão.

Ainda nessa direção, e especificamente para a cv. Vitória nas condições da Amazônia Ocidental, apresentou duração do primeiro ciclo de 280 a 335 dias (PEREIRA et al., 2005). Já no Vale do Ribeira – SP foi de 469 dias no 1º ciclo e 809 dias no 2º ciclo (NOMURA et al., 2013); Em Goiânia-GO foi de 490 dias no 1º ciclo (MENDONÇA et al., 2013); E em Limoeiro do Norte-CE verificou-se 271 e 605 dias, 1º e 2º ciclos respectivamente (WEBER et al., 2017). Para o presente estudo, o intervalo observado no 1º ciclo (365 dias) é inferior ao apresentado por Nomura et al. (2013) e Mendonça et al. (2013), porém é superior ao intervalo encontrado por Pereira et al. (2005) e Weber et al (2017); Já no 2º ciclo, o intervalo (643,10 dias) obtido é inferior ao apresentado por Nomura et al. (2013) e superior ao constatado por Weber et al (2017).

Mendonça et al. (2013) relataram que genótipos de bananeiras que possuem cachos com maiores massas apresentam ciclos prolongados, por demandarem mais tempo para formação e desenvolvimento dos frutos. Salienta-se que na presente pesquisa, o cacho só foi colhido quando os frutos atingiram o diâmetro de 36 mm (3/4 gordo), determinado nos frutos centrais da segunda penca.

### **3.16. Análises de Componentes Principais (CP)**

A análise de componentes principais foi utilizada, a fim de resumir as características de crescimento avaliadas, a qual permitiu identificar dois componentes principais, que representam 88,6% da variância total das características originais (Tabela 9).

O componente principal 1 (CP1) pode ser interpretado como indicador do crescimento geral da planta, contribuindo com 54,4% da variância total, em que os coeficientes constituem as medidas das contribuições multivariadas, que expressam certo equilíbrio das características avaliadas.

**Tabela 9.** Matriz de autovalores e autovetores dos componentes principais (CP1 e CP2) das variáveis de crescimento da bananeira cv. Vitória. Areia, PB, 2019

	<b>CP1</b>	<b>CP2</b>
Autovalor ( $\lambda$ )	7,1	2,2
Variância explicada (%)	54,4	38,2
Variância acumulada (%)	54,4	92,6
	<b>Autovetores<sup>1</sup></b>	
ALP	<b>0,266</b>	0,146
DPS	<b>0,220</b>	0,135
TCAAPF	<b>-0,226</b>	0,195
TCADPF	<b>-0,257</b>	0,130
TCRAPF	<b>-0,286</b>	-0,071
TCRDPF	<b>-0,286</b>	-0,071
NRF	<b>0,279</b>	0,097
NFF	<b>-0,250</b>	0,168
NFC	-0,084	0,327
AFF	-0,095	0,321
AFC	-0,023	<b>0,346</b>
IDF	-0,008	<b>0,344</b>
FSFL	-0,028	<b>0,345</b>
FSP	<b>0,219</b>	0,213
FSC	-0,083	0,315
FSPA	0,177	0,264
RAF	-0,181	0,258
AFE	<b>0,276</b>	-0,012
NDPF	<b>0,292</b>	0,032
NDFC	<b>0,276</b>	0,084
NDPC	<b>0,292</b>	0,042

<sup>1</sup>Variáveis representativas do componente baseada no módulo da relação  $0,5(\lambda^{-0,5})$ , destacada em negrito (OVALLES; COLLINS, 1988).

O CP1 é constituído pelas seguintes variáveis ALP, DPS, TCAAPF, TCADPF, TCRAPF, TCRDPF, NRF, NFF, FSP, AFE, NDPF, NDFC e NDPC, apresentando relação antagônica entre a TCAAPF, TCADPF, TCRAPF, TCRDPF, NFF e as demais características.

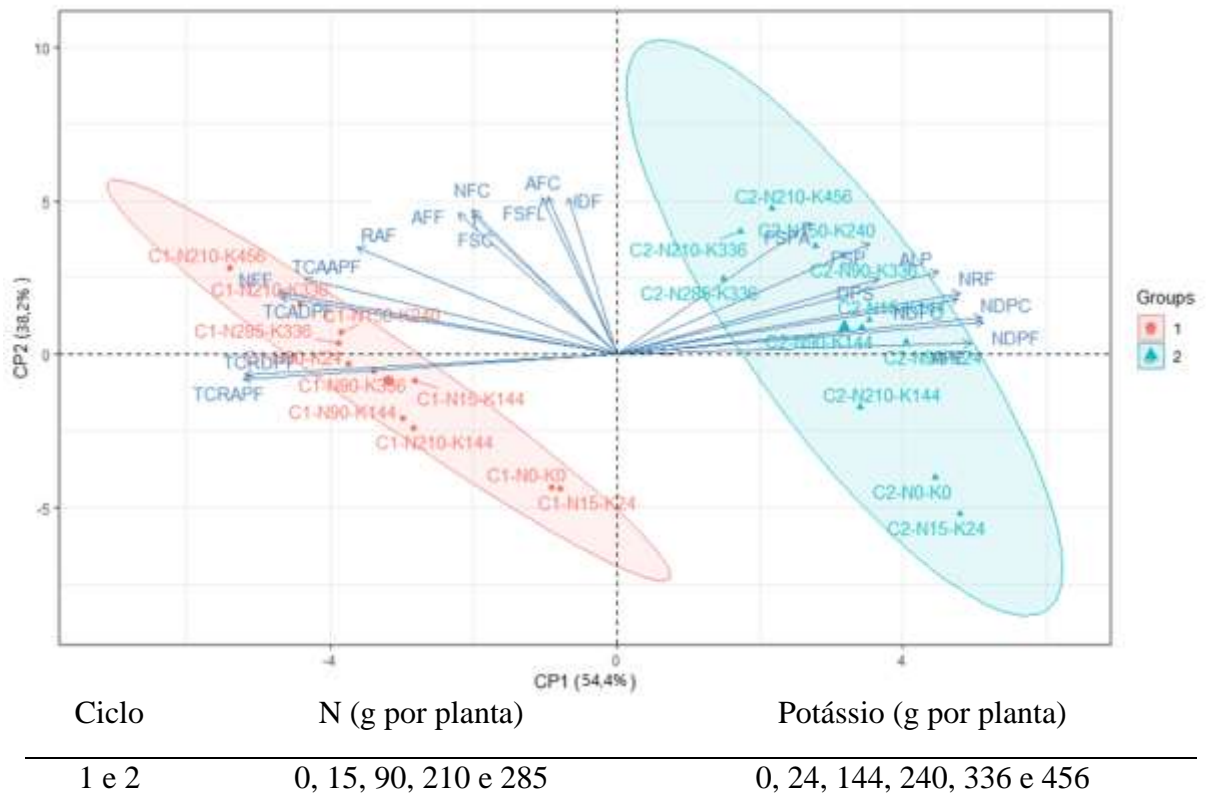
No que concerne ao componente principal 2 (CP2), este contribui com 38,2% da variância total, apresentando como principais variáveis AFC, IDF e FSFL. Salienta-se que NFC, AFF, FSC, FSPA e RAF não fazem parte de nenhum dos dois componentes principais (Tabela 9).

Na Figura 24, tem-se a distribuição dos autovetores e a contribuição de cada um na variância total dos dados. As variáveis NRF, NDPF, NDFC, NDPC e AFE apresentam contribuições similares para o CP1 e as variáveis AFC, FSFL e IDF para CP2.

Existe correlação alta entre as variáveis ALP, DPS, NRF, NDPF, NDFC, NDPC e AFE; e entre FSP e FSPA, dentro do CP1. Além disso, verifica-se comportamento antagônico entre as variáveis acima e a TCAAPF, TCADPF, TCRAPF, TCRDPF, NFF, com alta correlação entre TCAAPF, TCADPF e NFF e entre TCRAPF, TCRDPF. Assim, à medida que se eleva os valores do primeiro conjunto de variáveis, tem-se uma redução nas taxas de crescimento absoluto e relativo da altura e diâmetro do pseudocaule, e também do NFF.

O comportamento referido anteriormente corrobora Rosa (2016), que afirma que plantas de bananeira com maior crescimento vegetativo, como altura e diâmetro principalmente, apresentam uma maior duração do período do plantio ao florescimento, pois exige maior tempo de desenvolvimento vegetativo da planta para que ocorra a diferença floral. Assim, ocorre um prolongamento no ciclo da cultura, com influência sobre as taxas de crescimento. Esse prolongamento também exerce ação sobre o número de folhas na floração, em função do maior tempo de exposição destas aos fatores bióticos e abióticos. O menor número de folhas na

floração influência sobre a RAF.



**Figura 24.** Dispersão das variáveis de crescimento de banana cv. Vitória e agrupamentos dos tratamentos com base nos escores do primeiro (CP1) e segundo (CP2) componente principal.

Ainda na Figura 24, verifica-se que dentro do CP2 existe alta correlação entre FSFL, AFC e IDF. Tem-se também o agrupamento dos tratamentos com base nos escores do primeiro (CP1) e segundo (CP2) componente principal. Assim, verifica-se que os tratamentos N210-K456, N210-K336, N150-K240 e N285-K336, e sobretudo o tratamento N210-K456, exerceram maior influência sobre o crescimento geral da banana Vitória, proporcionando maiores valores de TCAAPF, TCADPF, NFF, RAF, AFF, FSC, NFC, FSFL, AFC e IDF, no 1º ciclo; e ALP, DPS, NRF, FSP, FSPA, AFE, NDPF, NDFC e NDPC, no 2º ciclo de produção.

#### 4. CONCLUSÕES

1- O maior ganho na produção de fitomassa seca da parte aérea de  $26,43 \text{ kg planta}^{-1}$ , é obtido nas doses conjuntas estimadas de  $94,25 \text{ g planta}^{-1}$  de N e  $456 \text{ g planta}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ , no 2º ciclo de produção;

2- Nas doses conjuntas estimadas de  $94,25 \text{ g planta}^{-1}$  de N e  $456 \text{ g planta}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ , 5,52% da fitomassa seca da parte aérea da bananeira 'Vitória' é destinada à FSFL, 73,89% à FSP e 19,33% à FSC, do rendimento total máximo estimado de  $26,43 \text{ kg planta}^{-1}$ ;

3- A aplicação de  $176$  e  $285 \text{ g planta}^{-1}$  de N promove uma antecipação de 43 e 67 dias no florescimento da bananeira 'Vitória', nos 1º e 2º ciclos respectivamente;

4- A dose isolada de  $176 \text{ g planta}^{-1}$  de N e a aplicação conjunta de  $285 \text{ g planta}^{-1}$  de N e  $456 \text{ g planta}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$  promove uma antecipação de 28 e 56,06 dias na colheita da bananeira 'Vitória', respectivamente, no 2º ciclo de produção;

5- A bananeira 'Vitória' necessita de menor dose de N no 2º ciclo, em relação ao 1º ciclo de produção;

6- Existe alta correlação entre as características ALP, DPS, NDPF, NDFC, NDPC e AFE, sendo que maiores ALP e DPS prolongam o ciclo da bananeira 'Vitória';

7- A combinação das doses de  $210 \text{ g de N planta}^{-1}$  e  $456 \text{ g de K}_2\text{O planta}^{-1}$  (tratamento N210-K456) promove maior crescimento da bananeira 'Vitória'.

## REFERÊNCIAS

AESA – Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. Disponível em: <<http://www.aesa.pb.gov.br/>>. Acesso em: 15 de março de 2018.

ALVARES, V. V. H.; NOVAES, R. F.; BARROS, N. F.; CANTARUTTI, R. B. E LOPES, A. S. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO et al. (eds). Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. Viçosa. 1999. p. 25-32.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. de M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Vol. 22, n. 6, 711–728, 2013.

ALVES, E. J.; OLIVEIRA, M. R. Práticas culturais de banana no Brasil. In: ALVES, E. J. (Org.) **A cultura da Banana: aspectos técnicos, socioeconômicos e agroindustriais**. 2. ed. Brasília: Embrapa-SPI/Embrapa-CNPMP, 1999. p. 335-352.

AMORIM, E. P.; SANTOS-SEREJO, J.; AMORIM, V. B. O.; FERREIRA, C.; SILVA, S. Banana breeding at Embrapa cassava and fruits. **Acta Horticulturae**, v. 986, p.171-176, 2013.

ARANTES, A. de M.; DONATO, S. L. R.; SILVA, T. S.; VAGNER ALVES, RODRIGUES FILHO, E. P. A. Agronomic evaluation of banana plants in three production cycles in southwestern state of Bahia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 39, n. 1: (e-990), 2017.

ARAÚJO, J.F.; NASSUR, R. de C. M. R. Qualidade de frutos de variedades de bananeiras sob cultivo orgânico e irrigado no semiárido. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 13, n.2, p. 138-145, 2017.

AZEVEDO, V. F.; DONATO, S. L. R.; ARANTES, A. de M.; Maia, V. M.; SILVA, S. de O. Avaliação de bananeiras tipo prata, de porte alto, no semiárido. **Ciência e Agrotecnologia**, v.34, n.6, p.1372- 1380, 2010.

BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação agrícola**. Jaboticabal: FUNEP, 2006, 247 p.

BASTÍAS, R. M.; DIEZ, F.; FINOT, V. L. Tasa de crecimiento absoluto y relativo como indicadores de fases de desarrollo del fruto en Cerezo *Prunus avium*. **Chilean Journal of Agricultural & Animal Sciences**, v. 30, n. 2, p. 89-98, 2014.

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas**. Jaboticabal, SP, FUNEP, 41 p. 2003.

BISSANI, C. A.; GIANELO, C.; CAMARGO, F. A. O.; TEDESCO, M. J. Nitrogênio e Adubos nitrogenados. In: BISSANI, C. A.; GIANELO, C.; CAMARGO, F. A. O.; TEDESCO, M. J. (Ed.) **Fertilidade dos solos e manejo da adubação de culturas**. 2 ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p.145-168.

BORGES, A. L.; CRISOSTOMO, L. A., SOUZA, L. da S. Cultivo da Bananeira para o Agropolo Jaguaribe-Apodi, Ceará. In: **Sistema de Produção**. Versão Eletrônica, 2ª edição, Nov/2014.

BORGES, A. L.; RAIJ, B. V.; MAGALHÃES, A. F. de J.; BERNARDI, A. C. de C. **Nutrição e adubação da bananeira irrigada**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2002a.

BORGES, A. L.; SILVA, T. O. Absorção, exportação e restituição ao solo de nutrientes pela bananeira 'Terra'. Cruz das Almas-BA: EMBRAPA-CNPMPF, 2000. 3p. (Comunicação Técnica, 66).

BORGES, A. L.; SILVA, T. O. da; CALDAS, R. C.; ALMEIDA, I. E. de. Adubação nitrogenada para bananeira 'Terra' (*Musa* sp. AAB, subgrupo Terra). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, n. 1, p. 189-193, 2002b.

BRASIL, E. C.; OEIRAS, A. H. L.; MENEZES, A, J. E. A. de; VELOSO C. A. C. Desenvolvimento e produção de frutos de bananeira em resposta à adubação nitrogenada e potássica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.12, p.2407-2414, 2000.

BUCHANAN, B. B.; GRUISSEM, W.; JONES, R. L. **Biochemistry and Molecular Biology of Plants**. 2. ed. Rockville, MD: American Society of Plant Physiologists, 2015.1264p.

CAVATTE, R. P. Q.; SALOMÃO, L. C. C.; SIQUEIRA, D. L.; PETERNELLI, L. A.; CAVATTE, P. C. Redução do porte e produção das bananeiras 'Prata-Anã' e 'FHIA-01' tratadas com paclobutrazol. **Revista Brasileira de Fruticultura**. v. 34, n. 2, p. 356-365, 2012.

COMISSÃO ESTADUAL DE FERTILIDADE DO SOLO. Recomendações de adubação para o Estado de Pernambuco. Cavalcanti, J. A. et al. (eds): 2ª Aproximação. IPA, Recife, 2008. 211p.

COMISSÃO ESTADUAL DE FERTILIDADE DO SOLO. Manual de adubação e calagem para o estado da Bahia. Salvador. 1989. 173p.

COSTA, C. C.; CECÍLIO FILHO, A. B.; REZENDE, B. L. A.; BARBOSA, J. C. Crescimento e partição de assimilados em melão Cantaloupe em função de concentrações de fósforo em solução nutritiva. **Científica**, v. 34, n. 1, p. 123 – 130, 2006.

COSTA, F. da S.; COELHO, E. F.; BORGES, A. L.; PAMPONET, A. J. M.; SILVA, A. dos A. S. M. da; AZEVEDO, N. F. de. Crescimento, produção e acúmulo de potássio em bananeira 'Galil 18' sob irrigação e fertilização potássica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, n.3, p.409-416, 2012.

ALVES, M. da S.; COELHO, E. F.; DA SILVA PAZ, V. P.; ANDRADE NETO, T. M, de. Crescimento e produtividade da bananeira cv. Grande Naine sob diferentes combinações de nitrato de cálcio e ureia. **Revista Ceres**, v. 57, n. 1, p. 125-131, 2010.

DONATO, S. L. R.; SILVA, S. DE O.; LUCCA FILHO, A. O.; LIMA, M. B.; DOMINGUES, H.; ALVES, J. da S. Comportamento de variedades e híbridos de bananeira (*Musa* spp.), em dois ciclos de produção no sudoeste da Bahia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 28, p. 139-144, 2006.

EMPRESA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL DA PARAÍBA (EMATER). Sugestões de adubação para o Estado da Paraíba. Pinto, F. de S. M e Birbaumer, G. (coord): 1ª aproximação. João Pessoa, 1979. 105 p.

FAOSTAT, FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistics Division. Disponível em: < <http://www.fao.org/faostat/fr/>>. Acesso em: 24 de outubro de 2018.

FARIA, H. C.; DONATO, S. L. R.; PEREIRA, M. C. T.; SILVA, S. O. Avaliação fitotécnica de bananeira tipo terra sob irrigação em condições semiáridas. **Ciência e Agrotecnologia**, v.34, n.4, p.830-836, 2010.

FERREIRA, R. B.; ANTÔNIO, F. de S.; BOLFARINI, A. C. B.; SILVA, M. de S.; LEONEL, S. Perfil biométrico de três cultivares de bananeira nas condições climáticas do município de Botucatu/SP. **Revista Raízes e Amidos Tropicais**, v. 11, nº 1, p. 46-55, 2015.

FLOSS, E.L. **Fisiologia das plantas cultivadas**. Passo Fundo: Editora da UPF. 2004. 536p.

FRANCISCO, J. P.; DIOTTO, A. V.; FOLEGATTI, M. V.; SILVA, L. D. B.; PIEDADE, S. M. S. Estimativa da área foliar do abacaxizeiro cv. Vitória por meio de relações alométricas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.36, p.285-293, 2014.

GONÇALVES, V. D; NIETSCH, S.; PEREIRA, M. C. T.; SILVA, S. O.; SANTOS, T. M.; OLIVEIRA, J. R.; FRANCO, L. R. L.; RUGGIERO, C. Avaliação das cultivares de bananeira Prata-Anã, Thap Maeo e Caipira em diferentes sistemas de plantio no norte de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, p. 371-376, 2008.

GROSSMAN, Y. L.; DEJONG, T. M. Maximum fruit growth potential and seasonal patterns of resource dynamics during peach growth. **Annals of Botany**, v. 75, n. 6, p. 553-560, 1995.

GUIMARÃES, B. V. C. **Regressão linear simples múltipla para predição de colheita em bananeiras tipo prata**. 2011. 98f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual de Montes Claros, Montes Claros, 2011.

HOFFMANN, R.B.; OLIVEIRA, F.H.T. de; SOUZA, A.P. de; GHEYI, H.R.; SOUZA JÚNIOR, R.F. de. Acúmulo de matéria seca e de macronutrientes em cultivares de bananeira irrigada. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.32, p.268-275, 2010.

HUSSON, F.; LÊ, S.; PAGÈS, J. **Exploratory multivariate analysis by example using R**. Boca Raton: Taylor and Francis Group, 2010. 236p.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/>>. Acesso em: 20 de outubro 2018.

IDEME. Instituto de Desenvolvimento Municipal e Estadual. **Anuário Estatístico da Paraíba 2014**. João Pessoa – PB: IDEME, v. 40/41, 2014. p. 871.

JAISWAL, P.; JHA, S. N.; KAUR, P. P.; BHARDWAJ, R.; SINGHM A. K.; WADHAWANM, V. Prediction of textural attributes using color values of banana (*Musa sapientum*) during ripening. **Journal of Food Science and Technology**, v. 51, p.1179-1184, 2014.

JESUS, S. C. de; FOLEGATTI, M. I. da S.; MATSUURA, F. C. A. U.; CARDOSO, R. L. Caracterização física e química de frutos de diferentes genótipos de bananeira. **Bragantia**, Campinas, v.63, n.3, p. 315-323, 2004.

KATAN. J.; GREENBERGER, A.; ALON, H.; GRINSTEIN, A. Solar heating by polyethylene mulching for the control of diseases caused by soil-borne pathogens. **Phytopathology**, St. Paul, v. 66, n. 5, p. 683-688, may 1976.

KIST, B. B. et al. **Anuário brasileiro da fruticultura** 2018. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta, 2018. 48 p.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RIMA Artes e Textos, 2006. 532p.

LÉDO, A. da S.; SILVA JÚNIOR, J. F.; LÉDO, C. A. da S.; Silva, S. de O. Avaliação de genótipos de bananeira na região do Baixo São Francisco, Sergipe. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, p. 691-995, 2008.

LESSA, L. S.; OLIVEIRA, T. K. de; AMORIM, E. P.; ASSIS, G. M. L. de; SILVA, S. de O. Características vegetativas e seus efeitos sobre a produção de bananeira em três ciclos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, p. 1098-1104, 2012.

LIMA M. B.; SILVA, S. O.; JESUS, O. N.; OLIVEIRA, W. S. J.; GUARRIDO, M. S.; AZEVEDO, R. L. Avaliação de cultivares e híbridos de bananeira no Recôncavo baiano. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, p. 515-520, 2005.

MARSCHNER, P. **Mineral nutrition of higher plants**. 3. ed. London: Academic Press, 2012. 672p.

MEDEIROS, F. A. S. B. D. **Relações entre características de crescimento e a produção de banana Pacovan irrigada**. 2012. 53f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2012.

MELO, A. S. D. **Ecofisiologia e lucratividade da bananeira sob fertirrigação nitrogenada e potássica**. 2007. 107f. Tese (Doutorado em Recursos Naturais) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Campina Grande, 2007.

MELO, A. S. DE; FERNANDES, P. D.; SOBRAL, L. F.; BRITO, M. E. B.; DANTAS, J. D. M. Crescimento, produção de biomassa e eficiência fotossintética da bananeira sob fertirrigação com nitrogênio e potássio. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 41, n. 3, p. 417-426, 2010a.

MELO, A. S. de; SOBRAL, L. F.; FERNANDES, P. D.; BRITO, M. E. B.; VIÉGAS, P. R. A. Aspectos técnicos e econômicos da bananeira ‘Prata-Anã’ sob fertirrigação nos tabuleiros costeiros de Sergipe. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 3, p. 564-571, 2010b.

MELO, F. B.; CARDOSO, M. J.; ANDRADE JÚNIOR, A. S. de; RIBEIROET, V. Q. Crescimento e produção de frutos de bananeira cultivar “Grand Naine” relacionados à adubação química. **Revista Ciência Agronômica**, v. 37, n. 02, p. 246-249, 2006.

MELO, W. J. de; MELO, G. M. P. de; MELO, V. P. de; DONHA, R. M. A.; DELARICA, D. de L. D. Nitrogen Dynamic in Agricultural Soils Amended With Sewage Sludge. **Soil Management and Climate Change**, Elsevier, p.189-205, 2018.

MENDONÇA, K. H.; DUARTE, D. A. S.; COSTA, V. A. M.; MATOS, G. R.; SELEGUINI, A. Avaliação de genótipos de bananeira em Goiânia, estado de Goiás. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 3, p. 652-660, 2013.

MENDONÇA, V. **Fruticultura tropical**: importância da fruticultura, poda das frutíferas, propagação de frutíferas – bananeira, mangueira, goiabeira, mamoeiro e cajueiro. Mossoró: UFERSA, 563p. 2009.

MINGOTI, S. A. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada**: uma abordagem aplicada. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2005. 297p.

MORANDI, B.; LOSCIALE, P.; MANFRINI, L.; ZIBORDI, M.; CORELLI-GRAPPADELLI, L. Comprendere come cresce il frutto per migliorarne la qualità. **Rivista di Frutticoltura e di Ortofloricoltura**, v. 72, n. 7-8, p. 36-42, 2010.

MOREIRA, A.; FAGERIA, N. K. Repartição e remobilização de nutrientes na bananeira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.31, p.574-581, 2009.

MOREIRA, R.S. **Banana: teoria e prática de cultivo**. São Paulo: Fundação Cargill. 1999. CD-ROM.

MUSTAFFA, M. M.; KUMAR, V. Banana production and productivity enhancement through spatial, water and nutrient management. **Journal Horticultural Science**, v. 7, n. 1, p .1-28, 2017.

NEVES, R. L. L.; FERREYRA, F. F. H.; MACIEL, R. F. P.; FROTA, J. N. E. Extração de nutrientes em banana (*Musa* sp.) cv. Pacovan. **Ciência Agronômica**, v.22, p.115-120, 1991.

NOMURA, E. S.; CUQUEL, F. L.; DAMATTO JUNIOR, E. R.; FUZITANIL, E. J.; BORGES, A. L. Fertilization with nitrogen and potassium in banana cultivars ‘Grand Naine’, ‘FHIA 17’ and ‘Nanicão IAC 2001’ cultivated in Ribeira Valley, São Paulo State, Brazil. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 39, n. 4, p. 505-513, 2017.

NOMURA, E. S.; DAMATTO JUNIOR, E. R.; FUZITANI, E. J.; AMORIM, E. P.; OLIVEIRA e SILVA, S. de. Avaliação agronômica de genótipos de bananeiras em condições subtropicais, Vale do Ribeira, São Paulo – Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n. 1, p. 112-122, 2013.

OLIVEIRA, C. A. P.; PEIXOTO, C. P.; SILVA, S. O.; LÉDO, C. A. S.; SALOMÃO, L. C. C. Genótipos de bananeira em três ciclos na zona da Mata Mineira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.2, p.173-181, fev. 2007.

OLIVEIRA, J. M.; COELHO FILHO, M. A.; COELHO, E. F.; Crescimento da bananeira Grande Naine submetida a diferentes lâminas de irrigação em tabuleiro costeiro. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.10, p.1038-1046, 2013.

OLIVEIRA, T. K.; LESSA, L. S.; SILVA, S. de O.; OLIVEIRA, J. P. Características agronômicas de genótipos de bananeira em três ciclos de produção em Rio Branco-AC. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, p. 1003-1010, 2008.

OVALLES, F. A.; COLLINS, M. E. Variability of northwest Florida soils by principal component analysis. **Soil Science Society of America Journal**, v. 5, n. 8402, p. 1430–1435, 1988.

PAVEL, E. W.; DEJONG, T. M. Source-and sink-limited growth periods of developing peach fruits indicated by relative growth rate analysis. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 118, n. 6, p. 820-824, 1993.

PEREIRA, M. C. T.; SALOMÃO, L. C. C.; OLIVEIRA e SILVA, S. de; SEDYYAMA, C. S.; COUTO, F. A. D'A.; SILVA NETO, S. P. da. Crescimento e produção do primeiro ciclo da bananeira Prata-Ana (AAB) em sete espaçamentos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 07, p. 1377-1387, 2000.

PEREIRA, J.C.R.; GASPAROTTO, L. PEREIRA, M.C.N. **BRS Vitória: Nova cultivar de bananeira do subgrupo prata para o agronegócio do estado do Amazonas**. 1ª edição, Manaus-AM, dezembro de 2005. (Comunicado Técnico, 43 – Embrapa Amazonas).

PETTIGREW, W. T. Potassium influences on yield and quality production formaize, wheat, soybean and cotton. **Physiologia Plantarum** v. 133, p. 670–681, 2008.

PINTO, J. M.; FARIA, C. M. B. de; SILVA, D. J.; FEITOSA FILHO, J. C. Doses de nitrogênio e potássio aplicadas via fertirrigação em bananeira. **Irriga**, v. 10, n. 01, p. 46-52, 2005.

PRATA, R. C.; SILVA, J. da; LIMA, Y. B. de; ANCHIETA, O, F. A.; DANTAS, R. de P.; LIMA, M. B. Densidade de plantio no crescimento e produção de plátano cv. D'Angola na Chapada do Apodi. **Revista Agropecuária Técnica**, v. 39, n. 1, p. 15-23, 2018.

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2011. 420 p.

RATKE, R. F.; SANTOS, S. C.; PEREIRA, H. S.; SOUZA, E. D. de; CARNEIRO, M. A. C. Desenvolvimento e produção de bananeiras Thap Maeo e Prata-Anã com diferentes níveis de adubação nitrogenada e potássica. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n. 1, p. 277-288, 2012.

RAVEN, P.H.; EVERT, R.F.; EICHHORN, S.E. **Biologia vegetal**. 6.ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan, 2001. 906p.

RICCI, M. S. F. de. et al. Cyperus rotundus control by solarization. **Biological Agriculture and Horticulture**, v. 17, p. 151-157, 1999.

ROBINSON, J. C.; GALÁN SAÚCO, V. **Bananas and plantains**. 2nd ed. Oxford: CAB International, 2010. 311p. (Crop Production Science in Horticulturae Series, 19).

RODRIGUES, M. G. V.; DIAS, M. S. C.; PACHECO, D. D. Influência de diferentes níveis de desfolha na produção e qualidade dos frutos da bananeira ‘Prata- Anã’. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, n. 3, p. 755-762, 2009.

RODRIGUES, M. G. V.; SOUTO, R. F.; SILVA, S. O. Avaliação de genótipos de bananeira sob irrigação. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.28, n.3, p.444-448, 2006.

ROQUE, R. de L.; AMORIM, T. B. do; FERREIRA, C. F.; LEDO, C. A. da S.; AMORIM, E. P. Desempenho agrônômico de genótipos de bananeira no recôncavo da Bahia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, n. 3, p. 598- 609, 2014.

ROSA, A. R. D. **Desempenho agrônômico de novas cultivares de bananeira (Musa spp.) na região de Piracicaba-SP**. 2016. 101f. Tese (Doutorado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2016.

RUAN, J.; WU, X.; HARDTER, R. Effects of potassium and magnesium nutrition on the quality components of different types of tea. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.79, p. 47-52, 1999.

SANTOS, S. C.; CARNEIRO, L. C.; SILVEIRA NETO, A. N. da; PANIAGO JÚNIOR, E.; FREITAS, H. G. DE; PEIXOTO, C. N. Caracterização morfológica e avaliação de cultivares de bananeira resistentes a Sigatoka-negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) no sudoeste goiano. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 28, n. 3, p. 449-453, 2006.

SANTOS, H. G. dos S.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. Á. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; ARAÚJO FILHO, J. C. de; OLIVEIRA, J. B. de; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. rev. e ampl. Brasília-DF: Embrapa, 2018. 356 p.

SANTOS, V. P. dos; FERNANDES, P. D.; MELO, A. S. de; SOBRAL, L. F.; BRITO, M. E. B. DANTAS, J. D. M.; BONFIM, L. V. Fertirrigação da bananeira cv. Prata Anã com N e K em um Argissolo Vermelho-Amarelo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.31, p.567-573, 2009.

SHABALA, S. Regulation of potassium transport in leaves from molecular to tissue level. **Annals of Botany**, v. 92, n. 05, p. 627-634, 2003.

SILVA, J. T. A. da; PEREIRA, R. D.; SILVA, I. P.; OLIVEIRA, P. M. de Produção da bananeira ‘Prata anã’ (AAB) em função de diferentes doses e fontes de potássio. **Revista Ceres**, v. 58, n.6, p. 817-822, 2011.

SILVA, J. T. A. da; PEREIRA, R. D.; RODRIGUES, M. G. V. Adubação da bananeira ‘Prata Anã’ com diferentes doses e fontes de nitrogênio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.12, p.1314–1320, 2012.

SILVA, J. T. A.; BORGES, A. L.; CARVALHO, J. G.; DAMASCENO, J. E. A. Adubação com potássio e nitrogênio em três ciclos de produção da bananeira cv. Prata-Ana. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 25, n. 01, p. 152-155, 2003b.

SILVA, M. J. R. da; JESUS, P. R. R. de; ANJOS, J. M. C. dos; MACHADO, M.; RIBEIRO, V. G. Caracterização agrônômica e pós-colheita das bananeiras ‘Maravilha’ e ‘Preciosa’ no Submédio do Vale São Francisco. **Revista Ceres**, v. 63, n.1, p. 046-053, 2016.

SILVA, M. J. R. da; ANJOS, J. M. C. dos; JESUS, P. R. R. de; SANTOS, G. S dos; LIMA, F. B. F.; RIBEIRO, V. G. Produção e caracterização da bananeira “Prata Anã” (AAB) em dois ciclos de produção (Juazeiro, Bahia). **Revista Ceres**, v. 60, n.1, p. 122-126, 2013.

SILVA, M. L. **Bananeiras – uma visão do passado**. João Pessoa: Sal da Terra, 2016. 212p.

SILVA, S. de O.; AMORIM, E. P.; SANTOS-SEREJO, J. A.; FERREIRA, C. F.; RODRIGUEZ, M. A. D. Melhoramento genético da bananeira: estratégias e tecnologias disponíveis. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n. 3, p. 919-931, 2013.

SILVA, S. de O. e; AMORIM, E. P.; SANTOS-SEREJO, J. A. dos. Cultivares. In: FERREIRA, C.F.; SILVA, S. de O. e; AMORIM, E. P.; SANTOS-SEREJO, J. A. dos (Ed.). **O agronegócio da banana**. Brasília: Embrapa, 2015. p.137- 170.

SILVA, S. de O. e; MATOS, A. P. de; CORDEIRO, Z. J. M.; LIMA, M. J. C.; AMORIM, E. P. Avaliação de genótipos tetraploides de bananeira cultivados em área infestada pelo agente causal do mal-do-panamá. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.33, n.1, p.125-132, 2011. Número especial.

SILVA, S. de O.; PASSOS, A. R.; DONATO, S. L. R.; SALOMÃO, L. C. C.; PEREIRA, L. V.; RODRIGUES, M. G. V.; LIMA NETO, F. P.; LIMA, M. B. Avaliação de genótipos de bananeira em diferentes ambientes. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, v. 27, n. 04, p. 737-748, 2003a.

SILVA, S. de O. E. e; ROCHA, S. A.; ALVES, E. J.; DI CREDICO, M.; PASSOS, A. R. Caracterização morfológica e avaliação de cultivares e híbridos de bananeira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.22, p.161-169, 2000.

SILVA, S. O.; ALVES, E. J.; LIMA, M. B.; SILVEIRA J. R. S. Bananeira. In: BRUCKNER, C. H. (Ed.). **Melhoramento de fruteiras tropicais**. Viçosa, MG: UFV, 2002a. p.101- 157.

SILVA, S. O.; FLORES, J. C. O.; NETO, F. P. L. Avaliação de cultivares e híbridos de bananeira em quatro ciclos de produção. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, p. 1567-1574, 2002.

SILVA, S.; PIRES, E. T.; PESTANA, R. K. N.; ALVES, J. S.; SILVEIRA, D. C. Avaliação de clones de banana Cavendish. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, n. 5, p. 832-837. 2006.

SOTO BALLESTERO, M. **Bananos: técnicas de producción, manejo poscosecha y comercialización**. 3.ed. San José: Imprenta Lil, 2000. CD-ROM.

SOTO BALLESTERO, M. **Bananos**: técnicas de producción, poscosecha y comercialización. 3.ed. San José: Litografía e Imprensa Lil, 2008. 1090p.

SOUSA, V. F.; VELOSO, M. E. C. da; VASCONCELOS, L. F. L.; RIBEIRO, V. Q.; SOUZA, V. A. B. de; D'ALBUQUERQUE JÚNIOR, B. S. Nitrogênio e potássio via água de irrigação nas características de produção da bananeira 'Grand Naine'. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, p.865-869, 2004.

SOUZA, M. E.; LEONEL, S.; FRAGOSO, A. M. Crescimento e produção de genótipos de bananeiras em clima subtropical. **Ciência Rural**, v.41, n.4, p.587-591, 2011.

SOUZA, R. J; CARVALHO, J. G. Efeito de doses de nitrogênio aplicadas no solo e níveis de cálcio aplicados via foliar sobre o teor e o acúmulo de micronutrientes em alface americana. **Ciência Agrotécnica**, v.24, n.4, p. 905-916, 2000.

SRINIVAS, K. Growth, Yield and quality of banana in relation to N fertilization, **Tropical Agriculture**, v. 74, n. 4, p. 260-264, 1997.

TAULYA, G. East African highland bananas (*Musa* spp. AAA-EA) 'worry' more about potassium deficiency than drought stress. **Field Crops Research**, v. 151, p. 45–55, 2013.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3ª ed. Porto Alegre: Artmed, 719 2006p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 954p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858 p

TEIXEIRA, L. A. J. **Adubação nitrogenada e potássica em bananeira 'Nanicão' (*Musa* AAA subgrupo Cavendish) sob duas condições de irrigação**. 130f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade Ciências Agrária e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2000.

TEIXEIRA, L. A. J., RUGGIERO, C.; NATALE, W. Manutenção de folhas ativas em bananeira 'Nanicão' por meio do manejo das adubações nitrogenada e potássica e da irrigação. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 23, n. 3, p. 699-703, 2001.

TEIXEIRA, L. A. J.; NATALE, W.; MARTINS, A. L. M. Nitrogênio e potássio via fertirrigação e adubação convencional-estado nutricional das bananeiras e produção de frutos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 29, n. 1, p. 153- 160, 2007.

TESTER, M. e DAVENPORT, R. **Na<sup>+</sup> tolerance and Na<sup>+</sup> transport in higher plants**. *Annals of Botany*, London, 91/3: 503- 527. 2003.

TURNER, D. W.; KORAWIS, C.; ROBSON, A. D. Soil analysis and its relationship with leaf analysis and banana yield with special reference to a study at Carnarvon. **Fruits**, v. 44, p. 193–203, 1989.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ (UFC). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado do Ceará**. Fortaleza: Imprensa Universitária, 1993. 247 p.

VENTURA, J.A.; SILVA, S.O.; GOMES, J.A.; ARLEU, R.J.; COSTA, H.; GASPAROTTO, L.; PEREIRA, L.C.R.; PEREIRA, M.C.N.; PACOVA, B.E.V. **Vitória e Japira: Novas cultivares de bananeira**. Editor: DCM-Incaper, Vitória-ES, 4ª Edição, julho de 2011. (Documentos nº 142).

VIDAL, M. de F.; XIMENES, L. J. F. **Comportamento recente da fruticultura nordestina: área, valor da produção e comercialização**. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, ano 1, n.2, p. 18 -26, 2016 (ETENE/BNB).

WEBER, O. B.; GARRUTI, D. dos S.; NORÕES, N. P.; OLIVEIRA e SILVA, S. de O. Performance of banana genotypes with resistance to black leaf streak disease in Northeastern Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.52, n.3, p.161-169, 2017.

XU, G.; WOLF, S.; KAFKAFI, U. Ammonium on potassium interaction in sweet pepper. **Journal of Plant Nutrition**, v.25, p.719-734, 2002.

ZUCOLOTO, M.; LIMA, J.S. de S.; COELHO, R.I. Modelo matemático para estimativa da área foliar total de bananeira 'Prata-Anã'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.30, p.1152-1154, 2008.

**CAPÍTULO III - RESPOSTA DA BANANEIRA CV. BRS VITÓRIA À  
ADUBAÇÃO NITROGENADA E POTÁSSICA: aspectos nutricionais e  
fisiológicos**

## Resposta da bananeira cv. BRS Vitória à adubação nitrogenada e potássica: aspectos nutricionais e fisiológicos

**RESUMO:** Na região Nordeste e no estado da Paraíba predominam o cultivo de genótipos susceptíveis as doenças de maior importância econômica, particularmente, o cultivo da Pacovan, o que onera o custo de produção e influencia negativamente na produtividade. Uma das soluções para superar o déficit da cultura no estado da Paraíba seria a introdução de cultivares com genética superior, a exemplo da 'Vitória'. Assim, diante da importância econômica e da exigência nutricional da cultura, em especial N e K, com a introdução de uma nova cultivar surge a necessidade de estudar os efeitos diretos e indiretos da adubação mineral sobre os aspectos nutricionais e fisiológicos. Com isso, objetivou-se avaliar os aspectos nutricionais e fisiológicos em plantas de bananeira cv. Vitória, em resposta à adubação nitrogenada e potássica, nas condições edafoclimáticas do Brejo Paraibano. O experimento foi conduzido no período de janeiro de 2016 a fevereiro de 2018, no município de Bananeiras, Estado da Paraíba. Utilizou-se o delineamento experimental de parcela subdividida no tempo em blocos ao acaso, com quatro repetições, sendo os tratamentos das parcelas constituídos por dois ciclos de cultivo (1ª e 2ª produção). A combinação de cinco doses de N (15; 90; 150; 210 e 285 g planta<sup>-1</sup>) e cinco doses de K (24; 144; 240; 336 e 456 g planta<sup>-1</sup>) constituiu os tratamentos na subparcela, distribuídos por meio de matriz Pan Puebla III, formando 10 tratamentos acrescido de um controle (sem adubação nitrogenada e potássica). As seguintes combinações de N e K (g planta<sup>-1</sup>), respectivamente, definiram os tratamentos: T1 (90;144), T2 (90;336), T3 (210;144), T4 (210;336), T5 (150;240), T6 (15;144), T7 (285;336), T8 (90;24), T9 (210;456), T10 (15;24). Em dois ciclos de produção, avaliou-se as seguintes características nutricionais e fisiológicas: nutrientes foliar (N, P, K, Ca e Mg), relação entre nutrientes foliar (N/P, N/K, N/Ca, N/Mg, K/N, K/Ca e K/Mg), A -Taxa de assimilação líquida de CO<sub>2</sub>, E - taxa transpiratória, gs - condutância estomática, Ci - concentração interna de CO<sub>2</sub> na câmara subestomática, EUA (A/T) - eficiência no uso da água, EiC (A/Ci) - eficiência aparente de carboxilação da enzima Rubisco, índice de clorofila Falker (a, b e total) e SPAD e teor relativo de clorofila (a, b e total). Os dados foram submetidos à análise de variância, análise de regressão polinomial, considerado a significância de até 5% de probabilidade e coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>) acima de 60%, com o auxílio do software SAS<sup>®</sup>. Calculou-se também os coeficientes de correlação linear de Pearson visando evidenciar o nível de associação entre os índices de clorofila e teores relativos de clorofila. O maior teor foliar de N (26,8 g kg<sup>-1</sup>) e de K (16,3 g kg<sup>-1</sup>) na bananeira 'Vitória', é obtido no 1º ciclo de produção com aplicação de 285 g planta<sup>-1</sup> de N. Os teores foliares de K apresentados pela bananeira 'Vitória' nos dois primeiros ciclos de produção, sob doses de até 285 g planta<sup>-1</sup> de N e 456 g planta<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, estão abaixo da faixa de suficiência encontrada na literatura. Nas condições em que foi realizado o experimento, as plantas de bananeira 'Vitória' apresentam eficiência no processo fisiológico. Para o cultivo da bananeira 'Vitória' nas condições edafoclimáticas do Brejo Paraibano, recomenda-se adubação com doses de N variando entre 150 e 285 g planta<sup>-1</sup> e dose de K variando entre 265 e 456 g planta<sup>-1</sup>, obedecendo a proporção 1N:1,6K ou 1N:2K.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Musa* spp. Trocas gasosas. Clorofila. Adubação mineral.

## Response of banana cv. BRS Vitoria to nitrogen and potassium fertilization: nutritional and physiological aspects

**ABSTRACT:** In northeastern Brazil and particularly in the state of Paraíba, the cultivation of genotypes susceptible to diseases of major economic importance predominates, such as plantation of the Pacovan cultivar, which raises the cost of production and negatively influences productivity. One of the solutions for overcoming the crop deficit in the state of Paraíba is the introduction of varieties with superior genetics, such as the Vitoria cultivar. In view of the economic importance and nutritional requirements of the crop, especially N and K, the introduction of a new cultivar requires studying the direct and indirect effects of mineral fertilization on nutritional and physiological aspects. Therefore, the aim of this study was to evaluate the nutritional and physiological aspects of the Vitoria banana in response to nitrogen and potassium fertilization in the edaphoclimatic conditions of the region known as *Brejo Paraibano*. The experiment was conducted from January 2016 to February 2018 in the city of Bananeiras, state of Paraíba, Brazil. The experimental design was a split-time plot in randomized blocks with four replications. The plot treatments consisted of two cultivation cycles (first and second production). The subplot treatments consisted of different combinations of five doses of N (15, 90, 150, 210 and 285 g plant<sup>-1</sup>) and five doses of K (24, 144, 240, 336 and 456 g plant<sup>-1</sup>) distributed using the Pan Puebla III matrix forming 10 treatments plus one control (without nitrogen and potassium fertilization). The following combinations of N and K (g plant<sup>-1</sup>) respectively defined the treatments: T1 (90; 144), T2 (90; 336), T3 (210; 144), T4 (210; 336), T5 (150; 240), T6 (15; 144), T7 (285; 336), T8 (90; 24), T9 (210; 456), T10 (15; 24). In two production cycles, the following nutritional and physiological characteristics were evaluated: leaf nutrients (N, P, K, Ca and Mg), leaf nutrient ratios (N/P, N/K, N/Ca, N/Mg, K/N, K/Ca and K/Mg), A - assimilation rate of CO<sub>2</sub>, E - transpiration rate, gs - stomatal conductance, Ci - internal CO<sub>2</sub> concentration in the substomatic chamber, EUA (A/T) - water use efficiency, EiC (A/Ci) - apparent carboxylation efficiency of Rubisco enzyme, Falker chlorophyll index (a, b and total), SPAD and relative chlorophyll content (a, b and total). The data were submitted to analysis of variance and polynomial regression analysis, with the aid of SAS<sup>®</sup> software, considering a 5% significance level ( $p < 0.05$ ) and a coefficient of determination ( $R^2$ ) above 60%. Pearson's correlation coefficients were also calculated to show the strength of the correlation between the chlorophyll index and relative chlorophyll content. The highest leaf content of N (26.8 g kg<sup>-1</sup>) and K (16.3 g kg<sup>-1</sup>) in the Vitoria banana was achieved in the first production cycle with the application of 285 g plant<sup>-1</sup> of N. Leaf K content in the first two production cycles with doses of up to 285 g plant<sup>-1</sup> of N and 456 g plant<sup>-1</sup> of K<sub>2</sub>O was below the sufficiency range found in the literature. With the conditions under which the experiment was carried out, Vitoria banana plants exhibit an efficient physiological process. For the cultivation of the Vitoria banana in the edaphoclimatic conditions of the *Brejo Paraibano* region, fertilization with doses of N ranging from 150 to 285 g plant<sup>-1</sup> and K ranging from 265 to 456 g plant<sup>-1</sup> is recommended, obeying the ratio 1N:1.6K or 1N:2K.

**KEYWORDS:** *Musa* spp. Gas exchange. Chlorophyll. Mineral fertilization.

## 1. INTRODUÇÃO

A banana é considerada uma importante fonte de alimento no mundo (PERRIER et al., 2011) e estar entre os oito alimentos mais importante mundialmente (SEYDOU et al., 2017), sendo a primeira no ranking mundial de frutas, com 113,28 milhões de toneladas produzidas em 2016 e cultivada em mais 125 países (FAOSTAT, 2018).

No Brasil, a banana é a principal frutícola explorada na maioria dos Estados (VIDAL; XIMENES, 2016), com área plantada de 533 mil ha, situando-se em segundo lugar entre as frutas, atrás apenas da laranja (CARVALHO et al., 2017; IBGE, 2018). É também o 8º produto agrícola nacional (FAOSTAT, 2018). A região Nordeste é a segunda produtora nacional (33,13%), a qual juntamente com a região Sudeste detém mais de 67% da produção de banana. Na Paraíba, a banana gera uma econômica em torno de R\$ 134.440.000,00 por ano, superando junto com a cultura do abacaxi, o valor da produção agrícola estadual da cultura da cana-de-açúcar (IDEME,2014), principal produto agrícola do Estado.

De acordo com dados do IBGE (2018) a região Nordeste e o estado da Paraíba apresentam baixa produtividade da bananeira com 12,43 e 12,30 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Entre as causas evidentes, destaca-se o manejo inadequado da nutrição das plantas e da água, e a preferência dos produtores pelo cultivo de genótipos susceptíveis as doenças de maior importância econômica (Mal do Panamá e às Sigatocas), particularmente, o cultivo da Pacovan. Segundo Rodrigues Filho et al. (2014), apesar da aceitação por parte dos consumidores, a ‘Pacovan’ apresenta características indesejáveis como porte elevado e susceptibilidade ao Mal do Panamá e as sigatocas-amarela e negra, características que podem onerar o custo de produção e influenciar negativamente na produtividade.

Assim uma das soluções para superar o déficit da cultura no estado da Paraíba seria a introdução de cultivares com genética superior, a exemplo da ‘Vitoria’. Esse híbrido tetraploide,

por ser resistente à antracnose em pós colheita, ao Mal do Panamá e às sigatokas, além da excelente qualidade dos frutos, pode ser uma alternativa aos cultivares do subgrupo Prata.

A absorção de nutrientes pode variar em função da cultivar (BORGES et al., 1999), sendo o potássio e o nitrogênio os mais absorvidos e necessários para o crescimento e produção da bananeira (BORGES; CRISOSTOMO, 2014).

O potássio além de desempenhar papéis reguladores significativos em numerosos processos fisiológicos de plantas, (MARSCHNER, 2012; BUCHANAN et al., 2015; HASANUZZAMAN et al., 2018), também atua na otimização da condutância estomática, trocas gasosas, foto-assimilação e resistência ao estresse em diferentes espécies de plantas (WANG et al., 2013; ZORB et al., 2014; HASANUZZAMAN et al., 2018). O nitrogênio é necessário para o crescimento vegetativo, bem como, tem influência na síntese de clorofila, na fotossíntese e síntese de proteínas (MARSCHNER, 2012; TAIZ et al., 2017).

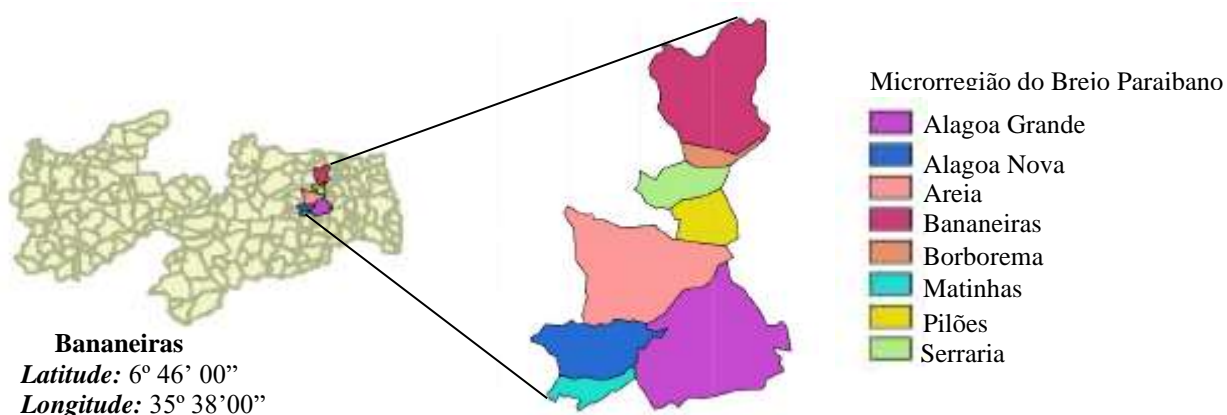
Com o lançamento da cultivar Vitória e diante da importância econômica e da exigência nutricional da cultura, em especial N e K, existe a necessidade de estudar os efeitos diretos e indiretos da adubação mineral sobre os aspectos nutricionais, fisiológicos e de desenvolvimento da planta. Taiz e Zeiger (2013) afirmam que a concentração dos nutrientes se constitui em fator abiótico, que fora de seus limites normais têm, em geral, consequências negativas para os vegetais. Nesse aspecto, o estudo de parâmetros fisiológicos como teores foliares de nutrientes, índice relativo de clorofila, taxa de assimilação de CO<sub>2</sub>, condutância estomática, transpiração, concentração interna de carbono são importantes no esclarecimento dos efeitos gerados por uma adubação deficitária ou excessiva e, assim, poder fazer uso de estratégias de manejo diferenciadas para a cultura, a fim de otimizá-la, proporcionando aumento da produtividade.

Diante do exposto, o trabalho teve por objetivo avaliar os aspectos nutricionais e fisiológicos em plantas de bananeira cv. Vitória, em resposta à adubação nitrogenada e potássica, nas condições edafoclimáticas do Brejo Paraibano.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

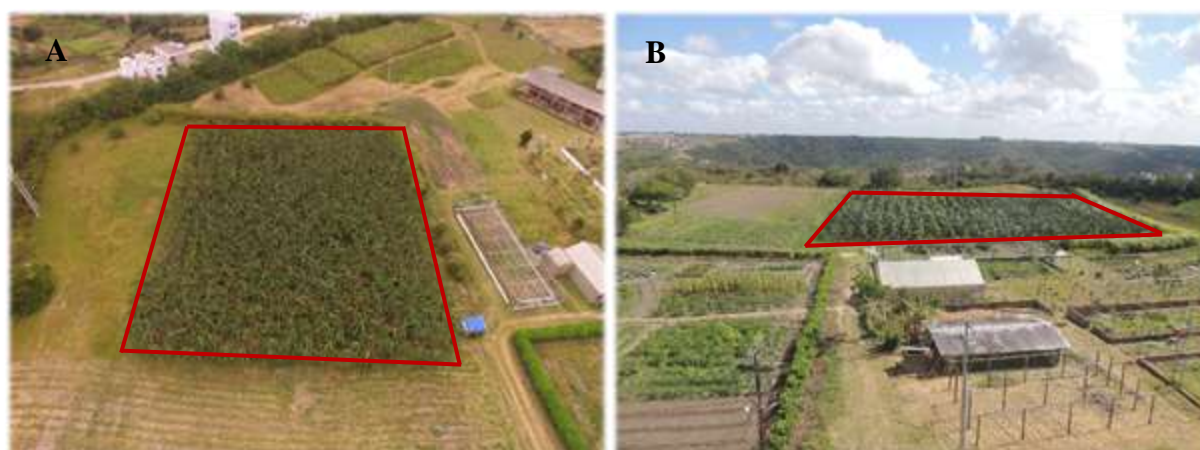
### 2.1. Localização do experimento

A área experimental situa-se na microrregião do Brejo Paraibano, cuja localização está próxima ao ponto de coordenadas geográficas de 6° 46' latitude sul e 35° 38' longitude oeste de Greenwich, com uma altitude de 552 metros (BRASIL, 1972) (Figura 1).



**Figura 1.** Localização do município de Bananeiras na microrregião do Brejo Paraibano, onde foi realizado o experimento. Fonte: Elaboração própria (2019).

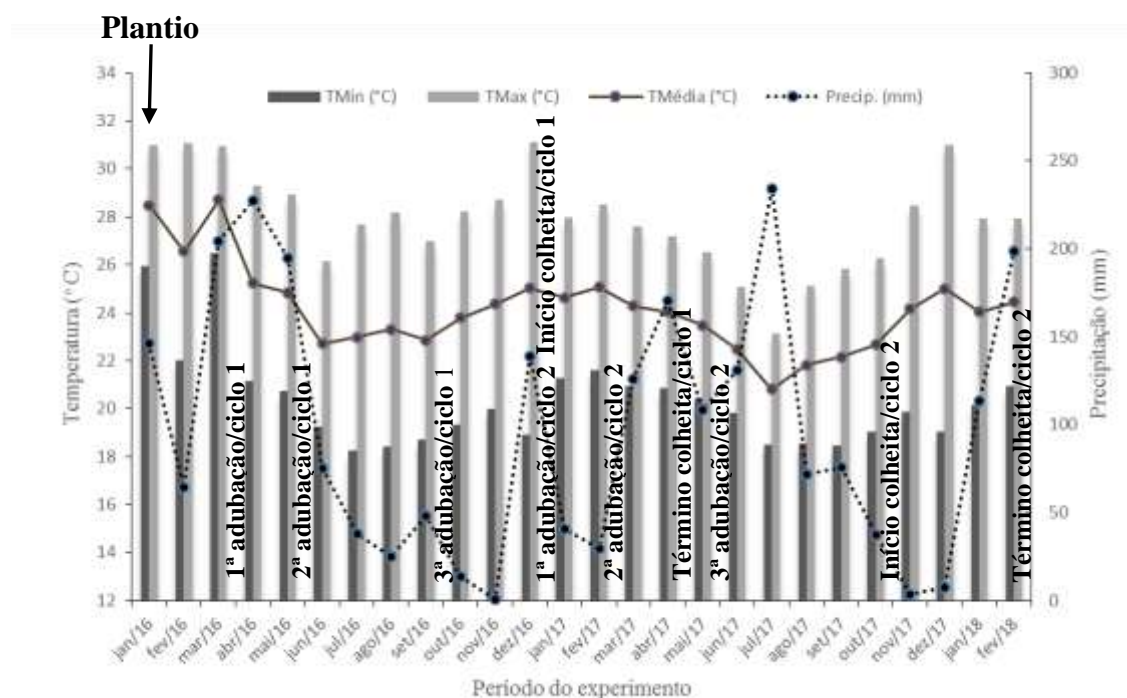
O experimento foi desenvolvido em condições de campo, no período de janeiro de 2016 a fevereiro de 2018, no Setor de Agricultura do Centro de Ciências Humanas, Sociais e Agrárias (CCHSA) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Campus III, em Bananeiras – PB (Figura 2).



**Figura 2.** Vista geral do experimento, realizado no município de Bananeiras na microrregião do Brejo Paraibano (A e B). Fonte: Elaboração própria (2019).

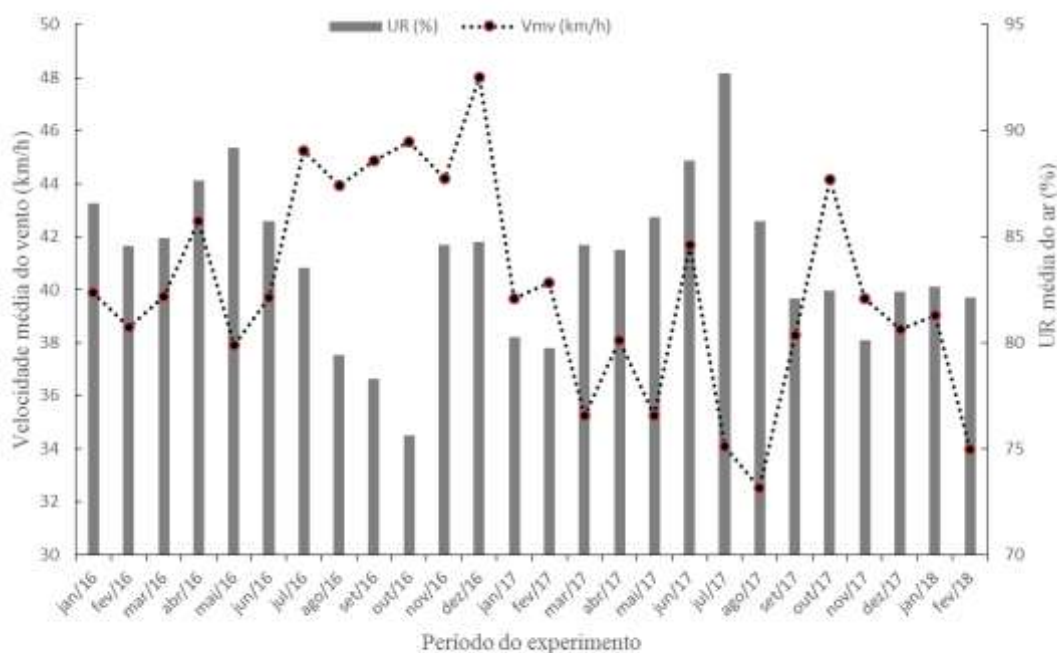
## 2.2. Clima e solo

O município de Bananeiras – PB, está situada na escarpa oriental do planalto da Borborema, apresenta relevo forte, ondulado e montanhoso; a vegetação é formada por Florestas Subcaducifólia e Caducifólia, próprias das áreas agrestes (SILVA, 2016). O clima predominante na região, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo As' (tropical chuvoso), quente e úmido e se caracteriza por apresentar temperatura máxima de 38 °C e mínima de 18 °C (média anual de 24-26 °C), com chuvas de outono-inverno, precipitação anual total de 1000 – 1300 mm (ALVARES, et al., 2013) e umidade relativa do ar de 85% (SILVA, 2016). As médias mensais das características climatológicas, no período de condução do experimento, estão descritas nas Figuras 3 e 4.



**Figura 3.** <sup>1</sup>Temperaturas mínima, máxima e média (°C) e <sup>2</sup>precipitação registradas durante a condução do experimento em Bananeiras-PB, evidenciando as épocas de manejo nutricional das plantas e colheita de cachos. Fonte: <sup>1</sup>Estação Meteorológica Davis Pro2 do CCHSA/UFPB; <sup>2</sup>Agência Executiva de Gestão de Águas do Estado da Paraíba – AESA.

A temperatura média anual nos anos de 2016 e 2017 e nos dois primeiros meses de 2018, período de realização do experimento, foi de 24,9; 23,4 e 24,2 °C; e a precipitação de 1.176,3; 1035,8 e 311,7; respectivamente.



**Figura 4.** Umidade Relativa média do ar (%) e velocidade média do vento registradas durante a condução do experimento em Bananeiras-PB. Fonte: *Estação Meteorológica Davis Pro2 do CCHSA/UFPB*.

A umidade relativa média do ar no ano de 2016 e 2017 e nos dois primeiros meses de 2018, período de realização do experimento, foi de 83,7; 84,1 e 82,4 (%) e a velocidade média do vento de 42,5; 38,1 e 36,5 (km/h); respectivamente.

O solo da área experimental corresponde a um Latossolo Amarelo Distrófico tóxico, apresentando relevo suave ondulado, perfil muito profundo, bem drenado, com capacidade de retenção de umidade moderada e classe textural franco-argiloso-arenosa (SANTOS et al., 2018), cujos atributos químicos, determinados antes do cultivo, em amostras coletadas na camada de 0-20 cm e 20-40 cm, encontram-se na Tabela 1.

**Tabela 1.** Atributos químicos e físicos do solo, na camada de 0 - 20 e 20 - 40 cm de profundidade, da área experimental em Bananeiras, Paraíba, 2019.

Atributos	Unidade	Valores	
		0 -20 cm	20 – 40 cm
<sup>1</sup> pH em água (1:2,5)		5,9	5,3
<sup>1</sup> P	mg dm <sup>-3</sup>	17,3	9,1
<sup>1</sup> K	mg dm <sup>-3</sup>	69,0	27,0
<sup>1</sup> H <sup>+</sup> + Al <sup>+3</sup>	cmolc dm <sup>-3</sup>	3,4	6,3
<sup>1</sup> Al <sup>+3</sup>	cmolc dm <sup>-3</sup>	0,1	0,8
<sup>1</sup> Ca <sup>+2</sup>	cmolc dm <sup>-3</sup>	2,1	1,8
<sup>1</sup> Mg <sup>+2</sup>	cmolc dm <sup>-3</sup>	0,9	0,5
<sup>1</sup> M.O.	g kg <sup>-1</sup>	26,6	21,5
<sup>1</sup> V	%	48,6	24,0
<sup>1</sup> CTC a pH 7,0	cmolc dm <sup>-3</sup>	6,6	8,3
<sup>2</sup> Areia	g kg <sup>-1</sup>	625	587
<sup>2</sup> Silte	g kg <sup>-1</sup>	50	83
<sup>2</sup> Argila	g kg <sup>-1</sup>	325	330
<sup>2</sup> Areia dispersa	g kg <sup>-1</sup>	25	13
<sup>2</sup> Grau de flocculação	kg dm <sup>-3</sup>	923	961
<sup>2</sup> Densidade do solo	g cm <sup>-3</sup>	1,25	1,19
<sup>2</sup> Densidade de partícula	kg cm <sup>-3</sup>	2,63	2,64
<sup>2</sup> Porosidade total	m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup>	0,52	0,55
<sup>2</sup> Umidade - 0,01	g kg <sup>-1</sup>	154	175
<sup>2</sup> Umidade - 1,50	g kg <sup>-1</sup>	105	131
		Franco Argilo	Franco Argilo
<sup>2</sup> Classe textural		Arenosa	Arenosa

<sup>1</sup>Análises realizadas pelo Laboratório de Análise de Solo, Tecido Vegetal e Fertilidade do Departamento de Solos da UFV; <sup>2</sup>Análises realizadas pelo Laboratório de Química e Fertilidade do Solo do Departamento de Solos e Engenharia Rural do CCA-UFPB.

### 2.3. Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o de parcela subdividida no tempo em blocos ao acaso, sendo os tratamentos das parcelas constituídos por dois ciclos de cultivo (1ª e 2ª produção) e, na subparcela, os tratamentos constituídos de cinco doses de nitrogênio N (15; 90; 150; 210 e 285 g planta<sup>-1</sup>) e de potássio (24; 144; 240; 336 e 456 g planta<sup>-1</sup>), combinados conforme a matriz Pan Puebla III (Tabela 2), totalizando 10 tratamentos com quatro repetições, mais um controle (sem adubação nitrogenada e potássica). A parcela foi constituída por 9 plantas, distribuídas em três fileiras de 3 plantas, considerando-se como plantas úteis a segunda e a terceira planta da fileira central, seguindo sempre a direção norte. Foram utilizadas 396 plantas no total em uma área de 3.564 m<sup>2</sup>, plantadas no espaçamento 3m x 3m, equivalendo a uma área experimental de 81 m<sup>2</sup> por parcela (9 x 9 m), sendo 88 plantas úteis.

**Tabela 2.** Níveis e doses de nitrogênio (N) e potássio (K) empregados nos tratamentos/combinções do experimento, conforme a matriz “Pan Puebla III”. Areia-PB, 2019

Tratamentos	Nível		Dose (g planta <sup>-1</sup> )		Relação N/K
	N	K	N	K	
1	-0,4	-0,4	90	144	1:1,6
2	-0,4	0,4	90	336	1:3,73
3	0,4	-0,4	210	144	1:0,69
4	0,4	0,4	210	336	1:1,6
5	0	0	150	240	1:1,6
6	-0,9	-0,4	15	144	1:9,6
7	0,9	0,4	285	336	1:1,18
8	-0,4	-0,9	90	24	1:0,27
9	0,4	0,9	210	456	1:2,17
10	-0,9	-0,9	15	24	1:1,6

O espaço de exploração para estimativa das doses foi 0 a 300 g planta<sup>-1</sup> de N e 0 a 480 g planta<sup>-1</sup> de K, estabelecido com base nas maiores recomendações de N e K para cultura da

bananeira nos Estados no Nordeste (CE, PE, PB e BA, acrescido de 15,4% para N e 20% para K (Tabela 3).

**Tabela 3.** Recomendações para cultura da bananeira em alguns Estados Brasileiros. Areia -PB, 2019

Estados	Recomendações		Fontes
	N	K	
	(g planta <sup>-1</sup> )		
	Cobertura	Cobertura	
Ceará	260	360	Recomendações de adubação e calagem para o Estado do Ceará (1993)
Pernambuco	90	400	Recomendações de adubação para o Estado de Pernambuco (2008)
Paraíba	100	160	Sugestões de adubação para o Estado da Paraíba (1979)
Bahia	180	400	Manual de adubação e calagem para o estado da Bahia (1989)

A dose de fósforo foi de 144 g planta<sup>-1</sup>, estabelecida com base na recomendação de adubação para o Estado do Ceará (2008), acrescida de 20%, sendo aplicada toda em fundação antes do plantio. A partir do 2º ano de cultivo, todo o fosforo foi aplicado juntamente com as primeiras doses de nitrogênio e de potássio.

As doses de N e K foram parceladas em três aplicações iguais, sendo a adubação da planta mãe realizada aos 70, 130 e 250 dias após o plantio (DAP); a adubação da planta filha realizada aos 340, 400 e 490 (DAP) e a adubação da planta neta realizada aos 614, 674 e 764 (DAP). Utilizou-se como fonte de nitrogênio a ureia, como fonte de potássio o cloreto de potássio e como fonte de fósforo o superfosfato simples. O adubo foi aplicado em círculo para a planta mãe e em meia lua para a planta filha, sendo para esta última, localizado em frente a planta.

Salienta-se que mesmo não coletando os dados referentes ao terceiro ciclo da cultura, a adubação da planta neta foi realizada para proporcionar as mesmas condições nutricionais oferecidas para as plantas mãe e filha, uma vez que no momento da 1ª adubação da planta filha, a colheita de cacho em muitas plantas ainda não havia sido realizada. Esse fato ocorreu em função da resposta das plantas devido aos diferentes tratamentos aplicados.

## **2.4. Implantação e manejo do experimento**

### **2.4.1. Cultivar**

Foram utilizadas mudas de bananeira cv. BRS Vitória, grupo genômico AAAB, provenientes de cultivo *in vitro*. As mudas na forma de “torrãozinho” (3 a 5 cm) e com cerca de 5 a 10 cm de altura foram adquiridas junto à Empresa Campo Biotecnologia Vegetal LTDA, Cruz das Almas, Bahia. As mudas foram acondicionadas em caixa de isopor e transportadas para o setor de agricultura do CCHSA/UFPB, em Bananeiras – PB.

No viveiro do CCHSA/UFPB, em Bananeiras – PB, as mudas foram aclimatadas, sendo repicadas para sacos plásticos pretos de 20 cm de diâmetro x 25 cm de altura, sanfonados e perfurados em seu terço inferior, contendo substrato peneirado e autoclavado a 105°C por 30 minutos e sem fertilizantes químicos (KATAN et al., 1976; RICCI et al., 1999).

O substrato foi preparado com terra argilo – arenosa de superfície mais composto orgânico vegetal na proporção de 1:1, pesando em média 3,74 kg saco<sup>-1</sup>, antes de ser regado. A repicagem foi efetuada ao entardecer, estando o substrato úmido e as mudas túrgidas. O substrato utilizado apresenta as seguintes características químicas e de fertilidade (pH: 5,9; P: 201,99 mg dm<sup>-3</sup>; K: 490,0 mg dm<sup>-3</sup>; Na<sup>+</sup>: 0,22 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; H<sup>+</sup>+Al<sup>+3</sup>: 8,8 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Al<sup>+3</sup>: 0,0 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Ca<sup>+2</sup>: 6,1 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg<sup>+2</sup>: 4,6 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; SB: 12,2 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; CTC: 20,9 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; V: 58%; M.O.: 138,21 g kg<sup>-1</sup>).

### 2.4.2 Plantio e tratos culturais

O preparo da área para instalação do experimento foi realizado por meio de aração e em seguida gradagem para incorporação de restos vegetais. Posteriormente, foi realizado o coveamento utilizando-se um perfurador de solo, modelo **PSH C/broca de 9”/12” C<sup>X</sup> – 11310, da marca BALDAN**. As covas foram abertas com as dimensões de aproximadamente 0,30 m de diâmetro e 0,50 m de profundidade, tendo as paredes escarificadas para facilitar a penetração das raízes da bananeira no solo. A adubação de fundação foi realizada por ocasião do plantio, sendo aplicada a dose de 144 g cova<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> na forma de superfosfato simples (18% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 11% S e 20% Ca) e oito litros de esterco bovino curtido. O esterco utilizado apresenta as seguintes características químicas, conforme Tabela 4.

**Tabela 4.** Teores médios de macro e micronutrientes na matéria seca do esterco aplicado na adubação de fundação da bananeira. Areia-PB, 2019

<b>Macronutrientes</b>	<b>Valores</b>	<b>Micronutrientes</b>	<b>Valores</b>
N (g kg <sup>-1</sup> )	8,05	Fe (mg kg <sup>-1</sup> )	6326,54
P (g kg <sup>-1</sup> )	2,17	Cu (mg kg <sup>-1</sup> )	16,24
K (g kg <sup>-1</sup> )	1,92	Mn (mg kg <sup>-1</sup> )	205,98
Ca <sup>+2</sup> (g kg <sup>-1</sup> )	32,11	Zc (mg kg <sup>-1</sup> )	82,95
Mg <sup>+2</sup> (g kg <sup>-1</sup> )	4,98		
S (g kg <sup>-1</sup> )	1,88		

Análises realizadas pelo Laboratório de Química e Fertilidade do Solo do Departamento de Solos e Engenharia Rural do CCA-UFPB.

As mudas foram submetidas ao processo de rustificação iniciado 30 dias antes da realização do plantio no campo. As mudas foram plantadas no campo quando atingiram uma altura média de 24,74 cm. O plantio foi realizado no espaçamento 3,0 x 3,0m.

O experimento foi conduzido sob o sistema de irrigação por microaspersão, com um aspersor (vazão nominal de 63 L hora<sup>-1</sup>) para cada duas plantas, com turno de rega de dois dias, para manter a umidade do solo próxima à capacidade de campo, sendo o tempo fixo de irrigação de 1 hora até os 270 DAP e de 1 hora e 30 minutos após este período. A água utilizada na

irrigação foi classificada como C<sub>2</sub>S<sub>1</sub> e apresenta as seguintes características químicas descritas na tabela 5.

**Tabela 5.** Características químicas da água utilizada nas irrigações da área experimental da bananeira. Areia-PB, 2019

Atributos	Unidade	Valores
pH		6,9
Condutividade elétrica a 25 °C	dS m <sup>-1</sup>	0,26
R.A.S		2,39
P.S.T		2,21
Carbonatos, expressos em CO <sub>3</sub>	mmol <sub>c</sub> . L <sup>-1</sup>	0,00
Sulfatos, expresso em SO <sub>4</sub>	mg. L <sup>-1</sup>	2,28
Cloretos, expresso em Cl <sup>-</sup>	mmol <sub>c</sub> . L <sup>-1</sup>	2,25
Cálcio, expresso em Ca <sup>2+</sup>	mmol <sub>c</sub> . L <sup>-1</sup>	0,50
Magnésio, expresso em Mg <sup>2+</sup>	mmol <sub>c</sub> . L <sup>-1</sup>	0,73
Sódio, expresso em Na <sup>+</sup>	mmol <sub>c</sub> . L <sup>-1</sup>	1,87
Potássio, expresso em K	mmol <sub>c</sub> . L <sup>-1</sup>	0,06

Análises realizadas pelo Laboratório de Química e Fertilidade do Solo do Departamento de Solos e Engenharia Rural do CCA-UFPB.

Durante a condução do experimento, foram realizadas as seguintes operações de manejo: aplicação foliar de micronutrientes, capinas, desbaste de perfilhos, desfolhas, escoramento, corte do coração para melhorias na qualidade dos frutos e corte do pseudocaule após a colheita. O bananal foi conduzido no sistema família, por meio de desbaste, deixando-se apenas um segmento por geração, evitando-se competição por água e nutrientes. Os restos culturais foram enleirados entre as fileiras de plantas servindo como cobertura morta.

A aplicação do adubo foliar foi realizada com uma solução de magnésio complexada com micronutrientes, sendo aos 100, 180 e 214 dias após o plantio (DAP) para a planta mãe; e aos 408, 442 e 508 DAP para a planta filha. Utilizou-se o fertilizante foliar comercial Defender Complex® (Mg = 1,8%; S = 2,6%; B = 0,2%; Cu = 0,2%; Fe = 1,5%; Mn = 1,5%; Mo = 0,06%;

Zn = 1,5%), empregando-se a dose de 3 a 5 L ha<sup>-1</sup>, conforme recomendação do fabricante do produto. Também foi realizada aplicação foliar com produto contendo apenas o micronutriente Boro (10% de B), sendo aos 113 e 142 DAP para a planta mãe; e aos 411 e 491 DAP para a planta filha. Seguiu-se a recomendação do fabricante do produto, que é de 1,0 L ha<sup>-1</sup>.

Na aplicação foliar, utilizou-se inicialmente um pulverizador manual de 20 L, contendo haste adaptada e prolongada para alcançar as folhas mais altas da bananeira. No segundo ciclo da cultura, devido a maior altura das plantas, utilizou-se um pulverizador estacionário com motor à gasolina de 2,0 HP (Yamaha, LS-22C).

Nos períodos quentes e de maior índice pluviométrico foi constatada a incidência da “Antracnose” (*Colletotrichum musae*) nas bananeiras, sendo necessária a aplicação do fungicida sistêmico Tiofanato-metílico (Cercobin® 700 WP – 70 g 100 L<sup>-1</sup>) para o controle da doença. Assim, as aplicações foram realizadas aos 12 e 28 DAP para a planta mãe; e aos 408, 415 e 500 DAP para a planta filha.

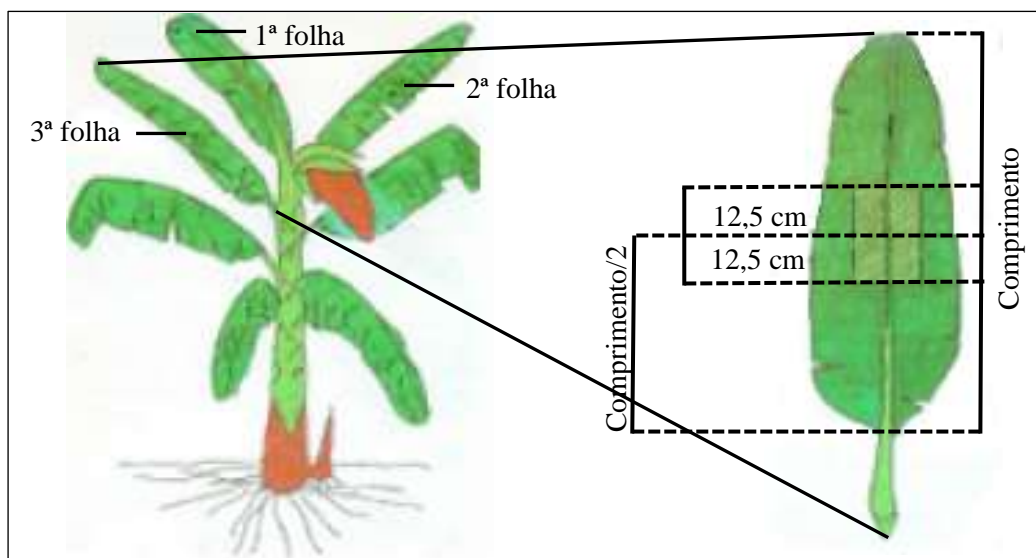
O controle de plantas invasoras foi realizado por meio de coroamento e alternância entre roço e uso de herbicida Glifosato (Roundap Original DI) nas entrelinhas, conforme infestação da área. As operações de desfolha e poda do coração foram realizadas conforme preconizado por Moreira (1999).

## **2. 5. Características avaliadas**

### **2.5.1. Teores foliares de nutrientes**

Para verificar o estado nutricional das bananeiras, em função dos tratamentos avaliados, foram retiradas amostras de tecido foliar de duas plantas por tratamento. Essas amostras formaram uma amostra composta, que foi utilizada para a determinação dos teores de nutrientes. Assim, foi retirada amostra da folha número três totalmente aberta, a partir do ápice, em cada planta útil, no início do florescimento, ou seja, estágio de inflorescência recentemente lançada, ainda fechada e inclinada para baixo. Em cada folha foi coletada a porção de

aproximadamente 12,5 cm de largura, na parte interna e mediana do limbo de ambos os lados, eliminando a nervura central (Figura 1), conforme metodologia descrita por Borges (1995), utilizando-se escada de alumínio extensível (2 x 15 degraus; 4,37 x 7,80 m de altura) para alcançar a folha desejada.



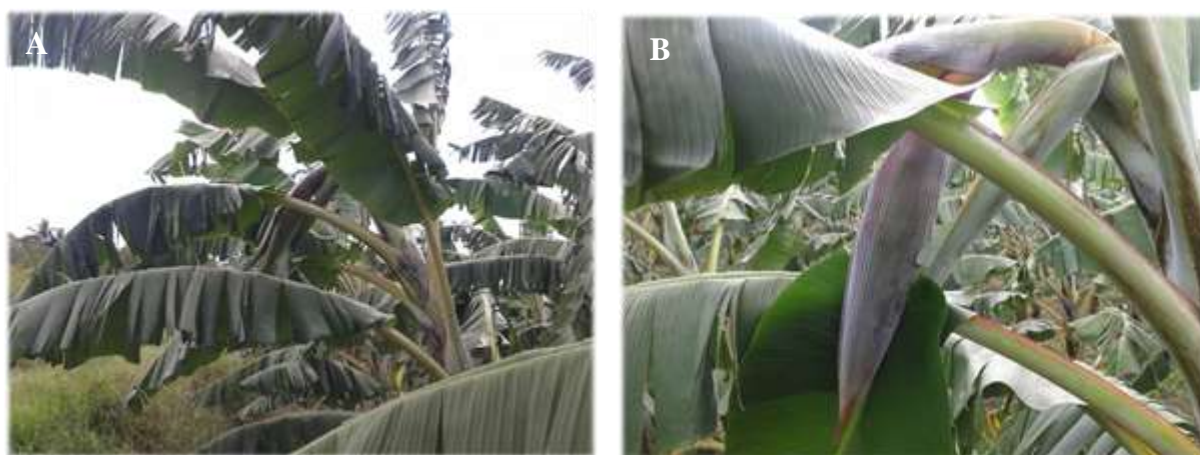
**Figura 5.** Representação esquemática de amostragem do tecido para análise foliar da bananeira no início do florescimento (modificado de BORGES e CRISOSTOMO, 2014).

As amostras de folhas foram secas em estufa, com circulação forçada de ar, a 65° C, durante 72 horas e posteriormente trituradas em moinho do tipo Willy. Foram determinados os teores de N, P, K, Ca e Mg, conforme metodologia proposta por Malavolta et al. (1997).

### 2.5.2. Índice e teor relativo de clorofila das plantas

Para a determinação do índice relativo de clorofila (IRC) das folhas da bananeira, foi utilizado o medidor portátil de clorofila (clorofilômetro) SPAD-502® (Minolta, Japão) e o ClorofiLOG® CFL 1030 (Falker). Nestes aparelhos, os valores mensurados são denominados índice de clorofila SPAD (ICS) e índice de clorofila Falker (ICF), sendo neste último obtido o índice de clorofila 'a', 'b' e total. As medições foram realizadas na parte interna e mediana do

limbo de ambos os lados na folha número três, totalmente aberta, contada a partir do ápice, em cada planta útil, no início do florescimento, ou seja, estágio de inflorescência recentemente lançada, ainda fechada e inclinada para baixo (Figura 6), utilizando-se escada de alumínio extensível (2 x 15 degraus; 4,37 x 7,80 m de altura) para alcançar a folha. Em cada lado da folha foram realizadas dez leituras com o SPAD, totalizando 20 leituras por folha e oito leituras com o ClorofiLOG®, totalizando 16 leituras por folha. A média das leituras na folha em cada parcela foi utilizada como uma repetição.



**Figura 6.** Plantas de bananeira na fase de florescimento com a inflorescência recentemente lançada, ainda fechada e inclinada para baixo (A e B). Fonte: Produção do próprio autor.

Imediatamente após as determinações das trocas gasosas e índice de clorofila, foram coletadas amostras foliares de aproximadamente 12 cm de largura, na parte interna e mediana do limbo de ambos os lados, eliminando a nervura central, conforme metodologia descrita por Borges (1995). Posteriormente, as amostras foram colocadas em sacolas de papel e acondicionadas em caixa de isopor com gelo, de modo a diminuir o metabolismo das folhas. Esse material foi utilizado na quantificação da clorofila (MELO, 2007).

Os teores de clorofila *a*, *b* e *total* (mg. g<sup>-1</sup>) foram determinados no Laboratório de fisiologia pós-colheita do Centro de Ciências Humanas, Sociais e Agrárias da Universidade

Federal da Paraíba, seguindo o método laboratorial desenvolvido por Arnon (1949), por meio de amostras de discos do limbo da folha nº três. A partir dos extratos, foi determinada a concentração de clorofila (Ccl) nas soluções por meio do espectrofotômetro no comprimento de onda de absorvância (A) (645 nm e 663 nm), por meio das equações:

$$Ccl_a \text{ (mg. g}^{-1}\text{)} = (12,7 A_{663 \text{ nm}} - 2,69 A_{645 \text{ nm}}) \times V/1000 \times W$$

$$Ccl_b \text{ (mg. g}^{-1}\text{)} = (22,9 A_{645 \text{ nm}} - 4,68 A_{663 \text{ nm}}) \times V/1000 \times W$$

$$Ccl\text{-total (mg. g}^{-1}\text{)} = (20,2 A_{645 \text{ nm}} + 8,02 A_{663 \text{ nm}}) \times V/1000 \times W$$

### 2.5.3. Trocas gasosas

Foi avaliado as trocas gasosas da bananeira no período correspondente à floração da cultura, por meio da determinação das seguintes características: taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> (A) (μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>), transpiração (T) (mmol de H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>), condutância estomática (gs) (mmol de H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) e concentração interna de CO<sub>2</sub> (Ci) na terceira folha contada a partir do ápice, sadia e totalmente expandida, utilizando o equipamento de sistema aberto de fotossíntese e transpiração com analisador de gás CO<sub>2</sub> e vapor d'água por radiação infravermelha (*Infra Red Gas Analyser, IRGA*, modelo LCpro-SD, *BioScientific*<sup>®</sup>) e escada de alumínio extensível (2 x 15 degraus; 4,37 x 7,80 m de altura) para alcançar a folha (Figura 7). As leituras foram realizadas entre as 9 e 11 horas e em dia ensolarado, com temperatura ambiente e utilizando-se uma fonte de radiação artificial com intensidade de 1500 μmol de fótons m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> (SOTO BALLESTERO, 2008), sempre com o escudo de radiação voltado para o sol.

A partir dos dados das trocas gasosas foram quantificadas a eficiência no uso da água (EUA) (A/T) [(μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) (mmol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>)<sup>-1</sup>] e a eficiência instantânea da carboxilação Φ<sub>c</sub> (A/Ci) (SCHOLES e HORTON, 1993; NEVES, et al., 2002; KONRAD et al., 2005; RIBEIRO, 2006).



**Figura 7.** Avaliações das trocas gasosas realizadas com o analisador de gás a infravermelho (*Infra Red Gas Analyser, IRGA*, modelo LCpro-SD, *BioScientific*<sup>®</sup>) com temperatura ambiente e radiação artificial com intensidade de  $1500 \mu\text{mol de f\u00f3tons m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , no 1<sup>o</sup> (A e B) e 2<sup>o</sup> (C) ciclo de cultivo. Fonte: Produção do pr\u00f3prio autor.

## 2.6. An\u00e1lise estat\u00edstica

Nas an\u00e1lises estat\u00edsticas, empregaram-se t\u00e9cnicas de an\u00e1lise univariada. Os efeitos quantitativos das doses de nitrog\u00eanio e pot\u00e1ssio foram ajustados a regress\u00e3o utilizando o teste F ( $P \leq 0,05$ ) para verificar o ajuste do modelo. A escolha do modelo foi com base na signific\u00e2ncia dos efeitos, na explica\u00e7\u00e3o adequada para fen\u00f4meno analisado e no valor do  $R^2$ , considerando-se valor de  $R^2 \geq 0,60$  para aceita\u00e7\u00e3o do modelo. A compara\u00e7\u00e3o entre os ciclos foi realizada pelo teste F, que \u00e9 conclusivo para dois fatores (BANZATTO e KRONKA, 2006) admitindo-se erro de at\u00e9 5% de probabilidade. Foram tamb\u00e9m calculados os coeficientes de correla\u00e7\u00e3o linear de Pearson; e suas signific\u00e2ncias, testadas pelo teste t, a 5% de probabilidade, visando evidenciar o n\u00edvel de associa\u00e7\u00e3o entre os \u00edndices de clorofila e teores relativos de clorofila. As an\u00e1lises estat\u00edsticas foram realizadas nos softwares SAS<sup>®</sup> University Edition.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. Teores foliares de nutrientes

De acordo com a Tabela 6, verifica-se que o teor de  $Ca_{folha}$  não foi afetado pelos fatores estudados, seja pela interação entre estes, seja pelas doses de N e K isoladamente. Entretanto, observando-se os efeitos isolados, verifica-se ajuste linear para as doses de N no teor de  $N_{folha}$  e  $K_{folha}$ , para o ciclo 1. Houve ajuste quadrático para as doses de K no teor de  $N_{folha}$  e  $P_{folha}$ ; e ajuste linear no teor de Mg folha, para o ciclo 1. No 2º ciclo de produção houve ajuste quadrático para as doses de K no teor de  $P_{folha}$  e  $Mg_{folha}$ .

A relação N/Ca e N/Mg não foram afetados pelos fatores estudados, seja pela interação entre estes, seja pelas doses de N e K isoladamente. Analisando os efeitos isolados, observa-se que não houve efeito de ciclo para a relação N/K e K/Ca. Houve ajuste linear em função das doses de N e também linear em função das doses de K para a relação K/N e K/Mg no 1º ciclo de produção. Já no 2º ciclo de produção, houve ajuste quadrático em função das doses de K para a relação K/Mg (Tabela 7).

**Tabela 6.** Resumo das análises de variância e valores médios para os teores foliares de nitrogênio (Nfolha), fósforo (Pfolha), potássio (Kfolha), cálcio (Cafolha) e magnésio (Mgfolha) de bananeira cv. Vitória em dois ciclos (C) e quanto a combinação entre doses de nitrogênio e potássio utilizando a matriz de Pan Puebla III. Areia, PB, 2019

FV	GL	QUADRADO MÉDIO				
		Nfolha	Pfolha	Kfolha	Cafolha	Mgfolha
Bloco	3	100,4721*	0,1264 <sup>ns</sup>	96,0966 <sup>ns</sup>	85,4828 <sup>ns</sup>	0,4299 <sup>ns</sup>
Ciclo (C)	1	94,1126*	0,0081 <sup>ns</sup>	32,0621 <sup>ns</sup>	101,9101 <sup>ns</sup>	0,1117 <sup>ns</sup>
Resíduo (a)	3	6,3178	0,0711	109,9283	18,0673	0,8528
Dose (D)	10	20,2582 <sup>ns</sup>	0,1483 <sup>ns</sup>	48,7241**	3,5003 <sup>ns</sup>	0,6894**
C x D	10	40,4804**	0,2143*	27,7086*	2,7558 <sup>ns</sup>	0,8105**
Resíduo (b)	60	11,9670	0,0971	11,3613	2,1558	0,2014
CVa (%)		10,25	13,47	85,17	65,39	32,75
CVb (%)		14,11	14,20	27,38	22,59	15,91
Regressão						
N-L	1				4,3862 <sup>ns</sup>	
N-Q	1				2,9877 <sup>ns</sup>	
K-L	1				2,4123 <sup>ns</sup>	
K-Q	1				0,0724 <sup>ns</sup>	
N-L x K-L	1				3,1450 <sup>ns</sup>	
Regressão/Ciclo 1						
N-L	1	86,0838**	0,0050 <sup>ns</sup>	381,7243**		0,4669 <sup>ns</sup>
N-Q	1	2,3138 <sup>ns</sup>	0,0001 <sup>ns</sup>	33,5765 <sup>ns</sup>		0,0888 <sup>ns</sup>
K-L	1	77,9775 <sup>ns</sup>	0,1846 <sup>ns</sup>	33,3827 <sup>ns</sup>		1,0475*
K-Q	1	29,3986*	0,4222*	0,5896 <sup>ns</sup>		0,0150 <sup>ns</sup>
N-L x K-L	1	1,3122 <sup>ns</sup>	0,3044 <sup>ns</sup>	8,5596 <sup>ns</sup>		0,1604 <sup>ns</sup>
Regressão/Ciclo 2						
N-L	1	0,0144 <sup>ns</sup>	0,1691 <sup>ns</sup>	26,7720 <sup>ns</sup>		0,6314 <sup>ns</sup>
N-Q	1	33,9352 <sup>ns</sup>	0,1427 <sup>ns</sup>	10,8127 <sup>ns</sup>		0,4781 <sup>ns</sup>
K-L	1	17,8026 <sup>ns</sup>	0,4458*	0,9208 <sup>ns</sup>		0,5106 <sup>ns</sup>
K-Q	1	6,9578 <sup>ns</sup>	0,4229*	33,3352 <sup>ns</sup>		2,7456**
N-L x K-L	1	32,2099 <sup>ns</sup>	0,0341 <sup>ns</sup>	25,5091 <sup>ns</sup>		0,4837 <sup>ns</sup>
Médias						
Ciclo 1		23,49b	1,99a	12,91a	5,42a	2,86a
Ciclo 2		25,56a	1,97a	11,70a	7,57a	2,79a

<sup>ns</sup>, \*\* e \*: não significativo e significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.  
 CVa e CVb = Coeficiente de variação da parcela e da subparcela, respectivamente.  
 Médias seguidas pela mesma letra, entre ciclo, não diferem entre si pelo teste F ( $P \leq 0,05$ ).

**Tabela 7.** Resumo das análises de variância e valores médios para a relação entre os teores foliares de nitrogênio/fósforo (N/P), nitrogênio/potássio (N/K), nitrogênio/Cálcio (N/Ca), nitrogênio/Mg (N/Mg), potássio/nitrogênio (K/N), potássio/Cálcio (K/Ca) e potássio/magnésio (K/Mg), de bananeira cv. Vitória em dois ciclos (C) e quanto a combinação entre doses de nitrogênio e potássio utilizando a matriz de Pan Puebla III. Areia, PB, 2019

FV	GL	QUADRADO MÉDIO						
		N/P	N/K	N/Ca	N/Mg	K/N	K/Ca	K/Mg
Bloco	3	28,7753 <sup>ns</sup>	21,0778 <sup>ns</sup>	99,6637 <sup>ns</sup>	26,5312 <sup>ns</sup>	0,3292 <sup>ns</sup>	9,0600 <sup>ns</sup>	9,8078 <sup>ns</sup>
Ciclo (C)	1	19,1934 <sup>ns</sup>	7,8476 <sup>ns</sup>	129,7117 <sup>ns</sup>	8,8501 <sup>ns</sup>	0,2283 <sup>ns</sup>	48,7717 <sup>ns</sup>	4,3057 <sup>ns</sup>
Resíduo (a)	3	8,4584	14,7188	63,2775	10,3142	0,1563	24,8030	22,6765
Dose (D)	10	7,0547 <sup>ns</sup>	3,8055 <sup>ns</sup>	6,1550 <sup>ns</sup>	8,8501 <sup>ns</sup>	0,0660**	1,0901 <sup>ns</sup>	8,5956**
C x D	10	13,5277 <sup>ns</sup>	3,2556 <sup>ns</sup>	4,8682 <sup>ns</sup>	7,6373 <sup>ns</sup>	0,0691**	1,3279 <sup>ns</sup>	9,1087**
Resíduo (b)	60	9,2951	2,8453	4,9882	3,9858	0,0238	1,2392	2,0805
CVa (%)		22,85	151,04	164,35	35,53	76,03	221,34	103,75
CVb (%)		23,95	66,41	46,15	22,08	29,67	49,48	31,42
Regressão								
N-L	1	32,2323 <sup>ns</sup>	13,7867*	8,0635 <sup>ns</sup>	3,2154 <sup>ns</sup>		6,6190*	
N-Q	1	0,6027 <sup>ns</sup>	4,9876 <sup>ns</sup>	11,4823 <sup>ns</sup>	10,1292 <sup>ns</sup>		0,2497 <sup>ns</sup>	
K-L	1	1,7179 <sup>ns</sup>	2,8802 <sup>ns</sup>	8,3955 <sup>ns</sup>	2,3204 <sup>ns</sup>		0,6260 <sup>ns</sup>	
K-Q	1	0,7531 <sup>ns</sup>	3,6826 <sup>ns</sup>	0,0001 <sup>ns</sup>	11,5300 <sup>ns</sup>		0,2200 <sup>ns</sup>	
N-L x K-L	1	13,2420 <sup>ns</sup>	5,9090 <sup>ns</sup>	2,8637 <sup>ns</sup>	0,2567 <sup>ns</sup>		0,0017 <sup>ns</sup>	
Regressão/Ciclo 1								
N-L	1					0,3018**		63,6375**
N-Q	1					0,0273 <sup>ns</sup>		3,3674 <sup>ns</sup>
K-L	1					0,2371**		21,0355**
K-Q	1					0,0741 <sup>ns</sup>		3,2273 <sup>ns</sup>
N-L x K-L	1					0,0039 <sup>ns</sup>		1,6938 <sup>ns</sup>
Regressão/Ciclo 2								
N-L	1					0,0370 <sup>ns</sup>		0,6473 <sup>ns</sup>
N-Q	1					0,0001 <sup>ns</sup>		4,8597 <sup>ns</sup>
K-L	1					0,0146 <sup>ns</sup>		2,5259 <sup>ns</sup>
K-Q	1					0,0617 <sup>ns</sup>		22,6953**
N-L x K-L	1					0,0054 <sup>ns</sup>		0,6316 <sup>ns</sup>
Ciclo 1		12,26a	2,24a	6,05a	8,73a	0,57a	3,09a	4,81a
Ciclo 2		13,20a	2,84a	3,62b	9,36a	0,47a	1,60a	4,36a

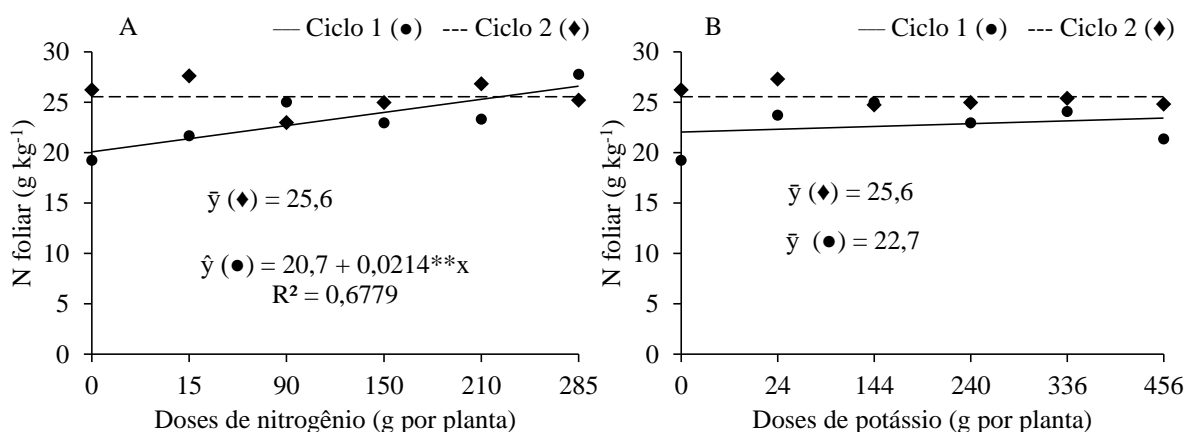
<sup>ns</sup>, \*\* e \*: não significativo e significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

CVa e CVb = Coeficiente de variação da parcela e da subparcela, respectivamente.

Médias seguidas pela mesma letra, entre ciclo, não diferem entre si pelo teste F ( $P \leq 0,05$ ).

### 3.1.1. Teor foliar de nitrogênio

As doses de nitrogênio aplicadas influenciaram de forma linear o teor foliar de nitrogênio no 1º ciclo de produção (Figura 8A). A dose de N que maximiza o N folia foi de 285 g planta<sup>-1</sup> (maior dose estudada). Nessa dose, a concentração de N na folha foi de 26,8 g kg<sup>-1</sup> no estágio de floração, estando dentro da faixa de suficiência (25 a 29 g kg<sup>-1</sup>) proposta por Silva et al. (2002) e Borges et al. (2002) para a genitora Pacovan, acima do intervalo (22 a 24 g kg<sup>-1</sup>) encontrado por Borges e Caldas (2004) para Pacovan, e também acima do intervalo (23,4 a 26,1 g kg<sup>-1</sup>) observado por Borges et al. (2006) para bananeira Pacovan e seus híbridos e do intervalo (22,72 a 23,66 g kg<sup>-1</sup>) encontrado por Santos (2011) para a cv. Vitória, e acima do valor médio (24,5 g kg<sup>-1</sup>) constatado por Borges et al. (2006). Segundo Petri (2015), ocorre incremento nos teores de N foliar do crescimento vegetativo até a emissão da inflorescência, após essa fase há o declínio deste nutriente até a fase de colheita.



**Figura 8.** Teores foliares de nitrogênio (Nfolha) de bananeira cv. Vitória em função de doses de nitrogênio (A) e de potássio (B) no ciclo de produção 1 e 2. \*\*: significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. Areia, PB, 2019.

Melo et al. (2014) verificaram que o aumento de N aplicado pela irrigação aumentou o teor de nitrogênio (33,11g kg<sup>-1</sup>) até a dose de 632,39 kg ha<sup>-1</sup> de N. Fratoni et al. (2017) constataram o mesmo comportamento, sendo o maior valor (43,1 g kg<sup>-1</sup>) obtido na dose de 533

kg ha<sup>-1</sup> de N, concordando o presente estudo em que a dose de 285 g planta<sup>-1</sup> (316,7 kg ha<sup>-1</sup>) promoveu valor de N foliar dentro da faixa de suficiência.

Não houve ajuste dos teores de N foliar em função das doses de K no 1º ciclo de produção, com média de 22,7 g kg<sup>-1</sup> (Figura 8B). Esse valor está abaixo do intervalo apresentando por Silva et al. (2002), Borges et al. (2002) e Borges et al. (2006), porém dentro do intervalo encontrado por Borges e Caldas (2004) e Santos (2011).

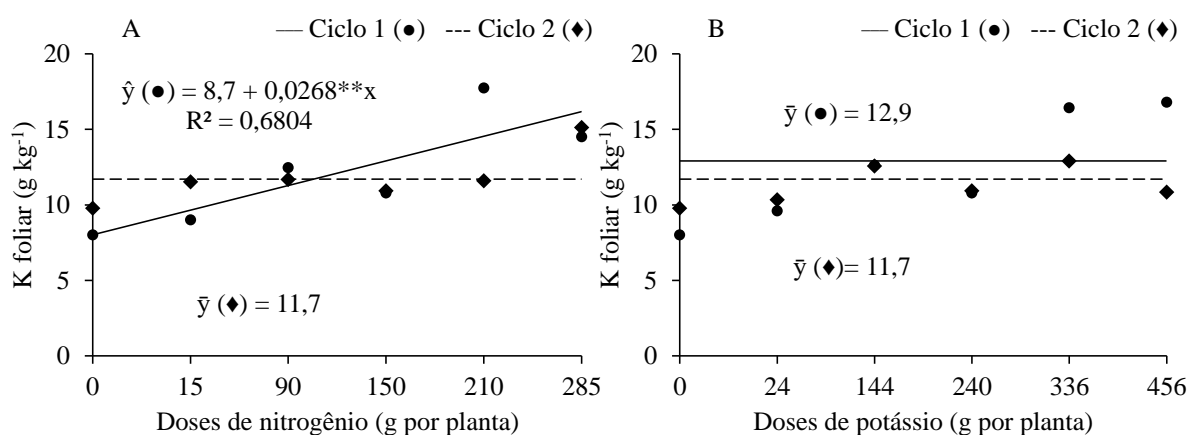
Em relação ao 2º ciclo de produção, os valores de N foliar não se ajustaram a nenhum modelo matemático testado, tanto em função das doses de N quanto de K aplicadas, apresentando média de 25,6 g kg<sup>-1</sup> (Figura 8A e B). Logo, esse valor se encontra dentro da faixa de suficiência proposta por Silva et al. (2002) e Borges et al. (2002) para a genitora Pacovan. Também está dentro do intervalo encontrado por Borges e Caldas (2004) e Borges et al. (2006) para bananeira Pacovan e seus híbridos, e acima dos valores médios constatado por Borges et al. (2006) e por Santos (2011) para a cv. Vitória. Provavelmente, esse fenômeno pode estar relacionado a ciclagem de nitrogênio dos resíduos da bananeira, especialmente do pseudocaule, folhas e rizomas que foram deixados na área experimental, nas entrelinhas das plantas. Para Hoffmann et al. (2010) o retorno dos nutrientes nitrogênio e potássio ao solo por restos culturais foi entre 91 e 121 kg ha<sup>-1</sup> de N e 497 e 305 kg ha<sup>-1</sup> de K para as variedades "Grand Naine" e "Gros Michel", respectivamente. Esse valor pode chegar a 170 kg de N e 303 kg de K ha<sup>-1</sup> ciclo<sup>-1</sup> (Borges e Silva, 2000).

### **3.1.2. Teor foliar de potássio**

As doses de nitrogênio aplicadas influenciaram de forma linear o teor foliar de potássio no 1º ciclo de produção (Figura 9A). A interpretação dos resultados da análise foliar é feita através da comparação com os teores padrões de referência, estabelecidos com base na correlação entre os teores foliares e o desenvolvimento e, ou, produtividade da cultura. Apesar

da possibilidade de extrapolação, o ideal é que os valores de referência sejam adaptados às condições locais, principalmente devido a interferência ambiental nas concentrações foliares (ARANTES, 2014). Assim, os valores de referência quase sempre precisam ser adaptados às condições locais, conforme Bataglia e Dechen (1986).

O teor de potássio foliar constatado foi de  $16,3 \text{ g kg}^{-1}$  no estágio de floração, quando adubado com  $285 \text{ g planta}^{-1}$  (maior dose estudada). Esse teor ( $16,3 \text{ g kg}^{-1}$ ) está abaixo do nível crítico para cultivares de bananeiras do grupo “Prata” (SILVA et al., 2002; BORGES et al., 2002; BORGES e CALDAS, 2004; BORGES et al., 2006; SANTOS, 2011).



**Figura 9.** Teores foliares de potássio (Kfolha) de bananeira cv. Vitória em função de doses de nitrogênio (A) e de potássio (B) no ciclo de produção 1 e 2. \*\*: significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. Areia, PB, 2019.

Na ausência de N, há uma diminuição no conteúdo de K foliar equivalente a 87,35% ( $8,7 \text{ g kg}^{-1}$ ) em relação ao valor máximo encontrado ( $16,3 \text{ g kg}^{-1}$ ). Não houve ajuste dos valores de K foliar em função das doses de N para o 2º ciclo de produção (Figura 9A), apresentando valor médio de  $11,7 \text{ g kg}^{-1}$ , estando esse valor abaixo dos valores encontrados na literatura, conforme autores citados anteriormente. Borges et al. (2006) relatam valores de K foliar variando de  $13,7$  a  $24,2 \text{ g kg}^{-1}$ , para a Pacovan e seus híbridos e a média de  $14,3 \text{ g kg}^{-1}$  para a cv. Vitória, ambos no 2º ciclo de produção. Segundo Melo et al. (2014), os teores de potássio

nas folhas de bananeira 'Prata-Anã' são reduzidos com altas doses de N, fato não observado nesse trabalho com aplicação de até 285 g planta<sup>-1</sup> (316,7 kg ha<sup>-1</sup>).

Em relação as doses de potássio, os valores de K foliar não se ajustaram a nenhuma equação matemática testada, com valores médios de 12,9 e 11,7 g kg<sup>-1</sup>, para o 1º e 2º ciclo de produção respectivamente (Figura 9B). Esses teores (12,9 e 11,7 g kg<sup>-1</sup>) estão abaixo dos valores encontrados na literatura (SILVA et al., 2002; BORGES et al., 2002; BORGES e CALDAS, 2004; BORGES et al., 2006; SANTOS, 2011). Nesse sentido, Silva e Simão (2015) verificaram que as doses de K aplicadas no solo elevaram linearmente o teor foliar de K em bananeira. Outros autores também observaram o mesmo comportamento (SILVA et al., 2003; MOREIRA et al., 2007; RATKE, 2008, MELO et al., 2014; FRATONI et al., 2017).

O K é um elemento-chave na nutrição de banana porque entre outras funções afeta positivamente a fotossíntese, translocação de foto-assimilados e equilíbrio hídrico de plantas e frutos. Quando o suprimento de K não é suficiente, afeta a qualidade e a quantidade da fruta, bem como a resistência da planta às tensões bióticas e abióticas (TEIXEIRA 2005; MOREIRA et al., 2010). Considera-se que a bananeira Vitória alcançou boa qualidade de fruto com os níveis de K foliar observados no presente estudo, conforme verificado no capítulo cinco desse trabalho.

Melo et al. (2014) verificaram que o máximo conteúdo foliar de K (22,13 g kg<sup>-1</sup>) foi obtido até a dose estimada de 700 kg ha<sup>-1</sup> e Fratoni et al. (2017) o conteúdo foliar de 43,49 g kg<sup>-1</sup> de K na dose de 2400 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. Essas doses são muito superiores a dose máxima avaliada no presente estudo (507 kg ha<sup>-1</sup>).

Os valores de K foliar no 1º ciclo de produção, tanto em função de N quanto de K, foram superiores aos observados no 2º ciclo, tendência também verificada por Borges et al. (2006) para Pacovan e seus híbridos, incluindo a cv. Vitória.

Segundo Brochado (2016), a absorção e exportação de nutrientes está intimamente ligada a diversos fatores, o hídrico, o solo, o genético, a região e o manejo nutricional da planta. Portanto, ocasionando certa variação na comparação com outros trabalhos. Nesse sentido, Borges et al. (2006), Silva et al. (2014) e Arantes et al. (2016a) relatam que existem diferenças na eficiência de absorção de nutrientes entre cultivares, concordando com Donato et al. (2010) ao afirmarem que as diferenças podem ocorrer mesmo entre genitores e progênie, como observado por Silva et al. (2014) entre a 'Prata-Anã' e a 'BRS Platina', em que apesar de serem genitora e progênie, diferem quanto à eficiência de absorção, de transporte e de utilização de nutrientes.

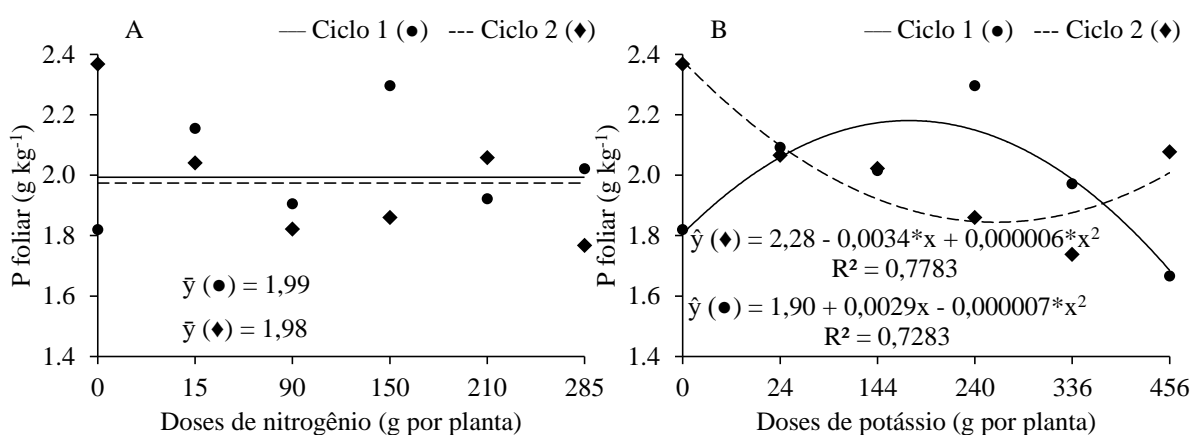
Pode-se inferir que o nível de K foliar encontrado no presente estudo, inferior aos valores reportados na literatura, pode estar relacionado ao fator genético da cv. Vitória e a região de cultivo, corroborando Dechen (1986) e Arantes (2014). Um fenômeno que pode apoiar essa suposição, é que a bananeira Vitória poderá atingir a produtividade de 28,1 e 35,2 t ha<sup>-1</sup>, sob adubação de 245,5 g ha<sup>-1</sup> de N e 507 g ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, no estande de 1.230 e 1.538 plantas, respectivamente (dados apresentados no capítulo III da presente Tese), corroborando com Silva et al. (2011), que verificaram relação bem definida entre o teor de K na folha e a produção da 'Prata Anã'.

Outro fator que pode validar a mesma suposição, é que Borges e Caldas (2004) consideraram cachos com peso superiores a 20 kg como em condições ideais de nutrição. No presente estudo o maior peso de cacho foi de 26 kg na dose de 456 g planta<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O (dados apresentados no capítulo III da presente Tese). Ainda nessa direção, Teixeira et al. (2002) e Damatto Jr. (2005) em trabalhos desenvolvidos nas condições de cultivo do Estado de São Paulo, observaram que o nível crítico (NC) para potássio não foi atingido mesmo com adubação adequada e com plantas apresentando produtividades elevadas.

Um outro fator que pode explicar os menores teores de K foliar nas plantas de bananeira cv. Vitória é o efeito de diluição, tendo em vista que as plantas apresentaram crescimento bastante elevado, principalmente no 2º ciclo de produção (dados apresentados no capítulo I da presente Tese), portanto, podem ter acumulado quantidades maiores de K, mesmo apresentando menores teores desse elemento por unidade de massa seca, concordando com Pcojeski et al. (2015).

### 3.1.3. Teor foliar de fósforo

Os valores de P foliar em função das doses de N não se ajustaram a nenhum modelo matemático testado, para os dois ciclos de produção, apresentando valores médios de 1,99 e 1,98 g kg<sup>-1</sup> (Figura 10A). Esses teores (1,99 e 1,98 g kg<sup>-1</sup>) estão dentro da faixa de suficiência para cultivares de bananeira do grupo “Prata” (SILVA et al., 2002; BORGES et al., 2002; BORGES e CALDAS, 2004) e superior ao intervalo de suficiência (1,0 a 1,5 g kg<sup>-1</sup>) observado por Borges et al. (2006). Para a cv. Vitória, especificamente, esses teores estão no intervalo de suficiência (1,71 a 2,69 g kg<sup>-1</sup>) encontrado por Santos (2011) e superior ao valor médio (1,4 g kg<sup>-1</sup>) constatado por Borges et al. (2006).



**Figura 10.** Teores foliares de fósforo (Pfolha) de bananeira cv. Vitória em função de doses de nitrogênio (A) e de potássio (B) no ciclo de produção 1 e 2. \*: significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. Areia, PB, 2019.

Relatos sobre a diminuição do teor de fósforo com aplicações de doses crescentes de N são encontrados na literatura (SPIRONELLO et al., 2004; SILVA et al., 2012; OLIVEIRA et al., 2015), justificando-se a diminuição pelo efeito diluição. Por outro lado, Fratoni et al. (2017) verificaram que doses de N (267 e 533 g kg<sup>-1</sup>) não influenciaram o conteúdo foliar de P.

As doses de potássio aplicadas influenciaram de forma quadrática o teor de P foliar nos dois ciclos de produção avaliados (Figura 10B). No 1º ciclo, o teor máximo (2,2 g kg<sup>-1</sup>) de P foi obtido na dose de 207 g planta<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, ficando dentro do intervalo (1,71 a 2,69 g kg<sup>-1</sup>) para a cv. Vitória (SANTOS, 2011), e acima do intervalo (1,4 a 1,9 g kg<sup>-1</sup>) (SILVA et al., 2002; BORGES et al., 2002; BORGES e CALDAS, 2004; BORGES et al., 2006).

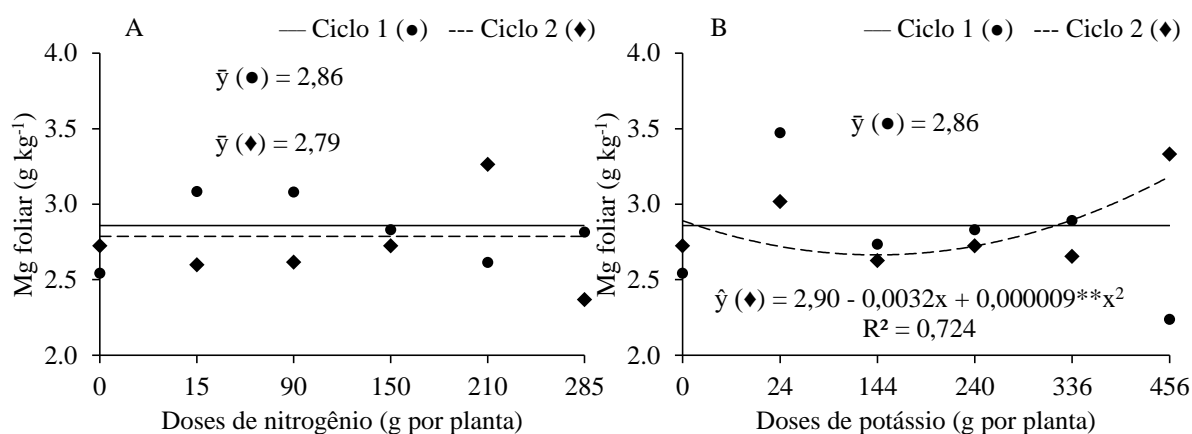
Vê-se na figura 10B que, embora o teor de P foliar (1,8 g kg<sup>-1</sup>) tenha ponto de mínima na dose de 283 g planta<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, o seu teor foliar encontra-se na faixa de suficiência (1,4 a 2,69 g kg<sup>-1</sup>) (SILVA et al., 2002; BORGES et al., 2002; BORGES e CALDAS, 2004; SANTOS, 2011).

De maneira geral a bananeira apresenta valores de P foliar considerados baixos em comparação a outras fruteiras como o limoeiro (ROZANE et al., 2007) e videiras (TEIXEIRA et al., 2015). Apesar disso, resultam do fato do P ser apenas o sexto macronutriente inorgânico requerido pela bananeira (BORGES & CRISOSTOMO, 2014). Embora a exigência de fósforo seja baixa, a baixa disponibilidade de P afeta diretamente a ativação de algumas enzimas do ciclo de Calvin e pode provocar alterações na fotossíntese. O P por atuar como agente formador da molécula de ATP, vital no processo metabólico, a sua baixa produção afetará diretamente o crescimento dos vegetais (BUCHANAN et al., 2015).

#### **3.1.4. Teor foliar de magnésio**

Os valores de Mg foliar em função das doses de N não se ajustaram a nenhum modelo matemático testado, para os dois ciclos de produção (Figura 11A), apresentando valor médio

de 2,86 e 2,79 g kg<sup>-1</sup>, para o 1º e 2º ciclo, respectivamente. Esses valores estão abaixo da faixa de suficiência (3,1 a 6,9 g kg<sup>-1</sup>) para cultivares de bananeira do grupo “Prata” (SILVA et al., 2002; BORGES et al., 2002; BORGES e CALDAS, 2004). Porém, para a cv. Vitória, em especial, esses valores estão dentro do intervalo de suficiência (2,0 a 3,0 g kg<sup>-1</sup>) encontrado por Santos (2011) e inferior ao valor médio (1º ciclo-3,1 e 2º ciclo-3,7 g kg<sup>-1</sup>) constatado por Borges et al. (2006). Nessa direção, Melo et al. (2014) verificaram que os teores de magnésio nas folhas de bananeira 'Prata-Anã' são reduzidos com altas doses de N.



**Figura 11.** Teores foliares de magnésio (Mgfolha) de bananeira cv. Vitória em função de doses de nitrogênio (A) e de potássio (B) no ciclo de produção 1 e 2. \*\*: significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. Areia, PB, 2019.

Em relação às doses de potássio, os valores de Mg foliar no 1º ciclo de produção não se ajustaram a nenhum modelo matemático testado, apresentando média de 2,86 g kg<sup>-1</sup> (Figura 11B). Nessa direção, alguns autores relatam que aumento na dose de K causa diminuição no teor de Mg foliar, a exemplo de Barroso et al. (2011), Melo et al. (2014), Silva e Simão (2015), Silva e Trevizam (2015), Fratoni et al. (2017), Rhodesa; Milesa e Hughesb (2018). Esse fenômeno ocorre devido ao efeito antagonista entre esses nutrientes, conforme relatado por

Marschner (2012), Vitti; Lima e Cicarone (2006), Melo et al. (2014) e Rhodes; Milesa e Hughesb (2018).

Já no 2º ciclo de produção, o teor de Mg foliar apresentou pequeno decréscimo até a dose de 178 g planta<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O (Figura 11B), com valor de 2,6 g kg<sup>-1</sup>, sendo que a partir dessa dose houve acréscimo acentuado no teor de Mg foliar, com valor de 3,3 g kg<sup>-1</sup> na dose máxima aplicada (456 g planta<sup>-1</sup>), discordando dos autores citados anteriormente.

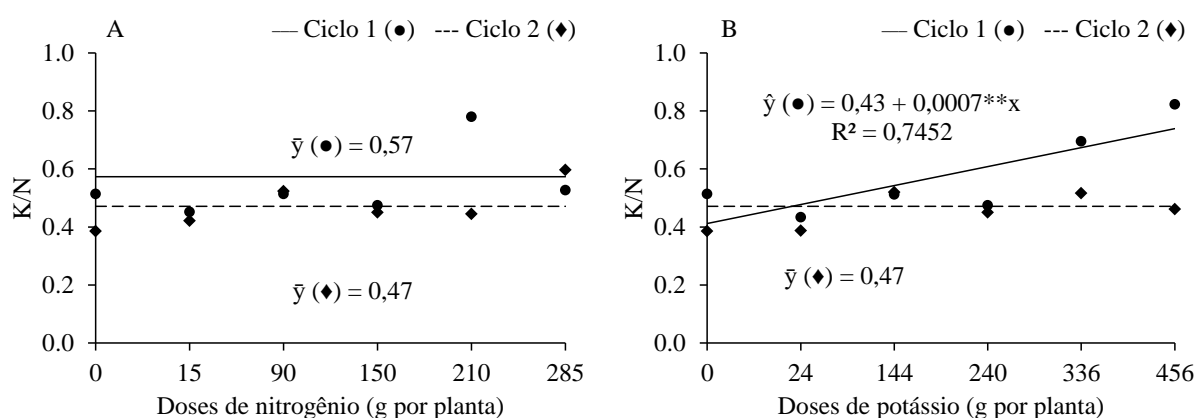
O teor de Mg foliar (2,6 g kg<sup>-1</sup>) encontra-se abaixo da faixa de suficiência (3,1 a 6,9 g kg<sup>-1</sup>) para cultivares de bananeira do grupo “Prata” (SILVA et al., 2002; BORGES et al., 2002; BORGES e CALDAS, 2004; BORGES et al., 2006) e dentro do intervalo de suficiência (2,0 a 3,0 g kg<sup>-1</sup>) encontrado por Santos (2011) para a cv. Vitória.

Um fator que pode explicar os níveis de Mg foliar nas plantas de bananeira cv. Vitória encontrados no presente estudo é o efeito de diluição, tendo em vista que as plantas apresentaram crescimento bastante elevado, principalmente no 2º ciclo de produção (dados apresentados no capítulo I da presente Tese); portanto, podem ter acumulado quantidades maiores de Mg, mesmo apresentando menores teores desse elemento por unidade de massa seca, concordando com Rosolem (2005) e Silva e Trevizam (2015).

Salienta-se que dentre as principais funções do Mg nas plantas destaca-se a sua participação como ativador enzimático. Quase todas as enzimas fosforilativas, tanto de incorporação como de transferência do P inorgânico, dependem da presença de Mg, que é capaz de formar uma ponte entre o ATP e/ou AdP e a molécula da enzima. Essa transferência de energia é fundamental para os processos de fotossíntese, respiração, reações de síntese de compostos orgânicos, absorção iônica e trabalho mecânico, como a expansão radicular (MALAVOLTA, 2006; PRADO, 2008; MARSCHNER, 2012).

### 3.1.5. Relação entre teor foliar de K/N, K/Mg e K/Ca

Os valores da relação K/N na folha, em função das doses de N aplicadas para os dois ciclos de produção (Figura 12A), e em função de K para o 2º ciclo (Figura 12B), não se ajustaram a nenhum modelo matemático testado, apresentando valor médio de 0,57 e 0,47, para o 1º e 2º ciclo, respectivamente. Já as doses de K no 1º ciclo de produção, influenciaram linearmente os valores da relação K/N na folha (Figura 12B), com valor de 0,75 na dose máxima aplicada (456 g kg<sup>-1</sup>).



**Figura 12.** Relação entre os teores foliares de potássio e nitrogênio (K/N) de bananeira cv. Vitória em função de doses de nitrogênio (A) e de potássio (B) no ciclo de produção 1 e 2. \*\*: significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. Areia, PB, 2019.

Teixeira; Natale e Martins (2007) verificaram que embora a durabilidade foliar não tenha sido afetada, apresentando IDF sempre superior a 70%, independentemente dos tratamentos, a relação K/N na folha-índice da bananeira Nanicão sob aplicação de doses de nitrogênio (350 kg de N ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>) e de potássio (400 kg de K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>) ficou aquém de 1,4. Segundo Teixeira et al. (2001), a relação K/N de 1,4 na folha-índice da bananeira determinaria maior durabilidade foliar devido ao equilíbrio nutricional em relação a estes nutrientes.

No presente estudo os valores da relação K/N (0,47; 0,57 e 0,75) estão abaixo do valor proposto por Teixeira et al. (2001), sendo que a maior durabilidade foliar foi de 49 e 57,8%,

para o 1º ciclo e 2º ciclo de produção, respectivamente (dados apresentados no capítulo II da presente Tese).

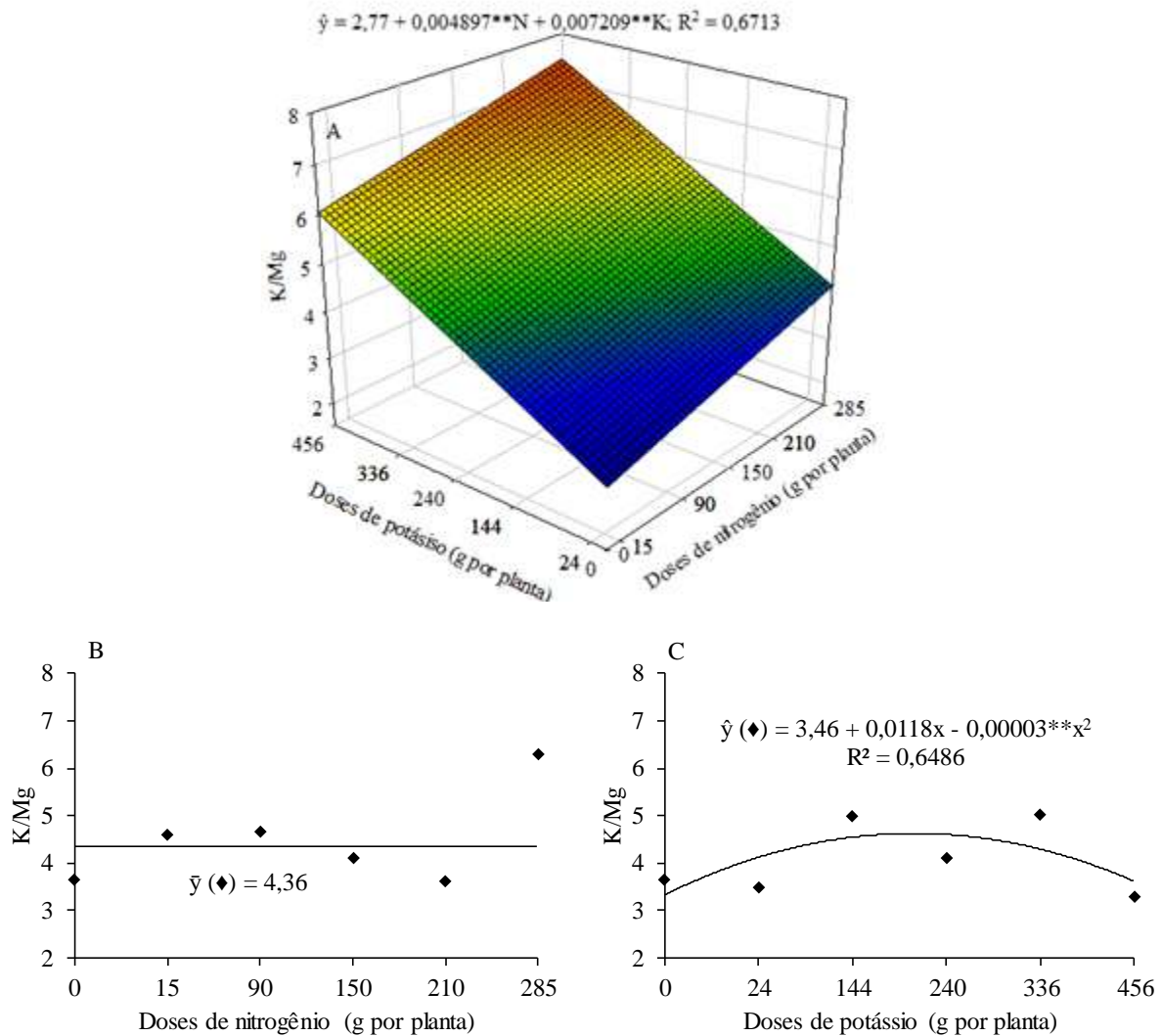
A baixa relação K/N ocorrendo na pesquisa em questão é explicada pela baixa concentração de K foliar, que está em nível inferior aos valores encontrados na literatura, por sua vez, o teor de N foliar está dentro do intervalo apresentado na literatura (SILVA et al., 2002; BORGES et al., 2002; BORGES & CALDAS, 2004; BORGES et al., 2006 & SANTOS, 2011), fato que levou a relação K/N para valores menores.

Silva e Carvalho (2005) verificaram que o teor foliar de N na bananeira ‘Prata Anã’ se correlacionou negativamente com o teor foliar de K, em função da competição entre  $K^+$  e  $NH_4^+$ . Contudo, isso não se aplica para a situação em que se utiliza a ureia como fonte de N, pois segundo Silva, Pereira e Rodrigues (2012) a ureia foi mais eficiente para elevar a produção da bananeira em relação ao sulfato de amônio, nitrato de amônio e nitrato de cálcio.

As doses de N aplicadas influenciaram de maneira linear o valor da relação K/Mg no 1º ciclo de produção, obtendo maior valor estimado (4,16) na dose de 285 g planta<sup>-1</sup> de N (Figura 13A). Não houve ajuste dos valores da relação K/Mg na folha a nenhum modelo matemático testado, em função das doses de N aplicadas, para o 2º ciclo de produção, apresentando valor médio de 4,36 (Figura 13B). Esses valores (4,36 e 4,16) são inferiores à faixa ideal (8,1 a 11,4), sugerida por Borges e Oliveira (2000).

Para as doses de K aplicadas, os valores da relação K/Mg na folha foram influenciadas de forma linear e quadrática, para o 1º (Figura 13A) e 2º (Figura 13C) ciclo de produção respectivamente. No 1º ciclo, o maior valor da relação K/Mg (6,05) foi obtida na dose máxima de K<sub>2</sub>O aplicada (456 g planta<sup>-1</sup>), sendo esse valor mais próximo da faixa ideal (8,1 a 11,4), sugerida por Borges e Oliveira (2000). Já no 2º ciclo, a relação K/Mg foi elevada até a dose de 197 g planta<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, atingindo valor máximo de 4,6.

Ao derivar a equação matemática em função das doses combinadas de 285 g planta<sup>-1</sup> de N e 456 g planta<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O no 2º ciclo de produção (Figura 13A), tem-se o valor estimado de 7,45, com acréscimo de 168,95% em relação ao tratamento sem adubação com nitrogênio e potássio, com incremento de 2,77 para cada aumento unitário do nível de N e K.

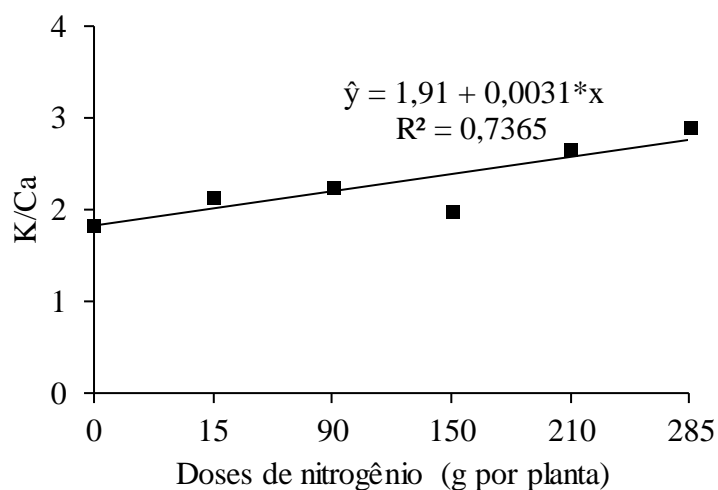


**Figura 13.** Relação entre os teores foliares de potássio e magnésio (K/Mg) de bananeira cv. Vitória em função de doses de nitrogênio e de potássio no ciclo de produção 1 (A) e 2 (B e C). \*\*: significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. Areia, PB, 2019.

A relação entre as concentrações foliares de K e Mg pode indicar a ocorrência de um desequilíbrio conhecido como “azul-da-bananeira”. Teores de K/Mg (g kg<sup>-1</sup>) maiores que 14,7 foram associados ao “azul-da bananeira” em Santa Catarina por Lichtemberg e Malburg (1983),

também relatado por Borges et al. (1999). Os valores de K/Mg (4,16; 4,36; 4,6; 6,05 e 7,45) encontrados nesse trabalho estão abaixo do limite crítico para o “azul-da-bananeira” e também são inferiores à faixa ideal (8,1 a 11,4), sugerida por Borges e Oliveira (2000).

Na Figura 14, observa-se que a relação K/Ca na folha foi influenciada de forma linear pelas doses de N aplicadas, sendo o maior valor (2,8) promovido pela dose de 285 g planta<sup>-1</sup>. Salienta-se que o valor médio de Ca foliar (5,42 Ca kg<sup>-1</sup>) encontrado nesse trabalho, para o 1º ciclo de produção, está abaixo da faixa de suficiência (6,3-7,3 g de Ca kg<sup>-1</sup>) (BORGES et al., 2002; SILVA et al., 2002; BORGES e CALDAS, 2004), porém está dentro do intervalo de suficiência (4,34 a 5,8 g de Ca kg<sup>-1</sup>) encontrado por Santos (2011) para cv. Vitória. Já o valor médio de Ca foliar (7,57 g de Ca kg<sup>-1</sup>) encontrado no 2º ciclo, está acima do intervalo apresentado pelos autores citados anteriormente.



**Figura 14.** Relação entre os teores foliares de potássio e cálcio (K/Ca) de bananeira cv. Vitória em função de doses de nitrogênio no ciclo de produção 1 e 2. \*: significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. Areia, PB, 2019.

Relação equilibrada entre os cátions K-Ca-Mg (55% a 61% para K; 20% a 27% para Ca e 18% a 20% para Mg da somatória da concentração dos cátions na folha 3), para a cultura da bananeira, é importante a fim de garantir a nutrição adequada destes nutrientes (BORGES, 2004; GODOY et al., 2006).

Assim, a partir dos valores médios de K (12,91 g kg<sup>-1</sup>), Ca (5,42 g kg<sup>-1</sup>) e Mg (2,86 g kg<sup>-1</sup>) encontrados no presente trabalho, verifica-se a relação entre os cátions de 60,9% de K, 25,6 % de Ca e 13,5% de Mg da soma de K + Ca + Mg (21,19 g kg<sup>-1</sup>), encontrada na folha de bananeira ‘Vitória’ no 1º ciclo. A relação de 53% para K, 34,3% para Ca e 12,6% para Mg foi observada no 2º ciclo de produção, a partir dos valores médios de K (11,7 g kg<sup>-1</sup>), Ca (5,57 g kg<sup>-1</sup>) e Mg (2,79 g kg<sup>-1</sup>).

Logo, o valor de K (12,91 g kg<sup>-1</sup>) e Ca (5,42 g kg<sup>-1</sup>), na relação entre os cátions no 1º ciclo, estão dentro do intervalo (55% a 61% para K e 20% a 27% para Ca) (BORGES, 2004; GODOY et al., 2006). No 2º ciclo, o valor de Ca (34,3%) está acima e o de K (53%) abaixo do intervalo proposto pelos autores anteriormente citados. Já os valores de Mg (13,5% e 12,6%), no 1º e 2º ciclo respectivamente, estão abaixo desse intervalo.

### 3.2. Trocas gasosas

De acordo com a Tabela 8, verifica-se que *A* não foi afetada pelos fatores estudados, seja pela interação entre estes, seja pelas doses de N e K isoladamente. Entretanto, observando-se os efeitos isolados, verifica-se ajuste quadrático para as doses de N na *EiC* no 1º ciclo de produção e ajuste linear na *E*, *Ci* e *EUA*, no 2º ciclo de produção; para *gs* o ajuste deu-se de forma linear e sem efeito do ciclo de produção. Não obstante, para *Ci* houve ajuste para doses de K, de forma linear, no 2º ciclo de produção. Salienta-se que o efeito do N sobre *E*, *EUA* e *EiC* não será representado graficamente, haja vista o R<sup>2</sup> ter sido inferior a 0,60.

**Tabela 8.** Resumo das análises de variância e valores médios para assimilação líquida de gás carbônico (A), transpiração (E), condutância estomática (gs), concentração interna de gás carbônico (ci), eficiência no uso da água (EUA) de bananeira cv. Vitória em dois ciclos (C) e quanto a combinação entre doses de nitrogênio e potássio utilizando a matriz de Pan Puebla III. Areia, PB, 2019

FV	GL	QUADRADO MÉDIO					
		A	E	gs	ci	EUA	EiC
Bloco	3	4,3970 <sup>ns</sup>	0,2610 <sup>ns</sup>	1.940,1875 <sup>ns</sup>	127,5282 <sup>ns</sup>	2,4730 <sup>ns</sup>	0,0082 <sup>ns</sup>
Ciclo (C)	1	17,1816 <sup>ns</sup>	7,9251**	1.302,3916 <sup>ns</sup>	2.977,3618**	25,4278**	0,1034*
Resíduo (a)	3	3,7105	0,1418	1.000,5687	41,5681	0,4475	0,0088
Dose (D)	10	2,9766 <sup>ns</sup>	0,2266	2.732,0229 <sup>ns</sup>	282,9927*	1,9960 <sup>ns</sup>	0,0068 <sup>ns</sup>
C x D	10	3,6035 <sup>ns</sup>	0,3480 <sup>ns</sup>	2.941,6169 <sup>ns</sup>	220,0616 <sup>ns</sup>	2,0374 <sup>ns</sup>	0,0084 <sup>ns</sup>
Resíduo (b)	60	2,6273	0,2213	1.728,3034	135,0015	1,6111	0,0064
CVa (%)		33,92	15,06	16,81	2,90	12,60	16,26
CVb (%)		13,26	18,82	22,09	5,23	23,90	14,55
Regressão							
N-L	1	4,5076 <sup>ns</sup>		9.876,1223*			
N-Q	1	7,4189 <sup>ns</sup>		168,5309 <sup>ns</sup>			
K-L	1	0,5840 <sup>ns</sup>		3.527,7609 <sup>ns</sup>			
K-Q	1	1,2901 <sup>ns</sup>		0,0523 <sup>ns</sup>			
N-L x K-L	1	0,0035 <sup>ns</sup>		1.121,9732 <sup>ns</sup>			
Regressão/Ciclo 1							
N-L	1		0,0851 <sup>ns</sup>		103,1388 <sup>ns</sup>	0,1211 <sup>ns</sup>	0,0036 <sup>ns</sup>
N-Q	1		0,1516 <sup>ns</sup>		67,0909 <sup>ns</sup>	1,9818 <sup>ns</sup>	0,0491**
K-L	1		0,7489 <sup>ns</sup>		182,8167 <sup>ns</sup>	2,9659 <sup>ns</sup>	0,0000 <sup>ns</sup>
K-Q	1		0,0114 <sup>ns</sup>		0,0172 <sup>ns</sup>	0,3023 <sup>ns</sup>	0,0140 <sup>ns</sup>
N-L x K-L	1		0,7445 <sup>ns</sup>		36,6111 <sup>ns</sup>	0,8687 <sup>ns</sup>	0,0003 <sup>ns</sup>
Regressão/Ciclo 2							
N-L	1		1,0414*		1.645,2691**	12,6588**	0,0020 <sup>ns</sup>
N-Q	1		0,0002 <sup>ns</sup>		14,1882 <sup>ns</sup>	1,9448 <sup>ns</sup>	0,0000 <sup>ns</sup>
K-L	1		0,0090 <sup>ns</sup>		582,4949*	3,1725 <sup>ns</sup>	0,0018 <sup>ns</sup>
K-Q	1		0,1136 <sup>ns</sup>		144,0055 <sup>ns</sup>	0,1423 <sup>ns</sup>	0,0000 <sup>ns</sup>
N-L x K-L	1		0,0025 <sup>ns</sup>		296,2109 <sup>ns</sup>	0,4250 <sup>ns</sup>	0,0023 <sup>ns</sup>
Médias							
Ciclo 1		12,66a	2,80a	184,35a	216,22b	4,77b	0,059a
Ciclo 2		11,78a	2,20b	192,04a	227,89a	5,85a	0,052b

<sup>ns</sup>, \*\* e \* - não significativo e significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

CVa e CVb = Coeficiente de variação da parcela e da subparcela, respectivamente.

Médias seguidas pela mesma letra, entre ciclo, não diferem entre si pelo teste F ( $P \leq 0,05$ ).

Ainda baseado na Tabela 8, verifica-se que a *A* apresentou média de 12,66 e 11,78 [ $\mu\text{mol de } (\text{CO}_2) \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ], para o 1º e 2º ciclo, respectivamente, não havendo diferença estatística ( $p \leq 0,05$ ); enquanto que a *E*, *EUA* e *EiC* apresentaram médias de 2,80 e 2,20 [ $\text{mmol } (\text{H}_2\text{O}) \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ]; 4,77 e 5,85 [ $\mu\text{mol de } (\text{CO}_2) \text{ mmol}^{-1} \text{ de } (\text{H}_2\text{O})$ ] e 0,059 e 0,052 [ $\text{mol}^{-1} (\text{ar}) \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ], para o 1º e 2º ciclo, respectivamente, havendo diferença estatística entre ciclo ( $P \leq 0,05$ ).

Em bananeiras, valores de trocas gasosas variam entre 12,7 a 27,10  $\mu\text{mol de } \text{CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  (taxa de fotossíntese - *A*); 2,27 a 10,11  $\text{mmol de } \text{HO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  (transpiração - *E*); 2,61 a 6,81  $\mu\text{mol de } \text{CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1} / (\text{mmol de } \text{HO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1})^{-1}$  (eficiência instantânea de uso da água - *A/E*); 0,067 a 0,13  $\mu\text{mol de } \text{CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1} / \mu\text{mol de } \text{CO}_2 \text{ mol}^{-1}$  (eficiência de carboxilação - *A/Ci*) (CAYÓN SALINAS, 2004; ARANTES et al., 2018; RAMOS et al., 2018) e 300 a 1,01  $\text{mmol de } \text{HO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  (condutância estomática - *g<sub>s</sub>*) (ARANTES et al., 2018; RAMOS et al., 2018).

Na presente pesquisa, os valores registrados para *A* (12,66 e 11,78  $\text{mmol de } \text{HO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), *E* (2,81 e 2,20  $\text{mmol de } \text{HO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), *EUA* (4,77 e 5,85 [ $\mu\text{mol de } \text{CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1} / (\text{mmol de } \text{HO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1})$ ]) e *EiC* (0,059 e 0,052 [ $\text{mol}^{-1} (\text{ar}) \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ]) na cv. Vitória, para o 1º e 2º ciclo respectivamente, estão dentro do intervalo de valores relatados pela literatura (CAYÓN SALINAS, 2004; ARANTES et al., 2018; RAMOS et al., 2018). Neste contexto, as plantas de bananeira cv. Vitória apresentaram eficiência no processo fisiológico.

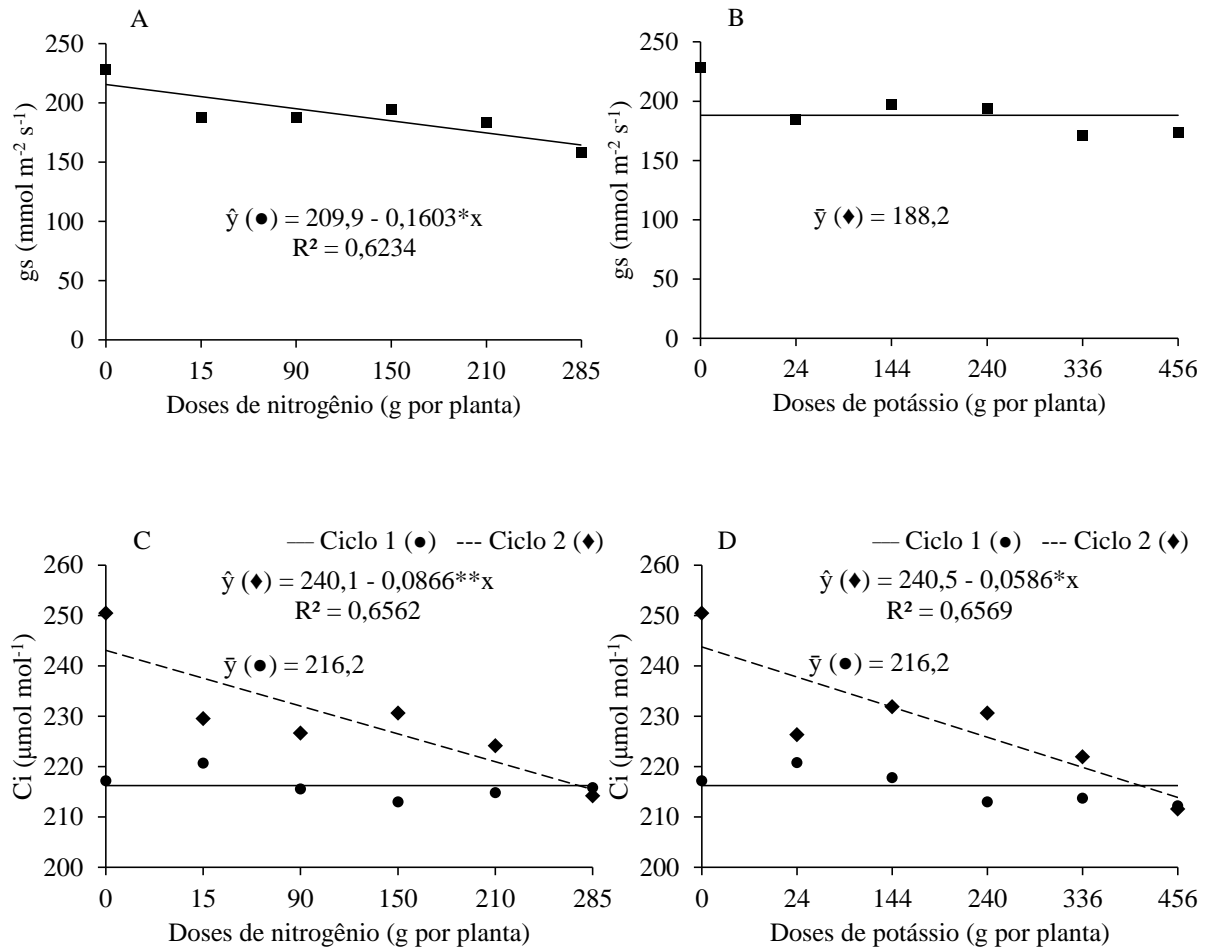
Para Ramos et al. (2018), as características fisiológicas podem variar, dentre outros fatores, em função dos genótipos, independentemente de períodos e tempo de avaliação. Nesse sentido, Turner et al. (2007) sugerem que bananeiras apresentam taxas médias de fotossíntese acima da maioria das plantas  $\text{C}_3$ , com valores de até 35  $\mu\text{mol de } \text{CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ . Na maioria das plantas  $\text{C}_3$  as taxas fotossintéticas variam entre 10 e 20  $\mu\text{mol de } \text{CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  (RAVEN; EVERT e EICHHORN, 2001, TAIZ et al., 2017).

Na Figura 15A, observa-se que o valor da condutância estomática (*g<sub>s</sub>*) diminuiu em função das doses crescentes de N, sendo o menor valor (164,2  $\text{mmol de } \text{H}_2\text{O} \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) obtido na

dose estima de 285 g planta<sup>-1</sup> de N abaixo do intervalo de valores (300 a 1010 mmol de H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) registrados na literatura (ARANTES et al., 2018; RAMOS et al., 2018). Esse valor representa decréscimo de 27,83% em relação ao valor (209,9 mmol de H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) obtido no tratamento sem aplicação de nitrogênio. Esse comportamento indica que a planta aumentou a resistência estomática.

Em relação as doses de K (Figura 15B), os dados não se ajustaram a nenhum modelo matemático, com média de 188,2 mmol de H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>. Tanto esse valor (188,2 mmol de H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>), quanto o valor (209,9 mmol de H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) apresentado pelo tratamento controle (sem adubação com N e K), também estão abaixo do intervalo de valores relatados pelos autores citados anteriormente.

Os estômatos desempenham um papel importante na função foliar, controlando Absorção de CO<sub>2</sub> e perda de H<sub>2</sub>O via mudanças na abertura estomática (PANTIN et al., 2012), de forma que valores elevados de condutância estomática explica alta taxa de transpiração, principalmente em período de maior temperatura ambiente, como uma estratégia evolutiva da planta para trocar calor (SANTOS et al., 2017). O fechamento estômato diminui a perda de água, mas afeta a dinâmica de absorção de nutrientes, uma vez que estes são absorvidos da solução do solo (TAIZ e ZEIGER, 2013). Existe alta correlação positiva entre a taxa de fotossíntese (*A*) e condutância estomática (*g<sub>s</sub>*) (MELO et al., 2009, SANTOS et al., 2017; MARQUES et al. 2018). Segundo Robinson e Galán Saúco (2012), a temperatura média ótima para a fotossíntese líquida da bananeira é de 27 °C. Logo, a temperatura média anual no período de realização do experimento foi de 24,9 e 23,4 °C, para os anos de 2016 e 2017 respectivamente.



**Figura 15.** Condutância estomática ( $g_s$ ) e concentração interna de gás carbônico ( $c_i$ ) de bananeira cv. Vitória em função de doses de nitrogênio (A e C) e de potássio (B e D) no ciclo de produção 1 e 2. \* e \*\*: significativo a 5 e 1% de probabilidades pelo teste F, respectivamente. Areia, PB, 2019.

Utilizando N e K na fertirrigação, Melo et al. (2009) verificaram valores de até 515  $\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$  de  $g_s$  para doses  $580 \text{ kg K}_2\text{O ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ . Os mesmos autores também constataram que os valores de condutância estomática diminuem quando a quantidade de  $\text{K}_2\text{O}$  é reduzida e N é aumentado. Para Marques et al. (2018), esse comportamento evidencia a importância da calibração correta das taxas de N e K para osmorregulação estomática da bananeira, relatando que o excesso de N e ausência de K reduzem a condutância estomática. Logo, os teores foliares de potássio ( $12,9$  a  $11,7 \text{ g kg}^{-1}$ ) abaixo dos valores encontrados na literatura (SILVA et al., 2002; BORGES et al., 2002; BORGES e CALDAS, 2004; BORGES

et al., 2006; SANTOS, 2011) para o presente trabalho, podem justificar os níveis baixos de condutância estomática ( $164,2$  e  $188,2$   $\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) na bananeira ‘Vitória’.

Na Figura 15C e D, observa-se que os valores de concentração interna de gás carbônico ( $C_i$ ) no 1º ciclo de produção, tanto em função das doses de N quanto das doses de K, não se ajustaram a nenhum modelo matemático, apresentando média de  $216,2$   $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1}$ . Contudo, o valor de  $C_i$  diminuiu em função das doses de N e de K no 2º ciclo de produção, sendo os menores valores ( $215,4$  e  $213,8$   $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1}$ ) obtidos na dose estimada de  $285$   $\text{g planta}^{-1}$  de N e  $456$   $\text{g planta}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ , respectivamente. Esses valores representam decréscimo de  $11,47$  e  $12,48\%$  na  $C_i$ , em função de N e K, quando comparados ao valor obtido no tratamento sem aplicação de N e K com valores de  $240,1$  e  $240,5$   $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1}$ , respectivamente; e são próximos a média encontrada no 1º ciclo de produção ( $216,2$   $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1}$ ). Todos os valores de  $C_i$  encontrados nesse trabalho estão dentro do intervalo ( $213,55$  a  $232,53$   $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1}$ ) apresentado por Ramos et al. (2018).

Para Melo et al. (2009), a concentração interna de carbono ( $C_i$ ) reflete a disponibilidade de substrato para a fotossíntese e pode indicar se o fechamento estomático está restringindo essa atividade, corroborando o presente estudo em que a condutância estomática (Figura 13A e B) restringiu a  $C_i$  (Figura 15C e D).

Leituras fisiológicas variam com as condições atmosféricas e umidade do solo no momento da medição (LUCENA, 2013; SANTOS et al., 2013; ARANTES et al., 2016b), o que pode não refletir as condições impostas pelos tratamentos. Assim, quaisquer medidas em plantas devem ser comparadas/ajustadas com medições da umidade do solo e de condições atmosféricas (MAHOUACHI et al., 2014).

Para esse trabalho, alguns fatores podem ter influenciado o comportamento das trocas gasosas da bananeira Vitória. Salienta-se que as plantas de bananeira foram conduzidas sob sistema de irrigação por microaspersão durante todo o experimento. Segundo Barbosa (2016),

a irrigação favoreceu a redução da fotossíntese, em que a redução nas trocas gasosas foliares pode ter sido em função da água aplicada, como corroborado por estudos com outras espécies (FLÓREZ-VELASCO et al., 2015).

Nesse mesmo sentido, Santos et al. (2017), observaram que a condutância estomática foi menor nas plantas irrigadas com 50% de ETc em sistema de irrigação fixa. No mesmo sentido, Arantes (2014) constataram que as bananeiras Prata Anã e BRS Platina transpiraram menos e apresentam maior eficiência do uso da água quando irrigadas com sistema de microaspersão. Provavelmente, porque bananeiras irrigadas com sistema por microaspersão apresentaram menor temperatura foliar, reflexo de uma maior refrigeração, ocasionada pela água aspergida no pseudocaule das Plantas.

O aumento da temperatura foliar pode ocorrer a partir do aumento da temperatura ambiente (SANTOS et al., 2017; DONATO et al., 2017), havendo alta correlação positiva entre transpiração ( $E$ ) e temperatura da folha (Tleaf) (LUCENA, 2013; ARANTES et al., 2016; SANTOS et al., 2017; MARQUES et al., 2018) e entre a taxa de fotossíntese ( $A$ ) e condutância estomática ( $g_s$ ) (MELO et al., 2009, SANTOS et al., 2017; MARQUES et al. 2018;). Com o aumento da temperatura foliar existem alterações enzimáticas que levam a alterações na permeabilidade da membrana (TAIZ; ZEIGER, 2013). Por outro lado, existe correlação negativa entre eficiência instantânea do uso da água ( $EUA$ ) e transpiração, entre eficiência instantânea do uso da água e temperatura da folha (LUCENA, 2013; SANTOS et al., 2017; MARQUES et al. 2018).

Para esta pesquisa, as leituras fisiológicas da bananeira no lançamento da inflorescência se concentraram no período de agosto a novembro de 2016, para o 1º ciclo de produção, e no período de maio a agosto de 2017, para o 2º ciclo de produção. Nesse período de análises, a média de umidade relativa do ar e de temperatura média foi de 79,5% e 23,6 °C, respectivamente, para o 1º ciclo; e de 88% e 22,1 °C para o 2º ciclo (Figura 3 e 4). Segundo

Robinson e Galán Saúco (2012), a temperatura média ótima para a fotossíntese líquida da bananeira é de 27 °C. Portanto, infere-se que a temperatura média ocorrida no período de análises, juntamente com a irrigação contribuíram para uma menor temperatura foliar da bananeira, levando a níveis mais baixos de  $A$ ,  $E$ ,  $g_s$ ,  $C_i$  e maior eficiência instantânea do uso da água ( $EUA$ ), concordando com Turner et al. (2007) e Donato et al. (2013).

### **3.3. Índices e teores foliares de clorofila a, b e total**

Houve interação entre N e K apenas para os teores de clorofila a, b e total, no 1º ciclo de produção. Analisando os efeitos isolados, verifica-se que no 1º ciclo de produção houve ajuste linear para as doses de N no índice de clorofila SPAD, ajuste quadrático para o índice de clorofila b ( $I_{clb}$ ) e total ( $I_{clt}$ ), e ajuste quadrático para as doses de K, no índice de clorofila SPAD. Já no 2º ciclo de produção, observa-se ajuste quadrático em função das doses de N para o índice de clorofila a, b, total e SPAD; em função das doses de K houve ajuste linear para o índice de clorofila b e SPAD e ajuste quadrático para o índice de clorofila a e total. Não houve ajuste para a variável  $I_{cla}$  no 1º ciclo, com média de 411,04; e para as variáveis  $C_{clbA}$  e  $C_{cltA}$  no 2º ciclo de produção, apresentando médias de 0,42 e 1,87, respectivamente (Tabela 9).

**Tabela 9.** Resumo das análises de variância e valores médios para índices foliares de clorofila a (Icla), b (Iclb), total (Iclt) e SPAD e teor foliar de clorofila a (CclaA), b (CclbA) e total (CcltA) em folhas de bananeira cv. Vitória em dois ciclos (C) e quanto a combinação entre doses de nitrogênio e potássio utilizando a matriz de Pan Puebla III. Areia, PB, 2019

FV	GL	QUADRADO MÉDIO						
		Icla	Iclb	Iclt	SPAD	CclaA	CclbA	CcltA
Bloco	3	33,1103 <sup>ns</sup>	88,2656 <sup>ns</sup>	212,3209 <sup>ns</sup>	2,6557*	0,0135 <sup>ns</sup>	0,0039 <sup>ns</sup>	0,0258 <sup>ns</sup>
Ciclo (C)	1	30,2735 <sup>ns</sup>	24.041,0000*	25.778,0000*	10,3282 <sup>ns</sup>	0,9189**	0,3250**	2,3631**
Resíduo (a)	3	180,6829	1.351,7216	2.484,7995	5,5047	0,0195	0,0060	0,0313
Dose (D)	10	375,8962 <sup>ns</sup>	681,3770 <sup>ns</sup>	1.932,7493 <sup>ns</sup>	14,0390**	0,0574**	0,0682**	0,2177**
C x D	10	921,0259**	1.369,6295**	4.397,4425**	5,9903*	0,0298 <sup>ns</sup>	0,0485**	0,1301*
Resíduo (b)	60	329,5304	346,7235	1.120,0641	2,7474	0,0153	0,0184	0,0537
CVa (%)		3,27	15,70	7,73	3,66	9,56	16,14	6,97
CVb (%)		4,42	7,95	5,19	2,58	8,47	28,26	9,12
Regressão/Ciclo 1								
N-L	1	303,1750 <sup>ns</sup>	2.025,3295*	3.895,7048 <sup>ns</sup>	29,5897**	0,0717*	0,2491**	0,5966**
N-Q	1	1.009,2549 <sup>ns</sup>	1.699,6028*	5.328,2716*	2,3336 <sup>ns</sup>	0,0911*	0,1556**	0,4914**
K-L	1	555,0632 <sup>ns</sup>	1.433,7844*	3.773,0461 <sup>ns</sup>	36,3449**	0,0744*	0,018 <sup>ns</sup>	0,0191 <sup>ns</sup>
K-Q	1	110,3420 <sup>ns</sup>	335,1532 <sup>ns</sup>	830,1066 <sup>ns</sup>	15,6753*	0,0428 <sup>ns</sup>	0,2195**	0,4631**
N-L x K-L	1	30,1277 <sup>ns</sup>	43,8275 <sup>ns</sup>	1,2800 <sup>ns</sup>	0,8793 <sup>ns</sup>	0,1455**	0,2205**	0,7337**
Regressão/Ciclo 2								
N-L	1	2.977,3448**	4.841,7098**	15.412,5885**	3,6284 <sup>ns</sup>	0,0304 <sup>ns</sup>	0,0035 <sup>ns</sup>	0,0550 <sup>ns</sup>
N-Q	1	2.272,0446*	3.611,9966**	11.613,4802**	28,3642**	0,0520 <sup>ns</sup>	0,0024 <sup>ns</sup>	0,0773 <sup>ns</sup>
K-L	1	251,2544 <sup>ns</sup>	2.812,0375**	4.744,4070*	38,0206**	0,0935*	0,0008 <sup>ns</sup>	0,1123 <sup>ns</sup>
K-Q	1	1.460,3624*	1.008,4941 <sup>ns</sup>	4.896,0087*	5,1714 <sup>ns</sup>	0,0157 <sup>ns</sup>	0,0084 <sup>ns</sup>	0,0476 <sup>ns</sup>
N-L x K-L	1	444,9300 <sup>ns</sup>	540,0970 <sup>ns</sup>	1.965,4457 <sup>ns</sup>	0,1798 <sup>ns</sup>	0,0105 <sup>ns</sup>	0,0049 <sup>ns</sup>	0,0300 <sup>ns</sup>
Ciclo 1		411,04a	250,64a	661,68a	64,47a	1,56a	0,54a	2,11a
Ciclo 2		409,87a	217,58b	627,45b	63,79a	1,35b	0,42b	1,78b

<sup>ns</sup>, \*\* e \*: não significativo e significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

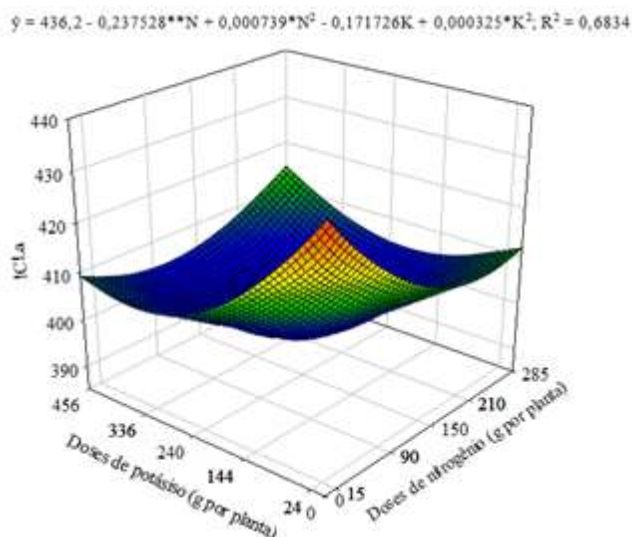
CVa e CVb = Coeficiente de variação da parcela e da subparcela, respectivamente.

Médias seguidas pela mesma letra, entre ciclo, não diferem entre si pelo teste F ( $P \leq 0,05$ ).

Para o 1º ciclo de produção, o índice de clorofila a não foi influenciado pelas doses de N e de K, apresentando média de 411,04. No 2º ciclo de produção, as doses de N influenciaram de maneira quadrática o índice de clorofila a (Figura 16), sendo que o valor diminuiu até a dose de 160,7 g planta<sup>-1</sup> de N, atingindo o valor mínimo estimado de 417,11, nessa ordem, seguido de crescimento acentuado.

Em função das doses de K aplicadas, o índice de clorofila a decresceu de forma quadrática, sendo o valor mínimo atingido de 413,51 na dose de 264,19 g planta<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. Derivando a equação de regressão em função das doses de N e K, observa-se que nas doses

conjuntas estimadas de 160,7 g planta<sup>-1</sup> de N e 264,19 g planta<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O obtém-se o valor de 394,42. Esse valor equivale ao decréscimo de 10,59% em relação ao tratamento sem adubação com N e K (Figura 16).

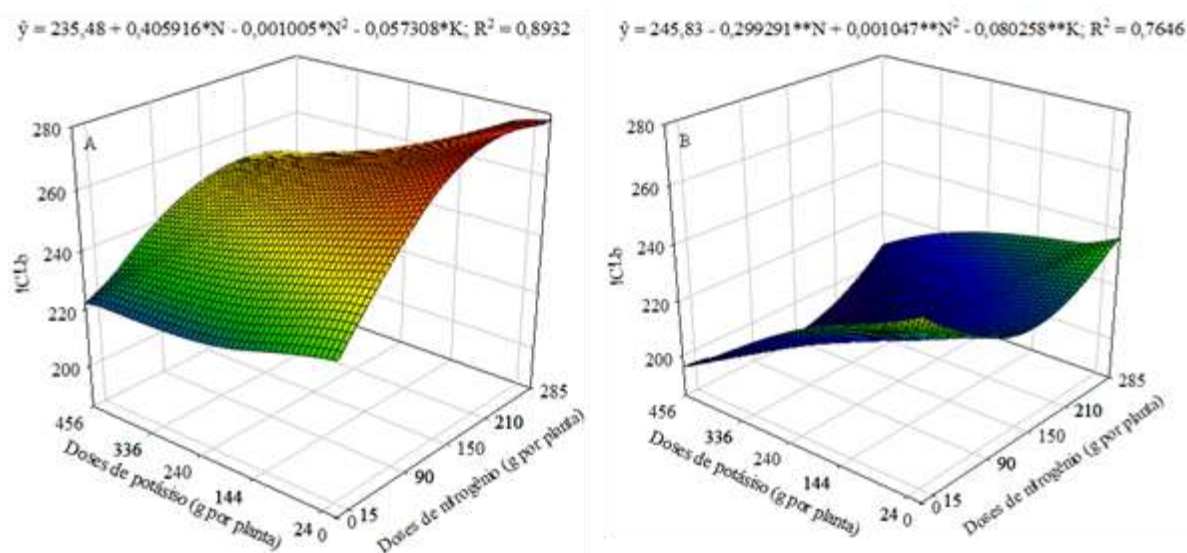


**Figura 16.** Índice foliar de clorofila a (IcLa) em folhas de bananeira cv. Vitória em função de doses de nitrogênio e de potássio no ciclo de produção 2. \* e \*\*: significativo a 5 e 1% de probabilidades pelo teste F, respectivamente. Areia, PB, 2019.

As doses de N influenciaram de forma quadrática o índice de clorofila b (Figura 17A). O maior índice estimado de 276,46 foi obtido na dose de 201,94 g planta<sup>-1</sup> de N. No 2º ciclo de produção também houve influência quadrática sobre o índice de clorofila a (Figura 17B), sendo que o valor diminuiu até a dose de 142,92 g planta<sup>-1</sup> de N, atingindo o valor mínimo estimado de 272,96, seguido de crescimento acentuado. Esse comportamento é inverso ao comportamento apresentado no 1º ciclo.

Em função das doses de K aplicadas, o índice de clorofila total decresceu de maneira linear no 1º (Figura 15A) e 2º (Figura 17B) ciclo, sendo os valores mínimos atingidos de 209,34 e 209,23 na maior dose estudada de 456 g planta<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, para o 1º e 2º ciclo respectivamente. Logo, Derivando a equação de regressão em função das doses de N e K, verifica-se que nas doses conjuntas estimadas de 201,94 g planta<sup>-1</sup> de N e 456 g planta<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O obtém-se o valor estimado de 250,33 no 1º ciclo. Para o 2º ciclo, o valor estimado de 187,84 é obtido na dose

conjunta de 142,92 g planta<sup>-1</sup> de N e 456 g planta<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. Esses valores representam acréscimos de 6,3% para o 1º ciclo e decréscimo de 30,87% para o 2º ciclo, em relação ao tratamento sem adubação com N e K.

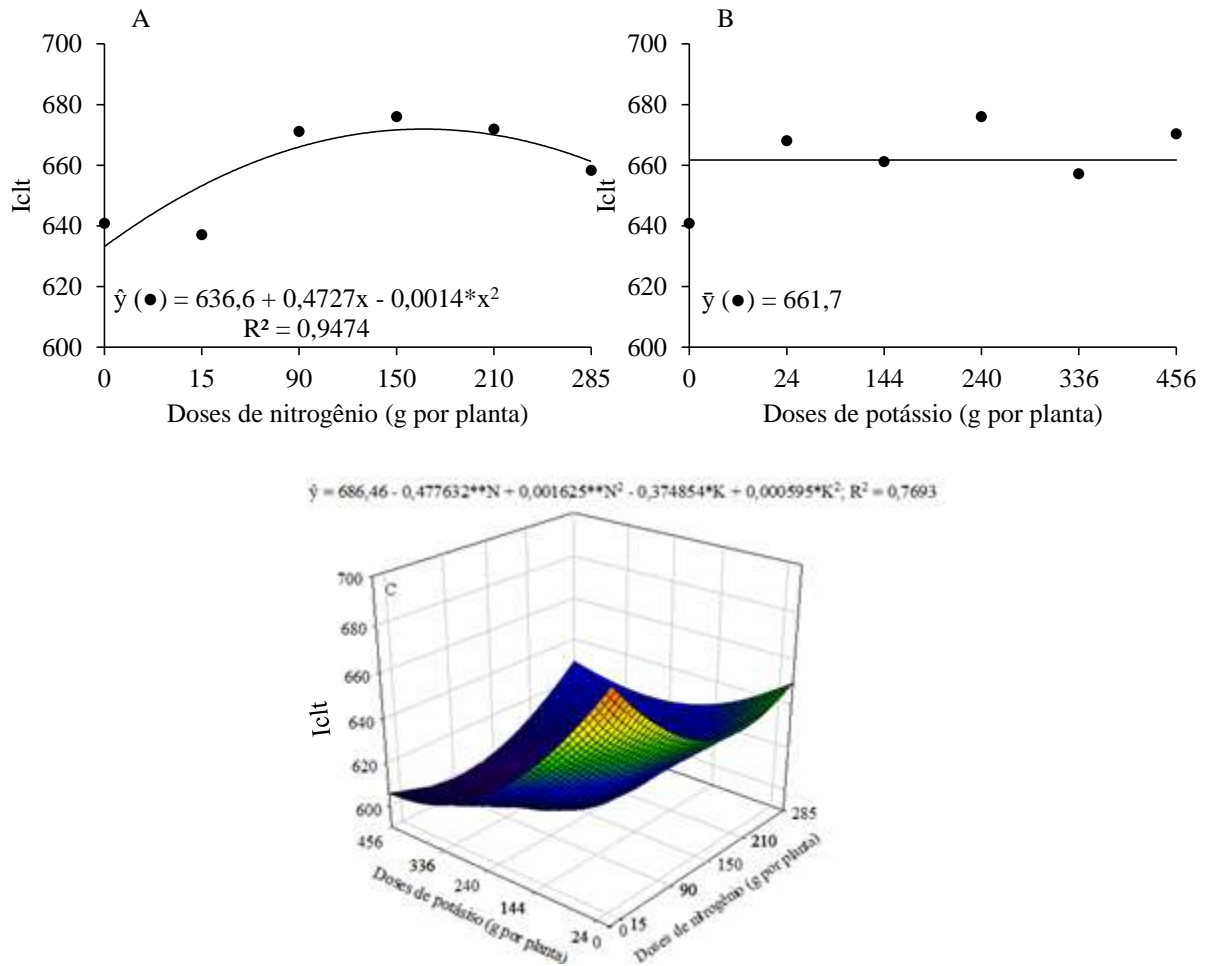


**Figura 17.** Índice foliar de clorofila b (IcLb) em folhas de bananeira cv. Vitória em função de doses de nitrogênio e de potássio no ciclo de produção 1(A) e 2 (B). \* e \*\*: significativo a 5 e 1% de probabilidades pelo teste F, respectivamente. Areia, PB, 2019.

As doses de N influenciaram de forma quadrática o índice de clorofila total no 1º ciclo. O maior índice estimado de 676,5 foi obtido na dose de 168,8 g planta<sup>-1</sup> de N (Figura 18A). Para o 2º ciclo, os dados também se ajustaram ao modelo quadrático, sendo que o menor valor de 651,36 foi obtido na dose de 146,96 g planta<sup>-1</sup> de N (Figura 18C). Esse comportamento é inverso ao comportamento apresentado no 1º ciclo.

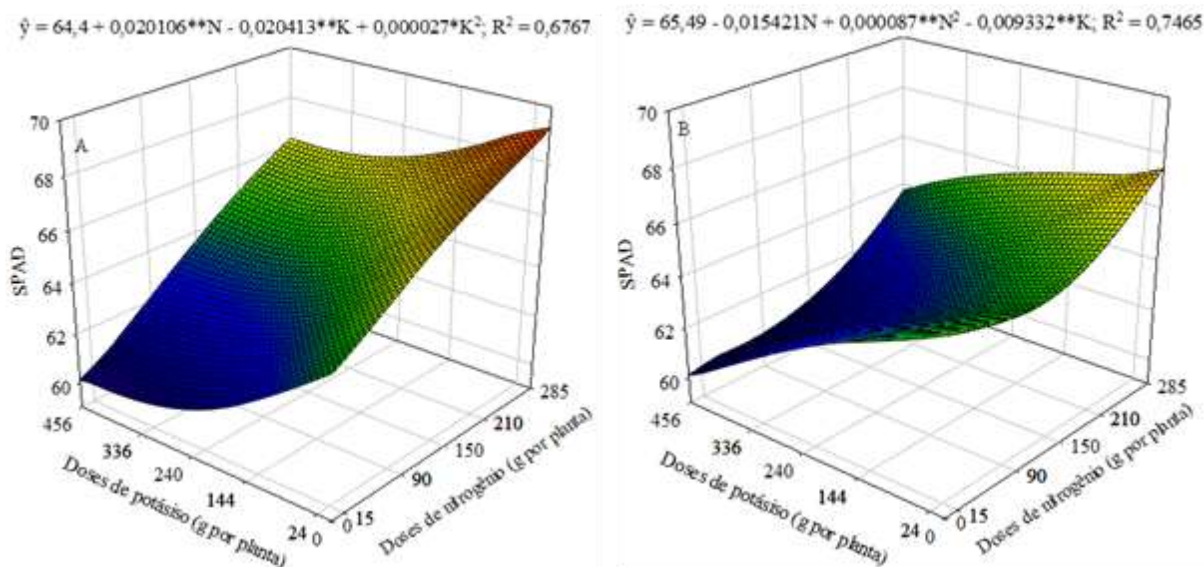
Em função das doses de K aplicadas, no 1º ciclo o índice de clorofila total não se ajustou a nenhum modelo matemático, com média de 661,7 (Figura 18B). No 2º ciclo, o índice de clorofila total decresceu de forma quadrática, sendo o valor mínimo de 627,41 atingido na dose de 315 g planta<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O (Figura 18C). Analisando esse caractere em função das doses combinadas estimadas de 146,96 g planta<sup>-1</sup> de N e 315 g planta<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O no 2º ciclo de produção,

tem-se o valor estimado de 592,32, com decréscimo de 15,89 em relação ao tratamento sem adubação com N e K (Figura 18C).



**Figura 18.** Índice foliar de clorofila total (IcIt) em folhas de bananeira cv. Vitória em função de doses de nitrogênio e de potássio no ciclo de produção 1 (A e B) e 2 (C). \* e \*\*: significativo a 5 e 1% de probabilidades pelo teste F, respectivamente. Areia, PB, 2019.

Em relação ao índice SPAD, verifica-se que as doses de N influenciaram de maneira linear positiva no 1º ciclo (Figura 19A) e de forma quadrática no 2º ciclo (Figura 19B). A maior dose estudada de 285 g planta<sup>-1</sup> de N promoveu o maior índice estimado de 70,13 no 1º ciclo. Para o 2º ciclo, na dose estimada de 88,6 g planta<sup>-1</sup> de N obtém-se o menor índice estimado de 64,8.



**Figura 19.** Índice SPAD em folhas de bananeira cv. Vitória em função de doses de nitrogênio e de potássio no ciclo de produção 1 (A) e 2 (B). \* e \*\*: significativo a 5 e 1% de probabilidades pelo teste F, respectivamente. Areia, PB, 2019.

Em função das doses de K aplicadas, o índice SPAD foi influenciado de maneira quadrática no 1º ciclo (Figura 19A) e linear no 2º ciclo (Figura 19B). Os valores de 60,54 e 61,23 foram obtidos nas doses estimadas de 378 e 456 g planta<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, no 1º e 2º ciclo respectivamente. Analisando a resposta da bananeira ‘Vitória’ em função das doses combinadas estimas, tem-se que no 1º ciclo a combinação de 285 g planta<sup>-1</sup> de N e 378 g planta<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O promoveu o valor estimado de 66,27; no 2º ciclo, a combinação de 88,6 g planta<sup>-1</sup> de N e 456 g planta<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O permitiu o valor de 60,55. Portanto, esses valores representam acréscimo de 2,9% para o 1º ciclo e decréscimo de 8,15% para o 2º ciclo, em relação ao tratamento controle (sem adubação nitrogenada e potássica).

Arantes et al. (2016), determinando o índice de clorofila usando o clorofilog Falker, para predição do estado nutricional em cultivares de bananeiras tipo Prata, constataram índices de clorofila variando de 349,7 a 377,6 para clorofila a, 156,6 a 181,4 para clorofila b e 506,3 a 559 para clorofila total. Os mesmos autores selecionaram modelos que estimam os teores

foliares de nutrientes e permitem prever com segurança em tempo real e a baixo custo, o estado nutricional de bananeiras tipo Prata, constituindo-se uma técnica auxiliar que, aliada à diagnose foliar e à análise de solos, contribui para uma avaliação nutricional mais criteriosa e segura. Os índices de clorofila (a, b e total), obtidos no presente trabalho estão acima dos índices encontrados por estes autores.

No trabalho de Arantes et al. (2016), ainda é possível observar que existe correlação positiva entre índices de clorofila (a, b e total) com teor foliar de N e também de K, para alguns genótipos de bananeira; como também não há correlação entre índice de clorofila a, b e total com teor foliar de N, assim, como há correlação negativa entre índice de clorofila a e teor foliar de K para outros genótipos. Isso indica que os genótipos de bananeira apresentam comportamento diferente em relação aos índices de clorofila e absorção de nutrientes.

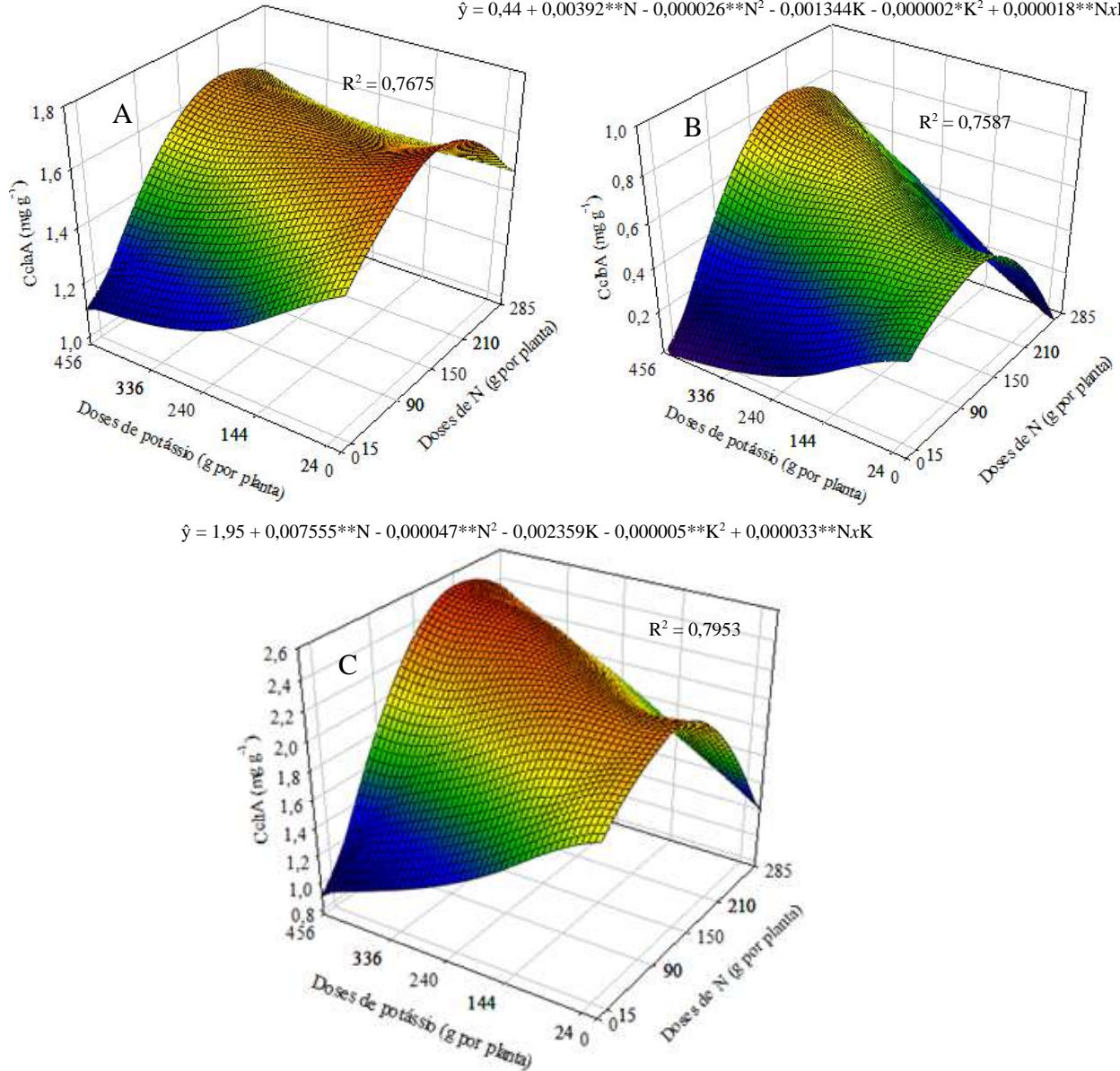
Os valores mínimos e máximos do índice SPAD observados no presente estudo, estão acima do valor máximo (50 unidades) encontrados por Santos (2011) para a cv Vitória. Alguns autores têm encontrado efeito do aumento na aplicação de N sobre o índice SPAD. Leonardo et al. (2013), estudando o teor de clorofila e o índice SPAD em abacaxizeiro cv. Vitória em função da adubação nitrogenada, observaram que essa variável variou em função da aplicação de N; Ramos et al. (2013) constataram que na deficiência de N, o valor do índice SPAD em abacaxizeiro ‘Imperial’ é afetado de forma negativa. Souza et al. (2011), estudando N em laranja e Vale et al. (2009) estudando NPK em citromeleiro, averiguaram ajuste linear no índice SPAD com o aumento das doses de N aplicadas.

Na figura 20A, B e C, observa-se que houve interação entre as doses de N e K sobre o teor de clorofila a, b e total, no 1º ciclo de produção. Para a clorofila a, o ajuste se deu de forma quadrática em função das doses de N e linear em função das doses de K<sub>2</sub>O, sendo o máximo valor estimado (1,72 mg g<sup>-1</sup>), obtido na dose estimada 144 g planta<sup>-1</sup> de N e 0,0 g planta<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O (Figura 20A), inferindo acréscimo de 13,9% em relação ao valor do tratamento sem

adubação com N e K. Doses de N e K acima desses valores causaram diminuição no teor de clorofila a.

$$\hat{y} = 1,51 + 0,003643*N - 0,000016*N^2 - 0,001529*K + 0,000008**N \times K$$

$$\hat{y} = 0,44 + 0,00392**N - 0,000026**N^2 - 0,001344K - 0,000002*K^2 + 0,000018**N \times K$$



$$\hat{y} = 1,95 + 0,007555*N - 0,000047**N^2 - 0,002359K - 0,000005**K^2 + 0,000033**N \times K$$

**Figura 20.** Teor de clorofila a - CclaA (A), b - CclbA (B) e total – CcltA (C) em folhas de bananeira cv. Vitória em função da interação entre doses de nitrogênio e potássio no ciclo 1. \* e \*\*: significativo a 5 e 1% de probabilidades pelo teste F, respectivamente. Areia, PB, 2019.

Para a clorofila b, os valores se ajustaram a equação quadrática, tanto para as doses de N, quanto para as doses de K aplicadas, sendo o ponto de máxima ( $0,83 \text{ mg g}^{-1}$ ) da equação obtido na dose estimada de  $233 \text{ g planta}^{-1}$  de N e  $456 \text{ g planta}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$  (Figura 20B), quando aplicados juntos. Esse valor representa acréscimo de 88,6% quando comparado ao tratamento sem adubação com N e K.

O conteúdo máximo de clorofila a ( $1,72 \text{ mg g}^{-1}$ ) foi 107,2% maior que a clorofila b ( $0,83 \text{ mg g}^{-1}$ ), aumentando a relação a/b. Esse comportamento indica menor capacidade na captação de energia solar incidente, através do complexo proteico II de coleta de luz (LHCII) e maiores quantidades de centros de reação no fotossistema II (EVANS, 1989).

A clorofila b desempenha um papel importante no aumento do espectro de luz que pode ser usado no processo fotossintético (RAVEN et al., 2001). Assim, na bananeira, por apresentar característica de auto-sombreamento de suas folhas, uma proporção relativa maior de clorofila b é um fator importante, pois permite a captação de energia de outros comprimentos de onda e sua transferência para a molécula específica de clorofila a, transformando-a em energia química na fotossíntese.

Para a clorofila total, os valores também se ajustaram a equação quadrática, em função das doses de N quanto em função das doses de K. O maior valor ( $2,55 \text{ mg g}^{-1}$ ) foi obtido na combinação de  $240 \text{ g planta}^{-1}$  de N e  $456 \text{ g planta}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$  (Figura 15C), conferindo acréscimo de 30,76% em relação ao tratamento sem adubação com N e K.

Uma maior concentração de clorofila no meio da superfície foliar maximiza a assimilação de  $\text{CO}_2$ . A relação entre os nutrientes N e K aplicado e o teor de clorofila pode fornecer uma previsão da quantidade desses nutrientes necessários para aumentarem a clorofila total, conforme relatado por Melo et al., (2014).

Na Tabela 10, observa-se que o índice de clorofila a (Icla) não se correlacionou com o teor de clorofila a (CclaA), b (CclbA) e total (CcltA). O índice de clorofila b (Iclb) se

correlacionou de forma positiva com o índice de clorofila total (Iclt), índice SPAD e com todos os teores de clorofila (CclbA, CcltA e CcltA); da mesma forma o índice de clorofila total (Iclt) se correlacionou positivamente com o índice SPAD e com todos os teores de clorofila.

Ainda na Tabela 10, verifica-se que o teor de clorofila a (CclaA) apresentou correlação positiva com o teor de clorofila b (Cclab), total (CcltA) e índice SPAD, assim como o teor de clorofila b (Cclab) se correlacionou com teor de clorofila total (CcltA) e índice SPAD. Já o índice SPAD apresentou correlação positiva e significativa com todos os índices e teores de clorofila. A correlação com maior magnitude e significância ocorreu entre o índice de clorofila a e total (0,86\*\*), entre o índice de clorofila b e total (0,94\*\*), entre o teor de clorofila a e total (0,92\*\*) e entre o teor de clorofila b e total (0,91\*\*).

Scarani (2006), em plantas de bananeiras cv. Grande Nine obteve correlação de até 0,87 entre os valores encontrados com o método de extração desenvolvido por Arnon (1949) e o índice SPAD (medido com clorofilômetro), confirmando a confiabilidade dos dados para a cultura da banana. Para o presente trabalho essa correlação foi de 0,46\*\* entre o teor de clorofila “a” e o índice SPAD.

Estes resultados sugerem que o método não destrutivo, através do uso do clorofilog Falker, por meio do índice de clorofila b e total poderá ser utilizado para prever os teores relativos de clorofila (a, b e total), corroborando com Barbieri Junior et al. (2012); o uso do SPAD também poderá ser utilizado para prever os teores de clorofila.

**Tabela 10.** Correlação de Pearson entre os índices foliares de clorofila a (Icla), b (Iclb) e total (Iclt), os teores de clorofila a (CclaA), b (CclbA) e total (CcltA) e índice SPAD em folhas de bananeiras cv. Vitória. Areia, PB, 2019

	Icla	Iclb	Iclt	CclaA	CclbA	CcltA	SPAD
Icla	-	0,64**	0,86**	0,14ns	0,15ns	0,16ns	0,29**
Iclb	-	-	0,94**	0,57**	0,35**	0,50**	0,55*
Iclt	-	-	-	0,44**	0,29**	0,40**	0,49**
CclaA	-	-	-	-	0,68**	0,92**	0,46**
CclbA	-	-	-	-	-	0,91**	0,26*
CcltA	-	-	-	-	-	-	0,39**
SPAD	-	-	-	-	-	-	-

<sup>ns</sup>, \* e \*\*: não significativo e significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste t.

#### 4. CONCLUSÕES

1. O maior teor foliar de N ( $26,8 \text{ g kg}^{-1}$ ) e de K ( $16,3 \text{ g kg}^{-1}$ ) na bananeira 'Vitória', é obtido no 1º ciclo de produção com aplicação de  $285 \text{ g planta}^{-1}$  de N;
2. Os teores foliares de K apresentados pela bananeira 'Vitória' nos dois primeiros ciclos de produção, sob doses de até  $285 \text{ g planta}^{-1}$  de N e  $456 \text{ g planta}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ , estão abaixo da faixa de suficiência encontrada na literatura;
3. Nas condições em que foi realizado o experimento, as plantas de bananeira 'Vitória' apresentam eficiência no processo fisiológico;
4. O índice SPAD apresenta correlação positiva e significativa com os índices de clorofila Falker e com os teores de clorofila;
5. Para o cultivo da bananeira 'Vitória' nas condições edafoclimáticas do Brejo Paraibano, recomenda-se adubação com doses de N variando entre 150 e  $285 \text{ g planta}^{-1}$  e dose de K variando entre 265 e  $456 \text{ g planta}^{-1}$ , obedecendo a proporção 1N:1,6K ou 1N:2K.

## REFERÊNCIAS

- ÁLVAREZ, S.; NAVARRO, A.; NICOLÁS, E.; SÁNCHEZ-BLANCO, M. J. Transpiration, photosynthetic responses, tissue water relations and dry mass partitioning in *Callistemon* plants during drought conditions. **Scientia Horticulturae**. v. 129, p. 306–312, 2011.
- ARANTES, A. de M. **Trocas gasosas e predição do estado nutricional de bananeiras tipo prata em ambiente semiárido**. 2014. 153f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2014.
- ARANTES, A. de M.; DONATO, S. L. R.; SIQUEIRA, D. L. de; COELHO, E. F. Gas exchange in 'pome' banana plants grown under different irrigation systems. **Engenharia Agrícola**, v.38, n.2, p.197-207, 2018.
- ARANTES, A. de M.; DONATO, S. L. R.; SIQUEIRA, D. L. de; AMORIM, E. P.; RODRIGUES FILHO, V. A. Chlorophyll index for real-time prediction of nutritional status of 'Prata' banana. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.20, n.2, p.99–106, 2016a.
- ARANTES, A. de M.; DONATO, S. L. R.; SIQUEIRA, D. L. de; COELHO, E. F.; SILVA, T. S. Gas exchange in different varieties of banana prata in semi-arid environment. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.38, n.2, e-600, 2016b.
- ARNON, D. I. Copper enzymes in isolated chloroplasts: polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. **Plant Physiology**, Maryland, v.24, p.1-15, 1949.
- BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação agrícola**. Jaboticabal: FUNEP, 2006, 247 p.
- BARBIERI JUNIOR, É.; ROSSIELLO, R. O. P.; SILVA, R. V. M. M.; RIBEIRO, R. C.; MORENZ, M. J. F. Um novo clorofilômetro para estimar os teores de clorofila em folhas do capim Tifton 85. **Ciência Rural**, v. 42, p. 2241-2245, 2012.
- BARBOSA, F. E. L. **Qualidade do solo e produção da bananeira prata anã associada a plantas de cobertura e diferentes lâminas de irrigação**. 2016. 99 f. Tese (doutorado em Agronomia) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, 2016.
- BARROSO, A. de A. F.; VIANA, T. V. de A.; MARINHO, A. B.; COSTA, S. C.; AZEVEDO, B. M. de. Teores de macronutrientes em folhas de bananeira cv. Pacovan Apodi, sob lâminas de irrigação e doses de potássio. **Engenharia Agrícola**, v.31, n.3, p.529-538, 2011.
- BATAGLIA, O. C.; DECHEN, A. R. Critérios alternativos para diagnose foliar. In: SIMPÓSIO AVANÇADO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO, 1., 1986, Piracicaba, SP. **Anais...** Piracicaba: Fundação Cargill, 1986. p. 115-136.
- BORGES, A. L., OLIVEIRA, A. M. G. Nutrição, calagem e adubação. In: CODEIRO, Z. (org.) **Banana produção: aspectos técnicos**. Brasília: Embrapa, 2000. p. 47- 59. (Frutas do Brasil, 1)
- BORGES, A. L.; CRISOSTOMO, L. A., SOUZA, L. da S. Cultivo da Bananeira para o Agropolo Jaguaribe-Apodi, Ceará. In: **Sistema de Produção**. Versão Eletrônica, 2ª edição, Nov/2014.

BORGES, A. L.; OLIVEIRA, A. M. O.; SOUZA, L. S. Solos, nutrição e adubação. In: ALVES, E. J. **A cultura da banana: aspectos técnicos, socioeconômicos e agroindustriais**. 2.ed. Brasília: EMBRAPA-SPI/EMBRAPA-CNPMF. pp. 197-254. 1999.

BORGES, A. L.; RAIJ, B. V.; MAGALHÃES, A. F. de; BERNARDI, A.C. de. **Nutrição e adubação da bananeira irrigada**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2002. 8p. (EMBRAPA-CNPMF. Circular Técnica, 48).

BORGES, A. L.; SILVA, T. O. Absorção, exportação e restituição ao solo de nutrientes pela bananeira 'Terra'. Cruz das Almas-BA: EMBRAPA-CNPMF, 2000. 3p. (Comunicação Técnica, 66).

BORGES, A. L.; CALDAS, R.C. Teores de nutrientes nas folhas de bananeira, cv. 'Pacovan', sob irrigação. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 28, p. 1099-1106, 2004.

BORGES, A. L.; OLIVEIRA, A. M. G. **Nutrição e adubação de bananeira**. Brasília: Embrapa-SPI, 1995. 106p. (Publicação Técnicas Frupep, 18).

BORGES, A. L.; SILVA, S. O.; CALDAS, R. C.; LEDO, C. A. S. Teores foliares de nutrientes em genótipos de bananeira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 28, p. 314-318, 2006.

BROCHADO, R. L. **Desempenho agrônomo de cultivares de bananeira em dois ciclos de produção no norte Fluminense**. 2016. 58f. Dissertação (Mestre em Produção Vegetal) - Universidade estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, campos dos Goytacazes – RJ, 2016.

BUCHANAN, B. B.; GRUISSEM, W.; JONES, R. L. **Biochemistry and Molecular Biology of Plants**. 2. ed. Rockville, MD: American Society of Plant Physiologists, 2015.1264p.

CARVALHO, A. M.; AMABILE, R. F. Plantas condicionadoras do solo: interações edafoclimáticas, uso e manejo. In: CARVALHO, A.M.; AMABILE, R.F., Org. Cerrado: adubação verde. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2006. 369p.

CARVALHO, C. de; KIST, B. B.; SANTOS, C. E. dos; TREICHEL, M.; FILTER, C. F. **Anuário brasileiro da fruticultura** 2017. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta, 2017. 88 p.

CAYÓN SALINAS, D. G. Ecofisiologia y productividad Del plátano (*Musa AAB Simmonds*). In: REUNIÓN INTERNACIONAL PARA COPERACIÓN EN LA INVESTIGACIÓN DE BANANO EN EL CARIBE Y EM AMÉRICA CENTRAL, 16., 2004, Oaxaca, México. **Memorias...** San José, Costa Rica: CORBANA, 2004. p.172- 183.

COMISSÃO ESTADUAL DE FERTILIDADE DO SOLO. Recomendações de adubação para o Estado de Pernambuco. Cavalcanti, J. A. et al. (eds): 2ª Aproximação. IPA, Recife, 2008. 211p.

COMISSÃO ESTADUAL DE FERTILIDADE DO SOLO. Manual de adubação e calagem para o estado da Bahia. Salvador. 1989. 173p.

DONATO, S. L. R.; ARANTES, A. de M.; RODRIGUES FILHO, V. A.; RODRIGUES, M. G. V.; RODRIGUES, F. E. Aspectos de ecofisiologia e estratégias de manejo da bananeira. In: ZUCOLOTO, M.; BONOMO, R. (Org.). **Fruticultura tropical: diversificação e consolidação**. Alegre: CAUFES, 2017. p.57-73.

DONATO, S. L. R.; COELHO, E. F.; MARQUES, P. R. R.; ARANTES, A. M.; SANTOS, M. R.; OLIVEIRA, P. M. Ecofisiologia e eficiência de uso da água em bananeira. In: REUNIÃO INTERNACIONAL DA ASSOCIAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO EM PESQUISA E DESENVOLVIMENTO INTEGRAL DAS MUSÁCEAS (BANANAS E PLÁTANOS), 20, 2013, Fortaleza. **Anais...** Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2013. p.58-72.

DONATO, S. L. R.; LÉDO, A. A.; PEREIRA, M. C. T.; COELHO, E. F.; COTRIM, C. E. Estado nutricional de bananeiras tipo prata sob diferentes sistemas de irrigação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 9, p. 980-988, 2010.

EMPRESA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL DA PARAÍBA (EMATER). Sugestões de adubação para o Estado da Paraíba. Pinto, F. de S. M e Birbaumer, G. (coord): 1ª aproximação. João Pessoa, 1979. 105 p.

EVANS, J. R. Photosynthesis and nitrogen relationship in leaves of C3 plants. **Oecologia**, v. 78, p. 9-19, 1989.

FALAH, E. Preharvest nitrogen optimization for maximizing yield and postharvest fruit quality of apples. **Acta Horticulturae**, n. 448, p. 415-419, 1997.

FAOSTAT, FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistics Division. Disponível em: < <http://www.fao.org/faostat/fr/>>. Acesso em: 24 de outubro de 2018.

FLÓREZ-VELASCO, N.; BALAGUERA-LÓPEZ, H. E.; RESTREPO-DÍAZ, H. Effects of foliar urea application on lulo (*Solanum quitoense* cv. septentrionale) plants grown under different waterlogging and nitrogen conditions. **Scientia Horticulturae**, v.186, p. 154–162, 2015.

FRATONI, M. M. J.; MOREIRA, A.; MORAES, L. A. C.; ALMEIDA, L. H. C.; PEREIRA, J. C. R. Effect of nitrogen and potassium fertilization on banana plants cultivated in the humid tropical amazon, **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, p. 1-21, 2017.

GODOY, L. J. G. de; NOMURA, E. S.; MORAES, W. da S. Banana: nutrição e adubação da cultura da banana. **Informações agrônomicas**, nº 116, dezembro/2006.

GOMES, E. M. **Crescimento e produção de bananeiras ‘Prata anã’ e ‘Maçã’ fertirrigadas com potássio**. Botucatu, 76f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2004.

HASANUZZAMAN, M.; BHUYAN, M. H. M. B.; NAHAR, K.; HOSSAIN, M. S. et al. Potassium: A vital regulator of plant responses and tolerance to abiotic stresses. **Agronomy**, v.8, n.31, p.1-29, 2018.

HOFFMANN, R. B.; OLIVEIRA, F. H. T.; SOUZA, A. P.; GHEYI, H. R.; SOUZA JR., T. F. Acúmulo de matéria seca e de macronutrientes em cultivares de bananeira irrigada. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32(1), p. 268-275, 2010.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/>>. Acesso em: 20 de outubro 2018.

IDEME. Instituto de Desenvolvimento Municipal e Estadual. **Anuário Estatístico da Paraíba 2014**. João Pessoa – PB: IDEME, v. 40/41, 2014. p. 871.

KONRAD, M. L. F.; SILVA, J. A. B.; FURLANI, P. R.; MACHADO, E. C. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em seis cultivares de cafeeiro sob estresse de alumínio. **Bragantia**, v.64, n.3, p.339-347, 2005.

LEONARDO, F. A. P.; PEREIRA, W. E.; SILVA, S. M.; COSTA, J. P. Teor de clorofila e índice SPAD no abacaxizeiro cv. Vitória em função da adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Fruticultura**. v.35, n.2, p.377-387. 2013.

LICHTENBERG, L. A.; MALBURG, J. L. **Controle do azul-da-bananeira pela aplicação de calcário dolomítico**. Florianópolis: EMPASC, 1983. 7p. (Comunicado Técnico, 67)

LUCENA, C. C. **Estratégias de manejo de irrigação de bananeiras baseadas em coeficientes de transpiração e área foliar**. 2013. 152 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2013.

MAHOAUCHI, J.; LÓPEZ-CLIMENT, M.F.; GÓMEZ-CADENAS. A. Hormonal and hydroxycinnamic acids profiles in banana leaves in response to various periods of water stress. **The Scientific World Journal**, v.2014, p.1-9, 2014.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ceres, 2006. 638 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional de plantas: princípios e perspectivas**. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 201p.

MARQUES, P. R. R.; DONATO, S. L. R.; SÃO JOSÉ, A. R.; ROSA, R. C. C. Gas exchange and yield of Prata-type banana plants with fertilizer sources for organic management. **African Journal of Agricultural**, v. 13, n. 5, p. 272-280, 2018.

MARSCHNER, P. **Mineral nutrition of higher plants**. 3. ed. London: Academic Press, 2012. 672p.

MELO, A. S. de; SILVA JUNIOR, C. D.; FERNANDES, P. D.; BRITO, M. E. B.; SOBRAL, L. F.; SUASSUNA, J. F.; VIÉGAS, P. R. A.; FERRAZ, R. L. de S. Chlorophyll and macronutrients content in leaf tissue of *Musa* sp 'Prata-Anã' under fertigation. **African Journal of Agricultural Research**, v. 9, n. 22, p. 1714-1720, 2014.

MELO, A. S.; SILVA JÚNIOR, C. D.; FERNANDES, P. D.; SOBRAL, L. F.; BRITO, M. E. B.; DANTAS, J. D. M. Alterações das características fisiológicas da bananeira sob condições de fertirrigação. **Ciência Rural**, v. 39, n. 3, 2009.

MOREIRA, A.; BORGES, A. L.; ARRUDA, M. R.; PEREIRA, J. C. R. Nutrition and fertilization of bananas in the Amazon region. In *Banana cultivation in northern Brazil*, eds. GASPAROTTO, L.; PEREIRA, J. C. R., p. 97–132.: Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus, Brazil. 2010.

MOREIRA, A.; HEINRICH, R.; PEREIRA, J. C. R. Plants density on yield and nutrients concentration in leaves and fruits of banana cv. Thap Maeo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 29, p. 626–631, 2007.

NEVES, L. L. M.; SIQUEIRA, D. L.; CECON, P. R.; MARTINEZ, C. A.; SALOMÃO, L. C. C. Crescimento, trocas gasosas e potencial osmótico da bananeira ‘Prata’ submetida a diferentes doses de sódio e cálcio em solução nutritiva. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.24, n.2, p.524-529, 2002.

OLIVEIRA, A. M. G. O.; NATALE, W.; ROSA, R. C. C.; JUNGHANS, D. T. Adubação N-K no abacaxizeiro “BRS Imperial” – II efeito no solo, na nutrição da planta e na produção. **Revista Brasileira Fruticultura**, v. 37, n. 3, p. 764-773, 2015.

PANTIN F.; SIMONNEAU T.; MULLER B. Coming of leaf age: control of growth by hydraulics and metabolics during leaf ontogeny. **New Phytologist**, n. 196, p. 349–366, 2012.

PERRIERA, X.; LANGHEB, E. de; DONOHUEC, M.; LENTFERD, C. et al. Multidisciplinary perspectives on banana (*Musa spp.*) domestication. **Proceedings of the National Academy of Sciences of USA**, v.108, n.28, p.1311-1318, 2011.

PETRI, D. J. C. **Desempenho agrônômico de cultivares de bananeira no norte fluminense**. 2015. 51f. Dissertação (Mestre em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do NorteFluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes – RJ, 2015.

POCOJESKI, E.; SILVA, L. S. da; KAEFER, S.; MORO, V. J.; GRIEBELER, G. Uso do clorofilômetro no monitoramento nutricional de arroz irrigado com vistas ao manejo da adubação nitrogenada. **Revista Ceres**, v. 62, n.3, p. 310-318, 2015.

PRADO, R. M. **Nutrição de plantas**. 1. ed. São Paulo: UNESP, 2008. 407p.

RAMOS, A. G. O.; DONATO, S. L. R.; ARANTES, A. de M.; COELHO FILHO, M. A.; RODRIGUES, M. G. V. Evaluation of gas exchanges and production of genotypes of maçã banana type cultivated in the semi-arid region of Bahia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 40, n. 3: (e-500), 2018.

RAMOS, M. J. M.; MONNERAT, P. H.; PINHO, L. G. R. Leitura SPAD em abacaxizeiro Imperial, cultivado com deficiência de macronutrientes e de boro. **Revista Brasileira e Fruticultura**. v.35, n.1, p.277-281. 2013.

RATKE, R. F. **Adubação nitrogenada e potássica em três cultivares de bananeira**. 2008. 69f. Dissertação (Mestre em Agronomia) - Universidade Federal de Goiás, Jataí, 2008.

RAVEN P. H.; EVERT R. F, EICHHORN, S. E. **Biologia vegetal**. 6.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. p. 906. 2001.

RHODESA, R.; MILESA, N.; HUGHESB, J. C. Interactions between potassium, calcium and magnesium in sugarcane grown on two contrasting soils in South Africa. **Field Crops Research**, n. 223, p. 1–11, 2018.

RIBEIRO, R. V. **Varição sazonal da fotossíntese e relações hídricas de laranjeira “Valência”**. Piracicaba, 2006. 157f. Tese (Doutorado em Agronomia / Física do Ambiente Agrícola) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

ROBINSON, J. C.; GÁLÁN, S. V. **Plátanos y bananos**. 2nd ed. España: Ediciones Mundi-prensa 321p. 2012.

RODRIGUES FILHO, ALVES, V.; DONATO, S. L. R.; SILVA, T. S.; AMORIM, E. P. Agronomic characteristics and the incidence of Fusarium in Pacovan bananas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, n. 2, p. 515-519, 2014.

ROSOLEM, C. A. interação do potássio com outros íons. in: YAMADA, T.; ROBERTS, T. 1. (Ed.). **Potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba: Potafos, 2005. p. 239-260.

ROZANE, D. E.; PRADO, R. de M.; AMAURI W. N.; BEUTLER, N.; SILVA, S. R. DA; BARBOSA, J. C. Nitrogênio, fósforo e potássio afetando a nutrição e produção de porta-enxerto de limoeiro citrumelo swingle. **Ceres**, v. 54, n. 315, p. 422-429, 2007.

SANTOS, C. M. dos; VERISSIMO, V.; WANDERLEY FILHO, H. C. de L.; FERREIRA, V. M.; CAVALCANTE, P. G. da S.; ROLIM, E. V.; ENDRES, L. Seasonal variations of photosynthesis, gas exchange, quantum efficiency of photosystem II and biochemical responses of *Jatropha curcas* L. grown in semi-humid and semi-arid areas subject to water stress. **Industrial Crops and Products**, v. 41, p. 203–213, 2013.

SANTOS, H. G. dos S.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. Á. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; ARAÚJO FILHO, J. C. de; OLIVEIRA, J. B. de; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. rev. e ampl. Brasília-DF: Embrapa, 2018. 356 p.

SANTOS, M. R. dos; DONATO, S. L. R.; ARANTES, A. de M.; COELHO, E. F.; OLIVEIRA, P. M. de. Gas exchange in ‘BRS Princesa’ banana (*Musa* spp.) under partial rootzone drying irrigation in the north of Minas Gerais, Brazil. **Acta Agronômica**, v. 66, n. 3, p. 378-384, 2017.

SANTOS, P. N. **Características fisiológicas e bioquímicas das bananeiras ‘Prata’, ‘Japira’ e ‘Vitória’**. Vitória. 2011. 46f. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) – Centro de Ciências Humanas e Naturais, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2011.

SCARANI, C. Aclimação de mudas micropropagadas de bananeira (*Musa* spp.) cv. Grande naine. 2006. 116 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola e Ambientais, Campinas, 2006.

SCHOLES, J.D.; HORTON, P. Photosynthesis and chlorophyll fluorescence: simultaneous measurements. In: **Methodes in comparative plant ecology**. Chapman & Hall, London, 1993. 252p.

SEYDOU. T.; ELISÉE, A. L D. G.; MAMADOU, C.; LEONARD, O. S. et al. Agronomic Performance of Plantain Cultivars (*Musa* spp.) in Efficient Mixing Situation for the Control of Black Sigatoka in Southern Côte d’Ivoire. **Asian Journal of Plant Pathology**, v.11, p.1-9, 2017.

SILVA, E. B.; SOUZA, B. P.; DONATO, S. L. R.; AMORIM, E. P.; CARVALHO, F. P.; ALMEIDA, M. O. Deficiências de macronutrientes no estado nutricional de mudas de bananeira tipo Prata. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 1, p. 82-92, 2014.

SILVA, J. T. A. da; CARVALHO, J. G. Avaliação nutricional de bananeira Prata-Anã (AAB), sob irrigação no semiárido do norte de Minas Gerais, pelo método Dris. **Ciência e Agrotecnologia**, v.29, p.731-739, 2005.

SILVA, J. T. A. da; PEREIRA, R. D.; RODRIGUES, M. G. V. Adubação da bananeira 'Prata Anã' com diferentes doses e fontes de nitrogênio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.12, p.1314–1320, 2012.

SILVA, J. T. A. da; PEREIRA, R. D.; SILVA, I. P.; OLIVEIRA, P. M. de. Produção da bananeira 'Prata Anã' (AAB) em função de diferentes doses e fontes de potássio. **Revista Ceres**, v.58, p.817-822, 2011.

SILVA, J. T. A. da; SIMÃO, F. R. Produção, nutrição e incidência do mal do Panamá em bananeira 'Prata Anã' adubada com potássio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.50, n.9, p.807-813, 2015.

SILVA, J. T. A.; BORGES, A. L.; CARVALHO, J. G.; DAMASCENO, J. E. A. Utilization with nitrogen and potassium on irrigated banana crop cv. 'Prata-Anã', in three cycles. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 25, p. 152–155, 2003.

SILVA, J. T. A.; BORGES, A. L.; DIAS, M. S. C.; COSTA, E. L.; PRUDÊNCIO, J. M. **Diagnóstico nutricional da bananeira 'Prata Anã' para o Norte de Minas**. Belo Horizonte: Epamig. p. 16. 2002. (Boletim Técnico, 70).

SILVA, M. L. de S.; TREVIZAM, A. R. Interações iônicas e seus efeitos na nutrição das plantas. **Informações Agronômicas**, Nº 149, 2015.

SOTO BALLESTERO, M. Bananos: técnicas de producción, poscosecha y comercialización. In: ESCUELA de Agricultura de la Región Tropical Húmeda. Guácimo, Costa Rica, 2008. (CD-ROM).

SOUZA, T. R.; SALOMÃO, L. C.; ANDRADE, T. F.; BÔAS, R. L. V.; QUAGGIO, J.A. Medida indireta da clorofila e sua relação com o manejo da adubação nitrogenada em plantas cítricas fertirrigadas. **Revista Brasileira de Fruticultura**. v. 33, n. 3, p. 993-1003, 2011.

SPIRONELLO, A.; QUAGGIO, J. A.; TEIXEIRA, L. A. J.; FURLANI, P. R.; SIGRIST, J. M. M. Pineapple yield and fruit quality effected by NPK fertilization in a tropical soil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 26, n. 1, p. 155-159, 2004.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 954p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858 p.

TEIXEIRA, L. A. J.; NATALE, W.; MARTINS, A. L. M. Nitrogênio e potássio via fertirrigação e adubação convencional-estado nutricional das bananeiras e produção de frutos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 29, n. 1, p. 153-160, 2007.

TEIXEIRA, L. A. J.; SANTOS, W. R.; BATAGLIA, O. C. Diagnose nutricional para nitrogênio e potássio em bananeira por meio do sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS) e de níveis críticos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, n. 2, p. 530-535, 2002.

TEIXEIRA, L. A. J.; TECCHIO, M. A.; MOURA, M. F.; TERRA, M. M.; PIRES, E. J. P. Normas dris e níveis críticos de nutrientes para videira 'niagara rosada' cultivada na região de Jundiá-SP. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, n. 1, p. 247-255, 2015.

TEIXEIRA, L. A. J.; RUGGIERO, C.; NATALE, W. Manutenção de folhas ativas em bananeira ‘Nanicão’ por meio do manejo das adubações nitrogenada e potássica e da irrigação. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.23, p.699- 703, 2001.

TURNER, D. W.; FORTESCUE, J. A.; THOMAS, D. S. Environmental physiology of the bananas (*Musa* spp.). **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 19, p. 463-484, 2007.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ (UFC). Recomendações de adubação e calagem para o Estado do Ceará. Fortaleza: Imprensa Universitária, 1993. 247 p.

VALE, D. W.; PRADO, R. M. Adubação com NPK e o estado nutricional de ‘citrumelo’ por medida indireta de clorofila. **Revista Ciência Agronômica**, v.40, n.02, p. 266-271, 2009.

VIDAL, M. de F.; XIMENES, L. J. F. **Comportamento recente da fruticultura nordestina: área, valor da produção e comercialização**. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, ano 1, n.2, p. 18 -26, 2016 (ETENE/BNB).

VITTI, G. C.; LIMA, E.; CICARONE, F. Cálcio, magnésio e enxofre. In: FERNANDES, M. S. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2006. p. 398-325.

WANG, M.; ZHENG, Q.; SHEN, Q.; GUO, S. The critical role of potassium in plant stress response. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 14, p. 7370–7390, 2013.

ZORB, C.; SENBAYRAM, M.; PEITER, E. Potassium in agriculture? status and perspectives. **Journal Plant Physiology**, v. 171, p. 656–669, 2014.

**CAPÍTULO IV – RESPOSTA DA BANANEIRA CV. BRS VITÓRIA À  
ADUBAÇÃO NITROGENADA E POTÁSSICA: produtividade e  
componentes da produção**

### **Resposta da bananeira cv. BRS Vitória à adubação nitrogenada e potássica: produtividade e componentes da produção**

**RESUMO:** A cultivar Pacovan é largamente cultivada no nordeste brasileiro e no Estado da Paraíba, porém é suscetível ao Mal do Panamá e à Sigatoka-amarela e negra. A cultivar Vitória possuem potencial para substituí-la, porém, pouco se conhece sobre suas necessidades nutricionais de nitrogênio e potássio. Objetivou-se avaliar o rendimento e componentes de produção em plantas de bananeira cv. Vitória, em resposta à adubação nitrogenada e potássica, nas condições edafoclimáticas do Brejo Paraibano. O experimento foi conduzido no município de Bananeiras, Estado da Paraíba, no período de janeiro de 2016 a fevereiro de 2018, em delineamento experimental de parcela subdividida no tempo em blocos ao acaso, com quatro repetições, sendo os tratamentos das parcelas constituídos de dois ciclos de cultivo (1ª e 2ª produção). Os tratamentos na subparcela foram constituídos pela combinação de cinco doses de N (15; 90; 150; 210 e 285 g planta<sup>-1</sup>) e cinco doses de K (24; 144; 240; 336 e 456 g planta<sup>-1</sup>), distribuídos através de matriz Pan Puebla III, formando 10 tratamentos acrescido de um controle (sem adubação nitrogenada e potássica). Assim, os tratamentos foram definidos pelas seguintes combinações de N e K, respectivamente: T1 (90;144), T2 (90;336), T3 (210;144), T4 (210;336), T5 (150;240), T6 (15;144), T7 (285;336), T8 (90;24), T9 (210;456), T10 (15;24). As seguintes características de produção foram avaliadas, em dois ciclos de produção: massa do cacho (kg), de engajo (kg) e de ráquis (kg), número de pencas, massa total das pencas (kg), massa média das pencas (kg), número de frutos por cacho, por penca e da segunda penca, comprimento de frutos da segunda penca (cm), massa média dos frutos da segunda penca (g) e produtividade em pencas (t ha<sup>-1</sup>) e em frutos (mil frutos/ ha<sup>-1</sup>). Os dados foram submetidos à análise de variância, análise de regressão polinomial e componentes principais, considerado a significância de até 5% de probabilidade e coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>) acima de 60%, com o auxílio do software SAS<sup>®</sup>. A maioria dos componentes de produção avaliados na bananeira 'Vitória', atinge seu maior valor sob aplicação de nitrogênio na dose variando entre 125 e 177 g planta<sup>-1</sup>, no 1º ciclo; e entre 135 e 170 g planta<sup>-1</sup>, no 2º ciclo de produção, combinadas com a dose de 456 g planta<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. Sob adubação combinada de 134,54 g planta<sup>-1</sup> de N e 456 g planta<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O a bananeira 'Vitória' atinge a produtividade de 26,27 t ha<sup>-1</sup> (estande de 1.111 plantas), respectivamente. Existe alta correlação entre as características produtividade em pencas, massa do cacho, massa total de pencas, massa de engajo, comprimento dos frutos da segunda penca, massa média de pencas e massa média dos frutos na segunda penca; e entre produtividade em frutos, número de pencas, número de frutos por cacho, número de frutos por penca e massa de ráquis.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Musa* spp. Aspectos da produção. Adubação mineral.

**Response of banana cv. BRS Vitoria to nitrogen and potassium fertilization: productivity and production components**

**ABSTRACT:** The Pacovan banana cultivar is widely grown in northeastern Brazil and the state of Paraíba but is susceptible to Panama Disease as well as and yellow and black Sigatoka. The Vitoria cultivar has the potential to replace it, but little is known regarding its nutritional needs of nitrogen and potassium. The aim of this study was to evaluate the yield and production components in Vitoria banana plants in response to nitrogen and potassium fertilization in the edaphoclimatic conditions of the region known as *Brejo Paraibano*. The experiment was conducted in the municipality of Bananeiras, state of Paraíba, from January 2016 to February 2018. The experimental design was a split-time plot in randomized blocks with four replications. The plot treatments consisted of two cultivation cycles (first and second production). The subplot treatments consisted of different combinations of five doses of N (15, 90, 150, 210 and 285 g plant<sup>-1</sup>) and five doses of K (24, 144, 240, 336 and 456 g plant<sup>-1</sup>) distributed using the Pan Puebla III matrix forming 10 treatments plus one control (without nitrogen and potassium fertilization). The following combinations of N and K (g plant<sup>-1</sup>) respectively defined the treatments: T1 (90; 144), T2 (90; 336), T3 (210; 144), T4 (210; 336), T5 (150; 240), T6 (15; 144), T7 (285; 336), T8 (90; 24), T9 (210; 456), T10 (15; 24). The following production characteristics were evaluated in two cycles: mass of the bunch (kg), stem (kg) and rachis (kg); number of hands; total mass of hands (kg); average mass of hands (kg); number of fruits per bunch, per hand and in the second hand; length of fruits in the second hand (cm); average mass of fruits in the second hand (g); and fruit yield (t ha<sup>-1</sup> and fruits ha<sup>-1</sup>). The data were submitted to analysis of variance and polynomial regression analysis, with the aid of SAS<sup>®</sup> software, considering a 5% significance level ( $p < 0.05$ ) and a coefficient of determination ( $R^2$ ) above 60%. Most of the production components evaluated in the Vitoria banana reached their highest value with the nitrogen ranging from 125 to 177 g plant<sup>-1</sup> in the first cycle and from 135 to 170 g plant<sup>-1</sup> in the second production cycle combined with a dose of 456 g plant<sup>-1</sup> of K<sub>2</sub>O. With combined fertilization of 134.54 g plant<sup>-1</sup> of N and 456 g plant<sup>-1</sup> of K<sub>2</sub>O, productivity of the Vitoria banana reached 26.27 t ha<sup>-1</sup> (stand of 1,111 plants). Strong correlations were found among the characteristics productivity in hands, mass of bunch, total mass of hands, stalk mass, fruit length of second hand, average mass of hands and average mass of second hands as well as among fruit productivity, number of hands, number of fruits per bunch, number of fruits per hand and mass of rachis.

**KEYWORDS:** *Musa* spp. Aspects of production. Mineral fertilization.

## 1. INTRODUÇÃO

Plantas de bananeira (*Musa spp.*) são amplamente cultivadas em regiões tropicais, e os países em desenvolvimento respondem por mais de um terço da produção mundial de banana (FAOSTART, 2018), geração de oportunidades e renda para produtores e outros agentes na cadeia de valor de frutas frescas. No Brasil, a cultura da banana está espalhada por todas as regiões, com uma colheita anual de 7,2 milhões de t ano<sup>-1</sup>. O Nordeste do país representa quase 40% da área plantada e 33% da produção nacional (IBGE, 2018). No entanto, apesar dos altos níveis de produção nesta região, a produtividade de frutos de bananeira ainda é baixa (<13 t ha<sup>-1</sup>). Na Paraíba, apesar da banana ser a segunda frutífera em termos de produção e importância econômica (IDEME,2014), sua produtividade não ultrapassa os 12,30 t ha<sup>-1</sup>.

O baixo desempenho no rendimento produtivo da bananeira na região Nordeste está associado ao potencial de produtividade de cultivares tradicionais (DONATO et al., 2009), por serem suscetíveis à doença do Mal do Panamá (*Fusarium oxysporum* f. sp. cubense) e as Sigatocas-amarela (*Mycosphaerella musicola*, Leach) e negra (*Mycosphaerella fijiensis*, Morelet) (SILVA et al., 2015), haja vista os consumidores no Nordeste do Brasil mostram preferência por 'Prata', 'Maçã' (MATSUURA et al., 2004) e 'Pacovan' (GARRUTI et al., 2012). Além disso, inadequadas práticas de cultivo são frequentemente adotadas, em particular, o manejo em níveis inadequados de nutrientes durante o ciclo da cultura (BORGES et al., 2002).

O cultivo de genótipos do subgrupo Prata, que superem as características negativas das cultivares tradicionais, podem constituir alternativa viável à bananicultura da região Nordeste e do estado da Paraíba. Um desses genótipos é o híbrido tetraploide (AAAB) 'Vitória', obtido do cruzamento entre a Pacovan (AAB) e a M-53 (AA), que além de apresentar resistência as Sigatocas e ao mal-do-panamá, possui características agrônômicas semelhantes e/ou superiores, especialmente às da 'Prata' e 'Pacovan', com praticamente o mesmo porte da 'Prata' (PEREIRA et al., 2005; VENTURA et al., 2011).

Contudo, cada cultivar expressa interação específica com o ambiente e o manejo, proporcionando variações em alguns aspectos, a exemplo da produtividade, precocidade e qualidade do fruto, pois o ótimo ecológico é função do ajuste do genótipo às condições de cultivo (RODRIGUES FILHO et al., 2014). Assim, com o lançamento de uma cultivar torna-se necessária a realização de estudos que contribuam para a determinação do manejo nutricional adequado para esta. No Brasil e na região Nordeste, os estudos sobre as exigências nutricionais da cultivar Vitória ainda são escassos.

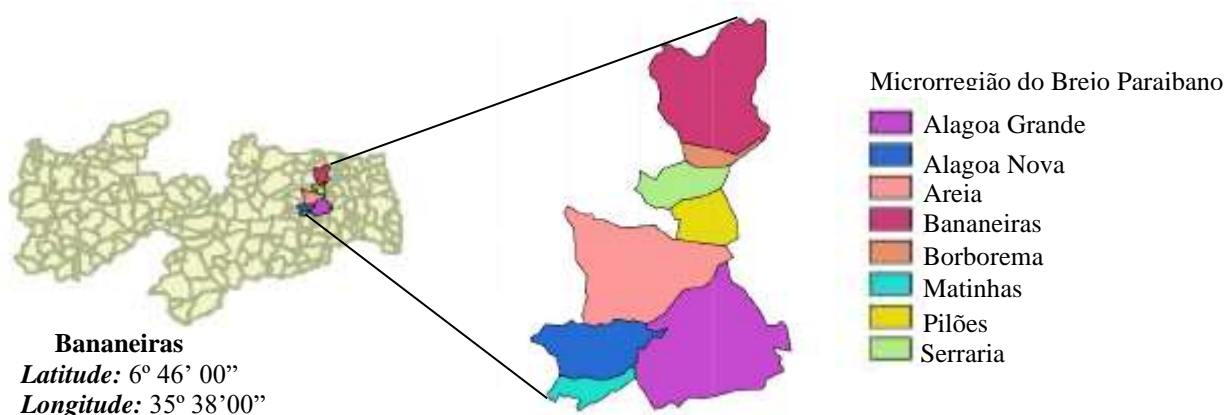
Tratando-se de nutrientes, o potássio (K) e o nitrogênio (N) são os mais absorvidos no estado vegetativo e período reprodutivo pelas bananeiras, variando sua quantidade extraída em função da cultivar, do metabolismo, do estágio fenológico e da idade das plantas (ROMERO e ZAMORA, 2006). O K participa de processos como regulação da osmose, abertura e fechamento estômatos, transpiração e fotossíntese. O N é necessário para o crescimento vegetativo, bem como, tem influência na composição química das proteínas, na fotossíntese e na respiração (MALAVOLTA, 2006; MARSCHNER, 2012).

Por não haver informações disponíveis sobre recomendações de adubação para o cultivo da bananeira Vitória nas condições do estado da Paraíba; e pela escassez de informações a respeito de sua demanda nutricional, objetivou-se avaliar a influência de combinações de doses de nitrogênio e potássio sobre o rendimento e componentes de produção dessa cultivar, nas condições edafoclimáticas do Brejo Paraibano.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

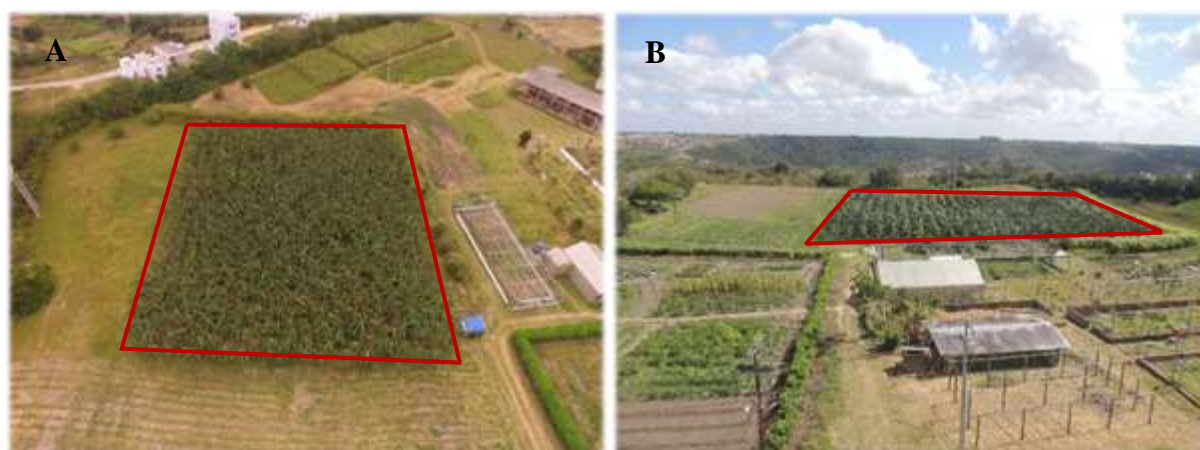
### 2.1. Localização do experimento

A área experimental situa-se na microrregião do Brejo Paraibano, cuja localização está próxima ao ponto de coordenadas geográficas de 6° 46' latitude sul e 35° 38' longitude oeste de Greenwich, com uma altitude de 552 metros (BRASIL, 1972) (Figura 1).



**Figura 1.** Localização do município de Bananeiras na microrregião do Brejo Paraibano, onde foi realizado o experimento. Fonte: Elaboração própria (2019).

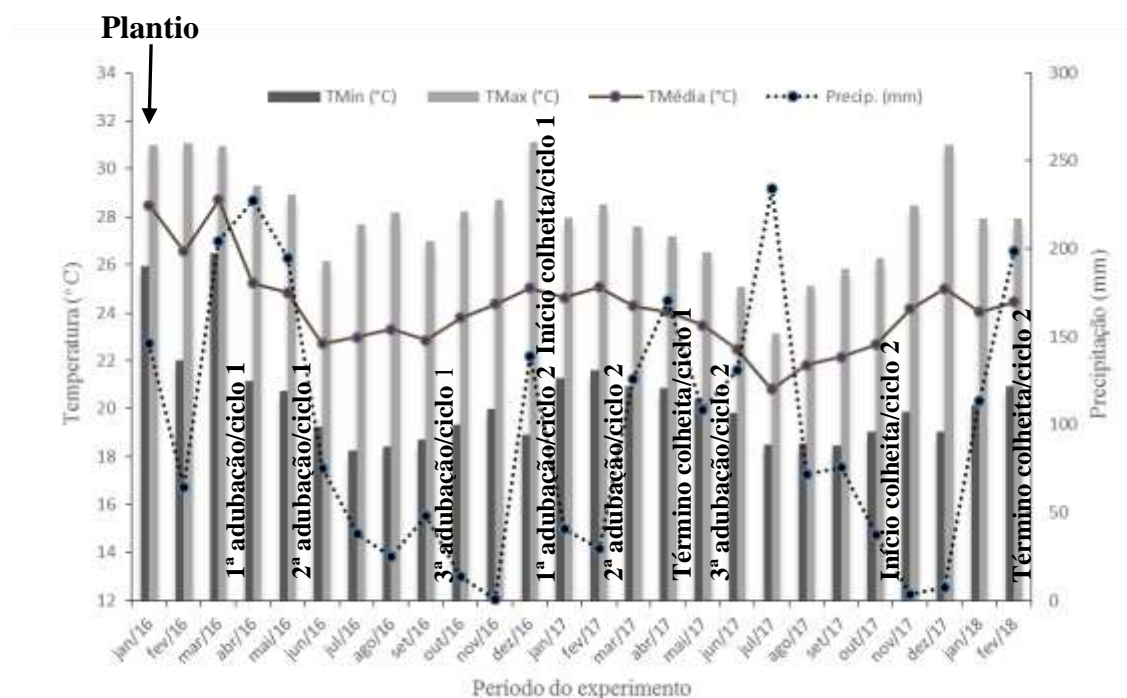
O experimento foi desenvolvido em condições de campo, no período de janeiro de 2016 a fevereiro de 2018, no Setor de Agricultura do Centro de Ciências Humanas, Sociais e Agrárias (CCHSA) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Campus III, em Bananeiras – PB (Figura 2).



**Figura 2.** Vista geral do experimento, realizado no município de Bananeiras na microrregião do Brejo Paraibano (A e B). Fonte: Elaboração própria (2019).

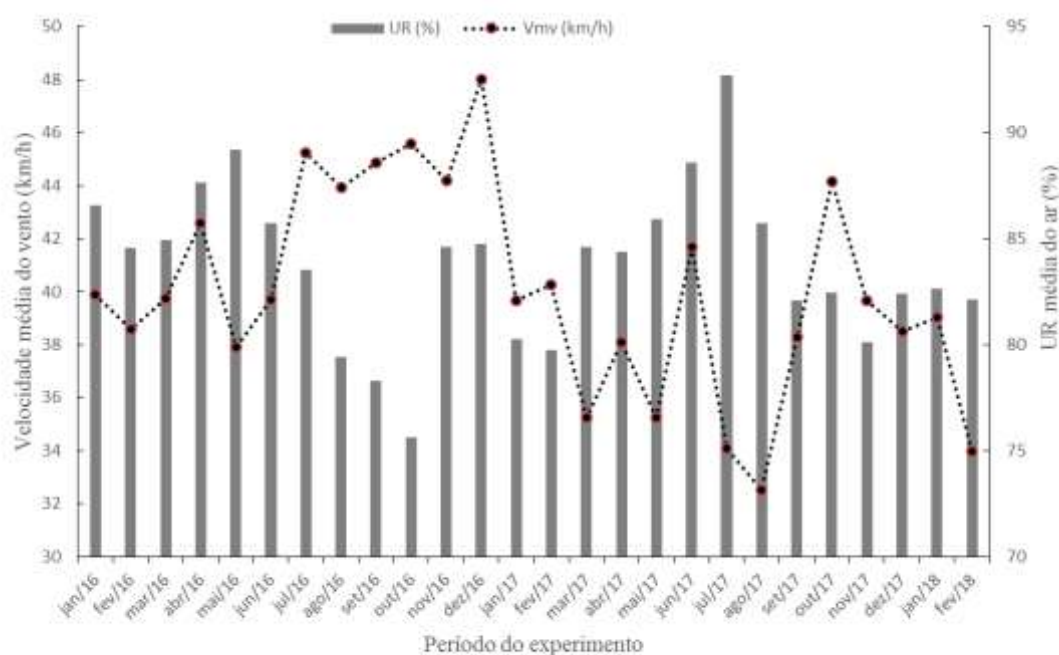
## 2.2. Clima e solo

O município de Bananeiras – PB, está situada na escarpa oriental do planalto da Borborema, apresenta relevo forte, ondulado e montanhoso; a vegetação é formada por Florestas Subcaducifólia e Caducifólia, próprias das áreas agrestes (SILVA, 2016). O clima predominante na região, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo As' (tropical chuvoso), quente e úmido e se caracteriza por apresentar temperatura máxima de 38 °C e mínima de 18 °C (média anual de 24-26 °C), com chuvas de outono-inverno, precipitação anual total de 1000 – 1300 mm (ALVARES, et al., 2013) e umidade relativa do ar de 85% (SILVA, 2016). As médias mensais das características climatológicas, no período de condução do experimento, estão descritas nas Figuras 3 e 4.



**Figura 3.** <sup>1</sup>Temperaturas mínima, máxima e média (°C) e <sup>2</sup>precipitação registradas durante a condução do experimento em Bananeiras-PB, evidenciando as épocas de manejo nutricional das plantas e colheita de cachos. Fonte: <sup>1</sup>Estação Meteorológica Davis Pro2 do CCHSA/UFPB; <sup>2</sup>Agência Executiva de Gestão de Águas do Estado da Paraíba – AESA.

A temperatura média anual nos anos de 2016 e 2017 e nos dois primeiros meses de 2018, período de realização do experimento, foi de 24,9; 23,4 e 24,2 °C; e a precipitação de 1.176,3; 1035,8 e 311,7; respectivamente.



**Figura 4.** Umidade Relativa média do ar (%) e velocidade média do vento registradas durante a condução do experimento em Bananeiras-PB. Fonte: *Estação Meteorológica Davis Pro2 do CCHSA/UFPB*.

A umidade relativa média do ar no ano de 2016 e 2017 e nos dois primeiros meses de 2018, período de realização do experimento, foi de 83,7; 84,1 e 82,4 (%) e a velocidade média do vento de 42,5; 38,1 e 36,5 (km/h); respectivamente.

O solo da área experimental corresponde a um Latossolo Amarelo Distrófico tóxico, apresentando relevo suave ondulado, perfil muito profundo, bem drenado, com capacidade de retenção de umidade moderada e classe textural franco-argiloso-arenosa (SANTOS et al., 2018), cujos atributos químicos, determinados antes do cultivo, em amostras coletadas na camada de 0-20 cm e 20-40 cm, encontram-se na Tabela 1.

**Tabela 1.** Atributos químicos e físicos do solo, na camada de 0 - 20 e 20 - 40 cm de profundidade, da área experimental em Bananeiras, Paraíba, 2019.

Atributos	Unidade	Valores	
		0 -20 cm	20 – 40 cm
<sup>1</sup> pH em água (1:2,5)		5,9	5,3
<sup>1</sup> P	mg dm <sup>-3</sup>	17,3	9,1
<sup>1</sup> K	mg dm <sup>-3</sup>	69,0	27,0
<sup>1</sup> H <sup>+</sup> + Al <sup>+3</sup>	cmolc dm <sup>-3</sup>	3,4	6,3
<sup>1</sup> Al <sup>+3</sup>	cmolc dm <sup>-3</sup>	0,1	0,8
<sup>1</sup> Ca <sup>+2</sup>	cmolc dm <sup>-3</sup>	2,1	1,8
<sup>1</sup> Mg <sup>+2</sup>	cmolc dm <sup>-3</sup>	0,9	0,5
<sup>1</sup> M.O.	g kg <sup>-1</sup>	26,6	21,5
<sup>1</sup> V	%	48,6	24,0
<sup>1</sup> CTC a pH 7,0	cmolc dm <sup>-3</sup>	6,6	8,3
<sup>2</sup> Areia	g kg <sup>-1</sup>	625	587
<sup>2</sup> Silte	g kg <sup>-1</sup>	50	83
<sup>2</sup> Argila	g kg <sup>-1</sup>	325	330
<sup>2</sup> Areia dispersa	g kg <sup>-1</sup>	25	13
<sup>2</sup> Grau de flocculação	kg dm <sup>-3</sup>	923	961
<sup>2</sup> Densidade do solo	g cm <sup>-3</sup>	1,25	1,19
<sup>2</sup> Densidade de partícula	kg cm <sup>-3</sup>	2,63	2,64
<sup>2</sup> Porosidade total	m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup>	0,52	0,55
<sup>2</sup> Umidade - 0,01	g kg <sup>-1</sup>	154	175
<sup>2</sup> Umidade - 1,50	g kg <sup>-1</sup>	105	131
		Franco Argilo	Franco Argilo
<sup>2</sup> Classe textural		Arenosa	Arenosa

<sup>1</sup>Análises realizadas pelo Laboratório de Análise de Solo, Tecido Vegetal e Fertilidade do Departamento de Solos da UFV; <sup>2</sup>Análises realizadas pelo Laboratório de Química e Fertilidade do Solo do Departamento de Solos e Engenharia Rural do CCA-UFPB.

### 2.3. Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o de parcela subdividida no tempo em blocos ao acaso, sendo os tratamentos das parcelas constituídos por dois ciclos de cultivo (1ª e 2ª produção) e, na subparcela, os tratamentos constituídos de cinco doses de nitrogênio N (15; 90; 150; 210 e 285 g planta<sup>-1</sup>) e de potássio (24; 144; 240; 336 e 456 g planta<sup>-1</sup>), combinados conforme a matriz Pan Puebla III (Tabela 2), totalizando 10 tratamentos com quatro repetições, mais um controle (sem adubação nitrogenada e potássica). A parcela foi constituída por 9 plantas, distribuídas em três fileiras de 3 plantas, considerando-se como plantas úteis a segunda e a terceira planta da fileira central, seguindo sempre a direção norte. Foram utilizadas 396 plantas no total em uma área de 3.564 m<sup>2</sup>, plantadas no espaçamento 3m x 3m, equivalendo a uma área experimental de 81 m<sup>2</sup> por parcela (9 x 9 m), sendo 88 plantas úteis.

**Tabela 2.** Níveis e doses de nitrogênio (N) e potássio (K) empregados nos tratamentos/combinções do experimento, conforme a matriz “Pan Puebla III”. Areia-PB, 2019

Tratamentos	Nível		Dose (g planta <sup>-1</sup> )		Relação N/K
	N	K	N	K	
1	-0,4	-0,4	90	144	1:1,6
2	-0,4	0,4	90	336	1:3,73
3	0,4	-0,4	210	144	1:0,69
4	0,4	0,4	210	336	1:1,6
5	0	0	150	240	1:1,6
6	-0,9	-0,4	15	144	1:9,6
7	0,9	0,4	285	336	1:1,18
8	-0,4	-0,9	90	24	1:0,27
9	0,4	0,9	210	456	1:2,17
10	-0,9	-0,9	15	24	1:1,6

O espaço de exploração para estimativa das doses foi 0 a 300 g planta<sup>-1</sup> de N e 0 a 480 g planta<sup>-1</sup> de K, estabelecido com base nas maiores recomendações de N e K para cultura da

bananeira nos Estados no Nordeste (CE, PE, PB e BA, acrescido de 15,4% para N e 20% para K (Tabela 3).

**Tabela 3.** Recomendações para cultura da bananeira em alguns Estados Brasileiros. Areia -PB, 2019

Estados	Recomendações		Fontes
	N	K	
	(g planta <sup>-1</sup> )		
	Cobertura	Cobertura	
Ceará	260	360	Recomendações de adubação e calagem para o Estado do Ceará (1993)
Pernambuco	90	400	Recomendações de adubação para o Estado de Pernambuco (2008)
Paraíba	100	160	Sugestões de adubação para o Estado da Paraíba (1979)
Bahia	180	400	Manual de adubação e calagem para o estado da Bahia (1989)

A dose de fósforo foi de 144 g planta<sup>-1</sup>, estabelecida com base na recomendação de adubação para o Estado do Ceará (2008), acrescida de 20%, sendo aplicada toda em fundação antes do plantio. A partir do 2º ano de cultivo, todo o fosforo foi aplicado juntamente com as primeiras doses de nitrogênio e de potássio.

As doses de N e K foram parceladas em três aplicações iguais, sendo a adubação da planta mãe realizada aos 70, 130 e 250 dias após o plantio (DAP); a adubação da planta filha realizada aos 340, 400 e 490 (DAP) e a adubação da planta neta realizada aos 614, 674 e 764 (DAP). Utilizou-se como fonte de nitrogênio a ureia, como fonte de potássio o cloreto de potássio e como fonte de fósforo o superfosfato simples. O adubo foi aplicado em círculo para a planta mãe e em meia lua para a planta filha, sendo para esta última, localizado em frente a planta.

Salienta-se que mesmo não coletando os dados referentes ao terceiro ciclo da cultura, a adubação da planta neta foi realizada para proporcionar as mesmas condições nutricionais oferecidas para as plantas mãe e filha, uma vez que no momento da 1ª adubação da planta filha, a colheita de cacho em muitas plantas ainda não havia sido realizada. Esse fato ocorreu em função da resposta das plantas devido aos diferentes tratamentos aplicados.

## **2.4. Implantação e manejo do experimento**

### **2.4.1. Cultivar**

Foram utilizadas mudas de bananeira cv. BRS Vitória, grupo genômico AAAB, provenientes de cultivo *in vitro*. As mudas na forma de “torrãozinho” (3 a 5 cm) e com cerca de 5 a 10 cm de altura foram adquiridas junto à Empresa Campo Biotecnologia Vegetal LTDA, Cruz das Almas, Bahia. As mudas foram acondicionadas em caixa de isopor e transportadas para o setor de agricultura do CCHSA/UFPB, em Bananeiras – PB.

No viveiro do CCHSA/UFPB, em Bananeiras – PB, as mudas foram aclimatadas, sendo repicadas para sacos plásticos pretos de 20 cm de diâmetro x 25 cm de altura, sanfonados e perfurados em seu terço inferior, contendo substrato peneirado e autoclavado a 105 °C por 30 minutos e sem fertilizantes químicos (KATAN et al., 1976; RICCI et al., 1999).

O substrato foi preparado com terra argilo – arenosa de superfície mais composto orgânico vegetal na proporção de 1:1, pesando em média 3,74 kg saco<sup>-1</sup>, antes de ser regado. A repicagem foi efetuada ao entardecer, estando o substrato úmido e as mudas túrgidas. O substrato utilizado apresenta as seguintes características químicas e de fertilidade (pH: 5,9; P: 201,99 mg dm<sup>-3</sup>; K: 490,0 mg dm<sup>-3</sup>; Na<sup>+</sup>: 0,22 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; H<sup>+</sup>+Al<sup>+3</sup>: 8,8 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Al<sup>+3</sup>: 0,0 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Ca<sup>+2</sup>: 6,1 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg<sup>+2</sup>: 4,6 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; SB: 12,2 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; CTC: 20,9 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; V: 58%; M.O.: 138,21 g kg<sup>-1</sup>).

### 2.4.2 Plantio e tratos culturais

O preparo da área para instalação do experimento foi realizado por meio de aração e em seguida gradagem para incorporação de restos vegetais. Posteriormente, foi realizado o coveamento utilizando-se um perfurador de solo, modelo **PSH C/broca de 9”/12” C<sup>X</sup> – 11310, da marca BALDAN**. As covas foram abertas com as dimensões de aproximadamente 0,30 m de diâmetro e 0,50 m de profundidade, tendo as paredes escarificadas para facilitar a penetração das raízes da bananeira no solo. A adubação de fundação foi realizada por ocasião do plantio, sendo aplicada a dose de 144 g cova<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> na forma de superfosfato simples (18% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 11% S e 20% Ca) e oito litros de esterco bovino curtido. O esterco utilizado apresenta as seguintes características químicas, conforme Tabela 4.

**Tabela 4.** Teores médios de macro e micronutrientes na matéria seca do esterco aplicado na adubação de fundação da bananeira. Areia-PB, 2019

<b>Macronutrientes</b>	<b>Valores</b>	<b>Micronutrientes</b>	<b>Valores</b>
N (g kg <sup>-1</sup> )	8,05	Fe (mg kg <sup>-1</sup> )	6326,54
P (g kg <sup>-1</sup> )	2,17	Cu (mg kg <sup>-1</sup> )	16,24
K (g kg <sup>-1</sup> )	1,92	Mn (mg kg <sup>-1</sup> )	205,98
Ca <sup>+2</sup> (g kg <sup>-1</sup> )	32,11	Zc (mg kg <sup>-1</sup> )	82,95
Mg <sup>+2</sup> (g kg <sup>-1</sup> )	4,98		
S (g kg <sup>-1</sup> )	1,88		

Análises realizadas pelo Laboratório de Química e Fertilidade do Solo do Departamento de Solos e Engenharia Rural do CCA-UFPB.

As mudas foram submetidas ao processo de rustificação iniciado 30 dias antes da realização do plantio no campo. As mudas foram plantadas no campo quando atingiram uma altura média de 24,74 cm. O plantio foi realizado no espaçamento 3,0 x 3,0m.

O experimento foi conduzido sob o sistema de irrigação por microaspersão, com um aspersor (vazão nominal de 63 L hora<sup>-1</sup>) para cada duas plantas, com turno de rega de dois dias, para manter a umidade do solo próxima à capacidade de campo, sendo o tempo fixo de irrigação de 1 hora até os 270 DAP e de 1 hora e 30 minutos após este período. A água utilizada na

irrigação foi classificada como C<sub>2</sub>S<sub>1</sub> e apresenta as seguintes características químicas descritas na tabela 5.

**Tabela 5.** Características químicas da água utilizada nas irrigações da área experimental da bananeira. Areia-PB, 2019

Atributos	Unidade	Valores
pH		6,9
Condutividade elétrica a 25 °C	dS m <sup>-1</sup>	0,26
R.A.S		2,39
P.S.T		2,21
Carbonatos, expressos em CO <sub>3</sub>	mmol <sub>c</sub> . L <sup>-1</sup>	0,00
Sulfatos, expresso em SO <sub>4</sub>	mg. L <sup>-1</sup>	2,28
Cloretos, expresso em Cl <sup>-</sup>	mmol <sub>c</sub> . L <sup>-1</sup>	2,25
Cálcio, expresso em Ca <sup>2+</sup>	mmol <sub>c</sub> . L <sup>-1</sup>	0,50
Magnésio, expresso em Mg <sup>2+</sup>	mmol <sub>c</sub> . L <sup>-1</sup>	0,73
Sódio, expresso em Na <sup>+</sup>	mmol <sub>c</sub> . L <sup>-1</sup>	1,87
Potássio, expresso em K	mmol <sub>c</sub> . L <sup>-1</sup>	0,06

Análises realizadas pelo Laboratório de Química e Fertilidade do Solo do Departamento de Solos e Engenharia Rural do CCA-UFPB.

Durante a condução do experimento, foram realizadas as seguintes operações de manejo: aplicação foliar de micronutrientes, capinas, desbaste de perfilhos, desfolhas, escoramento, corte do coração para melhorias na qualidade dos frutos e corte do pseudocaule após a colheita. O bananal foi conduzido no sistema família, por meio de desbaste, deixando-se apenas um segmento por geração, evitando-se competição por água e nutrientes. Os restos culturais foram enleirados entre as fileiras de plantas servindo como cobertura morta.

A aplicação do adubo foliar foi realizada com uma solução de magnésio complexada com micronutrientes, sendo aos 100, 180 e 214 dias após o plantio (DAP) para a planta mãe; e aos 408, 442 e 508 DAP para a planta filha. Utilizou-se o fertilizante foliar comercial Defender Complex® (Mg = 1,8%; S = 2,6%; B = 0,2%; Cu = 0,2%; Fe = 1,5%; Mn = 1,5%; Mo = 0,06%;

Zn = 1,5%), empregando-se a dose de 3 a 5 L ha<sup>-1</sup>, conforme recomendação do fabricante do produto. Também foi realizada aplicação foliar com produto contendo apenas o micronutriente Boro (10% de B), sendo aos 113 e 142 DAP para a planta mãe; e aos 411 e 491 DAP para a planta filha. Seguiu-se a recomendação do fabricante do produto, que é de 1,0 L ha<sup>-1</sup>.

Na aplicação foliar, utilizou-se inicialmente um pulverizador manual de 20 L, contendo haste adaptada e prolongada para alcançar as folhas mais altas da bananeira. No segundo ciclo da cultura, devido a maior altura das plantas, utilizou-se um pulverizador estacionário com motor à gasolina de 2,0 HP (Yamaha, LS-22C).

Nos períodos quentes e de maior índice pluviométrico foi constatada a incidência da “Antracnose” (*Colletotrichum musae*) nas bananeiras, sendo necessária a aplicação do fungicida sistêmico Tiofanato-metílico (Cercobin® 700 WP – 70 g 100 L<sup>-1</sup>) para o controle da doença. Assim, as aplicações foram realizadas aos 12 e 28 DAP para a planta mãe; e aos 408, 415 e 500 DAP para a planta filha.

O controle de plantas invasoras foi realizado por meio de coroamento e alternância entre roço e uso de herbicida Glifosato (Roundap Original DI) nas entrelinhas, conforme infestação da área. As operações de desfolha e poda do coração foram realizadas conforme preconizado por Moreira (1999).

## **2.5. Colheita e transporte de cachos**

A colheita foi realizada manualmente quando os frutos atingiram o diâmetro de 36 mm (3/4 gordo), determinado nos frutos centrais da segunda penca com auxílio de um paquímetro graduado em mm. Após a colheita, os cachos foram transportados manualmente para o Laboratório de fisiologia pós-colheita do Centro de Ciências Humanas, Sociais e Agrárias da UFPB, a fim de serem determinadas algumas características.

## **2.6. Características avaliadas**

### **2.6.1. Massa fresca do cacho, engaço e da ráquis**

Após a colheita e transporte do cacho, realizou-se o corte da ráquis a 10 cm da última penca, na direção do mangará, seguido da pesagem do cacho em balança eletrônica Welmy® W300. Após a pesagem do cacho as pencas foram destacadas, utilizando-se um despencador de banana, sendo imediatamente imersas em tanques de lavagem com água e detergente neutro, na proporção de 400 mL para 1.000 litros de água, por um período de 20 minutos. Em seguida determinou-se a massa fresca do engaço e da ráquis em balança eletrônica Welmy® W300, sendo a massa fresca da ráquis obtida pela diferença do peso do cacho sem o engaço e o peso das pencas. Os dados foram expressos em quilogramas.

### **2.6.2. Número e massa fresca das pencas**

O número de pencas por cacho foi computado antes da realização do despencamento. O peso de todas as pencas com a almofada foi determinado individualmente por meio de balança eletrônica Welmy® W300. A partir do peso individual de cada penca obteve-se a massa fresca total e massa fresca média das pencas, em quilograma.

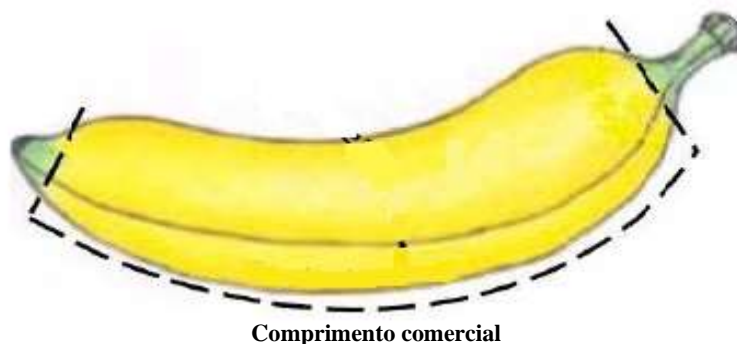
### **2.6.3. Número de frutos por cacho e penca**

Foi quantificado o número de pencas por cacho e o número de frutos por penca, obtendo-se, assim, o número total de frutos por cacho. De posse desses dados foi realizada a relação número total de frutos/número de pencas, e assim foi obtido o número médio de frutos por penca.

### **2.6.4. Número, comprimento e massa fresca dos frutos da segunda penca**

Na segunda penca do cacho foi determinado o número de frutos; o comprimento, em centímetros; e a massa fresca, em gramas, dos frutos. O comprimento foi medido na parte externa (parte convexa) de todos os frutos da penca, de onde começa a polpa até a ponta do

fruto, utilizando-se uma fita métrica graduada em centímetro, obedecendo-se a curvatura do fruto (Figura 1).



**Figura 5.** Esquema demonstrando a medida tomada para comprimento dos frutos (modificado de Cavatte, 2008).

A massa fresca média dos frutos foi obtida a partir da relação entre o peso da penca, obtido no dia da colheita, e o número de frutos, sendo descontado o peso da almofada. A almofada foi pesada no ato do amadurecimento dos frutos, quando atingiram o grau de coloração 6 de acordo com a escala de maturação de Von Loesecke (1950), adotada pela CEAGESP (2006).

### 2.6.5. Produtividade

Calculou-se a produtividade em  $t\ ha^{-1}$ , determinada com base na massa de frutos colhidos na área útil da parcela e a produtividade em mil frutos  $ha^{-1}$ , determinada com base no número de frutos colhidos na área útil da parcela, considerando-se um estande de 1.111 plantas  $ha^{-1}$ .

### 2.7. Análise estatística

Nas análises estatísticas, empregaram-se técnicas de análise univariada e multivariada. Os efeitos quantitativos das doses de nitrogênio e potássio foram ajustados a regressão

utilizando o teste F ( $P \leq 0,05$ ) para verificar o ajuste do modelo. Foi utilizada curva de resposta no caso onde houve significância isolada de apenas um fator. Quando houve significância isolada dos fatores e quando a significância se deu para a interação, utilizou-se a superfície de resposta. Os gráficos de superfície de resposta foram confeccionados no programa Sigma Plot® e para o cálculo dos pontos de máxima e mínima desses gráficos utilizou-se o programa Maple 18®.

A escolha do modelo foi com base na significância dos efeitos, na explicação adequada para fenômeno analisado e no valor do  $R^2$ , considerando-se valor de  $R^2 \geq 0,60$  para aceitação do modelo. A comparação entre os ciclos foi realizada pelo teste F, que é conclusivo para dois fatores (BANZATTO e KRONKA, 2006), admitindo-se erro de até 5% de probabilidade.

Na análise multivariada, fez-se uso da análise de componentes principais (ACP) e de agrupamento com base nos escores dos tratamentos (HUSSON; LÊ; PAGÈS, 2010; MINGOTI, 2005). O critério utilizado para classificar a variável nos componentes foi baseada na relação  $0,5(\lambda^{-0,5})$ , sendo  $\lambda$  o autovalor do componente (OVALLES; COLLINS, 1988). As análises estatísticas foram realizadas nos softwares SAS® University Edition e R-Studio versão 3.3.1.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A interação entre ciclos e as doses de N e K não apresentou efeito significativo para massa do cacho (MC), de engajo (ME) e de ráquis (MR), massa total de pencas (MTP) massa média de pencas (MMP) e número de frutos por cacho (NFP) (Tabela 6). Quando o efeito das doses (N e K) são desdobradas dentro de cada ciclo, observa-se significância da interação entre doses de N e K somente para a variável NFC nos dois ciclos de produção. Apenas a variável MMP foi influenciada pelas doses de N e K estudadas isoladamente, nos dois ciclos de produção. No que concerne a ME e a NP, observa-se que houve influência das doses de N sobre

essas características nos dois ciclos de produção, enquanto que as doses de K influenciaram somente no 2º ciclo de produção.

Analisando as variáveis MC, MR e MTP, nota-se que não houve influência dos ciclos de produção, porém as doses de N e K estudadas isoladamente exerceram influência sobre a MC e a MTP, enquanto que a MR recebeu influencia apenas das doses de N.

Analisando a Tabela 7, verifica-se que a interação entre ciclos e as doses de N e K não apresentou efeito significativo para número de frutos por penas (NFP), comprimento (CF2P) e massa média dos frutos na segunda penca (MMS2P), produtividade em pencas (PP) e em frutos (PF). A interação entre doses de N e K apresentou significância apenas para a variável número de frutos por penca (NFP), sendo que o ciclo não exerceu influência sobre essa variável e também sobre a variável PP. Quando o efeito das doses (N e K) são desdobradas dentro de cada ciclo, observa-se que as variáveis CF2P e MMF2 foram influenciadas pelas doses de N e K nos dois ciclos de produção. A NF2P foi influenciada apenas pelas doses de N e somente no 2º ciclo de produção, apresentando média de 15,80 no 1º ciclo. As doses de N e K exerceram efeito sobre a PF, mas somente no 2º ciclo de produção, com média 108,71 no 1º ciclo. Quanto a PP, observa-se que a mesma foi influenciada pelas doses de N e K.

**Tabela 6.** Resumo das análises de variância e valores médios para massa do cacho (MC), de engaçó (ME) e de ráquis (MR), número de pencas (NP), massa total de pencas (MTP) massa média de pencas (MMP) e número de frutos por cacho (NFC) de bananeira cv. Vitória em dois ciclos (C) e quanto a combinação entre doses de nitrogênio e potássio utilizando a matriz de Pan Puebla III. Areia, PB, 2019

FV	GL	QUADRADO MÉDIO						
		MC	ME	MR	NP	MTP	MMP	NFC
Bloco	3	29,9958 <sup>ns</sup>	0,0820 <sup>ns</sup>	0,1979 <sup>ns</sup>	0,8052 <sup>ns</sup>	27,0636*	0,2167 <sup>ns</sup>	1,1661 <sup>ns</sup>
Ciclo (C)	1	27,6873 <sup>ns</sup>	0,6213*	0,1786 <sup>ns</sup>	1,4170*	23,9733 <sup>ns</sup>	1,4978*	2,5659*
Resíduo (a)	3	3,9750	0,0551	0,1604	0,1362	2,5218	0,0883	0,1438
Dose (D)	10	125,8328**	0,7894**	0,2666*	1,3316**	98,3991**	1,3962**	40,1738**
C x D	10	11,8186 <sup>ns</sup>	0,1085 <sup>ns</sup>	0,1582 <sup>ns</sup>	0,4405*	8,9097 <sup>ns</sup>	0,0537 <sup>ns</sup>	2,0052 <sup>ns</sup>
Resíduo (b)	60	11,9370	0,0931	0,1214	0,2190	10,3100	0,1388	3,4563
CVa (%)		9,78	12,97	47,12	5,44	8,96	11,43	0,38
CVb (%)		16,94	16,86	40,99	6,90	18,11	14,33	1,85
Regressão								
N-L	1	440,9929**		0,9879**		325,9473**		
N-Q	1	242,5649**		0,1989 <sup>ns</sup>		195,2754**		
K-L	1	322,6982**		0,0836 <sup>ns</sup>		274,6094**		
K-Q	1	14,0965 <sup>ns</sup>		0,0715 <sup>ns</sup>		11,6146 <sup>ns</sup>		
N-L x K-L	1	12,7107 <sup>ns</sup>		0,0753 <sup>ns</sup>		7,9297 <sup>ns</sup>		
Regressão/Ciclo 1								
N-L	1		1,1843**		1,1948*		1,1813**	316,0023**
N-Q	1		0,3049 <sup>ns</sup>		0,3441 <sup>ns</sup>		1,4326**	285,8573**
K-L	1		0,1401 <sup>ns</sup>		0,2185 <sup>ns</sup>		1,4956**	2,7545 <sup>ns</sup>
K-Q	1		0,0001 <sup>ns</sup>		0,0069 <sup>ns</sup>		0,1611 <sup>ns</sup>	38,9134**
N-L x K-L	1		0,2102 <sup>ns</sup>		0,0232 <sup>ns</sup>		0,0508 <sup>ns</sup>	34,6310**
Regressão/Ciclo 2								
N-L	1		2,7960**		4,6117**		3,1217**	1.822,9706**
N-Q	1		1,1672**		1,6514*		1,5317**	1.565,9640*
K-L	1		1,4066**		2,7162**		3,1890**	1.171,4084**
K-Q	1		0,0148 <sup>ns</sup>		0,0001 <sup>ns</sup>		0,2388 <sup>ns</sup>	4,7545 <sup>ns</sup>
N-L x K-L	1		0,0454 <sup>ns</sup>		0,0170 <sup>ns</sup>		0,0554 <sup>ns</sup>	168,1930**
Médias								
Ciclo 1		20,95a	1,90a	0,81a	6,65b	18,25a	2,73a	97,85b
Ciclo 2		19,83a	1,73b	0,90a	6,90a	17,20a	2,47b	102,74a

<sup>ns</sup>, \*\* e \*: não significativo e significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

CVa e CVb = Coeficiente de variação da parcela e da subparcela, respectivamente.

Médias seguidas pela mesma letra, entre ciclo, não diferem entre si pelo teste F ( $P \leq 0,05$ ).

**Tabela 7.** Resumo das análises de variância e valores médios para número de frutos por penas (NFP) e na segunda pena (NF2P), comprimento (CF2P) e massa média dos frutos na segunda pena (MMS2P), produtividade em pencas (PP) e em frutos (PF) de bananeira cv. Vitória em dois ciclos (C) e quanto a combinação entre doses de nitrogênio e potássio utilizando a matriz de Pan Puebla III. Areia, PB, 2019

FV	GL	QUADRADO MÉDIO					
		NFP	NF2P	CF2P	MMF2P	PP	PF
Bloco	3	0,4211 <sup>ns</sup>	1,8156 <sup>ns</sup>	1,2824 <sup>ns</sup>	1.114,0684 <sup>ns</sup>	33,4051*	295,2403 <sup>ns</sup>
Ciclo (C)	1	1,5974 <sup>ns</sup>	5,2412 <sup>ns</sup>	6,8186*	10.830,0000**	29,5907 <sup>ns</sup>	648,7354*
Resíduo (a)	3	0,3397	0,7265	0,3062	246,0414	3,1128	53,6982
Dose (D)	10	2,6803**	3,9253**	20,5386**	4.693,9137**	121,4561**	713,6367**
C x D	10	0,4266 <sup>ns</sup>	2,1732*	1,1999 <sup>ns</sup>	414,3412 <sup>ns</sup>	10,9974 <sup>ns</sup>	180,7624 <sup>ns</sup>
Resíduo (b)	60	0,4156	0,9669	1,6648	624,7840	12,7258	116,5789
CVa (%)		3,95	5,31	3,05	8,30	8,96	6,58
CVb (%)		4,37	6,13	6,54	13,23	18,12	9,69
Regressão							
N-L	1	5,9095**				402,3236**	
N-Q	1	10,3878**				241,0325**	
K-L	1	3,8140**				338,9562**	
K-Q	1	0,0861 <sup>ns</sup>				14,3362 <sup>ns</sup>	
N-L x K-L	1	2,1559*				9,7878 <sup>ns</sup>	
Regressão/Ciclo 1							
N-L	1		1,3439 <sup>ns</sup>	26,2205**	3.999,3827*		390,0483 <sup>ns</sup>
N-Q	1		1,2335 <sup>ns</sup>	15,1779**	6.476,0056**		352,8397 <sup>ns</sup>
K-L	1		0,4224 <sup>ns</sup>	13,5241**	4.902,3902**		3,4000 <sup>ns</sup>
K-Q	1		0,2095 <sup>ns</sup>	0,0628 <sup>ns</sup>	86,7809 <sup>ns</sup>		48,0316 <sup>ns</sup>
N-L x K-L	1		0,0498 <sup>ns</sup>	0,1378 <sup>ns</sup>	151,8446 <sup>ns</sup>		42,7458 <sup>ns</sup>
Regressão/Ciclo 2							
N-L	1		1,6670 <sup>ns</sup>	53,4039**	8.534,2661**		2.324,1902**
N-Q	1		16,4646**	19,4864**	2.672,0811 <sup>ns</sup>		1.932,9023**
K-L	1		0,7819 <sup>ns</sup>	30,4294**	11.927,6846**		1.445,8940**
K-Q	1		8,6339 <sup>ns</sup>	5,2146 <sup>ns</sup>	1.772,1084 <sup>ns</sup>		5,8686 <sup>ns</sup>
N-L x K-L	1		0,0641 <sup>ns</sup>	1,0107 <sup>ns</sup>	46,8096 <sup>ns</sup>		207,6042 <sup>ns</sup>
Médias							
Ciclo 1		14,61a	15,80a	20,01a	200,05a	20,27a	108,71b
Ciclo 2		14,88a	16,28a	19,45b	177,87b	19,11a	114,14a

<sup>ns</sup>, \*\* e \*: não significativo e significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

CVa e CVb = Coeficiente de variação da parcela e da subparcela, respectivamente.

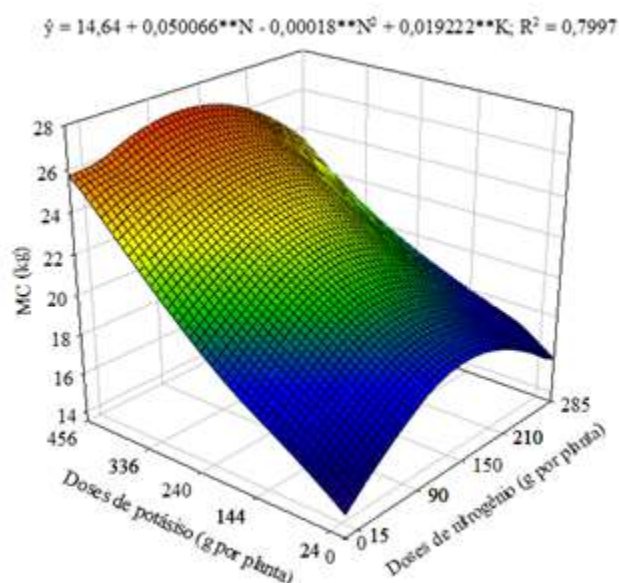
Médias seguidas pela mesma letra, entre ciclo, não diferem entre si pelo teste F ( $P \leq 0,05$ ).

### 3.1 Massa fresca de cacho, engajo e de ráquis

As doses de nitrogênio influenciaram de forma quadrática a massa fresca do cacho (engajo + pencas + ráquis cortada a 10 cm da última penca), enquanto que as doses de potássio influenciaram de maneira linear. O maior valor estimado de massa fresca de cacho (18,12 kg planta<sup>-1</sup>) em função de N foi obtido na dose estimada de 139,07g planta<sup>-1</sup>. Em função de K, o maior valor estimado (23,40 kg planta<sup>-1</sup>) foi obtido na dose máxima estudada de 456g planta<sup>-1</sup>. Esses valores representam acréscimo de 23,77 e 59,83% em relação ao tratamento controle, em função de N (139,07 g planta<sup>-1</sup>) e K (456 g planta<sup>-1</sup>), respectivamente (Figura 6).

Ao derivar a equação matemática em função das doses combinadas estimadas de 139,07g planta<sup>-1</sup> de N e 456 g planta<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, observa-se o valor estimado de 26,88 kg planta<sup>-1</sup>. Esse valor representa um acréscimo de 83,60% em relação ao tratamento sem adubação com nitrogênio e potássio, com incremento de 14,64 kg para cada aumento unitário da dose de N e K.

O maior valor de matéria fresca de cacho, certamente se deu pelo maior número de pencas e de frutos por cacho, apresentado pela cultivar Vitória em função das doses de N e K, e, ainda, pelo fato de as pencas apresentarem maior massa de matéria fresca e, os frutos, maior comprimento também em função das doses de N e K, corroborando com Lima et al., 2005; Borges et al., 2011; Santos e Carneiro, 2012, os quais relatam que a massa fresca do cacho é diretamente influenciada pelo número de pencas, número de frutos por cacho e massa dos frutos, variáveis relacionadas com a expressão de um genótipo. No entanto, Lima et al. (2005) ao avaliarem dez genótipos de bananeiras, nas condições de Cruz das Almas, BA, verificaram que o número de frutos foi a variável que melhor explicou o incremento da matéria fresca de cachos.



**Figura 6.** Massa do cacho (MC) de bananeira cv. Vitória em função de doses de nitrogênio e de potássio no ciclo de produção 1 e 2. \*\*: significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. Areia, PB, 2019.

Silva et al (2003) na avaliação de genótipos de bananeira em diferentes ambientes, observaram que em praticamente todos os genótipos, a massa do cacho apresentou um acréscimo entre os ciclos nos diversos ambientes, sendo essa tendência também constatada por Silva et al. (2000) e Silva e Rodrigues (2013), discordando com o resultado observado no presente estudo. Contudo, Arantes et al. (2017) não observaram diferença significativa entre ciclos para a ‘Pacovan’ e seus híbridos. Da mesma forma, Silva et al. (2016) também verificaram valores semelhantes entre os dois primeiros ciclos de produção da bananeira. Enquanto que Lichtemberg et al. (2002), afirmam que cultivares do subgrupo Prata (AAB) e seus híbridos apresentaram pouca alteração na massa do cacho do primeiro para o segundo ciclo, concordando com o resultado da presente pesquisa.

O valor estimado de massa fresca de cacho de 26,88 kg no presente trabalho, obtido nas doses de 139,07 g planta<sup>-1</sup> de N e 456 g planta<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, respectivamente, é superior ao intervalo de valores (14,78 a 24,3 kg) de massa fresca de cacho para bananeira Pacovan e seus híbridos

(SILVA JÚNIOR et al., 2012; ARANTES et al. (2017) e também acima da faixa de valores médios (12,4 a 21,23 kg) para a bananeira cv. Vitória (PEREIRA et al., 2005; VENTURA et al., 2011; MENDONÇA et al., 2013; WEBER et al., 2017).

Em relação a dose adequada de N e K, Fratoni et al. (2017) obtiveram a máxima massa de cacho para a cultivar 'Nanicão IAC 2001, na dose aplicada de 267 kg ha<sup>-1</sup> de N e 800 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, sendo superiores as doses (154,5 kg ha<sup>-1</sup> de N e 506,6 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O) encontrados na presente pesquisa.

Descordando do presente estudo, vários autores reportam não ter encontrado efeito significativo de doses de nitrogênio para massa de cacho. Citam-se Borges et al. (1997), Maia et al. (2003), Sousa et al. (2003a) e Santos Júnior et al. (2002), trabalhando com bananeira "Prata Anã"; Pinto et al. (2005) com a "Pacovan"; Sousa et al. (2004) com a 'Grand Naine' e González et al. (2006) com Terra 'África 1' (*Musa AAB* Mbouroukou). Contudo, esse fenômeno pode estar relacionado ao fornecido de N a planta sem a presença do potássio, conforme relatado por Guarçoni e Ventura (2011) ou ao baixo fornecimento de K, pois Brunetto et al. (2015) e Freitas et al. (2016) afirmam que o fornecimento adequado de nitrogênio resulta em crescimento vegetativo equilibrado, possibilitando acúmulo de fotoassimilados na planta e um aumento no aporte de carboidratos para os frutos, conferindo alta qualidade de consumo e potencial de armazenamento.

Nessa mesma direção, Ogonna e Nweze (2012) e Suminarti et al. (2016) relatam que razão equilibrada de nitrogênio (N) e potássio (K) é mais crítica do que o seu valor absoluto para melhor atividade fisiológica, crescimento e rendimento de plantas. É também qualidade dos frutos.

Concordando com o presente estudo, Sousa et al. (2004) observaram que no primeiro e segundo ciclo de produção, a massa média de cacho foi influenciada pelo potássio. Essa tendência também é relatada por outros autores, a exemplo de Nyombi et al. (2010), Van Asten

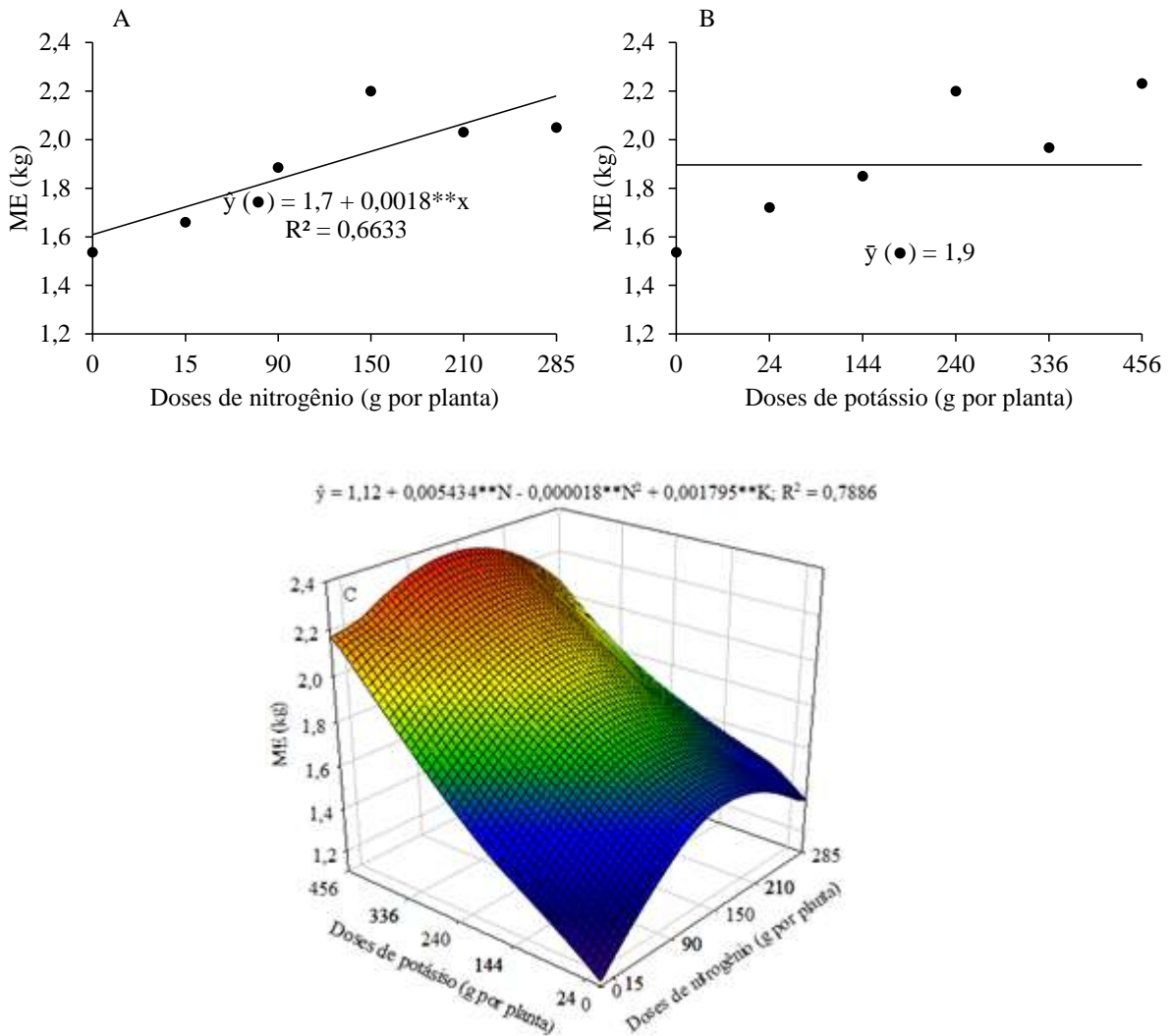
et al. (2011) e Silva et al. (2013). O potássio beneficiar a maioria das reações enzimáticas e influenciar na taxa de transporte dos fotoassimilados da fonte para o dreno, por atuar no carregamento e transporte de sacarose (MARSCHNER, 2012; BUCHANAN et al., 2015). Isso explica por que o fornecimento de K induziu fortemente a massa de cacho, corroborando com Taulya (2013).

Na Figura 7, podemos verificar que as doses de N influenciaram a massa do engajo de forma linear no 1º ciclo (Figura 7A) e de forma quadrática no 2º ciclo de produção (Figura 7C). O valor máximo de 2,2 e 1,53 kg planta<sup>-1</sup> de massa do engajo foi obtido na dose estimada de 285 e 150,94 g planta<sup>-1</sup> de N, representando acréscimo de 29,41 e 36,6% no 1º e 2º ciclo, na devida ordem, em relação ao tratamento sem adição de N e K.

Os valores de massa do engajo em função das doses de K não se ajustaram a nenhum modelo matemático, com média de 1,9 kg planta<sup>-1</sup> para o 1º ciclo (Figura 7B). Contudo, houve efeito linear no 2º ciclo de produção (Figura C), sendo o maior valor (1,93 kg planta<sup>-1</sup>) obtido na dose máxima estudada (456 g planta<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O), com acréscimo de 72,32% em relação ao tratamento controle.

Ao analisar a resposta da bananeira ‘Vitória’ em função das doses combinadas estimadas de 150,94 g planta<sup>-1</sup> de N e 456 g planta<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, tem-se o valor estimado de 2,34 kg planta<sup>-1</sup>. Esse valor representa um acréscimo de 108,92% em relação ao tratamento sem adubação com N e K, com incremento de 1,12 kg para cada aumento unitário da dose de N e K.

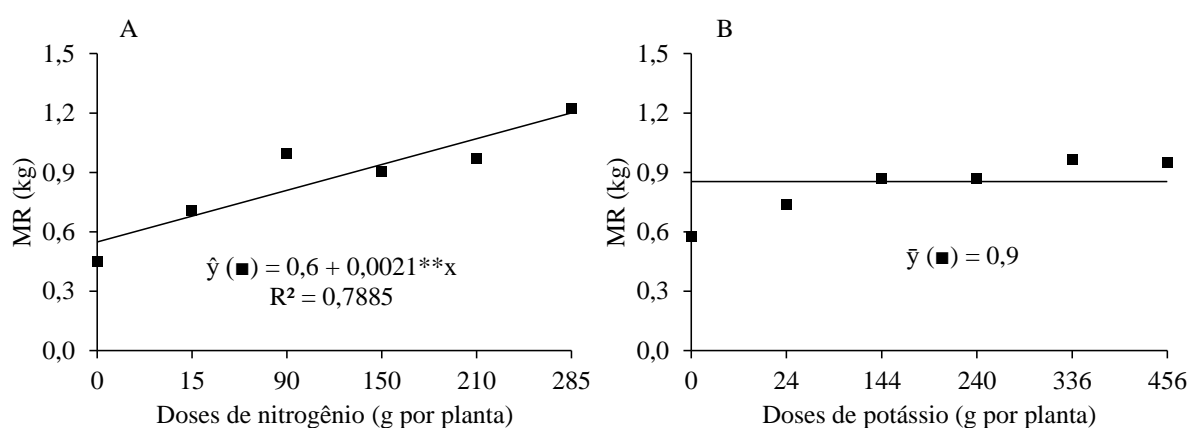
Os valores de massa do engajo observados no presente estudo corroboram com Araújo e Nassur (2018), que avaliando a qualidade de frutos de variedades de bananeiras no semiárido, verificaram que as variedades apresentaram o peso do engajo entre 1,75 e 3,75 kg, e que, o peso aumentou nos ciclos posteriores.



**Figura 7.** Massa de engajo (ME) de bananeira cv. Vitória em função de doses de nitrogênio e de potássio no ciclo de produção 1 (A e B) e 2 (C). \*\*: significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. Areia, PB, 2019.

Rosa (2016) observou que a massa do engajo se correlaciona positivamente com a massa do cacho em alguns cultivares de bananeira e, em outras não, indicando que houve interferência da massa do engajo no rendimento do cacho. Araújo e Nassur (2017) verificaram que o comprimento do engajo está relacionado ao tamanho do cacho e conseqüentemente a uma maior produtividade. No presente estudo, também se observou que a massa do engajo se correlaciona positivamente com a massa do cacho. Por outro lado, Pertri (2015) sugere que a menor massa do engajo pode representar menores custos no transporte.

Na Figura 8A, observa-se que as doses de N influenciaram a massa de ráquis de forma linear. O maior valor de massa de ráquis ( $1,2 \text{ kg planta}^{-1}$ ) foi obtida na dose estimada de  $285 \text{ g planta}^{-1}$  de N. Comparando o valor de  $0,6 \text{ kg}$  das plantas que não receberam adubação nitrogenada com valor obtido na dose máxima estimada, obteve-se um incremento de 100%. Entretanto, convém salientar que a ráquis não possui valor comercial, assim, o aumento na sua massa é pouco interessante para o produtor. Os dados em função de K (Figura 8B) não se ajustaram a nenhum modelo matemático testado, apresentando média de  $0,9 \text{ kg planta}^{-1}$ . O ciclo não influenciou essa característica.

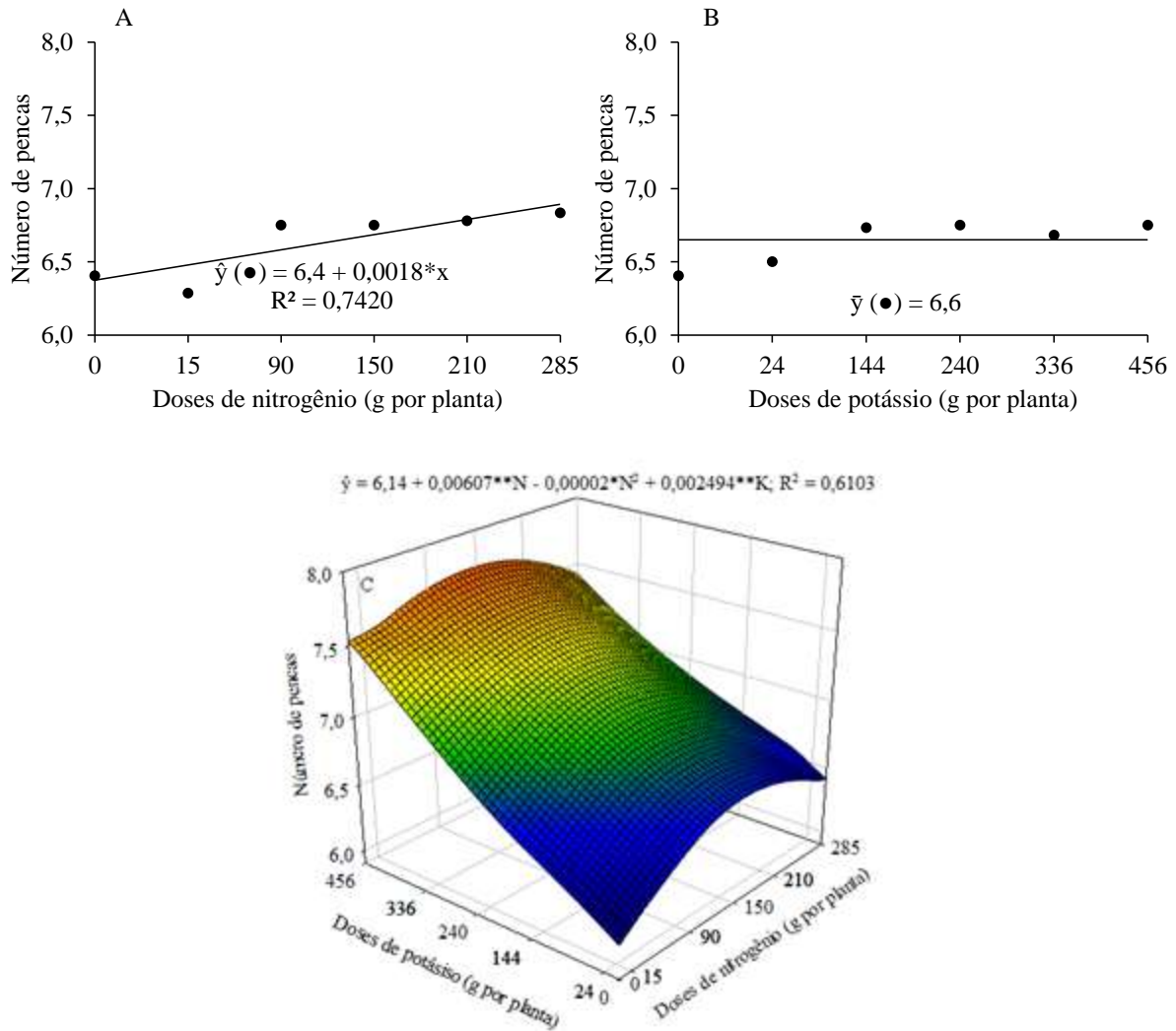


**Figura 8.** Massa de ráquis (MR) de bananeira cv. Vitória em função de doses de nitrogênio (A) e de potássio (B) no ciclo de produção 1 e 2. \*\*: significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. Areia, PB, 2019.

### 3.2. Número de pencas

As doses de nitrogênio exerceram influência sobre o número de pencas nos dois ciclos de produção, com efeito linear para o 1º ciclo (Figura 9A) e quadrático para o 2º ciclo de produção (Figura 9C). O ponto de máximo da função ( $6,9$  e  $6,6$  pencas cacho $^{-1}$ ) foi atingido com as doses  $285$  e  $151,75 \text{ g planta}^{-1}$  de N, para o 1º e 2º ciclo. Isso equivale a um acréscimo

de 7,8 e 7,49% em relação ao tratamento controle, para o 1º e 2º ciclo, respectivamente. Comparando os dois ciclos, tem-se um decréscimo de apenas 4,54% para o 2º ciclo de produção.



**Figura 9.** Número de pencas (NP) de bananeira cv. Vitória em função de doses de nitrogênio e de potássio no ciclo de produção 1 (A e B) e 2 (C). \* e \*\*: significativo a 5 e 1% de probabilidades pelo teste F, respectivamente. Areia, PB, 2019.

Em relação ao potássio, não houve ajuste de nenhuma equação matemática para os valores de número de pencas no 1º ciclo, com média de 6,6 pencas cacho<sup>-1</sup> (Figura 9B). Borges et al. (1997) e Maia et al. (2003), trabalhando com bananeira “Prata Anã”, sob condições de irrigação, também não encontraram efeitos de doses de potássio sobre número pencas por cacho, no 1º ciclo de produção. No 2º ciclo, houve efeito linear, sendo o ponto de máximo da

função (7,27 pencas cacho<sup>-1</sup>) atingido com a dose máxima estudada (456 g planta<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O), com acréscimo de 18,44% em relação ao tratamento controle (Figura 9C).

Analisando a resposta da bananeira ‘Vitória’ em razão das doses combinadas estimadas de 151,75 g planta<sup>-1</sup> de N e 456 g planta<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, verifica-se o valor estimado de 7,73 pencas cacho<sup>-1</sup>. Esse valor representa um acréscimo de 25,89% em relação ao tratamento sem adubação com N e K, com incremento de 6,14 kg para cada aumento unitário da dose de N e K (Figura 9C).

Flores (2000) destaca que o caráter número de pencas por cacho é de grande interesse para o produtor, uma vez que, a penca e o fruto constituem a unidade comercial na região Nordeste, além do que, um aumento no número de pencas pode acarretar uma elevação no peso do cacho, caráter que expressa a produtividade do genótipo.

Tenkouano; Ortiz e Baiyeri (2002) afirmam que o número de pencas apresenta elevada herdabilidade, ou seja, não sofre influência demasiada das condições ambientais e de manejo, em comparação às demais variáveis de rendimento do cacho e, portanto, trata-se de um importante descritor varietal. Assim, Arantes et al. (2017) verificaram que não houve diferença no número de pencas entre os ciclos para a maioria dos 24 genótipos avaliados. Os mesmos autores apresentam a média de 7,9 pencas para o 1º ciclo e de 8,2 pencas para o 2º ciclo de bananeiras do grupo Prata, especificamente a ‘Pacovan’ e seus híbridos, discordando dos valores do presente estudo.

Ainda nessa direção, Furcal e Barquero (2014), conduzindo experimentos na Costa Rica, não encontraram diferenças significativas na produção de pencas com doses de K<sub>2</sub>O variando de 0 a 350 Kg ha<sup>-1</sup>. Por outro lado, Lorena (2015), em trabalho realizado no Distrito Federal, observou que o número máximo de pencas estimado foi proporcionado pela dose de 668 Kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, valor esse superior a dose máxima estudada na presente pesquisa (506,6

kg ha<sup>-1</sup>). Silva et al. (2013) também observou que a aplicação de K, independentemente do ciclo, aumentou o número de pencas por cacho.

Weber et al. (2017) e Ventura et al. (2011), encontraram número de pencas para o 1º ciclo (7,0 pencas) da cv. Vitória semelhante ao observado no presente trabalho (6,9 pencas). No 2º ciclo, o valor (8,6 pencas) relatado por Weber et al. (2017) é superior ao encontrado na pesquisa em questão (7,23 pencas). Mendonça et al. (2013) relata valor (5,88) inferior ao observado na presente pesquisa para o 1º ciclo de produção.

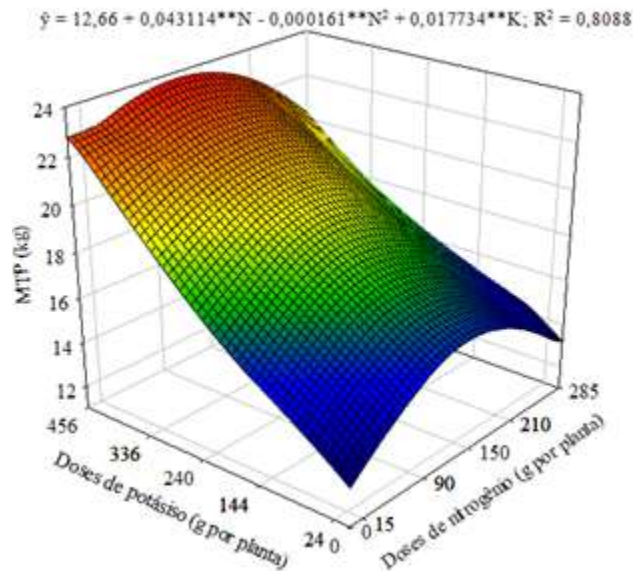
### **3.3. Massa fresca total das pencas e massa fresca média das pencas**

As doses de nitrogênio influenciaram de forma quadrática a massa fresca total de pencas, enquanto que as doses de potássio influenciaram linearmente. O ponto de máximo da função (15,54 kg planta<sup>-1</sup>) em função das doses de N foi atingido com a dose estimada de 133,89 g planta<sup>-1</sup> de N, sendo, que o aumento dos níveis de N a partir dessa dose, proporcionou acentuada redução na massa fresca total de pencas, indicando efeito negativo ao crescimento dessa variável avaliada. Esse valor representa um aumento de 22,74% em relação ao tratamento sem adição de N. Já em função de K, esse aumento foi de 63,82%, sendo o ponto de máximo da função (20,74 kg planta<sup>-1</sup>), atingido com a dose máxima estudada, que foi de 456g planta<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O (Figura 10).

Ao derivar a equação matemática em função das doses combinadas estimadas de 133,89 g planta<sup>-1</sup> de N e 456 g planta<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, observa-se o valor estimado de 23,63 kg planta<sup>-1</sup>. Esse valor representa um acréscimo de 86,65% em relação ao tratamento sem adubação com N e K, com incremento de 12,66 kg para cada aumento unitário da dose de nitrogênio e potássio.

Em estudo com a bananeira ‘Pacovan’ e seus híbridos, Arantes et al. (2017) constataram a média de 17,2 kg para massa total de pencas no 1º ciclo, com valores variando entre 15,4 e 20,6 kg; e para o 2º ciclo, a média de 15,6 kg, com valores variando entre 14,4 e 16,7 kg. Logo,

o resultado encontrado para o presente estudo é superior ao observado pelos autores anteriormente.



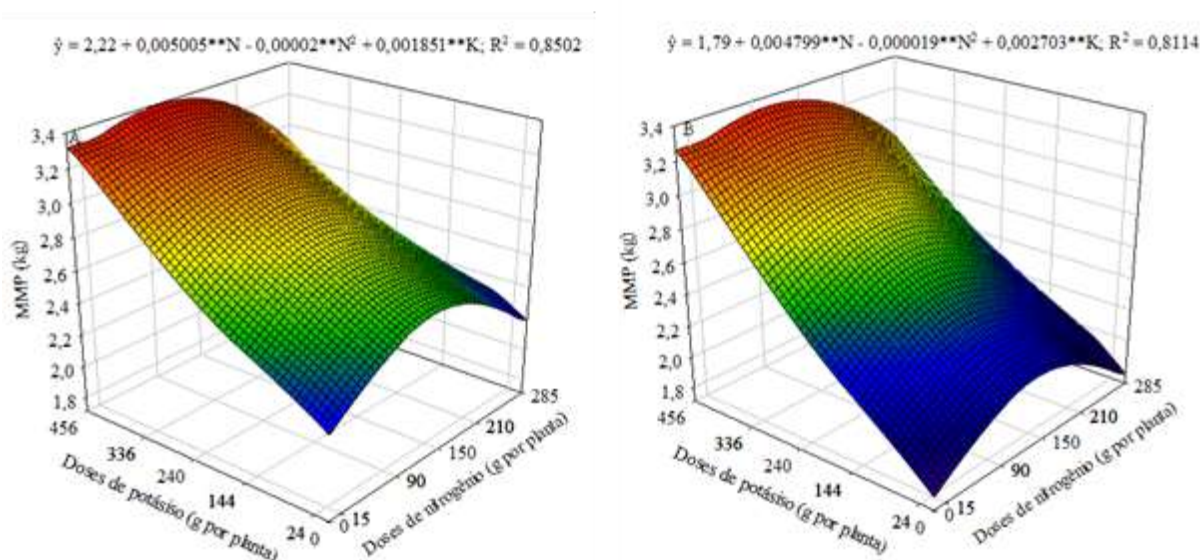
**Figura 10.** Massa fresca total das pencas (MTP) de bananeira cv. Vitória em função de doses de nitrogênio e de potássio no ciclo de produção 1 e 2. \*\*: significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. Areia, PB, 2019.

Na Figura 11A e B, observa-se que a massa média de pencas seguiu a mesma tendência da massa fresca total de pencas em relação a influência das doses de N e K, havendo diferença dos valores entre os ciclos de produção. A partir da derivação da equação que modelou os dados para essa característica, verifica-se que o ponto de máximo da função ( $2,53 \text{ kg planta}^{-1}$ ) foi atingido com a dose estimada de  $125,12 \text{ g planta}^{-1}$  de N, para o 1º ciclo (Figura 11A), sendo que o aumento dos níveis de N a partir dessa dose, promoveu acentuada redução nesse caractere, indicando efeito negativo sobre o comportamento dessa variável avaliada. O valor encontrado ( $2,53 \text{ kg planta}^{-1}$ ) equivale a um aumento de 13,96% na massa média de pencas, quando comparado ao tratamento controle.

Para o 2º ciclo, o ponto de máximo da função ( $2,09 \text{ kg planta}^{-1}$ ) foi atingido com a dose estimada de  $126,28 \text{ g planta}^{-1}$  de N, representando acréscimo de 16,75% em relação ao

tratamento controle. Aumento dos níveis de N a partir das doses estimadas, promoveram decréscimo na massa média de pencas (Figura 11B).

Em relação ao potássio, a massa média de pencas aumentou linearmente nos dois ciclos de produção com ganhos de 2,22 (Figura 11A) e 1,79 kg (Figura 11B) para cada incremento unitário da dose de K, sendo os pontos de máximo da função (3,06 e 3,02 kg planta<sup>-1</sup>), atingidos com a dose máxima estudada, que foi de 456 g planta<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, para o 1º (Figura 11A) e 2º (Figura 11B) ciclos respectivamente. Esses valores representam um aumento de 37,83 e 68,71% em relação ao tratamento controle, para o 1º e 2º ciclo, na devida ordem. A massa da penca é a variável mais importante para avaliação do rendimento do cacho de uma cultivar de bananeira, pois é a parte efetivamente comercializada pelo produtor e estabelece, quando extrapolada em função da área, a real produtividade da cultura em t ha<sup>-1</sup> (ROSA, 2016).



**Figura 11.** Massa fresca média das pencas (MMP) de bananeira cv. Vitória em função de doses de nitrogênio e de potássio no ciclo de produção 1 (A) e 2 (B). \*\*: significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. Areia, PB, 2019.

Ao analisar a resposta da bananeira ‘Vitória’ em razão das doses combinadas estimadas, observa-se que a combinação de 125,12 g planta<sup>-1</sup> de N e 456 g planta<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O promoveu o

valor estimado de 3,37 kg planta<sup>-1</sup> no 1º ciclo (Figura 11A). Para o 2º ciclo, a combinação de 126,28 g planta<sup>-1</sup> de N e 456 g planta<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O resultou no valor estimado de 3,32 kg planta<sup>-1</sup> (Figura 11B). Houve acréscimo de 51,8 e 85,47% em relação ao tratamento sem adubação com N e K, com incremento de 2,22 e 1,19 kg para cada aumento unitário da dose de N e K, no 1º e 2º ciclos respectivamente.

Os valores estimados (3,37 e 3,32 kg) de massa fresca média da penca na presente pesquisa, obtidos nas doses de 125,12 e 126,28 g planta<sup>-1</sup> de N combinadas com 456 g planta<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, respectivamente, são superiores aos valores (2,0 a 3,0 kg) relatados na literatura para bananeira “Pacovan” e seus híbridos (PEREIRA et al., 2005; ARANTES et al., 2017; WEBER et al., 2017).

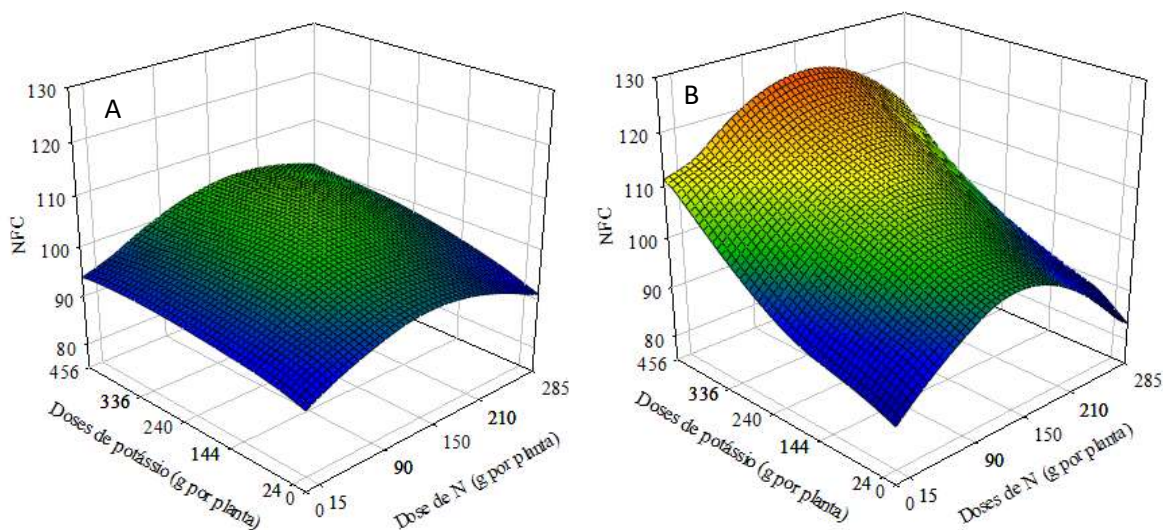
Nomura et al. (2017), verificaram que a maior massa fresca da penca foi alcançada nas doses de 525 kg ha<sup>-1</sup> de N e 855 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, no 1º ciclo de produção; e nas doses de 357 kg ha<sup>-1</sup> de N e 581,4 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, no 2º ciclo, necessitando, portanto, de aplicação de menos nutrientes no 2º ciclo. As doses apresentadas por esses autores são superiores as doses encontradas na presente pesquisa, que é de 139 e 140,29 kg ha<sup>-1</sup> de N, para o 1º e 2º ciclo, respectivamente; e 506,6 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, para os dois ciclos de produção.

### **3.4. Número de frutos por cacho**

As doses de nitrogênio e potássio influenciaram o número de frutos por cacho, com ajuste quadrático para N e K no 1º ciclo e quadrático para N e linear para K, no 2º ciclo de produção (Figura 12A e B). O valor máximo estimado para essa característica (105 frutos) no 1º ciclo, foi obtido na dose estimada de 177 g planta<sup>-1</sup> de N e 326 g planta<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O (relação 1N:1,8K), quando aplicados juntos. Esse valor representa incremento de 16,27% (15 frutos) em relação ao tratamento controle (Figura 12A).

Para o 2º ciclo de produção, o incremento em relação ao tratamento sem adubação com N e K foi de 43,18% (37 frutos), sendo o maior número de frutos (123 frutos) por cacho alcançado na dose estimada de 169 g planta<sup>-1</sup> de N e 456 g planta<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O (relação 1N:2,7K), quando aplicadas de forma combinadas (Figura 12B).

Ao comparar os dois ciclos, verifica-se que no 2º ciclo de produção houve um aumento de 17,14% (18 frutos) no número de frutos por cacho, o que equivale a um total de 19.998 frutos ha<sup>-1</sup> (estande de 1.111 plantas ha<sup>-1</sup>). Isso é bastante positivo, pois representa maior lucratividade para o produtor, pois muitos comerciantes varejistas vendem as bananas para mesa, por dúzia. Esse fenômeno corrobora com Flores (2000) e Silva et al. (2002) que afirmam que o 1º ciclo não deve ser considerado conclusivo para analisar o desempenho de genótipos quanto ao número de frutos, pois há uma tendência de elevação nos ciclos posteriores no valor deste caráter.



**Figura 12.** Número de frutos por cacho (NFC) de bananeira cv. Vitória em função da interação entre doses de nitrogênio e potássio no ciclo 1 (A)  $\hat{y} = 90,3 + 0,1115**N - 0,0005**N^2 + 0,0299K - 0,0001**K^2 + 0,0002**NxK$ ,  $R^2 = 0,6549$ ; e ciclo 2 (B)  $\hat{y} = 85,9 + 0,2134**N - 0,0009*N^2 + 0,0256**K + 0,0002**NxK$ ,  $R^2 = 0,7569$ . \* e \*\*: significativo a 5 e 1% de probabilidades pelo teste F, respectivamente. Areia, PB, 2019.

Discordando do presente estudo, Borges et al. (1997) e Maia et al. (2003), trabalhando com bananeira “Prata Anã”; Pinto et al. (2005) com a “Pacovan” e González et al. (2006) com a Terra ‘África 1’ (*Musa AAB Mbouroukou*) não encontraram efeito significativo de doses de nitrogênio para número de frutos por cacho. Da mesma forma, Borges et al. (1997) e Maia et al. (2003), para a bananeira “Prata Anã”, sob condições de irrigação, não encontraram efeitos de doses de potássio sobre número de frutos por cacho no primeiro ciclo de produção. Outros autores não observaram efeito da fertilização potássica na maioria das variáveis produtivas no primeiro ciclo de bananeiras, sob diferentes condições edafoclimáticas (SILVA et al., 2003; PINTO et al., 2005; CRISOSTOMO et al., 2008; COSTA et al., 2012a). Entretanto, esse comportamento pode estar relacionado ao fornecido de N a planta na ausência de aplicação de potássio, conforme relatado por Guarçoni e Ventura (2011) ou ao baixo fornecimento de K, concordando com Brunetto et al. (2015) e Freitas et al. (2016) e ainda com Ogonna e Nweze (2012) e Suminarti et al. (2016), que afirmam que razão equilibrada de nitrogênio e potássio é mais crítica do que o seu valor absoluto para melhor atividade fisiológica, crescimento e rendimento de plantas.

Ainda nessa direção, na literatura são encontrados relatos da influência dos nutrientes N e K sobre o número de frutos por cacho. Assim, Pinto et al. (2005) verificaram que o nitrogênio foi efetivo para número de frutos, sendo a melhor taxa de 340 kg ha<sup>-1</sup>. Lorena (2015) em trabalho realizado no Distrito Federal sob irrigação, observou que o número máximo de banana estimado por cacho foi obtido com aplicação da dose de 667 Kg ha<sup>-1</sup>. Outros autores também observaram efeito do K sobre essa característica, citam-se Pinto et al. (2005), Sousa et al. (2004), Silva et al., 2013) e Melo et al. (2010). Estes últimos autores verificaram que o número de frutos por cacho foi obtido na combinação de 1.050 kg ha<sup>-1</sup> de N e 1.200 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, sendo muito superior as doses encontradas no presente estudo (1º ciclo=197 kg ha<sup>-1</sup> de N e 362 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O e 2º ciclo=188 kg ha<sup>-1</sup> de N e 506,6 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O).

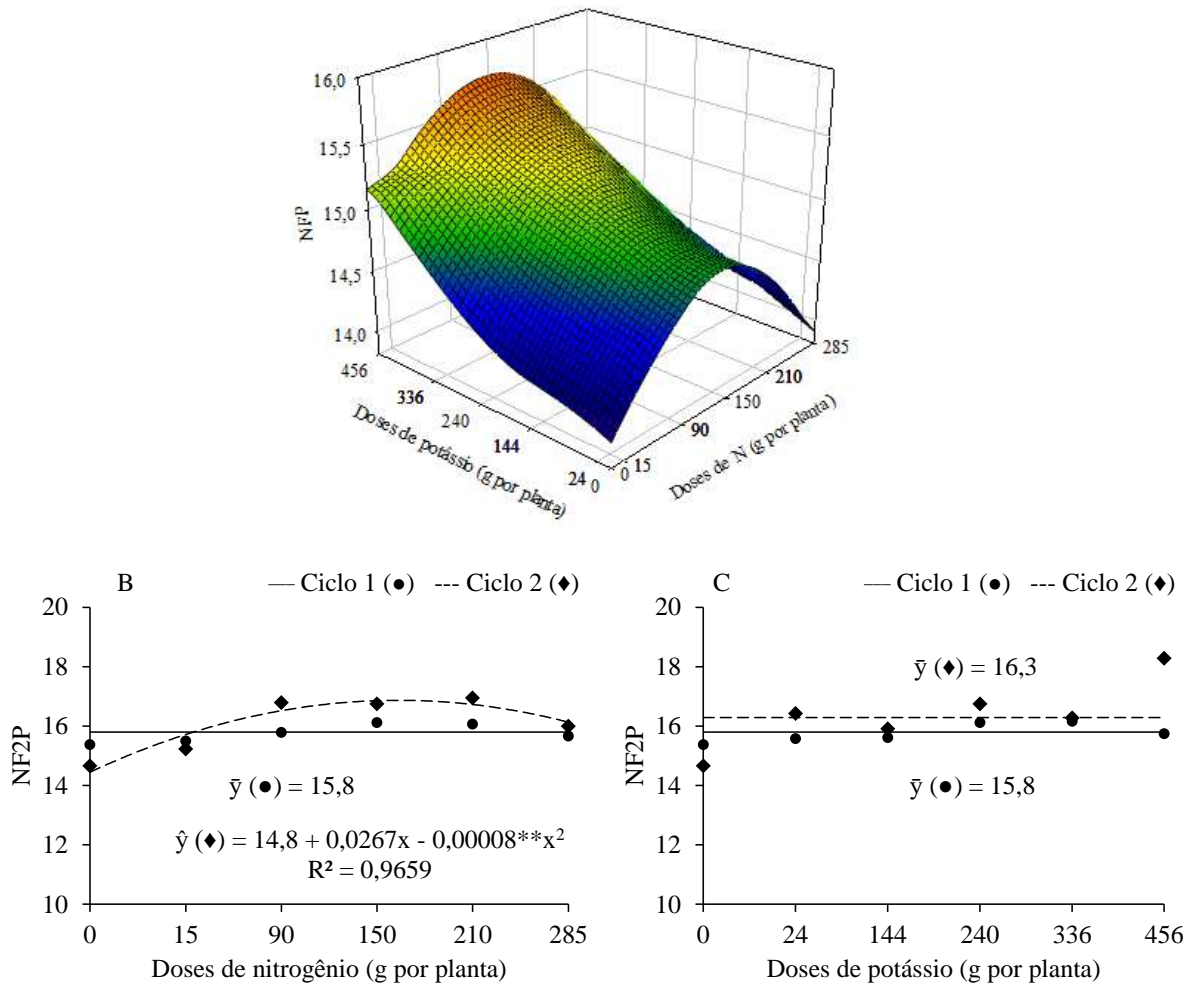
Weber et al. (2017) nas condições do Nordeste brasileiro, encontraram número de frutos por cacho (1º ciclo: 107,3 e 2º ciclo: 128,9 frutos) para a cv. Vitória, muito próximo ao observado no presente estudo, enquanto que Mendonça et al. (2013) nas condições edafoclimáticas do município de Goiânia-GO, encontraram valor (73,71 frutos) abaixo do encontrado na presente pesquisa.

### **3.5. Número de frutos por penca e número de frutos da segunda penca**

As doses de nitrogênio e potássio exerceram influência sobre o número de frutos por penca, com ajuste quadrático para N e linear para K. Não houve influência do ciclo sobre esse caractere. O ponto máximo da função (15,7 frutos) foi atingido na dose estimada de 157 g planta<sup>-1</sup> de N e 456 g planta<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O (relação 1N:2,9K), quando aplicados juntos. Esse valor (15,7 frutos) representa aumento de 12,14% em relação ao tratamento controle (Figura 13<sup>a</sup>), estando acima dos valores (14 a 15 frutos) relatados para bananeira “Pacovan e seus híbridos (ARANTES et al., 2017).

Em um estudo com 24 genótipos de bananeiras foi verificado que a maioria dos genótipos avaliados apresentou aumento no número de frutos por penca durante os ciclos (ARANTES et al., 2017). Fato também observado por Silva e Rodrigues (2013), discordando do presente estudo com a bananeira cv. Vitória, no qual não se observou diferença entre os ciclos.

Lorena (2015) constatou que o maior valor para o número de bananas por penca foi alcançado com o nível de adubação potássica igual a 667 Kg ©<sup>-1</sup>. Melo et al. (2010b), em ensaio realizado na costa de Sergipe, constataram que o maior número de frutos por penca foi atingido com aplicação conjunta de 1050 kg ©<sup>-1</sup> de N e 1200 kg ©<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. Esses valores reportados acima são bem superiores aos observados na presente pesquisa (174 kg ©<sup>-1</sup> de N e 507 kg ©<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O).



**Figura 13.** Número de frutos por penca (NFP) em função da interação entre doses de nitrogênio e potássio.  $\hat{Y} = 14 + 0,012389**N - 0,000051**N^2 + 0,000924**K + 0,000008*NxK$ ,  $R^2 = 0,7623$  (A) e número de frutos da segunda penca (NF2P) de bananeira cv. Vitória em função de doses de nitrogênio (B) e de potássio (C) no ciclo de produção 1 e 2. \* e \*\*: significativo a 5 e 1% de probabilidades pelo teste F, respectivamente. Areia, PB, 2019.

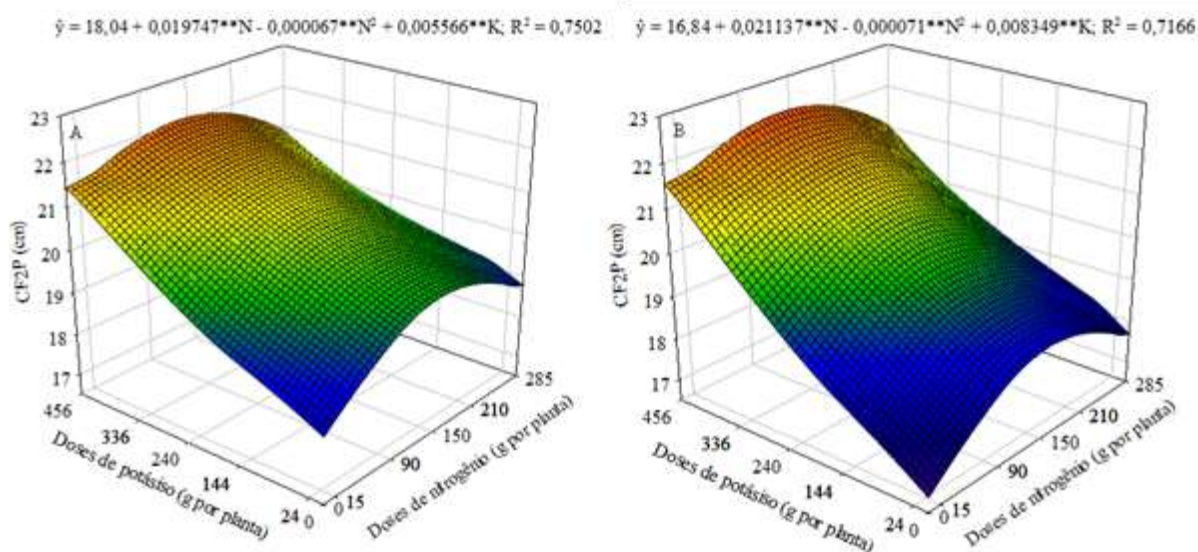
Os valores de número de frutos da segunda penca em função de N, no 1º ciclo, e em função de K, nos dois ciclos de produção, não se ajustaram a nenhuma equação matemática testada, apresentando valor médio de 15,8 frutos em função de N e K no 1º ciclo e 16,3 frutos em função de K no 2º ciclo de produção (Figura 13B e C). Contudo, as doses de nitrogênio promoveram efeito quadrático sobre o número de frutos da segunda penca, para o 2º ciclo de produção. O ponto máximo da função (17 frutos) foi atingido na dose estimada de 167 g

planta<sup>-1</sup>. Aumento na dose de N acima de 167 g planta<sup>-1</sup> promoveu diminuição nessa característica (Figura 13C). Assim, verifica-se que o número de frutos na segunda penca (17 frutos), obtido na dose estimada de 157 g planta<sup>-1</sup> de N, é próximo ao número de frutos por penca (15,7 frutos) obtido na dose combinada de 167 g planta<sup>-1</sup> de N e 456 g planta<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O.

### 3.6. Comprimento dos frutos da segunda penca

Segundo Ratke et al. (2012), o nitrogênio e o potássio são considerados elementos-chave no desenvolvimento de fruto da bananeira. Assim sendo, verifica-se que as doses crescentes de nitrogênio aumentaram o comprimento do fruto da segunda penca de forma quadrática, para o 1º e 2º ciclo de produção. O ponto máximo da função de 19,49 e 18,41 cm foi atingido na dose estimada de 147,36 e 148,85 g planta<sup>-1</sup> de N, para o 1º (Figura 14A) e 2º ciclo de produção (Figura 14B), respectivamente, inferindo-se aumento de 8,03 e 9,3%, nessa ordem, em relação ao tratamento controle.

Em relação ao potássio, as doses promoveram aumento de forma linear no comprimento dos frutos, nos dois ciclos de produção. Os maiores comprimentos de 20,57 e 20,64 cm foram obtidos na máxima dose estudada de K, que foi de 456 g planta<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, para o 1º (Figura 14A) e 2º ciclo (Figura 14B) respectivamente. Esses valores representam acréscimos de 14,02 e 22,56% para o 1º e 2º ciclo, na devida ordem, quando comparado ao tratamento sem adição de potássio. Segundo Ramos et al. (2010), Guarçoni e Ventura (2011) e Oliveira et al. (2015), o potássio tem como função, ser ativador de várias enzimas durante a fotossíntese, respiração, abertura de estômatos e manutenção da turgidez celular. Isso justifica o aumento do comprimento do fruto com a aplicação de doses crescentes de K.



**Figura 14.** Comprimento dos frutos da segunda penca (CF2P) de bananeira cv. Vitória em função de doses de Nitrogênio e de potássio no ciclo de produção 1 (A) e 2 (B). \*\*: significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. Areia, PB, 2019

Para a resposta da bananeira ‘Vitória’ em razão das doses combinadas estimadas, observa-se que as doses de 147,36 e 148,85 g planta<sup>-1</sup> de N combinadas com 456 g planta<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, promoveram praticamente os mesmos valores estimados de 22,03 e 22,22 cm, no 1º e 2º ciclo respectivamente (Figura 14A e B). Houve acréscimo de 22,11 e 31,94% em relação ao tratamento sem adubação com N e K, com incremento de 18,04 e 16,84 cm para cada aumento unitário do nível de N e K, no 1º e 2º ciclos respectivamente.

O comprimento dos frutos é característica importante na classificação comercial da banana (Donato et al., 2009), pois além de constituir um aspecto relevante da qualidade, o sistema de classificação vigente confere muita importância às dimensões dos frutos (PBMH e PIF, 2006); por consequência, o preço pago aos produtores também é influenciado pelo tamanho dos frutos (AZEVEDO et al., 2010).

De acordo com a escala apresentada por Matsuura et al. (2004), os valores de comprimento do fruto (22,03 e 22,22 cm) obtidos no presente estudo em função das doses combinadas estimadas de N e K, permitem classificar os frutos da bananeira cv. Vitória como

“muito grandes” para os dois ciclos de produção avaliados. Esses autores classificaram os frutos de banana madura em cinco categorias quanto ao comprimento: muito pequena (menor que 8 cm), pequena (8 a 11 cm), médio (12 a 15 cm), grande (16 a 19 cm) e muito grande (maior que 19 cm) e verificaram que 87,4% dos consumidores preferem frutos de comprimentos médios e grandes. Salienta-se ainda que os frutos da presente pesquisa se enquadram na categoria “extra” quanto ao calibre mínimo para o grupo “Prata (34 mm), pois só foram colhidos quando atingiram o diâmetro médio de 36 mm.

No entanto, o comprimento do fruto (16,84 – 18,04 cm) apresentado pela cv. Vitória nesta pesquisa, mediante a ausência de adubação nitrogenada e potássica, obtendo classificação como grande, sugere que esse comportamento é uma característica genética dessa cultivar, corroborando com Santos et al. (2017) e Mendonça et al. (2013) que observaram o comprimento de 15,6 e 19,7 cm, respectivamente.

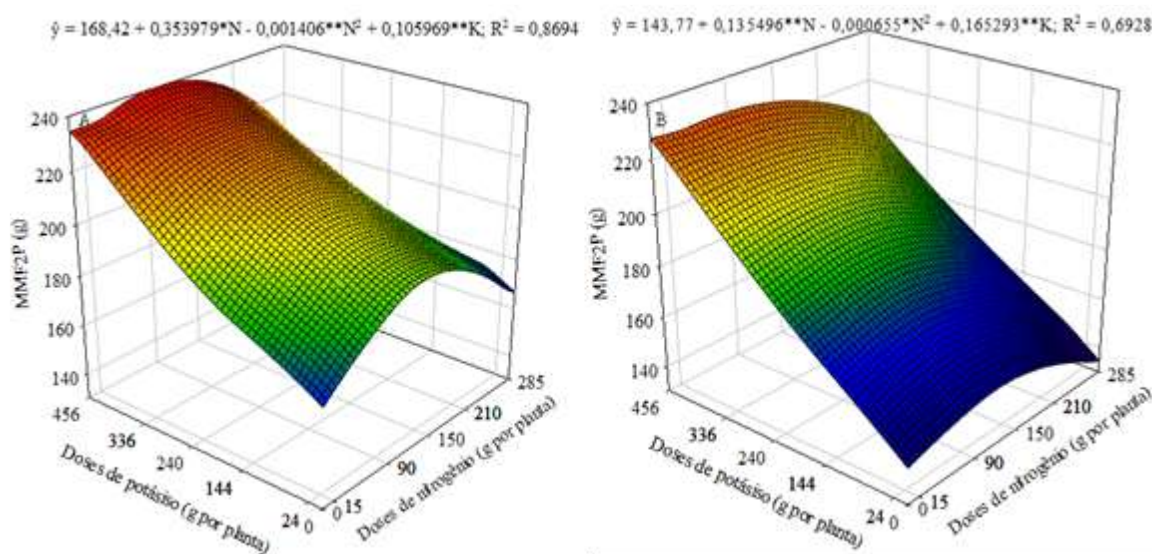
Ainda nessa direção, observa-se que o comprimento mínimo dos frutos para classificá-los como “extra” (22 cm) (PBMH; PIF, 2006) não foi alcançado nos dois ciclos de produção, quando as doses de N e K foram consideradas de maneira isolada (Figura 14B).

### **3.7. Massa fresca média dos frutos da segunda penca**

Na Figura 15A e B, observa-se que massa fresca média dos frutos da segunda penca seguiu o mesmo comportamento apresentado pelo comprimento em função das doses de nitrogênio e potássio. Derivando as equações quadráticas que modelaram os valores em função de N nos dois ciclos de produção, tem-se que os pontos de inflexão (190,69 e 150,77 g fruto<sup>-1</sup>) ocorreram na aplicação das doses de 125,88 e 103,43 g planta<sup>-1</sup> de N, para o 1º (Figura 15A) e 2º ciclo de produção (Figura 15B), respectivamente. Esses valores inferem incremento de 13,22 e 4,86% para o 1º e 2º ciclo de produção, nessa ordem, em relação ao tratamento controle, cujo

valores foram de 168,42 e 143,77 g fruto<sup>-1</sup>. Contudo, os frutos da segunda penca, no 1º ciclo de produção, foram 26,47% mais pesados do que os frutos do 2º ciclo.

No que se refere ao potássio, as doses influenciaram linearmente a massa média dos frutos da segunda penca nos dois ciclos de produção, sendo que os maiores valores para esse caractere (216,74 e 219,14 g fruto<sup>-1</sup>) foram obtidos na dose máxima aplicada (456 g planta<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O), para o 1º (Figura 15A) e 2º ciclo (Figura 15B), nessa ordem. Esses valores equivalem a acréscimo de 28,69 e 52,42% para o 1º e 2º ciclo, respectivamente, quando comparado ao tratamento controle. Ao contrário do que ocorreu em função do nitrogênio, o potássio proporcionou maior peso aos frutos da segunda penca no 2º ciclo de produção, com incremento de apenas 1,10% em relação ao 1º ciclo (Figura 12B).



**Figura 15.** Massa fresca média dos frutos da segunda penca (MMF2P) de bananeira cv. Vitória em função de doses de nitrogênio e de potássio no ciclo de produção 1 (A) e 2 (B). \* e \*\*: significativo a 5 e 1% de probabilidades pelo teste F, respectivamente. Areia, PB, 2019.

Analisando a resposta da bananeira ‘Vitória’ em razão das doses combinadas estimadas, tem-se que as doses de 125,88 e 103,43 g planta<sup>-1</sup> de N combinadas com 456 g planta<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, promoveram os valores estimados de 239,02 e 226,15 g fruto<sup>-1</sup>, no 1º (Figura 15A) e 2º ciclo

(Figura 15B) respectivamente. Houve acréscimo de 41,91 e 57,29% em relação ao tratamento sem adubação com N e K, com incremento de 168,42 e 143,77 g fruto<sup>-1</sup> para cada aumento unitário da dose de N e K, no 1º e 2º ciclo na devida ordem. Ao comparar os dois ciclos, verifica-se que os frutos do 1º ciclo foram 5,69% mais pesados do que os frutos do 2º ciclo.

A massa de frutos é uma característica importante para selecionar cultivares e preferência do consumidor, mas massa de fruta não deve ser considerado um traço isolado porque outros componentes podem refletir a qualidade da fruta, como comprimento e diâmetro do fruto (GARRUTI et al., 2012). Assim, o resultado do presente estudo está de acordo com essa afirmativa, pois os frutos foram classificados como “extra” em relação ao comprimento e diâmetro.

Nomura et al. (2017), verificaram que a maior massa fresca do fruto em bananeira foi alcançada nas doses de 525 kg N ha<sup>-1</sup> e 855 kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>, com efeito desses nutrientes nos dois ciclos de produção. No entanto, essas doses são bastante superiores as encontradas no presente estudo (1º ciclo = 139,85 Kg ha<sup>-1</sup> de N, 2º ciclo = 114,91 Kg ha<sup>-1</sup> de N e 1º e 2º ciclo = 506,6 Kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O).

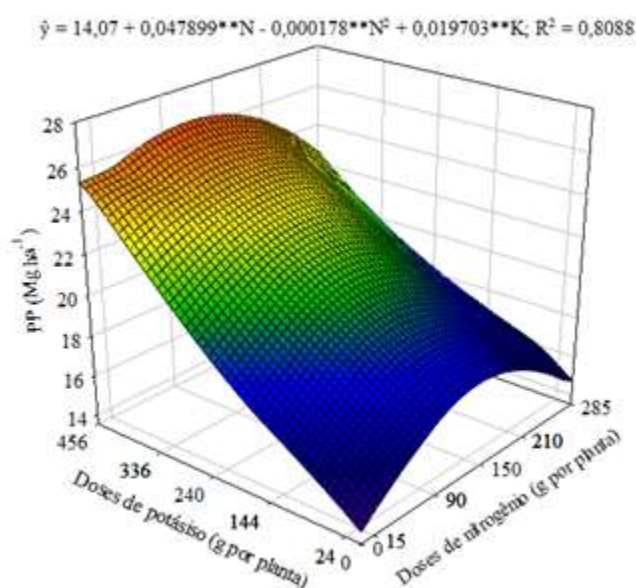
Na literatura são encontrados alguns relatos de valor de massa fresca do fruto para a cv. Vitória. Pereira et al. (2005) encontraram valores variando de 160 a 180 g; Mendonça et al. (2013) constataram o valor de 207,40 g; Santos et al. (2017) observaram o valor de 175,55 g e Weber et al. (2017) confirmaram o valor 194 g para o 1º ciclo e 195,1 g para o 2º ciclo. Para a presente pesquisa, os valores observados (239,02 e 226,15 g fruto<sup>-1</sup>) são superiores aos apresentados pelos referidos autores.

### **3.8. Produtividade em pencas e em frutos**

A massa fresca do cacho não expressa a verdadeira produtividade de uma cultivar, já que é composta pela massa de pencas somada aos componentes descartáveis como a massa do

engajo e raques, apresentando grande oscilação no resultado do rendimento. Assim, calculou-se a produtividade baseada na massa fresca total das pencas.

As doses de nitrogênio influenciaram positivamente e de forma quadrática a produtividade em pencas da bananeira ‘Vitória’, bem como as doses de potássio exerceram efeito linear sobre essa característica avaliada. Não houve diferença entre os ciclos de produção (Figura 16), discordando de Araújo e Nassur (2017), os quais verificaram que de maneira geral, no 2º ciclo os valores médios de cada variedade foram superiores aqueles obtidos no ciclo anterior, o que pode ser compreendido como sendo resultado da estabilização do manejo adotado para as plantas no 1º ciclo de produção; e de Borges et al. (2006), que constataram que a cv. Vitória apresentou produtividade superior no 2º ciclo de produção.



**Figura 16.** Produtividade em pencas (PP) de bananeira cv. Vitória em função de doses de nitrogênio e de potássio no ciclo de produção 1 e 2. \*\*: significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. Areia, PB, 2019.

Em função do nitrogênio, a maior produtividade de 17,29 t ha<sup>-1</sup> foi obtida na dose estimada de 134,54 g planta<sup>-1</sup>, inferindo-se aumento de 22,88% (3,22 t ha<sup>-1</sup>) em relação ao tratamento sem adubação nitrogenada. Aumento na adubação nitrogenada com dose acima de

134,54 g planta<sup>-1</sup> promoveu acentuada redução na produtividade (Figura 16). O nitrogênio tem grande efeito na produtividade da bananeira, haja vista ser componente de todas as proteínas, da clorofila e da Rubisco, uma proteína fundamental na fotossíntese (YIN et al., 2014).

Houve incremento de 63,82% (8,98 t ha<sup>-1</sup>) na produtividade em função da dose de 456 g planta<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O em relação ao tratamento controle, sendo a maior produtividade de 23,05 t ha<sup>-1</sup> (Figura 16). O potássio foi mais expressivo do que o nitrogênio em promover o aumento da produtividade, com incremento de 33,31%.

Analisando a resposta da bananeira 'Vitória' em razão das doses combinadas estimadas, observa-se que a combinação de 134,54 g planta<sup>-1</sup> de N e 456 g planta<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O promoveu o valor estimado de 26,27 t ha<sup>-1</sup> (Figura 16), com incremento de 86,70% em relação ao tratamento sem adubação nitrogenada e potássica, considerando aumento de 14,07 t ha<sup>-1</sup> para cada aumento unitário do nível de N e K.

Portanto, a produtividade obtida na presente pesquisa (26,27 t ha<sup>-1</sup>) com a cultivar Vitória, é superior as seguintes produtividades médias obtidas com outras cultivares: município de Bananeiras-PB (14 t ha<sup>-1</sup>), microrregião do Brejo Paraibano (11,6 t ha<sup>-1</sup>), estado da Paraíba (12,3 t ha<sup>-1</sup>), região do Nordeste brasileiro (12,4 t ha<sup>-1</sup>), Brasil (14,7 t ha<sup>-1</sup>) e produtividade mundial (20,6 t ha<sup>-1</sup>); sendo também superior a segunda maior produtividade brasileira, que é do estado de Santa Catarina (24,5 t ha<sup>-1</sup>), ficando atrás apenas do estado do Rio Grande do Norte, o qual tem a maior produtividade brasileira (28,3 t ha<sup>-1</sup>); é ainda concordante com a produtividade no 1º ciclo apresentada por Borges et al. (2006) para a 'Pacovan' e seus híbridos (20,9 a 27,5 t ha<sup>-1</sup>) e inferior à do 2º ciclo (26,5 a 49,9 t ha<sup>-1</sup>), sendo porém semelhante a produtividade da cv. Vitória (25,6 e 49,4 g t ha<sup>-1</sup>), apresentada pelos mesmos autores, para o 1º e 2º ciclo, respectivamente.

Contudo, com base na afirmativa de Prata et al. (2018), de que o adensamento de plantio aumentou o rendimento do cacho em até 263%, sem afetar o padrão comercial dos frutos do plátano cv. D'Angola; bem como na afirmativa de Ventura et al. (2011), de que a cv. Vitória

pode ser cultivada nos espaçamentos (4 x 2,5 x 2,5 m com 1.230 plantas ha<sup>-1</sup> ou 4 x 2,5 x 2 m com 1.538 plantas ha<sup>-1</sup>); infere-se que, se considerarmos o número de plantas proporcionados pelos espaçamentos descritos acima e a maior produtividade (26,27 t ha<sup>-1</sup>) obtida nas doses combinadas de 134,54 g planta<sup>-1</sup> de N e 456 g planta<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O na presente pesquisa, a cv. Vitória poderá atingir a produtividade de 29,1 t ha<sup>-1</sup> se cultivada no primeiro espaçamento e 36,4 t ha<sup>-1</sup> se cultivada no segundo espaçamento.

No contexto acima, a produtividade da cv. Vitória poderá superar a maior média brasileira (28,3 t ha<sup>-1</sup>), a qual pertence ao estado do Rio Grande do Norte, ficando acima da produtividade de 25 e 32 t ha<sup>-1</sup> (estande de 1.230 e 1.538 plantas, respectivamente) relatada por Pereira et al. (2005) para a cv Vitória. Segundo Silva et al. (2007) e Donato et al. (2015), a produtividade acima de 32 t ha<sup>-1</sup> é considerada uma alta produtividade.

Um outro ponto relevante, é a dose adequada de N e K no cultivo da bananeira. Os estudos de absorção de nutrientes conduzidos em diferentes países, mostraram que uma safra de 46 a 60 t ha<sup>-1</sup> utiliza aproximadamente 250 a 300 kg ha<sup>-1</sup> de N e 800 a 1.000 kg ha<sup>-1</sup> de K (SENTHILKUMAR et al., 2017). Para o presente estudo, as doses de N e K encontradas (149,47 kg ha<sup>-1</sup> de N e 506,6 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O) estão abaixo do intervalo apresentados pelos referidos autores.

Portanto, apesar da boa produtividade (26,27 t ha<sup>-1</sup>) apresentada pela bananeira cv. Vitória na presente pesquisa, infere-se que a mesma pode ter sido limitada pelo suprimento de K, haja vista ter sido constatado que os teores de potássio foliar (11,7; 12,9 e 16,3 g kg<sup>-1</sup>) no estágio de floração, estão abaixo do nível crítico para cultivares de bananeiras do grupo “Prata” (SILVA et al., 2002; BORGES et al., 2002; BORGES e CALDAS, 2004; BORGES et al., 2006; SANTOS, 2011), conforme descrito no capítulo III desta tese, mesmo com aplicação da dose máxima estudada de 507 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O,

Nessa direção, Bull (1993) afirma que a interação entre nitrogênio e potássio obedece à Lei do Mínimo, pois quando o nitrogênio é aplicado em quantidade suficiente para haver elevação da produção, essa passa a ser limitada pelos baixos teores de potássio aplicados ao solo. Marschener (2012) relata que sob baixo suprimento de K, a resposta para o aumento do suprimento de N é pequena, e com alto suprimento de N, o rendimento é fortemente limitado. Lopes e Guilherme (1992) e Brar et al. (2011) retrata que a eficiência do uso de nitrogênio somente será máxima com o suprimento adequado de potássio.

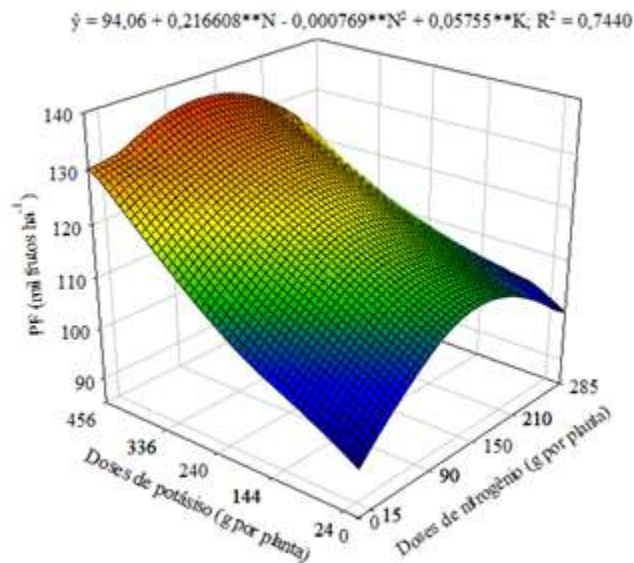
Nesse mesmo contexto, Borges e Costa (2002); Borges e Crisostomo (2014) e Teixeira et al. (2014); afirmam que as doses de potássio recomendadas no Brasil, chegam até 750 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, dependendo dos teores no solo, textura do solo, teor de matéria orgânica, manejo adotado, idade da planta e produtividade (BORGES e COSTA, 2002). No entanto, diversos trabalhos têm estimado doses de K, bem mais elevadas para obtenção de altas produtividades da bananeira. A exemplo de Silva et al. (2003) para 'Prata Anã' (963 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O); Sousa et al. (2004) para 'Grand Naine' (933 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O); Moreira; Pereira e Freitas (2009) para 'Thap Maeo' (1.600 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O); Martins et al. (2011) para 'Willians' (900 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O); Silva e Rodrigues (2013) para 'Prata Anã' (969 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O) e Silva e Simão (2015) para 'Prata Anã' (880 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O).

Na literatura, vários outros trabalhos apresentam doses de N e K superiores as encontradas na presente pesquisa. Nomura et al. (2016) para "Caipira" e "BRS Princesa e Nomura et al. (2017) para 'Nanicão IAC 2001' e 'Grand Naine' (525 kg ha<sup>-1</sup> de N e 855 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O) e Fratoni et al. (2017) para a 'Nanicão IAC 2001 (267 kg ha<sup>-1</sup> de N e 800 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O).

Na Figura 17, observa-se que diferentemente da produtividade em pencas, a produtividade em frutos foi influenciada pelo ciclo de produção. No 1º ciclo, os valores não se ajustaram a nenhuma equação matemática, apresentando média de 108,7 mil frutos ha<sup>-1</sup> em função das doses de N e K. No 2º ciclo, as doses de N aumentaram a produtividade em frutos

de forma quadrática, sendo o maior valor (109,31 mil frutos ha<sup>-1</sup>) obtido na dose estimada de 140,83 g planta<sup>-1</sup> de N, inferindo-se aumento de 16,21% (15,25 mil frutos ha<sup>-1</sup>) em relação ao tratamento controle. Esse valor supera a produtividade média do 1º ciclo em apenas 0,56%, cujo valor foi de 108,7 mil frutos ha<sup>-1</sup>.

Em relação ao potássio, houve crescimento linear da produtividade em função das doses. A maior produtividade (120,3 mil frutos ha<sup>-1</sup>) foi alcançada na dose de 456 g planta<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O (dose máxima aplicada), com acréscimo de 27,89% (26,24 mil frutos ha<sup>-1</sup>) quando comparado ao tratamento controle, superando em 10,67% a produtividade média do 1º ciclo de produção (Figura 17). Ao derivar a equação matemática em função das doses combinadas estimadas de 140,83 g planta<sup>-1</sup> de N e 456 g planta<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, tem-se o valor estimado de 135,55 mil frutos ha<sup>-1</sup>. Esse valor representa incremento de 44,11% em relação ao tratamento controle sem adubação com N e K, considerando aumento de 94,06 mil frutos ha<sup>-1</sup> para cada incremento unitário da dose de N e K.



**Figura 17.** Produtividade em frutos (PF) de bananeira cv. Vitória em função de doses de nitrogênio e de potássio no ciclo de produção 2. \*\*: significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. Areia, PB, 2019.

Considerando que o pequeno produtor de banana, na sua grande maioria, comercializa o fruto por unidade, sugere-se que a produtividade em frutos pode ser mais lucrativa ao produtor. Salienta-se que a maior produtividade em frutos foi obtida com uma dose de N

(140,83 g planta<sup>-1</sup>) muito próxima a dose (134,54 g planta<sup>-1</sup>) para a maior produtividade em pencas, sendo essas doses combinadas com a dose de 456 g planta<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O.

### 3.9. Análises de Componentes Principais (CP)

Com base nos resultados obtidos pela técnica dos componentes principais, os respectivos autovalores e porcentagens da variância explicada por cada um estão apresentados na Tabela 8. Os dois componentes principais (CP1 e CP2) identificados foram responsáveis por 92% da variação total, sobre a produção da bananeira cv. Vitória, em que o CP1 foi responsável por 81,5% e o segundo, CP2, por apenas 10,5% das variações dos dados. Assim, o CP1 pode ser interpretado como indicador da produção geral da bananeira.

O CP1 é constituído por praticamente todas as variáveis analisadas na presente pesquisa, contidas na tabela 8. Já o CP2 apresenta como principais variáveis a MMP, NF2P e MMF2P, havendo relação antagônica entre elas, ou seja, à medida que NF2P aumenta, MMP e MMF2P diminuem.

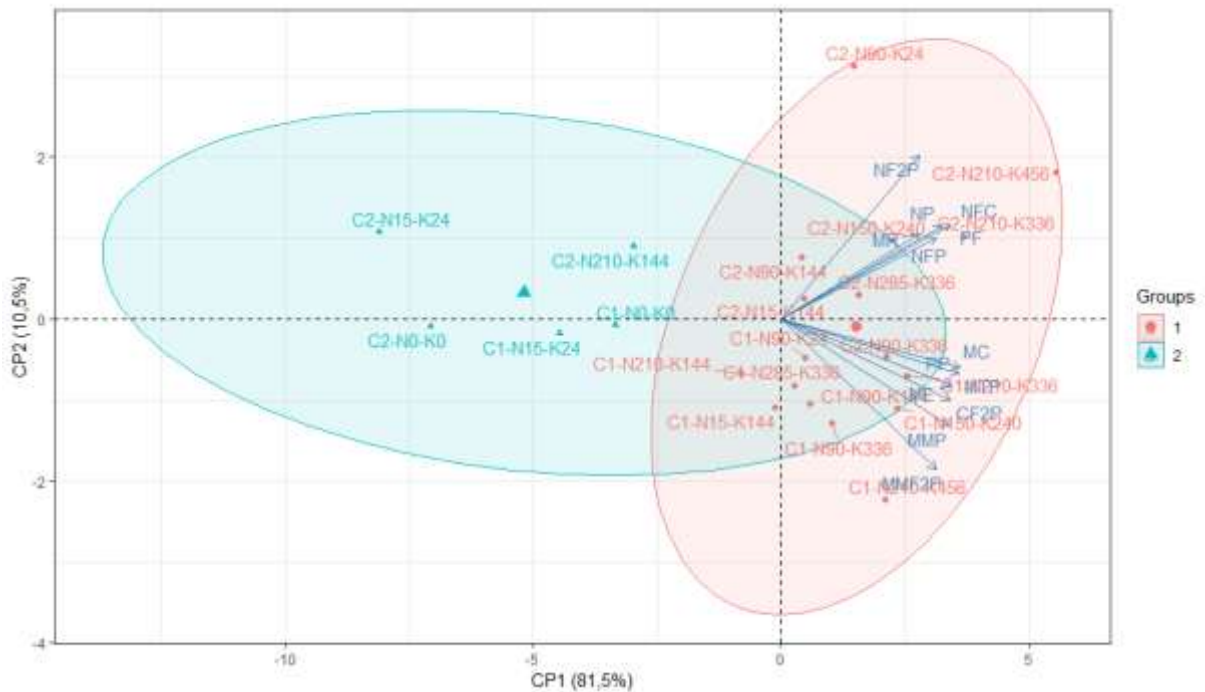
Na figura 18, tem-se a distribuição dos autovetores e a contribuição de cada um na variância total dos dados. As variáveis MC, MTP e PP apresentam contribuições similares para o CP1, bem como as variáveis NFC e PF. Existe correlação alta entre as variáveis PP, MC, MTP, ME, CF2P, MMP e MMF2P, sendo essa correlação mais estreita entre PP, MC, MTP. Existe ainda correlação alta entre as variáveis NFP, PF, NFC, NP e MP. A correlação de NF2P com MMP e MMF2P é classificada como baixa. Já entre MMP e MMF2P é alta.

**Tabela 8.** Matriz de autovalores e autovetores dos componentes principais (CP1 e CP2) da massa do cacho (MC), de engaçó (ME) e de ráquis (MR), número de pencas (NP), massa total de pencas (MTP) e massa média de pencas (MMP), número de frutos por cacho (NFP), por penas (NFP) e na segunda penca (NF2P), comprimento (CF2P) e massa média dos frutos na segunda penca (MMS2P), produtividade em pencas (PP) e em frutos (PF) de bananeira cv. Vitória. Areia, PB, 2019

	CP1	CP2
Autovalor ( $\lambda$ )	4,9	2,9
Variância explicada (%)	81,5	10,5
Variância acumulada (%)	81,5	92,0
	Autovetores <sup>1</sup>	
MC	<b>0,302</b>	-0,140
ME	<b>0,287</b>	-0,191
MR	<b>0,233</b>	0,243
NP	<b>0,271</b>	0,268
MTP	<b>0,300</b>	-0,157
MMP	<b>0,283</b>	<b>-0,307</b>
NFC	<b>0,287</b>	0,274
NFP	<b>0,261</b>	0,235
NF2P	<b>0,234</b>	<b>0,472</b>
CF2P	<b>0,286</b>	-0,233
MMF2P	<b>0,261</b>	<b>-0,433</b>
PP	<b>0,300</b>	-0,157
PF	<b>0,287</b>	0,274

<sup>1</sup>Variáveis representativas do componente baseada no módulo da relação  $0,5(\lambda^{-0,5})$ , destacada em negrito (OVALLES; COLLINS, 1988).

Ainda na Figura 18, tem-se o agrupamento dos tratamentos com base nos escores do primeiro (CP1) e segundo (CP2) componente principal. Assim, verifica-se que os tratamentos N210-K456 (T9), N210-K336 (T4), N150-K240 (T5) e N285-K336 (T7), e sobretudo o tratamento N210-K456 (T9), exerceram maior influência sobre a produção geral da bananeira Vitória, proporcionando maiores valores de PP, MC, MTP, ME, CF2P, MMP e MMF2P no 1º ciclo; e NFP, PF, NFC, NP, MP e NF2P, no 2º ciclo de produção.



Ciclo	N (g por planta)	Potássio (g por planta)
1 e 2	0, 15, 90, 150, 210 e 285	0, 24, 144, 240, 336 e 456

**Figura 18.** Dispersão das variáveis de produção de bananeira cv. Vitória e agrupamentos dos tratamentos com base nos escores do primeiro (CP1) e segundo (CP2) componente principal.

#### 4. CONCLUSÕES

- 1- A maioria dos componentes de produção avaliados na bananeira ‘Vitória’, atinge seu maior valor sob aplicação de nitrogênio na dose variando entre 125 e 177 g planta<sup>-1</sup>, no 1º ciclo; e entre 135 e 170 g planta<sup>-1</sup>, no 2º ciclo de produção, combinadas com a dose de 456 g planta<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O;
- 2- O maior número de frutos por cacho da bananeira ‘Vitória’ é obtido na aplicação conjunta de 177 g planta<sup>-1</sup> de N e 326 g planta<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, no 1º ciclo (105 frutos); e na aplicação conjunta de 169 g planta<sup>-1</sup> de N e 456 g planta<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, no 2º ciclo de produção (123 frutos);
- 3- Sob adubação combinada de 134,54 g planta<sup>-1</sup> de N e 456 g planta<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O a bananeira ‘Vitória’ atinge a produtividade de 26,27 t ha<sup>-1</sup> (estande de 1.111 plantas), respectivamente;
- 4- Existe alta correlação entre produtividade em pencas (PP), massa do cacho (MC), massa total das pencas (MTP), massa do engaço (ME), comprimento de fruto da segunda penca (CF2P), massa média de pencas (MMP) e massa dos frutos da segunda penca (MMF2P); e entre produtividade em frutos (PF), número de pencas (NP), número de frutos por cacho (NFC), número de frutos por penca (NFP) e massa de ráquis (MR).

## REFERÊNCIAS

- ARANTES, A. de M.; DONATO, S. L. R.; SILV, T. S.; VAGNER ALVES, RODRIGUES FILHO, E. P. A. Agronomic evaluation of banana plants in three production cycles in southwestern state of Bahia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 39, n. 1: (e-990), 2017.
- ARAÚJO, J. F.; NASSUR, R. de C. M. R. Qualidade de frutos de variedades de bananeiras sob cultivo orgânico e irrigado no semiárido. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 13, n.2, p. 138-145, 2017.
- AZEVEDO, V. F.; DONATO, S. L. R.; ARANTES, A. de M.; MAIA, V. M.; SILVA, S. de O. Avaliação de bananeiras tipo prata, de porte alto, no semiárido. **Ciência e Agrotecnologia**, v.34, n.6, p.1372- 1380, 2010.
- BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação agrícola**. Jaboticabal: FUNEP, 2006, 247 p.
- BORGES, A. L.; COELHO, E. F.; COSTA E. L.; SILVA, J. T A. da. **Fertirrigação da bananeira**. Cruz da alma: EMBRAPA Mandioca e Fruticultura Tropical, 2006. 8 p. (Circular Técnica, 84).
- BORGES, A. L.; COSTA, E. L. da. Requerimentos de nutrientes para fertirrigação de banana. In: BORGES, A. L.; COELHO, E. F.; TRINDADE, A. V. Org. **Fertirrigação em fruteiras tropicais**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, p. 77-84. 2002.
- BORGES, A. L.; CRISOSTOMO, L. A. Cultivo da Bananeira para o Agropolo Jaguaribe-Apodi, Ceará. In: **Sistema de Produção**. Versão Eletrônica, 2ª edição, 2014.
- BORGES, A. L.; SILVA, J. T. A. da; OLIVEIRA, S. L. de Adubação nitrogenada e potássica para a cv. “Prata Anã”: produção e qualidade dos frutos no primeiro ciclo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.19, n.2, p.179-184, 1997.
- BORGES, A. L.; SILVA, T. O.; CALDAS, R. C.; ALMEIDA, I. E. Adubação nitrogenada para bananeira “Terra” (*Musa sp.* AAB, subgrupo Terra). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.24, n.1, p.189-193, 2002.
- BORGES, R. de S.; SILVA, E. S. de O.; OLIVEIRA, F. T. de; ROBERTO, S. R. Avaliação de Genótipos de Bananeira no Norte do Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. 1, p. 291-296, 2011.
- BRAR, M. S.; BIJAY-SINGH.; BANSAL, S. K.; SRINIVASARAO, C. H. Role of potassium nutrition in nitrogen use efficiency in cereals. **Electronic International Fertilizer Correspondent**, n. 29, 2011.
- BRUNETTO, G.; MELO, G. W. B. de; TOSELLI, M.; QUARTIERI, M.; TAGLIAVINI, M. Nutrição mineral, produtividade e composição de frutos de frutíferas de clima temperado: videira, pereira e macieira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, p. 1089-1104, 2015.
- BUCHANAN, B. B.; GRUISSEM, W.; JONES, R. L. **Biochemistry and Molecular Biology of Plants**. 2. ed. Rockville, MD: American Society of Plant Physiologists, 2015.1264p.

BULL, L. T. Nutrição mineral do milho. In: BULL, L. T.; CANTARELLA, H. (Ed.). **Cultura do milho**: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: POTAFÓS, 1993. P.63-145.

CAVALCANTE, P. Q. R. **Produção dos frutos das bananeiras ‘Prata Anã’ e ‘Fhia-01’ tratadas com paclobutrazol**. 2008. 57f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia), Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2008.

COSTA, F. da S.; COELHO, E. F.; BORGES, A. L.; PAMPONET, A. J. M.; SILVA, A. dos A. S. M. da; AZEVEDO, N. F. de. Crescimento, produção e acúmulo de potássio em bananeira 'Galil 18' sob irrigação e fertilização potássica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, n.3, p.409-416, 2012a.

COSTA, F. da S.; SUASSUNA, J. F.; MELO, A. S. de; BRITO, M. E. B.; MESQUITA, E. F. de. Crescimento, produtividade e eficiência no uso da água na bananeira irrigada no semiárido paraibano. **Revista Caatinga**, v. 25, n. 24, p. 26-33. 2012.

COMISSÃO ESTADUAL DE FERTILIDADE DO SOLO. Recomendações de adubação para o Estado de Pernambuco. Cavalcanti, J. A. et al. (eds): 2ª Aproximação. IPA, Recife, 2008. 211p.

COMISSÃO ESTADUAL DE FERTILIDADE DO SOLO. Manual de adubação e calagem para o estado da Bahia. Salvador. 1989. 173p.

CRISOSTOMO, L. A.; MONTENEGRO, A. A. T.; SOUSA NETO, J. de; LIMA, R. N. de. Influência da adubação NPK sobre a produção e qualidade dos frutos de bananeira cv. “Pacovan”. **Revista Ciência Agronômica**, v.39, p.45-52, 2008.

DONATO, S. L. R.; ARANTES, A. de. M.; SILVA, S. de. O.; CORDEIRO, Z. J. C. Comportamento fitotécnico da bananeira 'Prata-Anã' e de seus híbridos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, n.12, p.1608-1615, 2009.

DONATO, S. L. R.; RODRIGUES, M. G. V.; SOUZA, I. Considerações sobre índices técnicos e econômicos de produção para a cultura da bananeira. **Informe Agropecuário**, v. 36, n. 288, p. 116-126, 2015.

EMPRESA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL DA PARAÍBA (EMATER). Sugestões de adubação para o Estado da Paraíba. Pinto, F. de S. M e Birbaumer, G. (coord): 1ª aproximação. João Pessoa, 1979. 105 p.

FAOSTAT, FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistics Division. Disponível em: < <http://www.fao.org/faostat/fr/>>. Acesso em: 24 de outubro de 2018.

FLORES, J. C. de O. **Avaliação de cultivares e híbridos de bananeira (*Musa spp.*) em quatro ciclos de produção em Cruz das Almas, BA**. 2000. 109f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias). - Universidade Federal da Bahia, Escola de Agronomia, Cruz das Almas, BA, 2000.

FRATONI, M. M. J.; MOREIRA, A.; MORAES, L. A. C.; ALMEIDA, L. H. C.; PEREIRA, J. C. R. Effect of nitrogen and potassium fertilization on banana plants cultivated in the humid tropical amazon, **Journal Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 48, p. 1511-1519, 2017.

FREITAS, S. T.; AMARANTE, C. V. T.; MITCHAM, E. J. Calcium deficiency disorders in plants. In: PAREEK, S. **Postharvest ripening physiology of crops**. New York: CRC Press, 2016. p. 477-512.

FURCAL, P.; BARQUERO, A.; Fertilización del plátano con nitrógeno y potasio durante primer ciclo productivo. **Agronomía mesoamericana**, v, 25, n 2. p. 267-278, 2014.

GARRUTI, D. S.; MATIAS, M. L.; FACUNDO, H. V. V.; SILVA, E. O.; COSTA, J. N.; SILVA, M. A. A. P. Aceitação de cultivares de bananas resistentes à Sigatoka Negra junto ao consumidor da região Nordeste do Brasil. **Ciência Rural**, v. 42, n. 5, p. 948-954, 2012.

GONZÁLEZ, H.; LUNA, R. G.; QUINTERO, F. V. Respuesta del plátano África 1 a la fertilización edáfica con nitrógeno y potasio. **Agronomía**, v.14, n.11, p.81-88, 2006.

GUARÇONI, A.; VENTURA, J. A. Adubação N-P-K e o desenvolvimento, produtividade e qualidade dos frutos do abacaxi 'GOLD' (MD-2). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, p.1367-1376, 2011.

HUSSON, F.; LÊ, S.; PAGÈS, J. **Exploratory multivariate analysis by example using R**. Boca Raton: Taylor and Francis Group, 2010. 236p.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/>>. Acesso em: 20 de outubro 2018.

IDEME. Instituto de Desenvolvimento Municipal e Estadual. **Anuário Estatístico da Paraíba 2014**. João Pessoa – PB: IDEME, v. 40/41, 2014. p. 871.

LICHTENBERG, L. A.; MALBURG, J. L.; ZAFFARI, G. R. et al. Banana. In: EPAGRI (Ed.) **Avaliação de cultivares para o Estado de Santa Catarina 2002/2003**. Florianópolis: EPAGRI, 2002. p.31-37.

LIMA NETO, F. P.; LEDO, C. A. da S.; SILVA, S. de O. e; PASSOS, A. R.; DONATO, S. L. R.; SALOMÃO, L. C. C.; PEREIRA, L. V. Estabilidade fenológica de genótipos de bananeira avaliados em quatro ambientes. In: CONGRESSO DE FRUTICULTURA, 17. **Anais...**Belém, PA: SBF, 2002.

LIMA, M.; SILVA, S. O.; JESUS O. N.; OLIVEIRA, W. S. J.; GUARRIDO, M. S.; AZEVEDO, R. L. Avaliação de cultivares e híbridos de bananeira no Recôncavo baiano. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, p. 515-520, 2005.

LOPES, A. S; GUILHERME, L. R. Fertilizantes e corretivos agrícolas: sugestões de manejo para uso eficiente. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, Piracicaba, 1992. Anais..., Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992.p.39-69.

LORENA, D. R. **Produtividade e qualidade de bananas das cultivares 'Grand Naine' e 'BRS Tropical' em função de irrigação e adubação na região do Distrito Federal**. 2015. 118f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade de Brasília, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Brasília, 2015.

MAIA, V. M.; SALOMÃO, L. C. C.; CANTARRUTTI, R. B.; VENEGAS, V. H. A.; COUTO, F. A. A. Efeitos de doses de nitrogênio, fósforo e potássio sobre os componentes da produção e a qualidade de bananas “Prata Anã” no distrito agroindustrial de Jaíba. **Fruticultura Brasileira**, v. 25, n.2, p. 319-322. 2003.

MALAVOLTA, E.; **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 2006. 638p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 3 ed. London: Academic Press, 2012. 651 p.

MATSUURA, F. C. A. U.; COSTA, J. I. P. da; FOLEGATTI, M. I. da S. Marketing de banana: preferências do consumidor quanto aos atributos de qualidade dos frutos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.21, p.48-52, 2004.

MELO, A. S. de; FERNANDES, P. D.; SOBRAL, L. F.; BRITO, M. E. B.; DANTAS, J. D. M. Crescimento, produção de biomassa e eficiência fotossintética da bananeira sob fertirrigação com nitrogênio e potássio. **Revista Ciência Agronômica**, v.41, p.417-426, 2010.

MELO, F. de B.; CARDOSO, M. J.; ANDRADE JÚNIOR, A. S. de; RIBEIRO, V. Q. Crescimento e produção de frutos de bananeira cultivar ‘Grand Naine’ relacionados à adubação química. **Revista ciência Agronômica**, v. 37, n. 2, p. 246-249. 2006.

MENDONÇA, K. H; DUARTE, D. A. dos S.; COSTA, V. A. de M.; MATOS, G. R.; SELEGUINI, A. Avaliação de genótipos de bananeira em Goiânia, estado de Goiás. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 3 p. 652-660, 2013.

MINGOTI, S. A. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada**: uma abordagem aplicada. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2005. 297p.

MOREIRA, A.; PEREIRA, J. C. R.; FREITAS, A. R. de. Nitrogênio e potássio na produtividade e qualidade da bananeira ‘Thap Maeo’. **Bragantia**, v. 68, n. 22, p. 483-491. 2009.

NOMURA, E. S.; CUQUEL, F. L.; DAMATTO JUNIOR, E. R.; FUZITANI, E. J.; BORGES, A. L. Fertilization with nitrogen and potassium in banana cultivars ‘Grand Naine’, ‘FHIA 17’ and ‘Nanicão IAC 2001’ cultivated in Ribeira Valley, São Paulo State, Brazil. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 39, n. 4, p. 505-513, 2017.

NOMURA, E. S.; CUQUEL, F. L.; DAMATTO JUNIOR, E. R.; FUZITANI, E. J.; BORGES, A. L.; SAES, L. A. Nitrogen and potassium fertilization on ‘Caipira’ and ‘BRS Princesa’ bananas in the Ribeira Valley. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.20, n.8, p.702-708, 2016.

NYOMBI, K.; VAN ASTEN, P. J. A.; CORBEELS, M.; TAULYA, G.; LEFFELAAR, P. A.; GILLER, K. E. Mineral fertilizer response and nutrient use efficiencies of East African highlandbanana (*Musa* spp., AAA-EAHB, cv Kisansa). **Field Crops Research**. v.117, p. 38–50, 2010.

OGBONNA, P. E.; NWEZE, N. J. Evaluation of growth and yield responses of cocoyam (*Colocasia esculenta*) cultivars to rates of NPK 15:15:15 fertilizer. **African Journal Agriculture Research**, v.7, p. 6553–6561, 2012.

OLIVEIRA, A. M. G.; PEREIRA, M. E. C.; NATALE, W.; NUNES, W. S.; LEDO, C. A. S. Qualidade do abacaxizeiro “BRS Imperial” em função de doses de N-K. **Revista Brasileira Fruticultura**, v.37, p.497-506, 2015a.

OVALLES, F. A.; COLLINS, M. E. Variability of northwest Florida soils by principal component analysis. **Soil Science Society of America Journal**, v. 5, n. 8402, p. 1430–1435, 1988.

PBMH & PIF - PROGRAMA BRASILEIRO PARA A MODERNIZAÇÃO DA HORTICULTURA; Produção integrada de frutas. **Normas de Classificação de Banana**. São Paulo: CEAGESP, 2006. (Documentos, 29).

PEREIRA, J. C. R.; GASPAROTTO, L. PEREIRA, M. C. N. **BRS Vitória: Nova cultivar de bananeira do subgrupo prata para o agronegócio do estado do Amazonas**. 1ª edição, Manaus-AM, dezembro de 2005. (Comunicado Técnico, 43 – Embrapa Amazonas).

PETRI, D. J. C. **Desempenho agrônômico de cultivares de bananeira no Norte Fluminense**. 2015. 51f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2015.

PINTO, J. M.; de FARIA, C. M. B.; SILVA, D. J.; FEITOSA FILHO, J. C. Nitrogen and potassium doses through fertigation on banana crop. **Irriga**, v. 10, n. 1, p. 46-52, 2005.

PRATA, R. C.; SILVA, J. da; LIMA, Y. B. de; ANCHIETA, O. F. A.; DANTAS, R. de P.; LIMA, M. B. Densidade de plantio no crescimento e produção de plátano cv. D’Angola na Chapada do Apodi. **Revista Agropecuária Técnica**, v. 39, n. 1, p. 15-23, 2018.

RAMOS, M. J. M.; MONNERAT, P. H.; PINHO, L. G. R.; CARVALHO, A. J. C. Qualidade sensorial dos frutos do abacaxizeiro “imperial” cultivado em deficiência de macronutrientes e de boro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.32, p.692-699, 2010.

RATKE, R. F.; SANTOS, S. C.; PEREIRA, H. S.; SOUZA, E. D. de; CARNEIRO, M. A. C. Desenvolvimento e produção de bananeiras Thap Maeo e Prata-Anã com diferentes níveis de adubação nitrogenada e potássica. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n. 1, p. 277-288, 2012.

RODRIGUES FILHO, V. A.; DONATO, S. L. R.; SILVA, T. S.; AMORIM, E. P. Agronomic characteristics and the incidence of Fusarium in Pacovan bananas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, n. 2, p. 515-519, 2014.

ROMERO, J. O.; ZAMORA, O. P. Tensión de humedad del suelo y fertilización nitrogenada en plátano (Musa AAA Simmonds) cv. Gran Enano. **Agrociencia**, v. 40, n. 02, p. 149-162, 2006.

RÖMHELD, V.; KIKBY, E. A. Research on potassium in agriculture: needs and prospects. **Plant and Soil**, v.335, p.155-158, 2010.

ROSA, A. R. D. **Desempenho agrônômico de novas cultivares de bananeira (Musa spp.) na região de Piracicaba-SP**. 2016. 110 f. Tese (Doutorado em Ciências: Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2016.

SANTOS, M. R.; DONATO, S. L. R.; ARANTES, A. de M.; COELHO, E. F.; OLIVEIRA, P. M. de Gas exchange in 'BRS Princesa' banana (*Musa* spp.) under partial rootzone drying irrigation in the north of Minas Gerais, Brazil. **Acta Agronômica**, v.66, n.3, p.378-384, 2017.

SANTOS, H. G. dos S.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. Á. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; ARAÚJO FILHO, J. C. de; OLIVEIRA, J. B. de; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. rev. e ampl. Brasília-DF: Embrapa, 2018. 356 p.

SANTOS, S. C; CARNEIRO, L. C. Avaliação de genótipos de bananeira na região de Jataí-GO. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, p. 783-791, 2012.

SENTHILKUMAR, M.; GANESH, S.; SRINIVAS, K.; PANNEERSELVAM, P.; NAGARAJA, A.; KASINATH, B. L. Fertigation for Effective Nutrition and Higher Productivity in Banana - A Review. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, v. 6, n. 7, p. 2104-2122, 2017.

SILVA JÚNIOR, J. F. da; LEDO, A. da S.; Xavier, F. S.; FERRAZ, L. G. B.; LEDO, C. A. da S.; MUSSAER, R. dos S. Avaliação agronômicas de genótipos de bananeira no Vale do Rio Sirij, Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 7, n. 4, p. 620-625, 2012.

SILVA, I. P. da; SILVA, J. T. A. da; PINHO, P. J. de; RODAS, C. L.; CARVALHO, J. G. de. Vegetative development and yield of the banana cv. 'Prata Anã' as a function of magnesium and potassium fertilization. **Idesia**, v. 31, n. 2, p. 83-88, 2013.

SILVA, J. T. A. da; BORGES, A. L.; CARVALHO, J. G.; DAMASCENO, J. E. A. Adubação com potássio e nitrogênio em três ciclos de produção da bananeira cv. Prata-Ana. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.25, p.152-155, 2003.

SILVA, J. T. A. da; RODRIGUES, M. G. V. Avaliação nutricional, produção e incidência do mal-do-panamá em bananeira 'Prata-Anã' (AAB) adubada com K, no quarto ciclo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.35, p.1170-1177, 2013.

SILVA, J. T.; A. da; SIMÃO, F. R. Produção, nutrição e incidência do mal do Panamá em bananeira 'Prata Anã' adubada com potássio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.50, n.9, p.807-813, 2015.

SILVA, M. J. R. da; SANTOS, L. de S.; PEREIRA, M. de C.; GOMES, I. dos S.; MACHADO, M.; RIBEIRO, V. G. Produção e qualidade de fruto de bananeiras 'Pacovan Ken' e genótipo PA94-01 por dois ciclos produtivos. **Revista Ceres**, v. 63, n.6, p. 836-842, 2016.

SILVA, M. L. **Bananeiras – uma visão do passado**. João Pessoa: Sal da Terra, 2016. 212p.

SILVA, M. S. C. da. **Tipos de materiais para o ensacamento de cachos da bananeira “BRS Platina”: desenvolvimento e qualidade dos frutos**. 2018. 64f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônômicas da Unesp, Câmpus de Botucatu, 2018.

SILVA, S. de O. E.; FLORES, J. C. de O.; NETO, F. P. L. Avaliação de cultivares e híbridos de bananeira em quatro ciclos de produção. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 11, p. 1567-1574, 2002.

SILVA, S. de O.; AMORIM, E. P.; SANTOS-SEREJO, J. A. dos. Cultivares. In: FERREIRA, C. F.; SILVA, S. de O.; AMORIM, E. P.; SANTOS-SEREJO, J. A. dos (Ed.). **O agronegócio da banana**. Brasília: Embrapa, p.137-170, 2015.

SILVA, S. de O.; ROCHA, S. A.; ALVES, E. J.; DI CREDICO, M.; PASSOS, A. R. Caracterização morfológica e avaliação de cultivares e híbridos de bananeira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 22, n. 2, p. 156-160, 2000.

SILVA, J. T. A.; PACHECO, D. D.; COSTA, E. L. Atributos químicos e físicos de solos cultivados com Bananeira - (AAB), em três níveis de produtividade, no Norte de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 29, n. 1, p. 102-106, 2007.

SOUSA, V. F. de; VELOSO, M. E. da C.; VASCONCELOS, L. F. L.; RIBEIRO, V. Q.; SOUZA, V. A. B. de; D'ALBUQUERQUE JUNIOR, B. S. Nitrogen and potassium applied by fertirrigation on the yield characteristics of banana 'Grand Naine', **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 3, n. 9, p. 865-869, 2004.

SUMINARTI, N. E.; ARIFFIN GURITNO, B.; RAYES, M. L. Effect of fertilizer application and plant density on physiological aspect and yield of taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott var. antiquorum). **International Journal Agriculture Research**, v.11, p. 32–39, 2016.

TAULYA, G. East African highland bananas (*Musa* spp. AAA-EA) 'worry' more about potassium deficiency than drought stress. **Field Crops Research**, v. 151, p. 45–55, 2013.

TEIXEIRA, L. A. J.; NOMURA, E. S.; DAMATTO JÚNIOR, E. R.; FUZITANI, E. J. Banana. In: AGUIAR, A. T. E.; GONÇALVES, C.; PATERNIANI, M. E. A. G.; TUCCI, M. G. S.; CASTRO, C. E. F (Eds.). **Instruções Agrícolas para as principais culturas econômicas**. 7. ed. rev. Campinas: Instituto Agronômico, 2014. p.46-51. Boletim Técnico, 200.

TENKOUANO, R.; ORTIZ, R.; BAIYERI, K. Phenotypic and genetic correlations in *Musa* populations in Nigeria. **African Crop Science Journal**, v. 10, n.2, p. 121-132, 2002.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ (UFC). Recomendações de adubação e calagem para o Estado do Ceará. Fortaleza: Imprensa Universitária, 1993. 247 p.

VAN ASTEN, P. J. A.; FERMONT, A. M.; TAULYA, G. Drought is a major yield loss factor for rainfed East African highland banana. **Agricultural Water Management**, v.98, p. 541–552, 2011.

VENTURA, J. A.; SILVA, S. O.; GOMES, J. A.; ARLEU, R. J.; COSTA, H.; GASPAROTTO, L.; PEREIRA, L. C. R.; PEREIRA, M. C. N.; PACOVA, B. E. V. **Vitória e Japira: Novas cultivares de bananeira**. Editor: DCM-Incaper, Vitória-ES, 4ª Edição, julho de 2011. (Documentos nº 142).

WEBER, O. B.; GARRUTI, D. dos S.; NORÕES, N. P.; OLIVEIRA e SILVA, S. de O. Performance of banana genotypes with resistance to black leaf streak disease in Northeastern Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.52, n.3, p.161-169, 2017.

YIN, Z.; ZHANG, Z.; DENG, D.; CHAO, M.; GAO, Q.; WANG, Y.; YANG, Z.; BIAN, Y.; HAO, D.; XU, C. Characterization of Rubisco Activase Genes in Maize: An  $\alpha$ - Isoform Gene Functions alongside a  $\beta$ -Isoform Gene. **Plant Physiology**. v. 164, n. 4, p. 2096-2106, 2014.

**CAPÍTULO V – RESPOSTA DA BANANEIRA CV. BRS VITÓRIA À  
ADUBAÇÃO NITROGENADA E POTÁSSICA: qualidade de frutos**

### **Resposta da bananeira cv. BRS Vitória à adubação nitrogenada e potássica: qualidade de frutos**

**RESUMO:** Apesar da importância da bananicultura, poucas cultivares estão disponíveis para exploração comercial com potencial agrônomo, tolerantes às doenças, e que apresentem frutos com boas características de mercado. A cultivar Vitória constitui-se numa boa alternativa ao plantio de cultivares do subgrupo Prata por ser resistente ao Mal do Panamá e as Sigatokas. Não existem informações disponíveis sobre a demanda nutricional da bananeira cv. Vitória nas condições do Estado da Paraíba, nem sobre a qualidade pós-colheita de frutos em resposta à adubação nitrogenada e potássica. Avaliar a qualidade pós-colheita dos frutos de um genótipo é tão relevante quanto avaliar as suas características agrônomicas. O objetivo deste trabalho foi analisar a qualidade pós-colheita de frutos da bananeira cv. Vitória, em resposta à adubação nitrogenada e potássica, nas condições edafoclimáticas do Brejo Paraibano. O experimento foi conduzido no município de Bananeiras, Estado da Paraíba, no período de janeiro de 2016 a fevereiro de 2018. Empregou-se o delineamento experimental de parcela subdividida no tempo em blocos casualizados, com quatro repetições, sendo os tratamentos das parcelas constituídos de dois ciclos de cultivo (1ª e 2ª produção). Os tratamentos na subparcela foram constituídos pela combinação de cinco doses de N (15; 90; 150; 210 e 285 g planta<sup>-1</sup>) e cinco doses de K (24; 144; 240; 336 e 456 g planta<sup>-1</sup>), distribuídos através de matriz Pan Puebla III, formando 10 tratamentos acrescido de um controle (sem adubação nitrogenada e potássica). Assim, os tratamentos foram definidos pelas seguintes combinações de N e K, respectivamente: T1 (90;144), T2 (90;336), T3 (210;144), T4 (210;336), T5 (150;240), T6 (15;144), T7 (285;336), T8 (90;24), T9 (210;456), T10 (15;24). Avaliou-se as seguintes características de qualidade de frutos, em dois ciclos de produção: firmeza (N), sólidos totais (%), acidez titulável (g de ácido málico. 100g da polpa<sup>-1</sup>), Potencial de hidrogênio, relação SS/AT, açúcares redutores (g 100g da polpa<sup>-1</sup>), açúcares não redutores (g 100g da polpa<sup>-1</sup>), açúcares totais (g 100g da polpa<sup>-1</sup>) e amido (g 100g da polpa<sup>-1</sup>). Os dados foram submetidos à análise de variância, análise de regressão polinomial e componentes principais, considerado a significância de até 5% de probabilidade e coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>) acima de 60%, com o auxílio do software SAS<sup>®</sup>. A maior firmeza (32,24 N) em frutos de bananeira ‘Vitória’ é obtida nas doses combinadas de 102,67 g planta<sup>-1</sup> de N e 456 g planta<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, no 2º ciclo de produção. As doses combinadas de 150 g planta<sup>-1</sup> de N e 240 g planta<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O (tratamento N150-k240) no 2º ciclo de produção, promove melhor qualidade de frutos da bananeira ‘Vitória’ em relação as características sólidos solúveis, relação sólidos solúveis/acidez titulável e firmeza de fruto. Em frutos de bananeira ‘Vitória’ o amido é completamente hidrolisado quando no nível 6 de maturação, sem sofrer efeito das doses de N e K estudadas. Existe alta correlação entre as características sólidos solúveis, relação sólidos solúveis/acidez titulável e firmeza de frutos em bananeira ‘Vitória’. Em termos das características de qualidade, a banana ‘Vitória’ apresenta melhor desempenho no 2º ciclo de produção.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Musa* spp. Relação SS/AT. Açúcares. Amido. Adubação mineral

## Response of banana cv. BRS Vitoria to nitrogen and potassium fertilization: fruit quality

**ABSTRACT:** Despite the importance of banana farming, few cultivars are available for commercial exploitation with agronomic potential that are tolerant to diseases and have fruit with good market characteristics. The Vitoria cultivar is a good alternative to those the *Prata* subgroup due to its resistance to Panama Disease as well as yellow and black Sigatoka. However, there is no available information on the nutritional demands of the Vitoria cultivar under the conditions found in the state of Paraíba, Brazil, or on the post-harvest quality of the fruit in response to nitrogen and potassium fertilization. Assessing the post-harvest quality of the fruit of a genotype is as relevant as assessing its agronomic characteristics. The aim of this work was to analyze the post-harvest quality of the Vitoria cultivar in response to nitrogen and potassium fertilization in the edaphoclimatic conditions of the region known as *Brejo Paraibano*. The experiment was conducted in the municipality of Bananeiras, state of Paraíba, from January 2016 to February 2018. The experimental design was a split-time plot in randomized blocks with four replications. The plot treatments consisted of two cultivation cycles (first and second production). The subplot treatments consisted of different combinations of five doses of N (15, 90, 150, 210 and 285 g plant<sup>-1</sup>) and five doses of K (24, 144, 240, 336 and 456 g plant<sup>-1</sup>) distributed using the Pan Puebla III matrix forming 10 treatments plus one control (without nitrogen and potassium fertilization). The following combinations of N and K (g plant<sup>-1</sup>) respectively defined the treatments: T1 (90; 144), T2 (90; 336), T3 (210; 144), T4 (210; 336), T5 (150; 240), T6 (15; 144), T7 (285; 336), T8 (90; 24), T9 (210; 456), T10 (15; 24). The following fruit quality characteristics were evaluated in two production cycles: firmness (N), soluble solids (%), titratable acidity (g of malic acid, 100 g of pulp<sup>-1</sup>), hydrogen potential, SS/TA ratio (100 g of pulp<sup>-1</sup>), reducing sugars (g 100 g of pulp<sup>-1</sup>), non-reducing sugars (g 100 g of pulp<sup>-1</sup>), total sugars (g 100 g of pulp<sup>-1</sup>) and starch (g 100 g of pulp<sup>-1</sup>). The data were submitted to analysis of variance and polynomial regression analysis, with the aid of SAS<sup>®</sup> software, considering a 5% significance level ( $p < 0.05$ ) and a coefficient of determination ( $R^2$ ) above 60%. The greatest firmness (32.24 N) of the Vitoria banana was achieved with the combined dose of 102.67 g plant<sup>-1</sup> of N and 456 g plant<sup>-1</sup> of K<sub>2</sub>O in the second production cycle. The combined application of 150 g plant<sup>-1</sup> of N and 240 g plant<sup>-1</sup> of K<sub>2</sub>O in the second production cycle promoted better quality of the fruit of the Vitoria banana in relation to soluble solids, soluble solids/titratable acidity ratio and firmness of fruit. The starch was completely hydrolyzed at ripeness level 6, which was not influenced by the N and K doses. Strong correlation was found among soluble solids, SS/TA ratio and firmness in the Vitoria banana. In terms of quality, the Vitoria banana performed better performance in the second production cycle.

**KEYWORDS:** *Musa* spp. SS/TA ratio. Sugars. Starch. Mineral fertilization.

## 1. INTRODUÇÃO

Banana (*Musa spp*) é uma das frutas mais consumidas no mundo devido ao seu sabor e aroma, além de ser uma fruta atraente na dieta para crianças e idosos pelo potencial energético, pois apresenta carboidratos de fácil digestão (PEREIRA e MARASCHIN, 2015).

A atividade da bananicultura brasileira é constituída por cerca de 800 mil unidades produtoras, a maioria de pequeno porte e de perfil familiar, sendo uma das mais rentáveis no campo dentre todas as fruteiras tropicais (CARVALHO et al., 2017).

A cultura da banana é particularmente importante no agronegócio do estado da Paraíba, sendo responsável pela geração de emprego e renda para os produtores, em sua maioria de base familiar, envolvidos no processo de produção, comercialização e desenvolvimento regional. De acordo com dados do IBGE (2018), a Paraíba produziu 121.398 toneladas no ano de 2017, ocupando a quinta posição na produção da região Nordeste, tendo a microrregião do Brejo como a maior produtora de banana, respondendo por 71,4% da produção estadual e 75,6% do valor corrente da produção, estando presente em todos os municípios (Alagoa Grande, Alagoa Nova, Areia, Bananeiras, Borborema, Matinhas, Pilões e Serraria), principalmente em Alagoa Nova e Bananeiras. Assim, a bananeira constitui-se a segunda frutífera em termos de produção e importância socioeconômica para o Estado (IDEME,2014).

Apesar da representatividade da bananicultura no estado da Paraíba, ainda se tem uma carência por um manejo adequado de fertilizantes e de genótipos de banana com melhor produtividade para a região. No Nordeste brasileiro destaca-se o cultivo de variedades do subgrupo Prata, particularmente a ‘Pacovan’ (RODRIGUES FILHO et al., 2014), suscetíveis as doenças (Mal do Panamá e Sigatokas) de maior importância econômica na bananicultura, as quais podem conduzir a perdas de até 100% (SILVA S et al., 2013 e 2015; SILVA M. et al. 2013). Na Paraíba a predominância é também do cultivo da Pacovan. Entretanto, é de

fundamental importância aumentar os níveis tecnológicos na cadeia produtiva, buscando desta forma, alternativas para atingir novos mercados e a diversificação dos sistemas de cultivo.

Apesar da importância da bananicultura, poucas cultivares com potencial agrônomico estão disponíveis para exploração comercial, tolerantes às doenças, e que apresentem frutos com boas características de mercado (OLIVEIRA e SILVA et al., 2013).

A cultivar ‘Vitória’ é um híbrido de genética superior (AAAB) obtido do cruzamento entre parental feminino Pacovan, cv. triploide (AAB), subgrupo Prata, com o macho parental M-53, diploide (AA) (PEREIRA et al., 2005). Essa cultivar constitui-se boa alternativa ao plantio de cultivares do subgrupo Prata por ser resistente ao Mal do Panamá e as Sigatokas, além das boas características de qualidade dos frutos.

Com a introdução de uma nova cultivar em uma região, surge a necessidade da determinação do manejo nutricional adequado, pois segundo Epstein e Bloom (2006) e TAIZ et al. (2017), a oferta de nutrientes é de fundamental importância para que a bananeira apresente todo seu potencial produtivo, sendo que o suprimento inadequado provoca distúrbios nutricionais que afetam negativamente o crescimento, a produtividade e a qualidade do fruto. Além de que a absorção de nutrientes pode variar em função da cultivar (BORGES et al., 1999).

Em se tratando de nutrientes, o potássio é o elemento mais importante para a nutrição da bananeira, sendo exigido em elevadas concentrações na planta (SILVA I. et al., 2013; WEINERT e SIMPSON, 2016). Este ajuda a mover os açúcares das folhas para a fruta (WEINERT e SIMPSON, 2016) e influencia positivamente características como aparência, cor, aroma, sabor e maturação do fruto (WEINERT e SIMPSON, 2016; GANESHAMURTHY et al., 2011). O potássio também melhora a qualidade do fruto através do aumento de sólidos solúveis e açúcares e decréscimo da acidez da polpa, além de aumentar a sua resistência ao transporte (BORGES e OLIVEIRA, 2000; BORGES, 2004). O nitrogênio é o segundo elemento mais importante para a nutrição da bananeira (BORGES et al., 2014), sendo importante para o

crescimento vegetativo, além de aumentar a quantidade de matéria seca (BORGES, 2004; WEINERT e SIMPSON, 2016). É essencial para a biossíntese de clorofila, que por sua vez influencia na redução dos carboidratos necessários para crescimento e desenvolvimento da planta (WEINERT e SIMPSON, 2016).

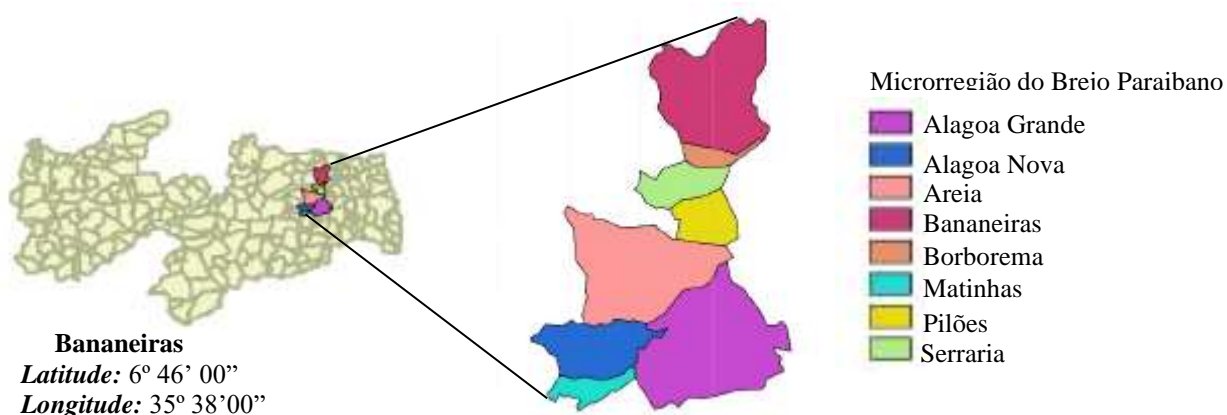
Avaliar a qualidade dos frutos de um genótipo é tão relevante quanto avaliar as suas características agronômicas (SOUZA et al., 2011), pois essas irão definir as características dos mercados. Assim, as características pós-colheita são também um importante parâmetro para avaliar a qualidade final dos frutos produzidas (GODOY et al., 2016; REIS et al., 2016; CASTRICINI et al., 2015). Dentre os caracteres mais utilizados para avaliar a qualidade pós-colheita da banana estão: o pH, a acidez titulável (AT), o teor de sólidos solúveis (SS), a relação SS/AT, os açúcares redutores, não redutores e totais e o teor de amido (DAMATTO JÚNIOR et al., 2005; SOUZA et al., 2011; SILVA M. et al., 2013; SILVA S. et al., 2013).

Não existem informações disponíveis sobre a demanda nutricional da bananeira cv. Vitória nas condições do Estado da Paraíba, nem sobre a qualidade pós-colheita de frutos em resposta à adubação nitrogenada e potássica. Estudos nessa direção, se fazem necessários porque as necessidades nutricionais de novas cultivares de banana não são sempre o mesmo que bananas tradicionalmente cultivadas. Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar a qualidade pós-colheita de frutos da bananeira cv. Vitória, em resposta à adubação nitrogenada e potássica, nas condições edafoclimáticas do Brejo Paraibano.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

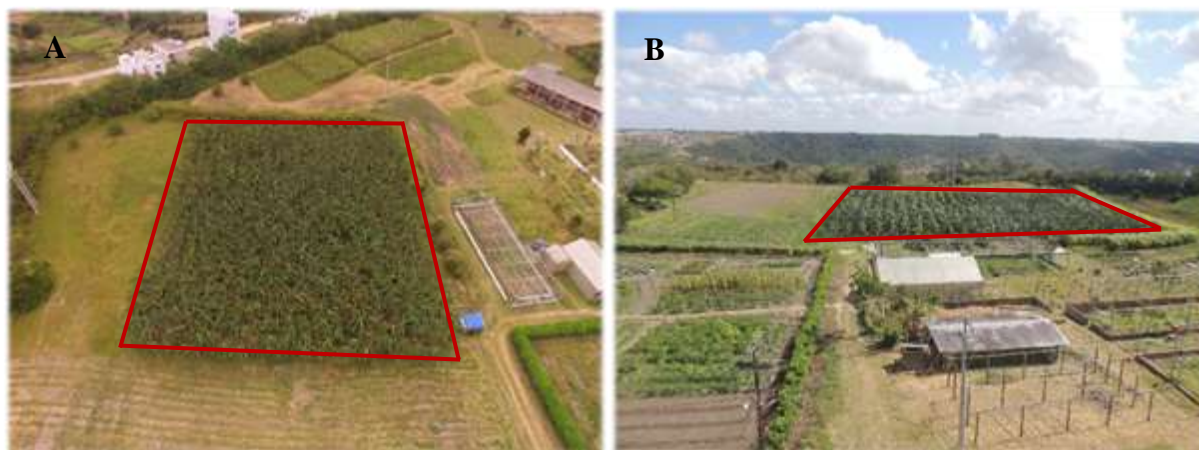
### 2.1. Localização do experimento

A área experimental situa-se na microrregião do Brejo Paraibano, cuja localização está próxima ao ponto de coordenadas geográficas de 6° 46' latitude sul e 35° 38' longitude oeste de Greenwich, com uma altitude de 552 metros (BRASIL, 1972) (Figura 1).



**Figura 1.** Localização do município de Bananeiras na microrregião do Brejo Paraibano, onde foi realizado o experimento. Fonte: Elaboração própria (2019).

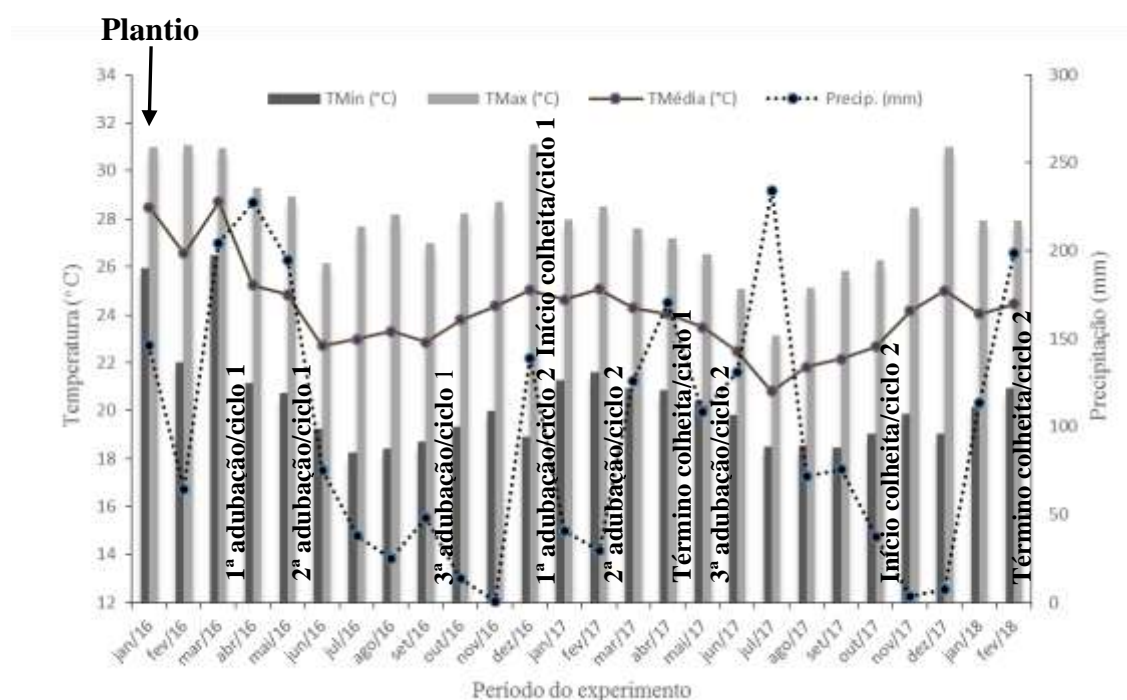
O experimento foi desenvolvido em condições de campo, no período de janeiro de 2016 a fevereiro de 2018, no Setor de Agricultura do Centro de Ciências Humanas, Sociais e Agrárias (CCHSA) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Campus III, em Bananeiras – PB (Figura 2).



**Figura 2.** Vista geral do experimento, realizado no município de Bananeiras na microrregião do Brejo Paraibano (A e B). Fonte: Elaboração própria (2019).

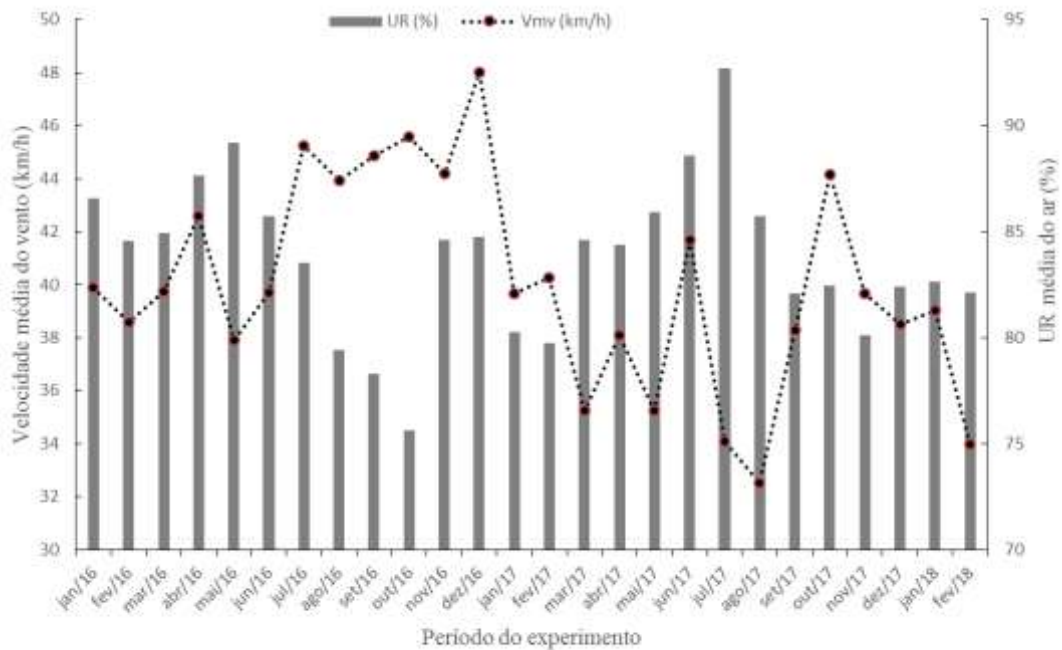
## 2.2. Clima e solo

O município de Bananeiras – PB, está situada na escarpa oriental do planalto da Borborema, apresenta relevo forte, ondulado e montanhoso; a vegetação é formada por Florestas Subcaducifólia e Caducifólia, próprias das áreas agrestes (SILVA, 2016). O clima predominante na região, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo As' (tropical chuvoso), quente e úmido e se caracteriza por apresentar temperatura máxima de 38 °C e mínima de 18 °C (média anual de 24-26 °C), com chuvas de outono-inverno, precipitação anual total de 1000 – 1300 mm (ALVARES, et al., 2013) e umidade relativa do ar de 85% (SILVA, 2016). As médias mensais das características climatológicas, no período de condução do experimento, estão descritas nas Figuras 3 e 4.



**Figura 3.** <sup>1</sup>Temperaturas mínima, máxima e média (°C) e <sup>2</sup>precipitação registradas durante a condução do experimento em Bananeiras-PB, evidenciando as épocas de manejo nutricional das plantas e colheita de cachos. Fonte: <sup>1</sup>Estação Meteorológica Davis Pro2 do CCHSA/UFPB; <sup>2</sup>Agência Executiva de Gestão de Águas do Estado da Paraíba – AESA.

A temperatura média anual nos anos de 2016 e 2017 e nos dois primeiros meses de 2018, período de realização do experimento, foi de 24,9; 23,4 e 24,2 °C; e a precipitação de 1.176,3; 1035,8 e 311,7; respectivamente.



**Figura 4.** Umidade Relativa média do ar (%) e velocidade média do vento registradas durante a condução do experimento em Bananeiras-PB. Fonte: *Estação Meteorológica Davis Pro2 do CCHSA/UFPB.*

A umidade relativa média do ar no ano de 2016 e 2017 e nos dois primeiros meses de 2018, período de realização do experimento, foi de 83,7; 84,1 e 82,4 (%) e a velocidade média do vento de 42,5; 38,1 e 36,5 (km/h); respectivamente.

O solo da área experimental corresponde a um Latossolo Amarelo Distrófico tóxico, apresentando relevo suave ondulado, perfil muito profundo, bem drenado, com capacidade de retenção de umidade moderada e classe textural franco-argiloso-arenosa (SANTOS et al., 2018), cujos atributos químicos, determinados antes do cultivo, em amostras coletadas na camada de 0-20 cm e 20-40 cm, encontram-se na Tabela 1.

**Tabela 1.** Atributos químicos e físicos do solo, na camada de 0 - 20 e 20 - 40 cm de profundidade, da área experimental em Bananeiras, Paraíba, 2019.

Atributos	Unidade	Valores	
		0 -20 cm	20 – 40 cm
<sup>1</sup> pH em água (1:2,5)		5,9	5,3
<sup>1</sup> P	mg dm <sup>-3</sup>	17,3	9,1
<sup>1</sup> K	mg dm <sup>-3</sup>	69,0	27,0
<sup>1</sup> H <sup>+</sup> + Al <sup>+3</sup>	cmolc dm <sup>-3</sup>	3,4	6,3
<sup>1</sup> Al <sup>+3</sup>	cmolc dm <sup>-3</sup>	0,1	0,8
<sup>1</sup> Ca <sup>+2</sup>	cmolc dm <sup>-3</sup>	2,1	1,8
<sup>1</sup> Mg <sup>+2</sup>	cmolc dm <sup>-3</sup>	0,9	0,5
<sup>1</sup> M.O.	g kg <sup>-1</sup>	26,6	21,5
<sup>1</sup> V	%	48,6	24,0
<sup>1</sup> CTC a pH 7,0	cmolc dm <sup>-3</sup>	6,6	8,3
<sup>2</sup> Areia	g kg <sup>-1</sup>	625	587
<sup>2</sup> Silte	g kg <sup>-1</sup>	50	83
<sup>2</sup> Argila	g kg <sup>-1</sup>	325	330
<sup>2</sup> Areia dispersa	g kg <sup>-1</sup>	25	13
<sup>2</sup> Grau de flocculação	kg dm <sup>-3</sup>	923	961
<sup>2</sup> Densidade do solo	g cm <sup>-3</sup>	1,25	1,19
<sup>2</sup> Densidade de partícula	kg cm <sup>-3</sup>	2,63	2,64
<sup>2</sup> Porosidade total	m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup>	0,52	0,55
<sup>2</sup> Umidade - 0,01	g kg <sup>-1</sup>	154	175
<sup>2</sup> Umidade - 1,50	g kg <sup>-1</sup>	105	131
		Franco Argilo	Franco Argilo
<sup>2</sup> Classe textural		Arenosa	Arenosa

<sup>1</sup>Análises realizadas pelo Laboratório de Análise de Solo, Tecido Vegetal e Fertilidade do Departamento de Solos da UFV; <sup>2</sup>Análises realizadas pelo Laboratório de Química e Fertilidade do Solo do Departamento de Solos e Engenharia Rural do CCA-UEPB.

### 2.3. Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o de parcela subdividida no tempo em blocos ao acaso, sendo os tratamentos das parcelas constituídos por dois ciclos de cultivo (1ª e 2ª produção) e, na subparcela, os tratamentos constituídos de cinco doses de nitrogênio N (15; 90; 150; 210 e 285 g planta<sup>-1</sup>) e de potássio (24; 144; 240; 336 e 456 g planta<sup>-1</sup>), combinados conforme a matriz Pan Puebla III (Tabela 2), totalizando 10 tratamentos com quatro repetições, mais um controle (sem adubação nitrogenada e potássica). A parcela foi constituída por 9 plantas, distribuídas em três fileiras de 3 plantas, considerando-se como plantas úteis a segunda e a terceira planta da fileira central, seguindo sempre a direção norte. Foram utilizadas 396 plantas no total em uma área de 3.564 m<sup>2</sup>, plantadas no espaçamento 3m x 3m, equivalendo a uma área experimental de 81 m<sup>2</sup> por parcela (9 x 9 m), sendo 88 plantas úteis.

**Tabela 2.** Níveis e doses de nitrogênio (N) e potássio (K) empregados nos tratamentos/combinções do experimento, conforme a matriz “Pan Puebla III”. Areia-PB, 2019

Tratamentos	Nível		Dose (g planta <sup>-1</sup> )		Relação N/K
	N	K	N	K	
1	-0,4	-0,4	90	144	1:1,6
2	-0,4	0,4	90	336	1:3,73
3	0,4	-0,4	210	144	1:0,69
4	0,4	0,4	210	336	1:1,6
5	0	0	150	240	1:1,6
6	-0,9	-0,4	15	144	1:9,6
7	0,9	0,4	285	336	1:1,18
8	-0,4	-0,9	90	24	1:0,27
9	0,4	0,9	210	456	1:2,17
10	-0,9	-0,9	15	24	1:1,6

O espaço de exploração para estimativa das doses foi 0 a 300 g planta<sup>-1</sup> de N e 0 a 480 g planta<sup>-1</sup> de K, estabelecido com base nas maiores recomendações de N e K para cultura da

bananeira nos Estados no Nordeste (CE, PE, PB e BA, acrescido de 15,4% para N e 20% para K (Tabela 3).

**Tabela 3.** Recomendações para cultura da bananeira em alguns Estados Brasileiros. Areia -PB, 2019

Estados	Recomendações		Fontes
	N	K	
	(g planta <sup>-1</sup> )		
	Cobertura	Cobertura	
Ceará	260	360	Recomendações de adubação e calagem para o Estado do Ceará (1993)
Pernambuco	90	400	Recomendações de adubação para o Estado de Pernambuco (2008)
Paraíba	100	160	Sugestões de adubação para o Estado da Paraíba (1979)
Bahia	180	400	Manual de adubação e calagem para o estado da Bahia (1989)

A dose de fósforo foi de 144 g planta<sup>-1</sup>, estabelecida com base na recomendação de adubação para o Estado do Ceará (2008), acrescida de 20%, sendo aplicada toda em fundação antes do plantio. A partir do 2º ano de cultivo, todo o fosforo foi aplicado juntamente com as primeiras doses de nitrogênio e de potássio.

As doses de N e K foram parceladas em três aplicações iguais, sendo a adubação da planta mãe realizada aos 70, 130 e 250 dias após o plantio (DAP); a adubação da planta filha realizada aos 340, 400 e 490 (DAP) e a adubação da planta neta realizada aos 614, 674 e 764 (DAP). Utilizou-se como fonte de nitrogênio a ureia, como fonte de potássio o cloreto de potássio e como fonte de fósforo o superfosfato simples. O adubo foi aplicado em círculo para a planta mãe e em meia lua para a planta filha, sendo para esta última, localizado em frente a planta.

Salienta-se que mesmo não coletando os dados referentes ao terceiro ciclo da cultura, a adubação da planta neta foi realizada para proporcionar as mesmas condições nutricionais oferecidas para as plantas mãe e filha, uma vez que no momento da 1ª adubação da planta filha, a colheita de cacho em muitas plantas ainda não havia sido realizada. Esse fato ocorreu em função da resposta das plantas devido aos diferentes tratamentos aplicados.

## 2.4. Implantação e manejo do experimento

### 2.4.1. Cultivar

Foram utilizadas mudas de bananeira cv. BRS Vitória, grupo genômico AAAB, provenientes de cultivo *in vitro*. As mudas na forma de “torrãozinho” (3 a 5 cm) e com cerca de 5 a 10 cm de altura foram adquiridas junto à Empresa Campo Biotecnologia Vegetal LTDA, Cruz das Almas, Bahia. As mudas foram acondicionadas em caixa de isopor e transportadas para o setor de agricultura do CCHSA/UFPB, em Bananeiras – PB.

No viveiro do CCHSA/UFPB, em Bananeiras – PB, as mudas foram aclimatadas, sendo repicadas para sacos plásticos pretos de 20 cm de diâmetro x 25 cm de altura, sanfonados e perfurados em seu terço inferior, contendo substrato peneirado e autoclavado a 105 °C por 30 minutos e sem fertilizantes químicos (KATAN et al., 1976; RICCI et al., 1999).

O substrato foi preparado com terra argilo – arenosa de superfície mais composto orgânico vegetal na proporção de 1:1, pesando em média 3,74 kg saco<sup>-1</sup>, antes de ser regado. A repicagem foi efetuada ao entardecer, estando o substrato úmido e as mudas túrgidas. O substrato utilizado apresenta as seguintes características químicas e de fertilidade (pH: 5,9; P: 201,99 mg dm<sup>-3</sup>; K: 490,0 mg dm<sup>-3</sup>; Na<sup>+</sup>: 0,22 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; H<sup>+</sup>+Al<sup>+3</sup>: 8,8 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Al<sup>+3</sup>: 0,0 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Ca<sup>+2</sup>: 6,1 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg<sup>+2</sup>: 4,6 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; SB: 12,2 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; CTC: 20,9 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; V: 58%; M.O.: 138,21 g kg<sup>-1</sup>).

### 2.4.2 Plantio e tratos culturais

O preparo da área para instalação do experimento foi realizado por meio de aração e em seguida gradagem para incorporação de restos vegetais. Posteriormente, foi realizado o coveamento utilizando-se um perfurador de solo, modelo **PSH C/broca de 9”/12” C<sup>X</sup> – 11310, da marca BALDAN**. As covas foram abertas com as dimensões de aproximadamente 0,30 m de diâmetro e 0,50 m de profundidade, tendo as paredes escarificadas para facilitar a penetração das raízes da bananeira no solo. A adubação de fundação foi realizada por ocasião do plantio, sendo aplicada a dose de 144 g cova<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> na forma de superfosfato simples (18% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 11% S e 20% Ca) e oito litros de esterco bovino curtido. O esterco utilizado apresenta as seguintes características químicas, conforme Tabela 4.

**Tabela 4.** Teores médios de macro e micronutrientes na matéria seca do esterco aplicado na adubação de fundação da bananeira. Areia-PB, 2019

<b>Macronutrientes</b>	<b>Valores</b>	<b>Micronutrientes</b>	<b>Valores</b>
N (g kg <sup>-1</sup> )	8,05	Fe (mg kg <sup>-1</sup> )	6326,54
P (g kg <sup>-1</sup> )	2,17	Cu (mg kg <sup>-1</sup> )	16,24
K (g kg <sup>-1</sup> )	1,92	Mn (mg kg <sup>-1</sup> )	205,98
Ca <sup>+2</sup> (g kg <sup>-1</sup> )	32,11	Zc (mg kg <sup>-1</sup> )	82,95
Mg <sup>+2</sup> (g kg <sup>-1</sup> )	4,98		
S (g kg <sup>-1</sup> )	1,88		

Análises realizadas pelo Laboratório de Química e Fertilidade do Solo do Departamento de Solos e Engenharia Rural do CCA-UFPB.

As mudas foram submetidas ao processo de rustificação iniciado 30 dias antes da realização do plantio no campo. As mudas foram plantadas no campo quando atingiram uma altura média de 24,74 cm. O plantio foi realizado no espaçamento 3,0 x 3,0m.

O experimento foi conduzido sob o sistema de irrigação por microaspersão, com um aspersor (vazão nominal de 63 L hora<sup>-1</sup>) para cada duas plantas, com turno de rega de dois dias, para manter a umidade do solo próxima à capacidade de campo, sendo o tempo fixo de irrigação de 1 hora até os 270 DAP e de 1 hora e 30 minutos após este período. A água utilizada na

irrigação foi classificada como C<sub>2</sub>S<sub>1</sub> e apresenta as seguintes características químicas descritas na tabela 5.

**Tabela 5.** Características químicas da água utilizada nas irrigações da área experimental da bananeira. Areia-PB, 2019

Atributos	Unidade	Valores
pH		6,9
Condutividade elétrica a 25 °C	dS m <sup>-1</sup>	0,26
R.A.S		2,39
P.S.T		2,21
Carbonatos, expressos em CO <sub>3</sub>	mmol <sub>c</sub> . L <sup>-1</sup>	0,00
Sulfatos, expresso em SO <sub>4</sub>	mg. L <sup>-1</sup>	2,28
Cloretos, expresso em Cl <sup>-</sup>	mmol <sub>c</sub> . L <sup>-1</sup>	2,25
Cálcio, expresso em Ca <sup>2+</sup>	mmol <sub>c</sub> . L <sup>-1</sup>	0,50
Magnésio, expresso em Mg <sup>2+</sup>	mmol <sub>c</sub> . L <sup>-1</sup>	0,73
Sódio, expresso em Na <sup>+</sup>	mmol <sub>c</sub> . L <sup>-1</sup>	1,87
Potássio, expresso em K	mmol <sub>c</sub> . L <sup>-1</sup>	0,06

Análises realizadas pelo Laboratório de Química e Fertilidade do Solo do Departamento de Solos e Engenharia Rural do CCA-UFPB.

Durante a condução do experimento, foram realizadas as seguintes operações de manejo: aplicação foliar de micronutrientes, capinas, desbaste de perfilhos, desfolhas, escoramento, corte do coração para melhorias na qualidade dos frutos e corte do pseudocaule após a colheita. O bananal foi conduzido no sistema família, por meio de desbaste, deixando-se apenas um segmento por geração, evitando-se competição por água e nutrientes. Os restos culturais foram enleirados entre as fileiras de plantas servindo como cobertura morta.

A aplicação do adubo foliar foi realizada com uma solução de magnésio complexada com micronutrientes, sendo aos 100, 180 e 214 dias após o plantio (DAP) para a planta mãe; e aos 408, 442 e 508 DAP para a planta filha. Utilizou-se o fertilizante foliar comercial Defender Complex® (Mg = 1,8%; S = 2,6%; B = 0,2%; Cu = 0,2%; Fe = 1,5%; Mn = 1,5%; Mo = 0,06%;

Zn = 1,5%), empregando-se a dose de 3 a 5 L ha<sup>-1</sup>, conforme recomendação do fabricante do produto. Também foi realizada aplicação foliar com produto contendo apenas o micronutriente Boro (10% de B), sendo aos 113 e 142 DAP para a planta mãe; e aos 411 e 491 DAP para a planta filha. Seguiu-se a recomendação do fabricante do produto, que é de 1,0 L ha<sup>-1</sup>.

Na aplicação foliar, utilizou-se inicialmente um pulverizador manual de 20 L, contendo haste adaptada e prolongada para alcançar as folhas mais altas da bananeira. No segundo ciclo da cultura, devido a maior altura das plantas, utilizou-se um pulverizador estacionário com motor à gasolina de 2,0 HP (Yamaha, LS-22C).

Nos períodos quentes e de maior índice pluviométrico foi constatada a incidência da “Antracnose” (*Colletotrichum musae*) nas bananeiras, sendo necessária a aplicação do fungicida sistêmico Tiofanato-metílico (Cercobin® 700 WP – 70 g 100 L<sup>-1</sup>) para o controle da doença. Assim, as aplicações foram realizadas aos 12 e 28 DAP para a planta mãe; e aos 408, 415 e 500 DAP para a planta filha.

O controle de plantas invasoras foi realizado por meio de coroamento e alternância entre roço e uso de herbicida Glifosato (Roundap Original DI) nas entrelinhas, conforme infestação da área. As operações de desfolha e poda do coração foram realizadas conforme preconizado por Moreira (1999).

## **2.5. Colheita e transporte de cachos**

A colheita foi realizada manualmente quando os frutos atingiram o diâmetro de 36 mm (3/4 gordo), determinado nos frutos centrais da segunda penca com auxílio de um paquímetro graduado em mm. Após a colheita, os cachos foram transportados manualmente para o Laboratório de fisiologia pós-colheita do Centro de Ciências Humanas, Sociais e Agrárias da UFPB, a fim de serem avaliadas algumas características de qualidade do fruto.

## 2.6. Despencamento e lavagem de pencas

Após a colheita e transporte do cacho, as pencas foram destacadas utilizando-se um despencador de banana, sendo imediatamente imersas em tanques de lavagem com água e detergente neutro, na proporção de 400 mL para 1.000 litros de água, por um período de 20 minutos. Em seguida as pencas foram deixadas sobre mesa de seleção de frutas para secagem da água.

## 2.7. Características avaliadas

As análises físico-químicas foram realizadas para averiguar, de forma objetiva, a qualidade dos frutos no ponto de consumo. Para isso, os frutos da segunda penca foram deixados para amadurecer naturalmente a temperatura ambiente e analisados somente quando atingiram o grau de coloração 6 de acordo com a escala de maturação de Von Loesecke (Figura 1), adotada pela CEAGESP (2006). Assim, após o amadurecimento dos frutos da segunda penca, foram coletados ao acaso, um total de seis frutos por penca, para posterior processamento das análises.



**Figura 5.** Escala de maturação de Von Loesecke (CEAGESP, 2006), adaptado por Delfino et al. (2010). 1-Totalmente verde; 2-Verde com traços amarelos; 3-Mais verde do que amarelo; 4-Mais amarelo do que verde; 5-Amarelo com a ponta verde; 6-Todo amarelo (banana com excelente qualidade de cor e consumo); 7-Amarelo com áreas marrons.

### 2.7.1. Firmeza

A avaliação da firmeza foi realizada no fruto íntegro (com casca) e individualmente, em três regiões equidistantes no sentido do comprimento do fruto, usando-se penetrômetro digital PTR-300, com ponta de 8 mm de diâmetro e os resultados obtidos em  $\text{Ib/pol}^2$ . Posteriormente os resultados foram transformados em Newton (N).

### **2.7.2. Sólidos solúveis (%)**

Determinado por meio da leitura refratométrica direta em porcentagem (%) de uma alíquota da polpa homogeneizada, em refratômetro digital portátil e bancada, modelo RTD-95, marca INSTRUTHERM, com compensação de temperatura automática, segundo critérios da A.O.A.C. (2005).

### **2.7.3. Acidez titulável (% ácido málico) - AT**

Obtida de acordo com as Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (2005), utilizando-se 5 g de polpa homogeneizada em triturador doméstico tipo 'mixer' e diluída em 50 mL de água destilada, seguida da titulação com solução padronizada de NaOH a 0,1M, tendo como indicador o ponto de viragem da fenolftaleína. Os resultados foram expressos em porcentagem, correspondente a g de ácido málico 100 g<sup>-1</sup> da amostra.

### **2.7.4. Relação SS/AT**

A relação SS/AT foi determinada pelo quociente entre os conteúdos de sólido solúveis e a acidez titulável.

### **2.7.5. Potencial hidrogeniônico (pH)**

Foi mensurado em polpa homogeneizada dos frutos, triturados com auxílio de um 'mixer', utilizando o potenciômetro digital, calibrado com tampões de pH 7,0 e 4,0 a 25° C, conforme normas da Associação of Official Analytical Chemists (A.O.A.C., 2005).

### **2.7.6. Açúcares redutores (glicose), não redutores (sacaroses) e totais**

Para determinação dos açúcares redutores e não-redutores foi utilizada a metodologia descrita pelas Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (I. A. L., 2005), sendo os açúcares totais obtidos pela soma de açúcares redutores e não-redutores. Os resultados foram expressos em % e obtidos por meio dos cálculos descritos abaixo.

Carboidratos redutores em glicose (%) =  $(100 \times A \times a) / (P \times V)$

Carboidratos não redutores em sacarose (%) =  $[(100 \times A \times a)/(P \times V) - B] \times 0,95$

Sendo: 100 = porcentagem (%); A = volume final da solução em mL; a = quantidade de g de glicose correspondente a 10 mL das soluções de Fehling (Fator da solução/2); P = massa da amostra em g; V = volume de mL da solução da amostra gasto na titulação; B = Resultado do cálculo de glicose em g e F = 0,95 (fator de conversão em sacarose).

### 2.7.7. Amido

O teor de amido presente nas amostras foi determinado segundo a metodologia descrita nas Normas da Associação de Official Analytical Chemists (A.O.A.C., 2005). Os resultados foram expressos em % e obtidos por meio dos cálculos descritos abaixo.

Amido (%) =  $[(100 \times A \times a)/(P \times V) - (\text{sacarose} + \text{glicose})] \times 0,90$

Sendo: 100 = porcentagem (%); A = volume de mL da solução final de P g da amostra (volume de diluição); a = quantidade de g de glicose correspondente a 5 mL das soluções de Fehling (fator/2); P = massa da amostra em g; V = volume de mL da solução da amostra gasto na titulação e F = 0,90 (fator de conversão em amido).

## 2.8. Análise estatística

Nas análises estatísticas, empregaram-se técnicas de análise univariada e multivariada. Os efeitos quantitativos das doses de nitrogênio e potássio foram ajustados a regressão utilizando o teste F ( $P \leq 0,05$ ) para verificar o ajuste do modelo. A escolha do modelo foi com base na significância dos efeitos, na explicação adequada para fenômeno analisado e no valor

do  $R^2$ , considerando-se valor de  $R^2 \geq 0,60$  para aceitação do modelo. A comparação entre os ciclos foi realizada pelo teste F, que é conclusivo para dois fatores (BANZATTO e KRONKA, 2006) admitindo-se erro de até 5% de probabilidade.

Na análise multivariada, fez-se uso da análise de componentes principais (ACP) e de agrupamento com base nos escores dos tratamentos (HUSSON; LÊ; PAGÈS, 2010; MINGOTI, 2005). O critério utilizado para classificar a variável nos componentes foi baseada na relação  $0,5(\lambda^{-0,5})$ , sendo  $\lambda$  o autovalor do componente (OVALLES; COLLINS, 1988). As análises estatísticas foram realizadas nos softwares SAS<sup>®</sup> University Edition e R-Studio versão 3.3.1.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A interação entre ciclos e as doses de N e K não apresentou efeito significativo para firmeza (FMF), acidez total titulável (ATT) e pH de frutos de bananeira cv. Vitória (Tabela 6). Quando o efeito das doses (N e K) são desdobradas dentro de cada ciclo, observa-se que a variável FMF foi influenciada pelas doses de N e K nos dois ciclos de produção, enquanto que ATT foi apenas no 2º ciclo. SST foi influenciado unicamente pelas doses de N e somente no 1º ciclo de produção.

As variáveis FMF, SST, ATT e pH foram influenciadas pelos ciclos de produção (Tabela 6). Não houve significância para as variáveis AT e pH no 1º ciclo, com médias de 0,81 e 4,41 respectivamente; e nem para a variável SS no 2º ciclo, apresentando média de 26,83.

Na Tabela 7, verifica-se que a interação entre ciclos e as doses de N e K não apresentou efeito significativo para açúcares não redutores (ANR). Quando o efeito das doses (N e K) são desdobradas dentro de cada ciclo, observa-se que a variável relação SST/ATT foi influenciada pelas doses de N no 1º ciclo e pelas doses de N e K no 2º ciclo de produção. AR e AT foram influenciadas apenas pelas doses de K no 2º ciclo, enquanto que ANR foi influenciada no 1º ciclo.

As variáveis SST/ATT e ANR foram influenciadas pelos ciclos de produção, enquanto que AR e AT não foram. Não houve significância para as variáveis AR e AT no 1º ciclo, com médias de 12,94 e 14,08 respectivamente; e nem para a variável ANR no 2º ciclo, apresentando média zero (Tabela 7).

**Tabela 6.** Resumo das análises de variância e valores médios para firmeza (FMF), sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT) e pH de frutos de bananeira cv. Vitória em dois ciclos (C) e quanto a combinação entre doses de nitrogênio e potássio utilizando a matriz de Pan Puebla III. Areia, PB, 2019

FV	GL	QUADRADO MÉDIO			
		FMF	SS	AT	pH
Bloco	3	20,7904 <sup>ns</sup>	0,2764 <sup>ns</sup>	0,0001 <sup>ns</sup>	0,0125 <sup>ns</sup>
Ciclo (C)	1	1.675,1408**	41,3442**	0,2252**	0,4330**
Resíduo (a)	3	5,8790	0,3558	0,0025	0,0066
Dose (D)	10	48,0757**	1,9733**	0,0063**	0,0070 <sup>ns</sup>
C x D	10	7,6375 <sup>ns</sup>	1,5287*	0,0023 <sup>ns</sup>	0,0083 <sup>ns</sup>
Resíduo (b)	60	15,0717	0,7034	0,0019	0,0064
CVa (%)		10,85	2,28	6,58	1,87
CVb (%)		17,37	3,21	5,74	1,84
Regressão/Ciclo 1					
N-L	1	72,5535*	9,6756**	0,0018 <sup>ns</sup>	0,0027 <sup>ns</sup>
N-Q	1	26,6509 <sup>ns</sup>	0,1799 <sup>ns</sup>	0,0010 <sup>ns</sup>	0,0007 <sup>ns</sup>
K-L	1	60,2823*	0,0466 <sup>ns</sup>	0,0042 <sup>ns</sup>	0,0036 <sup>ns</sup>
K-Q	1	8,7419 <sup>ns</sup>	0,6489 <sup>ns</sup>	0,0005 <sup>ns</sup>	0,0118 <sup>ns</sup>
N-L x K-L	1	8,9818 <sup>ns</sup>	0,0228 <sup>ns</sup>	0,0008 <sup>ns</sup>	0,0069 <sup>ns</sup>
Regressão/Ciclo 2					
N-L	1	15,2133 <sup>ns</sup>	1,8204 <sup>ns</sup>	0,0007 <sup>ns</sup>	0,0006 <sup>ns</sup>
N-Q	1	122,2586**	1,4317 <sup>ns</sup>	0,0121*	0,0028 <sup>ns</sup>
K-L	1	103,3711*	0,5968 <sup>ns</sup>	0,0000 <sup>ns</sup>	0,0016 <sup>ns</sup>
K-Q	1	9,6784 <sup>ns</sup>	1,4118 <sup>ns</sup>	0,0286**	0,0001 <sup>ns</sup>
N-L x K-L	1	2,1550 <sup>ns</sup>	0,2548 <sup>ns</sup>	0,0001 <sup>ns</sup>	0,0415*
Médias					
Ciclo 1		17,98b	25,46b	0,81a	4,41a
Ciclo 2		26,70a	26,83a	0,71b	4,27b

<sup>ns</sup>, \*\* e \*: não significativo e significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

CVa e CVb = Coeficiente de variação da parcela e da subparcela, respectivamente.

Médias seguidas pela mesma letra, entre ciclo, não diferem entre si pelo teste F ( $P \leq 0,05$ ).

**Tabela 7.** Resumo das análises de variância e valores médios para relação SS/AT (RATIO), açúcares redutores (AR), açúcares não redutores (ANR) e açúcares totais (AT) de frutos de bananeira cv. Vitória em dois ciclos (C) e quanto a combinação entre doses de nitrogênio e potássio utilizando a matriz de Pan Puebla III. Areia, PB, 2019

FV	GL	SS/AT	AR	ANR	AT
Bloco	3	0,2564 <sup>ns</sup>	21,6320 <sup>ns</sup>	1,4177 <sup>ns</sup>	14,2834 <sup>ns</sup>
Ciclo (C)	1	1.022,9976**	0,1201 <sup>ns</sup>	28,5659*	32,3901 <sup>ns</sup>
Resíduo (a)	3	3,5008	17,7388	1,4177	26,5429
Fatorial (F)	10	23,2387**	7,2844**	0,7289 <sup>ns</sup>	7,7475**
C x F	10	11,2961*	5,1719*	0,7289 <sup>ns</sup>	5,1694*
Resíduo (b)	60	5,5206	2,3664	0,8865	2,4263
CVa (%)		5,36	32,62	208,89	38,22
CVb (%)		6,73	11,92	165,18	11,56
Regressão/Ciclo 1					
N-L	1	27,4347*	0,0602 <sup>ns</sup>	1,7471 <sup>ns</sup>	1,1588 <sup>ns</sup>
N-Q	1	0,3847 <sup>ns</sup>	0,1197 <sup>ns</sup>	1,0163 <sup>ns</sup>	1,8336 <sup>ns</sup>
K-L	1	4,5310 <sup>ns</sup>	0,5353 <sup>ns</sup>	8,4121**	4,7033 <sup>ns</sup>
K-Q	1	3,1289 <sup>ns</sup>	1,0989 <sup>ns</sup>	0,0535 <sup>ns</sup>	0,6675 <sup>ns</sup>
N-L x K-L	1	0,9211 <sup>ns</sup>	3,3108 <sup>ns</sup>	0,0159 <sup>ns</sup>	3,7855 <sup>ns</sup>
Regressão/Ciclo 2					
N-L	1	10,2336 <sup>ns</sup>	1,9830 <sup>ns</sup>	0,0000 <sup>ns</sup>	1,9830 <sup>ns</sup>
N-Q	1	67,1621**	4,4892 <sup>ns</sup>	0,0000 <sup>ns</sup>	4,4892 <sup>ns</sup>
K-L	1	0,1833 <sup>ns</sup>	0,7642 <sup>ns</sup>	0,0000 <sup>ns</sup>	0,7642 <sup>ns</sup>
K-Q	1	101,6730**	31,8561**	0,0000 <sup>ns</sup>	31,8561**
N-L x K-L	1	0,0030 <sup>ns</sup>	2,4033 <sup>ns</sup>	0,0000 <sup>ns</sup>	2,4033 <sup>ns</sup>
Médias					
Ciclo 1		31,51b	12,94a	1,14a	14,08a
Ciclo 2		38,33a	12,87a	0,00b	12,87a

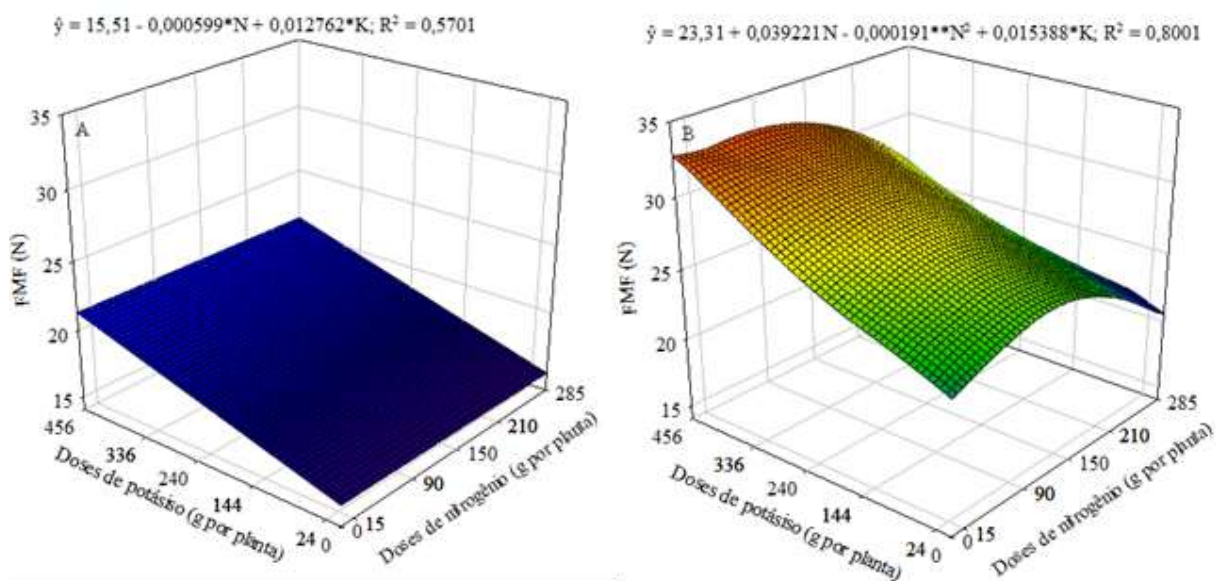
<sup>ns</sup>, \*\* e \*: não significativo e significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F. CVa e CVb = Coeficiente de variação da parcela e da subparcela, respectivamente. Médias seguidas pela mesma letra, entre ciclo, não diferem entre si pelo teste F ( $P \leq 0,05$ ).

### 3.1. Firmeza de frutos

A firmeza dos frutos foi influenciada linearmente pelas doses de nitrogênio no 1º ciclo e de forma quadrática no 2º ciclo de produção (Figura 6A e B). O ponto de máxima da função (25,32 Newton) foi atingido na dose de 102,67 g planta<sup>-1</sup> de N, no 2º ciclo. Doses crescentes de nitrogênio diminuiu a firmeza do fruto da bananeira ‘Vitória’ no 1º ciclo de produção.

Assim, houve acréscimo de 8,62% na firmeza do fruto no 2º ciclo, em relação ao tratamento que não recebeu adubação com nitrogênio, cujo valor foi de 23,31 Newton. Entretanto, sob doses acima da ótima estimada (102,67 g planta<sup>-1</sup> de N) houve ligeiro decréscimo na firmeza do fruto no 2º ciclo de produção (Figura 6B), concordando com Lorena (2015), que constatou que aumento da adubação nitrogenada prejudicou a qualidade do fruto da bananeira ‘Grand Naine’, quanto à firmeza média da polpa.

Segundo Chitarra e Chitarra (2005), Silva et al. (2006a) e Silva et al. (2006b), a redução da firmeza da polpa da banana ocorre, geralmente, por ação de enzimas que degradam a parede celular, que conforme Bissani et al. (2008), Raij (2011), Taiz e Zeiger (2017) e Melo et al. (2018) apontaram o nitrogênio como cofator de enzimas e coenzimas.



**Figura 6.** Firmeza (FMF) de frutos íntegros de bananeira cv. Vitória em função de doses de nitrogênio e de potássio no ciclo de produção 1 (A) e 2 (B). \* e \*\*: significativo a 5 e 1% de probabilidades pelo teste F, respectivamente. Areia, PB, 2019.

Em relação ao potássio, houve efeito linear das doses sobre a firmeza do fruto nos dois ciclos avaliados. O ponto de máxima da função (21,32 e 30,32 Newton) foi atingido na dose aplicada de 456 g planta<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, para o 1º (Figura 6A) e 2º ciclo (Figura 6B), nessa ordem, concordando com Ganeshamurthy et al. (2011) e Irmes (2013), que afirmam que o suprimento adequado de K à planta influencia positivamente na firmeza. Isso se dá devido o K desempenhar papel importante no processo de regulação osmótica da planta (MARSCHNER, 2012), visto que com o acúmulo do nutriente no vacúolo da célula ocorre um aumento do potencial osmótico, provocando a entrada de água e maior turgidez no tecido, o que, possivelmente, deve ter interferido na resistência da polpa.

Ao derivar a equação matemática em função das doses combinadas de N e K, tem-se o valor estimado de 32,24 Newton nas doses combinadas de 102,67 g planta<sup>-1</sup> de N e 456 g planta<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O no 2º ciclo (Figura 6B). A dose intermediária de 150 g planta<sup>-1</sup> de N combinada com 456 g planta<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O promove o valor estimado de 21,23 Newton, sendo que doses crescentes de N prejudicam a firmeza da fruta no 1º ciclo de produção (Figura 6A).

Ainda analisando a Figura 6A e B, ao comparar os dois ciclos de produção, verifica-se que a bananeira 'Vitória' apresenta maior firmeza no 2º ciclo, sendo que essa firmeza é potencializada pela aplicação de doses crescentes tanto de N quanto de K, mas também sendo limitada pela aplicação de doses elevadas de N.

Os resultados encontrados no presente estudo são bastante relevantes, pois conforme Bolfarini (2015) e Rosa (2016), bananas com maior firmeza apresentam maior resistência ao transporte e, conseqüentemente, maior vida útil pós colheita, principalmente neste fruto climatérico, altamente perecível. Além do mais, a firmeza da polpa é uma característica de extrema relevância para a qualidade e comercialização da fruta fresca, pois polpas mais firmes são mais aceitas pela maioria dos consumidores, com 73,1% da preferência (MATSUURA; COSTA e FOLEGATTI, 2004). Os valores de firmeza de banana encontrados nesse trabalho,

são superiores aos apresentados por Pimentel et al. (2010), ao avaliarem a firmeza de bananas ‘Prata Anã’ (6,79 Newton) e ‘PA42-44’ (4,9 Newton), no mesmo estágio de maturação (classe 6 de maturação, casca toda amarela); e por Santos et al. (2017) para a cv. Vitória (16,07 N), também no mesmo estágio de maturação.

### 3.2. Sólidos solúveis dos frutos

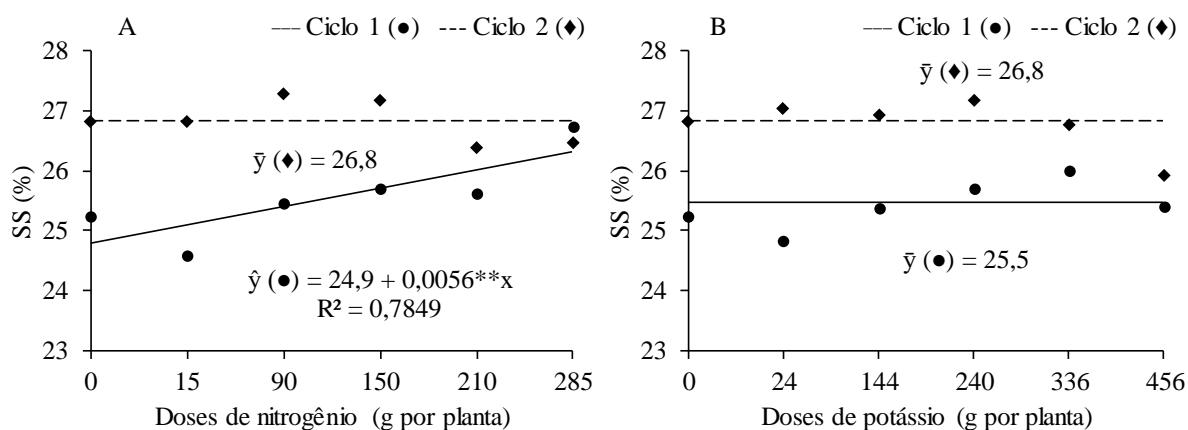
O máximo teor de sólidos solúveis (26,5%) encontrado na banana ‘Vitória’ foi obtido com a dose estimada de 285 g planta<sup>-1</sup> de N, a qual proporcionou um incremento de 6,42% nos teores de SS, em relação aos alcançados na ausência da aplicação de nitrogênio, para o 1º ciclo de produção com valor médio de 24,9%. Não houve ajuste dos valores de sólidos solúveis, em função das doses de N, a nenhuma equação matemática testada, para o 2º ciclo de produção, apresentando valor médio de 26,8% (Figura 7A).

Segundo Ganeshamurthy et al. (2011), o uso inadequado do N, seja por desbalanceamento, seja em excesso, gera no fruto da bananeira uma qualidade pobre em termos de SS. Contudo, no presente estudo, o teor de sólidos solúveis foi bastante elevado e aumentou no 1º ciclo com as doses de N.

Em relação ao potássio, os valores de sólidos solúveis também não se ajustaram a nenhuma equação matemática testada, nos dois ciclos de produção, apresentando valor médio de 25,5 e 26,8%, para o 1º e 2º ciclo, respectivamente (Figura 7B).

Comparando os dois ciclos, verifica-se que a bananeira ‘Vitória’ apresenta maior teor de sólidos solúveis totais no 2º ciclo de produção. A banana é um fruto que apresenta alto teor de amido quando verde e, na medida em que amadurece, o amido é degradado em açúcares solúveis para ser utilizado na respiração do fruto, elevando o teor de sólidos solúveis e proporcionando aumento da percepção de doçura (PIMENTEL et al., 2010), que podem atingir 28% (MATSUURA et al., 2002). Porém, os teores desses carboidratos estão relacionados com

a nutrição da planta, estágio de maturação dos frutos, época de colheita, fatores de clima e solo, além das características intrínsecas do cultivar explorado.



**Figura 7.** Sólidos solúveis (SS) de frutos de bananeira cv. Vitória em função de doses de nitrogênio (A) e de potássio (B) no ciclo de produção 1 e 2. \*\*: significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. Areia, PB, 2019.

Silva et al. (2013), Ribeiro et al. (2012), Jesus et al. (2004) e Matsuura et al. (2002), encontraram teores de 22,76% para a cultivar Prata Anã; e para alguns híbridos, sendo Pacovan Ken (22,31%), Pioneira (22,2%) e genótipo PV03-76 (22,2%), sendo, portanto, esses teores bem inferiores aos encontrados no presente estudo (25,5; 26,5 e 26,8%).

Os teores do presente estudo são superiores também ao encontrado por Cunha et al. (2015), para diferentes variedades de banana (24,0%); e Reis et al. (2016), que avaliando genótipos de bananeira constataram que a Pacovan, genitora da cv. Vitória, apresenta um dos maiores valores de sólidos solúveis, sendo de 25,33%, o que aponta para um diferencial desta cultivar.

Matsuura et al. (2002) ao avaliarem os híbridos da cultivar Pacovan (PV03-76 e PV03-44), encontraram um teor de sólidos solúveis variando de 22,2 a 28,3%, respectivamente; e Aquino et al. (2017) para o mesmo grupo Prata, constataram valor de 27,92%, estando os teores (25,5; 26,5 e 26,8%) da presente pesquisa próximos aos maiores teores relatados por esses

autores. Já para a cv. Vitória, especificamente, Santos et al. (2017) em pesquisa no município de Alfredo Chaves, Espírito Santo, observaram teor de sólidos solúveis de 18%, abaixo do encontrado nesse trabalho.

Para Cunha et al. (2015) e Reis et al. (2016), genótipos com alto teor de sólidos solúveis são desejáveis tanto para o consumo fresco como para o processamento, como é o caso da cv. Vitória deste estudo.

Segundo Paiva et al. (1997), valores elevados de sólidos solúveis na matéria-prima implicam menor adição de açúcares, menor tempo de evaporação da água, menor gasto de energia e maior rendimento do produto, resultando em maior economia no processamento.

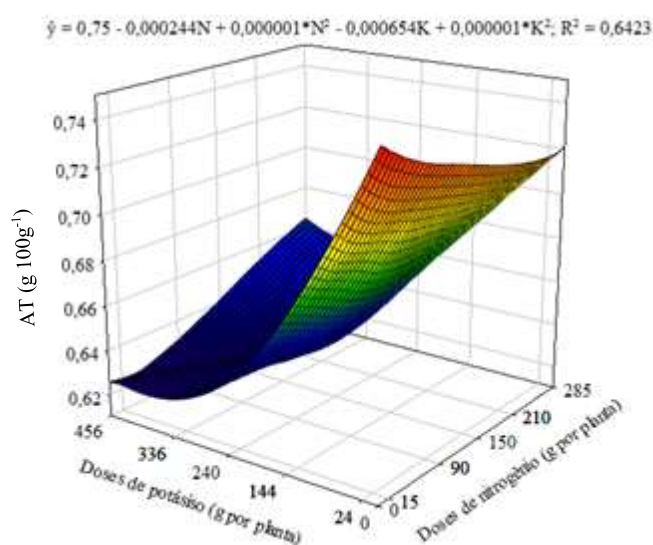
Avaliando nitrogênio e potássio na produtividade e qualidade da bananeira cultivar “Thap Mao”, Moreira; Pereira e Freitas (2009) verificaram que os sólidos solúveis não foram influenciados pelas doses de N (267 e 534 kg ha<sup>-1</sup> ciclo) e K<sub>2</sub>O (200, 800, 1600 e 2400 kg ha<sup>-1</sup> ciclo), diferindo do presente estudo apenas em relação ao efeito do N que foi constatado no 1º ciclo de produção, com o maior teor de sólidos solúveis (26,5%) na dose estimada de 285 g planta<sup>-1</sup> de N,

### **3.3. Acidez titulável dos frutos**

Os valores de acidez titulável em função das doses de nitrogênio e também de potássio não se ajustaram a nenhum modelo matemático, apresentado média de 0,81 g 100g<sup>-1</sup> no 1º ciclo de produção.

Derivando a equação quadrática que modelou os valores de acidez no 2º ciclo (Figura 8), verifica-se que o menor valor de acidez total titulável (0,73 g 100g<sup>-1</sup>) encontrado nos frutos, em função da dose isolada de N, foi obtido com a dose estimada de 122 g planta<sup>-1</sup> de N. Em razão da dose isolada de K, o menor valor estimado de 0,64 g 100g<sup>-1</sup> foi obtido na dose estimada de 327 g planta<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, sendo que doses acima desse valor promoveram aumento da acidez.

Ao analisar a resposta da bananeira ‘Vitória’ em função das doses combinadas estimadas de 122 g planta<sup>-1</sup> de N e 327 g planta<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, tem-se o valor estimado de 0,62 g 100 g<sup>-1</sup>. Ao comparar os dois ciclos, verifica-se que a bananeira ‘Vitória’ apresenta maior acidez no 1º ciclo de produção.



**Figura 8.** Acidez titulável – AT (g 100g<sup>-1</sup> de ácido málico) de frutos de bananeira cv. Vitória em função de doses de nitrogênio e de potássio no ciclo de produção 2. \*\*: significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. Areia, PB, 2019.

A acidez de um fruto, de acordo com Chitarra e Chitarra (2005), é atribuído aos ácidos orgânicos que se encontram nos vacúolos das células. Com o amadurecimento dos frutos, a concentração de ácidos diminui, em decorrência do seu uso como substrato no processo respiratório ou de sua conversão em açúcar. Porém, há algumas exceções, como é o caso da banana, em que a acidez aumenta pelo fato de ser rica em reservas de amido e de carboidrato, que são utilizados nos processos metabólicos da respiração. Por essa razão, não ocorre utilização desses compostos no amadurecimento, o que provoca seu acúmulo, estando os resultados obtidos no presente estudo, em desacordo com a afirmação dos autores, visto que no 2º ciclo de produção a bananeira ‘Vitória’ apresentou teores de sólidos solúveis superior ao

1º ciclo. Salienta-se que em frutos de bananeira ‘Vitória’ não foi detectado amido no estágio seis de maturação, nos dois ciclos de produção.

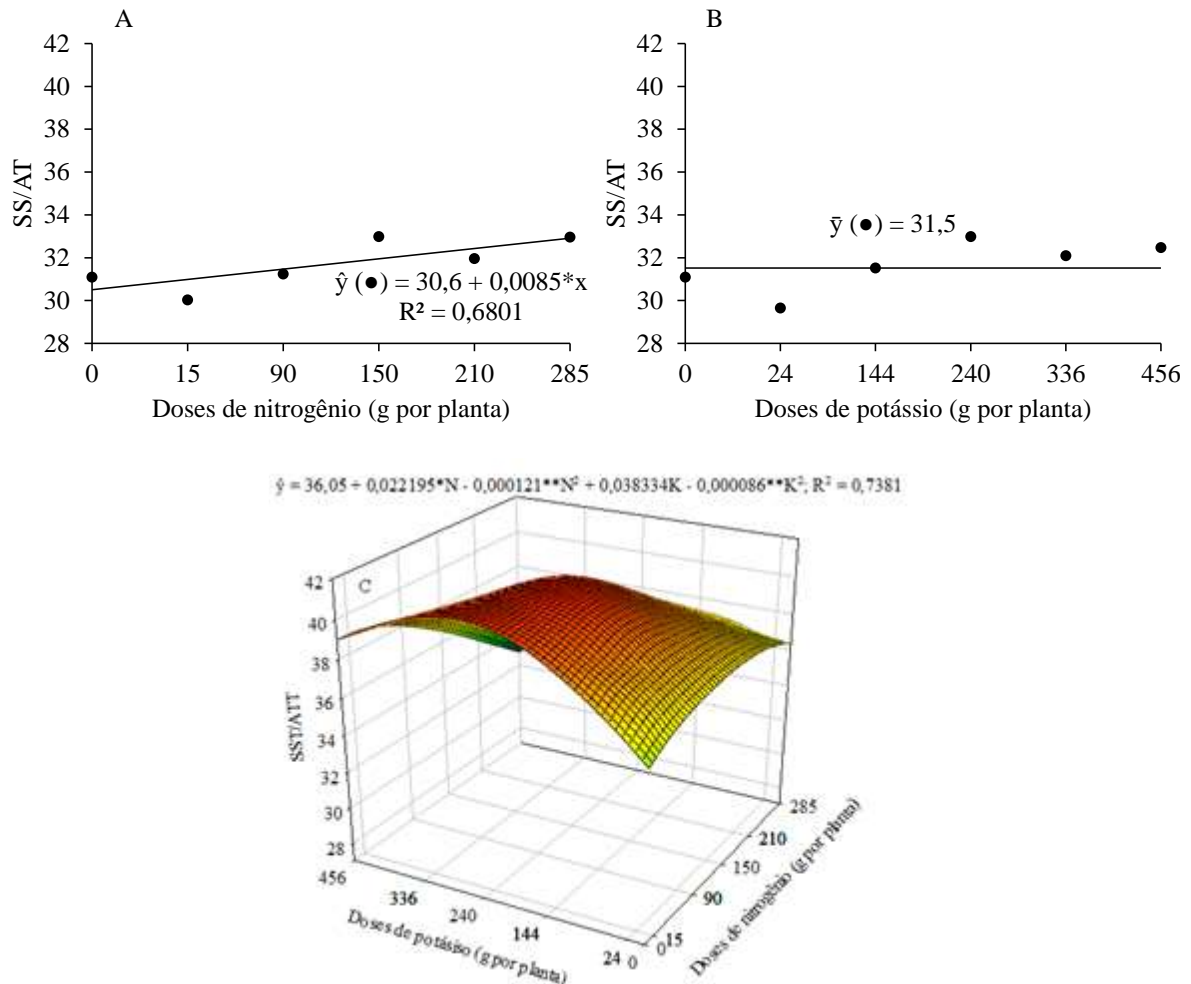
Quanto à acidez titulável, Cerqueira et al. (2002) estudaram em Cruz das Almas, BA, 20 genótipos de bananeiras e verificaram valores de AT variando de 0,39 (genótipo PV42-129 - AAAB) a 0,65 (genótipo PV42-85 - AAAB); Jesus et al. (2004), valores de 0,25 (‘Caipira’ - AAA) e 0,54 (‘Pacovan’ - AAB); Matsuura et al. (2002), para ‘Pacovan’ e nos seus híbridos tetraploides (AAAB), PV03-44 e PV03-76, valores de 0,64, 0,53 e 0,52, respectivamente; Silva et al. (2013), para a ‘Prata Anã’, encontraram valores de 0,47 a 0,67; Santos et al. (2017), para a cv. Vitória, acidez titulável de 0,52 g 100g<sup>-1</sup>.

Comparando os dados relatados pelos autores referidos anteriormente, com os encontrados na presente pesquisa, verifica-se que a bananeira ‘Vitória’, nas condições em que foi realizado esse experimento, apresentou acidez bem superior (0,64 a 0,81 g 100g<sup>-1</sup>). Isso é um fator bastante positivo, pois a baixa acidez em frutos pode restringir ou aumentar o custo na obtenção de produtos processados, como doces e geleias (SILVA et al., 2016), sendo um importante componente de qualidade, que compõe o “flavor” (sabor e aroma) da fruta, que pode ser utilizada em conjunto com o teor de sólidos solúveis, como ponto de referência do estágio de maturação (CHITARRA e CHITARRA, 2005), bem como para aceitação do consumidor.

Ainda nessa direção, segundo Campos et al (2003), o aumento do teor de acidez favorece o sabor quando relacionado com os açúcares. Assim, para este trabalho, observa-se que a bananeira ‘Vitória’ não só apresentou elevado teor de acidez, mas também de sólidos solúveis. Isso pode ter promovido um sabor mais palatável ao fruto, pois as bananas resultantes desse experimento tiveram uma excelente aceitação por parte do consumidor em termos de sabor (dados não apresentados).

### 3.4. Relação SS/AT dos frutos

As doses de nitrogênio influenciaram de forma linear a relação SS/AT no 1º ciclo (Figura 9A) e de maneira quadrática no 2º ciclo de produção (Figura 9C). O máximo valor de 33,0 e 37,06 foi obtido na dose estimada de 285 e 91,7 g planta<sup>-1</sup> de N, inferindo incremento de 7,84 e 2,8% para o 1º e 2º ciclo, respectivamente, em relação ao tratamento controle. Entretanto, sob doses acima da ótima estimada (91,7 g planta<sup>-1</sup> de N) houve decréscimo na relação SS/AT, no 2º ciclo de produção (Figura 9C). Logo, sugere-se que esse decréscimo na relação SS/AT ocorreu em função do aumento da acidez titulável.



**Figura 9.** Relação SS/AT (RATIO) de frutos de banana cv. Vitória em função de doses de nitrogênio e de potássio no ciclo de produção 1 (A e B) e 2 (C). \* e \*\*: significativo a 5 e 1% de probabilidades pelo teste F, respectivamente. Areia, PB, 2019.

Em relação ao potássio, na Figura 9B, observa-se que no 1º ciclo de produção não houve ajuste dos valores da relação SS/AT a nenhuma equação matemática, apresentando o valor médio de 31,5. Para o 2º ciclo (Figura 9C), as doses de K influenciaram de forma quadrática a relação SS/AT, com o valor máximo da função (40,32) atingido na dose estimada de 222,87 g planta<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, sendo o acréscimo de 11,84% em relação ao tratamento sem adição de potássio, com valor de 36,05. Sob doses acima de 222,87 g planta<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O ocorreu decréscimo na relação SS/AT, o que provavelmente aconteceu em função do aumento da acidez.

Analisando a resposta da bananeira ‘Vitória’ em função das doses combinadas estimadas de 91,7 g planta<sup>-1</sup> de N e 222,87 g planta<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, observa-se o valor estimado de 41,33 para o 2º ciclo (Figura 9C). Esse valor representa acréscimo de 14,64% em relação ao tratamento controle (sem adubação com N e K), com incremento de 36,05 para cada aumento unitário do nível de nitrogênio e potássio.

Comparando os dois ciclos, observa-se que a relação SS/AT foi superior no 2º ciclo de produção, independentemente das doses de N e K. Silva et al. (2016) observaram resposta inversa para o híbrido de Pacovan, sendo a relação de 47,31 e 31,74 para o 1º e 2º ciclo, respectivamente.

Pinto et al. (2005) avaliaram o efeito de diferentes doses de N sobre algumas características da produção e físico-químicas do fruto da banana ‘Pacovan’, verificando que, os maiores valores para SS/AT foram obtidos com as doses de 600 kg ha<sup>-1</sup> de N e 600 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, diferindo totalmente das doses encontradas no presente estudo, apontando para o bom desenvolvimento da cultura nas condições deste experimento.

A relação teor de sólidos solúveis/acidez total é amplamente utilizada como indicativo da palatabilidade dos frutos e como um dos parâmetros mais utilizados na avaliação da maturidade comercial de frutos, por refletir o balanço entre os açúcares e os ácidos, sendo muito importante e desejável nos frutos como uma das formas mais utilizadas para avaliação do sabor

(CHITARRA e CHITARRA, 2005). Se essa relação estiver acima de 25 e acidez total estiver abaixo de 0,5%, o fruto terá sabor agradável (SALOMÃO et al., 1988).

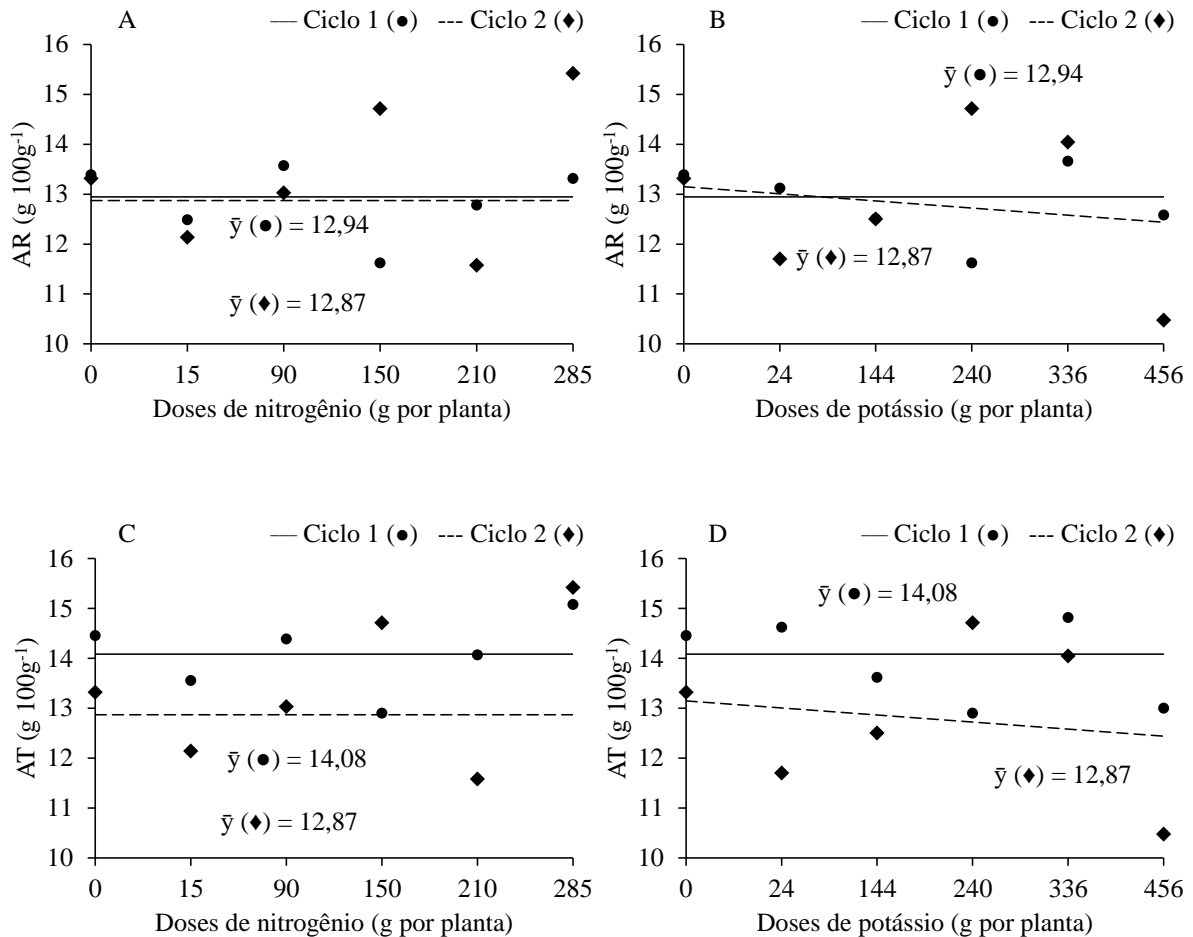
Os valores da relação SS/AT (33 - 41,33) encontrados no presente estudo, são superiores ao relatado pelos autores referidos anteriormente; bem como, os valores de acidez (0,62 – 0,81 g 100g<sup>-1</sup>). Contudo, verificou-se que o fruto da bananeira ‘Vitória’ satisfaz a preferência dos consumidores, pois as bananas resultantes desse experimento tiveram uma excelente aceitação por parte do consumidor em termos de sabor (dados não apresentados), corroborando com Campos et al (2003), ao afirmarem que o aumento do teor de acidez favorece o sabor quando relacionado com os açúcares.

Logo, a alta relação SS/AT (33 - 41,33) constatada nesse estudo, se deu em função do elevado teor de sólidos solúveis (25,5 – 28,8%), apresentado pela bananeira ‘Vitória’, confirmada pela alta correlação existente entre a relação SS/AT e SS, verificada por meio da análise de componentes principais, concordando com Silva et al. (2016) que afirmaram que essa relação tende a aumentar durante a maturação do fruto, com o resultado de degradação do amido e aumento dos açúcares, sendo que o valor absoluto depende, dentre outros fatores, do genótipo em questão (SILVA et al., 2016). Silva et al. (2012) encontraram para a bananeira Pacovan relação SS/AT (34,3), próximo ao observado no presente estudo.

### **3.5. Açúcares redutores e totais dos frutos**

Os teores de açúcar redutor (Figura 10A e B) e açúcares totais (Figura 10C e D) não se ajustaram a nenhum modelo matemático testado, ao considerar o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) acima de 60%, tanto em função das doses de N aplicadas (Figura 10A e C), quando das doses de K (Figura 10B e D), nos dois ciclos de produção. O teor médio de açúcar redutor encontrado foi de 12,94 g 100g<sup>-1</sup> para o 1º ciclo e 12,87 g 100g<sup>-1</sup> para o 2º ciclo de produção.

Por sua vez, para açúcares totais, o teor médio foi de 14,08 e 12,87 g 100g<sup>-1</sup>, para 1º e 2º ciclo de produção, respectivamente.



**Figura 10.** Açúcares redutores (AR) e totais (AT) na polpa em frutos de bananeira cv. Vitória em função de doses de nitrogênio (A e C) e de potássio (B e D) no ciclo de produção 1 e 2. \*\*: significativo a 5 e 1% de probabilidades pelo teste F, respectivamente. Areia, PB, 2019.

O incremento no teor de açúcares solúveis em banana está diretamente relacionado à hidrólise do amido, que se dá por meio de reações enzimáticas, sendo o amido convertido em açúcares redutores e não redutores, gerando assim uma relação entre amido e açúcares solúveis (ROCHA e URIBE, 2018). A principal enzima envolvida nesse processo é  $\alpha$  - amilase, que tem sua expressão e atividade aumentada de acordo com o nível de maturação da banana, quanto

mais avançado é a maturação, maior a expressão dessa enzima responsável pela conversão do amido em açúcares (LAJOLO, 2000).

Segundo Ramos et al. (2009), o amido é hidrolisado quase que completamente na polpa madura, corroborando com Rocha e Uribe (2018), ao verificaram que o teor de amido da banana Prata declinou cerca de 12 vezes, atingindo  $3,92 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$  na fruta em nível 6 de maturação; e com Cerqueira et al. (2015) que constataram que o teor de amido da ‘Grande Naine’ decresceu de  $22,3 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$  (nível 1 de maturação) para  $0,8 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$  no final da maturação. Comportamento similar também relatado por Maduwanthi e Marapana (2017).

O teor de amido varia de acordo com os cultivares de banana, os estádios de maturação e as condições de cultivo das bananeiras (CHITARRA e CHITARRA, 2005; LEONEL et al. 2011). Assim, observou-se que a bananeira ‘Vitória’ do presente estudo, apresentou teor de amido equivalente a zero no estágio 6 de maturação, indicando que nessa fase o amido foi completamente hidrolisado, resultando em elevado teor de açúcar solúveis ( $12,87\text{-}12,94 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$ ), conforme mostrado na Figura 10C e D, concordando com Oliveira Neto (2002) que verificou em seu trabalho com a genitora da bananeira ‘Vitória’ (Pacovan), que o conteúdo inicial de amido em  $30,9 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$  no nível 1 de maturação, declinou para zero no nível 6.

Segundo Chitarra e Chitarra (2005) e Leonel et al. (2011), o tipo e conteúdo dos açúcares solúveis variam de acordo com as cultivares de banana, os estádios de maturação e as condições de cultivo das bananeiras. Nesse sentido, Adão e Glória (2005) constataram que quando a banana prata estava apta ao consumo (nível 6), os teores de glicose, frutose e sacarose foram iguais a 4,63, 6,27 e  $3,49 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$ , respectivamente. Rocha e Uribe (2018) para a mesma cultivar verificaram teores de 9,12, 8,74 e  $2,63 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$  para glicose, frutose e sacarose, nessa ordem.

Entretanto, na presente pesquisa com a bananeira ‘Vitória’, constatou-se uma grande predominância de açúcares redutores sobre os açúcares não redutores, sendo a média dos dois ciclos de  $12,5 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$  para glicose e  $0,57 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$  para sacarose, ao passo que os açúcares não redutores

foram ligeiramente superiores no 1º ciclo de produção (Tabela 7). Este resultado concorda com Oliveira Neto (2002) que constatou que a Pacovan apresentou 14,0 g 100g<sup>-1</sup> de glicose e apenas 0,0 a 2,0 g 100g<sup>-1</sup> de sacarose; e com Silva et al. (2012), que observaram 22,58 g 100 g<sup>-1</sup> de glicose na bananeira ‘Pocovan’.

O teor de açúcares totais também é dependente da hidrólise do amido, pois na medida em que este diminui, o teor de açúcares totais aumenta (ROCHA e URIBE, 2018). Nascimento Júnior et al. (2008) constataram um teor de 20,11 g 100g<sup>-1</sup> no amadurecimento da bananeira Prata. Cerqueira et al. (2015) e Maduwanthi e Marapana (2017) relataram 15 g 100g<sup>-1</sup> e 14,3 g 100g<sup>-1</sup>, bem próximos dos valores (12,87 e 14,08 g 100g<sup>-1</sup>) observados no presente estudo.

### **3.6. Análises de Componentes Principais (CP)**

Com base nos resultados obtidos pela análise de componentes principais, os respectivos autovalores e porcentagens da variância explicada por cada um estão apresentados na Tabela 8. Foram identificados dois componentes principais, que representam 85,8% da variância total das características originais.

O componente principal 1 (CP1) pode ser interpretado como indicador da qualidade do fruto da bananeira Vitória, contribuindo com 62,9% da variância total. O CP1 foi constituído pelas seguintes variáveis FMF, SS, ATT, pH, RATIO e ANR. Em relação ao componente principal 2 (CP2), este contribui com 22,9% da variância total, apresentando como principais variáveis a AR e AT.

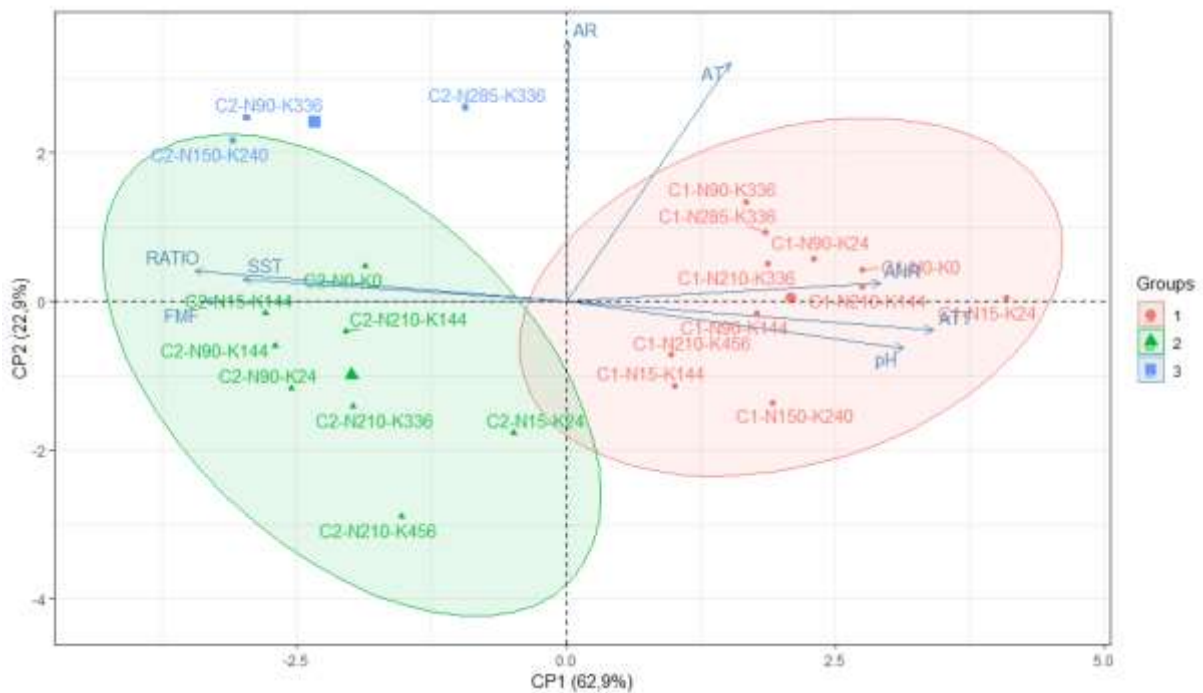
**Tabela 8.** Matriz de autovalores e autovetores dos componentes principais (CP1 e CP2) da firmeza (FMF), sólidos solúveis (SS), acidez titulável (ATT), relação SS/AT (RATIO), açúcares redutores (AR), açúcares não redutores (ANR) e açúcares totais (AT) em frutos de bananeira cv. Vitória. Areia, PB, 2019

	CP1	CP2
Autovalor ( $\lambda$ )	5,0	1,8
Variância explicada (%)	62,9	22,9
Variância acumulada (%)	62,9	85,8
	Autovetores <sup>1</sup>	
FMF	<b>-0,418</b>	0,003
SS	<b>-0,373</b>	0,063
ATT	<b>0,425</b>	-0,079
pH	<b>0,390</b>	-0,129
RATIO	<b>-0,429</b>	0,086
AR	0,001	<b>0,724</b>
ANR	<b>0,364</b>	0,051
AT	0,189	<b>0,663</b>

<sup>1</sup>Variáveis representativas do componente baseada no módulo da relação  $0,5(\lambda^{-0,5})$ , destacada em negrito (OVALLES; COLLINS, 1988).

Na Figura 11, pode ser observado a distribuição dos autovetores e a contribuição de cada um na variância total dos dados. Todas as variáveis do CP1 apresentam contribuições diferentes para o seu componente, sendo a relação SS/AT (RATIO) a variável que apresenta maior contribuição dentro do CP1. Existe correlação alta entre as variáveis RATIO, SS e FMF, bem como, entre ATT, pH e ANR, dentro do CP1. Existe relação antagônica entre RATIO, SS e FMF com ATT, pH e ANR, ou seja, à medida que os valores de RATIO, SS e FMF aumentam, tem-se redução na ATT, pH e ANR. Dentro do CP2 existe correlação média entre AR e AT.

Ainda relacionado a Figura 11, tem-se o agrupamento dos tratamentos com base nos escores do primeiro (CP1) e segundo (CP2) componente principal. Verifica-se que os maiores valores de RATIO, SS e FMF foram promovidos pela combinação N150-K240 (150 g planta<sup>-1</sup> de N e 240 g planta<sup>-1</sup> de K) no 2º ciclo, sendo que essa mesma combinação promoveu os menores valores para ANT, ATT e pH, devido a existência de relação antagônica entre RATIO, SS e FMF com ATT, pH e ANR. Por outro lado, os maiores valores de ANT, ATT e pH foram promovidos pela combinação das menores doses de N e K, sendo de 15 g planta<sup>-1</sup> de N e 24 g planta<sup>-1</sup> de K (N15-K24), no 1º ciclo. Os maiores valores de AR e AT foram promovidos pela combinação N285-K336 (285 g planta<sup>-1</sup> de N e 336 g planta<sup>-1</sup> de K) no 2º ciclo de produção.



Ciclo	N (g por planta)	Potássio (g por planta)
1 e 2	0, 15, 90, 150, 210 e 285	0, 24, 144, 240, 336 e 456

**Figura 11.** Dispersão das variáveis de qualidade do fruto de banana cv. Vitória e agrupamentos dos tratamentos com base nos escores do primeiro (CP1) e segundo (CP2) componente principal.

#### 4. CONCLUSÕES

- 1- A maior firmeza (32,24 N) em frutos de bananeira 'Vitória' é obtida nas doses combinadas de 102,67 g planta<sup>-1</sup> de N e 456 g planta<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, no 2º ciclo de produção;
- 2- As doses combinadas de 150 g planta<sup>-1</sup> de N e 240 g planta<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O (tratamento N150-k240) no 2º ciclo de produção, promove melhor qualidade de frutos da bananeira 'Vitória' em relação as características SS, RATIO e FMF;
- 3- Em frutos de bananeira 'Vitória' o amido é completamente hidrolisado quando no nível 6 de maturação, sem sofrer efeito das doses de N e K estudadas;
- 4- Em frutos de bananeira 'Vitória' predomina os açúcares não redutores quando no nível 6 de maturação;
- 5- Existe alta correlação entre as características SS, RATIO e FMF em bananeira 'Vitória';
- 6- Em termos das características de qualidade, a banana 'Vitória' apresenta melhor desempenho no 2º ciclo de produção.

## REFERÊNCIAS

ADÃO, R. C., GLÓRIA, M. B. A. Bioactive amines and carbohydrate changes during ripening of ‘Prata’ banana (*Musa acuminata* x *M. balbisiana*). **Food Chemistry**. v. 90, p. 705–711, 2005.

AOAC - Association of Official Analytical Chemistry. **Official methods of analysis of the association of Official Analytical Chemistry**. 17<sup>th</sup> ed. Washington: AOAC, p. 1115, 2005.

AQUINO, C. F.; SALOMÃO, L. C. C.; CECOM, P. R.; SIQUEIRA, D. L.; RIBEIRO, S. M. R. Physical, chemical and morphological characteristics of banana cultivars depending on maturation stages. **Revista Caatinga**, v. 30, n. 1, p. 87-96, 2017.

BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação agrícola**. Jaboticabal: FUNEP, 2006, 247 p.

BISSANI, C. A.; GIANELO, C.; CAMARGO, F. A. O.; TEDESCO, M. J. Nitrogênio e Adubos nitrogenados. In: BISSANI, C. A.; GIANELO, C.; CAMARGO, F. A. O.; TEDESCO, M. J. (Ed.) **Fertilidade dos solos e manejo da adubação de culturas**. 2 ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p.145-168.

BOLFARINI, A. C. B. **Desempenho agrônômico e qualidade dos frutos de bananeiras ‘prata anã’ e ‘maçã’ submetidas à adubação fosfatada**. 2015. 120f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2015.

BORGES, A. L.; CRISOSTOMO, L. A., SOUZA, L. da S. Cultivo da Bananeira para o Agropolo Jaguaribe-Apodi, Ceará. In: **Sistema de Produção**. Versão Eletrônica, 2<sup>a</sup> edição, Nov/2014.

BORGES, A. L.; OLIVEIRA, A. M. G. Nutrição, calagem e adubação. In: CORDEIRO, Z. J. M. **Banana produção: aspectos técnicos**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000. p. 47– 59. (Série Frutas do Brasil, 1).

BORGES, A. L.; OLIVEIRA, A. M. G.; SOUZA, L. S. Solos, nutrição e adubação. In: ALVES, E. J. (ed.). **A cultura da banana: Aspectos técnicos, socioeconômicos e agroindustriais**. Brasília, Embrapa, 1999. p.197-260.

BORGES, A. L.; SOUZA, L. da S. O cultivo da bananeira. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2004. 279p.

CAMPOS, R. P.; VALENTE, J. P.; PEREIRA, W. E. Conservação pós-colheita de banana cv. Nanicão climatizada e comercializada em Cuiabá – MT e região. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 25, n. 1, p.172-174, 2003.

CARVALHO, C. de; KIST, B. B.; SANTOS, C. E. dos; TREICHEL, M.; FILTER, C. F. **Anuário brasileiro da fruticultura 2017**. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta, 2017. 88 p.

CASTRICINI, A.; SANTOS, L. O.; DELIZA, R.; COELHO, E. F.; RODRIGUES, M. G. V. Caracterização pós-colheita e sensorial de genótipos de bananeiras tipo Prata. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, p. 27-37, 2015.

CEAGESP, 2006, “PBMH e PIF – Programa Brasileiro para a Modernização da Horticultura e Produção Integrada de Frutas”. Normas de Classificação de Banana. São Paulo: CEAGESP, 2006. (Documentos, 29).

CERQUEIRA, R. C.; SILVA, S. de O.; MEDINA, V. M. Características pós-colheita de frutos de genótipos de bananeira (*Musa spp.*). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, p. 654-657, 2002.

CERQUEIRA, T. S.; ROQUE, R. L.; SILVA, S. H. N. D.; AMORIM, E. P.; PEREIRA, M. E. C. Alterações de açúcares e amido em banana ‘Grande Naine’ durante o amadurecimento. **Anais... Congresso Brasileiro de Processamento mínimo e Pós-colheita de frutas, flores e hortaliças.** Aracaju-SE. 2015. Disponível em <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1020580/1/Alteracoesdeacucareseamido00403034605.pdf>>. Acesso em 13 mar. 2019.

CHITA, M. I. F; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio.** 2. Ed. Lavras: UFLA, 2005. 783 p.

COMISSÃO ESTADUAL DE FERTILIDADE DO SOLO. Recomendações de adubação para o Estado de Pernambuco. Cavalcanti, J. A. et al. (eds): 2ª Aproximação. IPA, Recife, 2008. 211p.

COMISSÃO ESTADUAL DE FERTILIDADE DO SOLO. Manual de adubação e calagem para o estado da Bahia. Salvador. 1989. 173p.

CUNHA, M. C.; THOMAS, A. B.; ZITHA, E. Z. M.; CARVALHO, E. E. N.; BOAS, E. V. B. V. Transformações físicas e químicas de diferentes variedades de banana em três estágios de maturação. **Anais... Anais do III CMCA, Congresso Mineiro de Engenharia de Alimentos.** UFLA, Lavras, 2015. Disponível em: <<http://www.cmea2018.com.br/wp-content/uploads/2017/08/5-CUNHA-M.C.01.pdf>>. Acesso em 14 fev. 2019.

DAMATTO JÚNIOR, E. R.; CAMPOS, A. J.; MANOEL, L.; MOREIRA, G. C.; LEONEL, S.; EVANGELISTA, R. M. Produção e caracterização de frutos de bananeira 'prata-anã' e 'prata-zulu'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 27, n. 3, p. 440-443, 2005.

EMPRESA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL DA PARAÍBA (EMATER). Sugestões de adubação para o Estado da Paraíba. Pinto, F. de S. M e Birbaumer, G. (coord): 1ª aproximação. João Pessoa, 1979. 105 p.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas: Princípios e perspectivas.** 2. ed. Londrina: Editora Planta, 2006. 401 p.

GANESHAMURTHY, N.; SATISHA, G.; PRAKASH PATIL, P. Potassium Nutrition on yield and quality of fruit crops with special emphasis on banana and grapes. **Karnataka Journal of Agricultural Science**, v.24, n.1, p.29-38, 2011.

GODOY, R. C. B.; WASZCZYNSKJ, N.; SANTANA, F. A.; SILVA, S. O.; OLIVEIRA, L. A.; SANTOS, G. G. Physicochemical characterization of banana varieties resistant to black leaf streak disease for industrial purposes. **Ciência Rural**, v. 46, p. 1514-1520, 2016.

HUSSON, F.; LÊ, S.; PAGÈS, J. **Exploratory multivariate analysis by example using R.** Boca Raton: Taylor and Francis Group, 2010. 236p.

IAL - INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: Métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. v. 1. 3ª ed. 1 ed. Eletrônica. São Paulo: IMESP, 2005.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/>>. Acesso em: 20 de outubro 2018.

IDEME. Instituto de Desenvolvimento Municipal e Estadual. **Anuário Estatístico da Paraíba 2014**. João Pessoa – PB: IDEME, v. 40/41, 2014. p. 871.

JESUS, S. C.; FOLEGATTI, M. I. S.; MATSUURA, F. C. A. U.; CARDOSO, R. S. Caracterização física e química de frutos de diferentes genótipos de bananeira. **Bragantia**, v. 63, p. 315-323, 2004.

LAJOLO, F. M. Estudando o metabolismo das frutas depois de colhidas. **Pesquisa FAPESP**, v. 1, n. 8, p. 26-28, 2000.

LEONEL, M.; CARMO, E. L. do, LEONEL, S.; FRANCO, C. M. L.; CAMPANHA, R. B. Extração e caracterização do amido de diferentes genótipos de bananeira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, p. 599-605, 2011.

LORENA, D. R. **Produtividade e qualidade de bananas das cultivares ‘Grand Naine’ e ‘BRS Tropical’ em função de irrigação e adubação na região do Distrito Federal**. 2015. 118F. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade de Brasília, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Brasília, 2015.

MADUWANTHI, S. D. T; MARAPANA, R. A. U. J. Biochemical changes during ripening of banana: A review. **International Journal of Food Science and Nutrition**, v. 2, n. 5, p. 166-170, 2017.

MARSCHNER, P. **Mineral nutrition of higher plants**. 3. ed. London: Academic Press, 2012. 672p.

MATSUURA, F. C. A. U.; CARDOSO, R. L.; RIBEIRO, D. E. Qualidade sensorial de frutos de híbridos de bananeira cultivar Pacovan. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.24, n.1, p.263-266, 2002.

MATSUURA, F. C. A. U.; COSTA, J. I. P. da; FOLEGATTI, M. I. da S. Marketing de banana: preferência do consumidor quanto aos atributos de qualidade dos frutos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 26, c. 1, p. 48-52, 2004.

MELO, W. J. de; MELO, G. M. P. de; MELO, V. P. de; DONHA, R. M. A.; DELARICA, D. de L. D. Nitrogen Dynamic in Agricultural Soils Amended With Sewage Sludge. **Soil Management and Climate Change**, Elsevier, p.189-205, 2018.

MINGOTI, S. A. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada**: uma abordagem aplicada. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2005. 297p.

MOREIRA, A.; PEREIRA, J. C. R.; FREITAS, A. R. de. Nitrogênio e potássio na produtividade e qualidade da bananeira cultivar Thap Maeo. **Bragantia**, v.68, n.2, p.483-491, 2009.

NASCIMENTO JÚNIOR, B. B.; OZORIO, L. P.; REZENDE, C. M.; SOARES, A. G.; FONSECA, M. J. O. Diferenças entre bananas de cultivares Prata e Nanicão ao longo do amadurecimento: características físico-químicas e compostos voláteis. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 3, p. 649-658, 2008.

OLIVEIRA e SILVA, S. de, AMORIM, E. P.; SANTOS-SEREJO, J. A. dos; FERREIRA, C. F.; RODRIGUEZ, M. A. D. Melhoramento genético da bananeira: estratégias e tecnologias disponíveis. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n. 3, p. 919-931, 2013.

OLIVEIRA NETO, O. C. **Maturação e conservação sob atmosfera modificada de bananas Prata, Pacovan e Nanicão tratadas pós-colheita com 1-Metilciclopropeno (1-MCP)**. 2002. 155f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Agrárias, 2002.

OVALLES, F. A.; COLLINS, M. E. Variability of northwest Florida soils by principal component analysis. **Soil Science Society of America Journal**, v. 5, n. 8402, p. 1430–1435, 1988.

PAIVA, M. C.; MANICA, I.; FIORAVANÇO, J. C.; KIST, H. Caracterização química dos frutos de quatro cultivares e duas seleções de goiabeira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.19, n.1, p.57-63, 1997.

PEREIRA, A.; MARASCHIN, M. Banana (*Musa* spp) from peel to pulp: Ethnopharmacology, source of bioactive compounds and its relevance for human health. **Journal of Ethnopharmacology**, v.160, p.149-163, 2015.

PIMENTEL, R. M. de A.; GUIMARÃES, F. N.; SANTOS, V. M.; RESENDE, J. C. F. Qualidade Pós-Colheita dos Genótipos de Banana PA42-44 e Prata-Anã cultivados no norte de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 2, p.407-413, 2010.

PINTO, J. M.; FARIA, C. M. B.; SILVA, D. J.; FILHO, J. C. F. Doses de Nitrogênio e potássio aplicadas via fertirrigação em bananeira. **Irriga**. v. 10, n. 1, p. 46 – 52, 2005.

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2011. 420 p.

RAMOS, D. P.; LEONEL, S.; MISCHAN, M. M. Caracterização físico-química dos frutos de genótipos de bananeira produzidos em Botucatu-SP. **Ciência agrotécnica**, v. 33, Edição Especial, p. 1765 -1770, 2009.

REIS, R. C.; VIANA, E. de S.; JESUS, J. L. de; SANTOS, T. M. de S.; OLIVEIRA, N. A. de. Physicochemical and sensorial quality of banana genotypes. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 46, n. 1, p. 89-95, 2016.

RIBEIRO, L. R.; OLIVEIRA, L. M. de; SILVA, S. de O.; BORGES, A. L. Caracterização física e química de bananas produzidas em sistemas de cultivo convencional e orgânico. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.34, p. 774-782, 2012.

ROCHA, K. R. da; URIBE, S. J. Relação amido e açúcares solúveis durante o processo de maturação da banana ‘prata’. **Tecnologia e Ciência Agropecuária**, v. 12, n. 2, p 51-56, 2018.

RODRIGUES FILHO, V. A.; DONATO, S. L. R.; SILVA, T. S.; AMORIM, E. P. Agronomic characteristics and the incidence of Fusarium in Pacovan bananas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, n. 2, p. 515-519, 2014.

ROSA, A. R. D. **Desempenho agrônômico de novas cultivares de bananeira (*Musa spp*) na região de Piracicaba-SP**. 2016. 110 f. Tese (Doutorado em Ciências: Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2016.

SALOMÃO, L. C. C.; PINHEIRO, R. V. R.; CONDÉ, A. R.; SOUZÃO, A. C. G. de Efeito do desbaste manual de frutos em produtividade e na qualidade dos frutos de pessegueiros (*Prunus persica* (L.) Batsch), cultivar “Talismã”. **Revista Ceres**, v.35, n. 202, p.596-608, 1988.

SANTOS, P. N. dos; SILVA, D. M.; GALLON C. Z.; VENTURA, J. A. Sensitivity to environmental stress of Prata, Japira and Vitória banana cultivars proven by chlorophyll *a* fluorescence<sup>1</sup>. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 39, n. 2, p. 1-11, 2017.

SANTOS, H. G. dos S.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. Á. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; ARAÚJO FILHO, J. C. de; OLIVEIRA, J. B. de; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. rev. e ampl. Brasília-DF: Embrapa, 2018. 356 p.

SILVA, C. de S.; LIMA, L. C.; SANTOS, H. S.; CAMILI, E. C.; VIEIRA, C. R. Y. I.; MARTIN, C. DA S.; VIEITES, R. L. Amadurecimento da banana-prata climatizada em diferentes dias após a colheita. **Ciência e Agroecologia**, v. 30, p. 103-111, 2006a.

SILVA, E. A. da; BOLIANI, A. C.; CORRÊA, L. de S. Avaliação de cultivares de bananeira (*Musa spp*) na região de Selvíria-MS. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 28, p. 101-103, 2006b.

SILVA, I. P. da; SILVA, J. T. A. da; PINHO, P. J. de; RODAS, C. L.; CARVALHO, J. G. de. Vegetative development and yield of the banana cv. ‘Prata Anã’ as a function of magnesium and potassium fertilization. **Idesia**, v. 31, n. 2, 2013.

SILVA, M. J. R. da; ANJOS, J. M. C. dos; JESUS, P. R. R. de; SANTOS, G. S.; LIMA, F. B. F.; RIBEIRO, V. G. Produção e caracterização da bananeira ‘Prata Anã’ (AAB) em dois ciclos de produção (Juazeiro, Bahia). **Revista Ceres**, v. 60, p. 122-126, 2013.

SILVA, M. J. R. da; JESUS, P. R. R. de; ANJOS, J. M. C. dos; MACHADO, M.; RIBEIRO, V. G. Caracterização agrônômica e pós-colheita das bananeiras ‘Maravilha’ e ‘Preciosa’ no Submédio do Vale São Francisco. **Revista Ceres**, v. 63, n.1, p. 046-053, 2016.

SILVA, S. de O. e; AMORIM, E. P.; SANTOS-SEREJO, J. A.; FERREIRA, C. F.; RODRIGUEZ, M. A. D. Melhoramento genético da bananeira: estratégias e tecnologias disponíveis. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n. 3, p. 919-931, 2013.

SILVA, S. de O. e; AMORIM, E.P.; SANTOS-SEREJO, J.A. dos. Cultivares. In: FERREIRA, C.F.; SILVA, S. de O. e; AMORIM, E.P.; SANTOS-SEREJO, J.A. dos (Ed.). **O agronegócio da banana**. Brasília: Embrapa, 2015. p.137- 170.

SILVA, T. N.; CALASANS, T. N.; MARTINS, C. R.; LÉDO, A. da S.; AMORIM, E. P.; LÉDO, C. A. da S. Caracteres químicos em pós-colheita de bananas de diferentes genótipos cultivados no estado de Sergipe. **Anais... XXII Congresso Brasileiro de Fruticultura**. Bento Gonçalves-RS, 2012. Disponível em <<https://core.ac.uk/download/pdf/45509892.pdf>>. Acesso em 13 mar. 2019.

SOUZA, J. T. A.; BEZERRA, I. T. F.; FARIAS, A. L.; FERREIRA, T. C.; SILVA, K. E.; OLIVEIRA, S. J. C. **Diagnóstico sócio-produtivo da cultura da banana no Município de Lagoa Seca-PB**. In: VII Congresso Brasileiro de Agroecologia, Fortaleza-CE, 2011.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858 p.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ (UFC). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado do Ceará**. Fortaleza: Imprensa Universitária, 1993. 247 p.

WEINERT, M.; SIMPSON, M. **Subtropical banana nutrition-matching nutrition requirements to growth demands**. NSW Department of Primary Industries. Australia, 2016.