



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

**FRANCISCO DE ASSYS ROMERO DA MOTA SOUSA**

**ADUBAÇÃO NITROGENADA E POTÁSSICA NA FISIOLOGIA DA MATURAÇÃO  
E PROPRIEDADES FUNCIONAIS DA BANANA 'VITÓRIA'**

**AREIA  
2024**

**FRANCISCO DE ASSYS ROMERO DA MOTA SOUSA**

**ADUBAÇÃO NITROGENADA E POTÁSSICA NA FISIOLOGIA DA MATURAÇÃO  
E PROPRIEDADES FUNCIONAIS DA BANANA 'VITÓRIA'**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, do Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, em cumprimento as exigências para obtenção do título de Doutor em Agronomia.

**Orientador:** Prof<sup>a</sup>. Silvanda de Melo Silva PhD

**AREIA  
2024**

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

S725a Sousa, Francisco de Assys Romero da Mota.

Adubação nitrogenada e potássica na fisiologia da  
maturação e propriedades funcionais da banana 'vitória'  
/ Francisco de Assys Romero da Mota Sousa. -  
Areia:UFPB/CCA, 2024.

121 f. : il.

Orientação: Silvanda de Melo Silva.

Tese (Doutorado) - UFPB/CCA, Campus II.

1. Agronomia. 2. Atividade respiratória. 3.  
Compostos bioativos. 4. Expressão de enzimas. I. Silva,  
Silvanda de Melo. II. Título.

UFPB/CCA-AREIA

CDU 631/635(043.2)

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

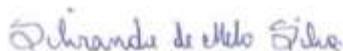
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: ADUBAÇÃO NITROGENADA E POTÁSSICA NA FISIOLOGIA DA  
MATURAÇÃO E PROPRIEDADES FUNCIONAIS DA BANANA 'VITÓRIA'

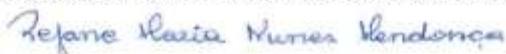
AUTOR: FRANCISCO DE ASSYS ROMERO DA MOTA SOUSA

Tese apresentada ao Programa de Pós-  
Graduação em Agronomia da  
Universidade Federal da Paraíba, como  
requisito parcial à obtenção do título de  
**Doutor em Agronomia.**

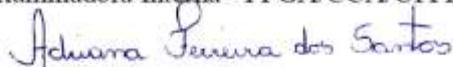
Aprovado em 17/11/2021



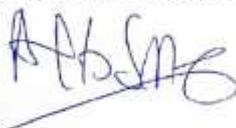
Prof.<sup>a</sup> Silvana De Melo Silva, PhD  
Presidente e Orientadora - PPGA/CCA/UFPB



Prof.<sup>a</sup> Rejane Maria Nunes Mendonça, Dra  
Examinadora Interna - PPGA/CCA/UFPB



Prof.<sup>a</sup> Dra. Adriana Ferreira dos Santos  
Examinadora Externa - DSER/CCA/UFPB



Prof. Dr. Alberto Soares de Melo  
Externo à Instituição - UEPB



Prof. Dr. Renato Lima Dantas  
Externo à Instituição – FACENE

Dedico esse trabalho aos meus Pais, Rosângela Mota e José Célio. Aos meus irmãos, Clara Mota e Vicente Mota, pelo grande apoio ofertado durante toda jornada de trabalho. Aos meus familiares Tios e primos, pelo incentivo durante a minha jornada estudantil. A minhas avós paterna e materna, Rosália e Lourdes, que me apoiam durante minha jornada estudantil. À professora Silvana de Melo Silva, pela confiança em mim depositada durante as atividades realizadas. A todos os meus amigos universitários e integrantes do Laboratório de Biologia e Tecnologia Pós-colheita, pela grande ajuda na execução e realização das atividades.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço, em primeiro lugar, a Deus que me guiou durante essa caminhada me dando força e coragem.

Aos meus pais, Rosângela Mota e José Célio, pelo exemplo de ser humano e por me servirem de inspiração.

Aos meus irmãos, Clara Mota e Vicente Mota, por sempre acreditarem em minhas habilidades e capacidades.

Aos meus tios e primos, por me dar sempre apoio nas horas precisas.

Aos meus avós maternos, Rosália e Prisciliano (in memorian) e avós paternos Maria de Lourdes e Manoel (in memorian), que sempre ao longo de minha jornada deram-me incentivo.

À professora Silvanda de Melo Silva, pela confiança em mim depositada, fazendo com que as atividades desse trabalho fossem bem executadas, mediante todo apoio técnico e científico, que foram de grande importância para o meu crescimento profissional e intelectual.

À professora Rejane Maria Nunes Mendonça, pelo apoio oferecido e o incentivo para o alcance do sucesso durante a realização das atividades no campo, pois, o reconhecimento de um bom trabalho dá-se a uma boa e estruturada equipe.

A equipe do Laboratório de Biologia e Tecnologia Pós-colheita, em especial aos meus amigos, Eduardo, Tatiana, Matheus, Alex, Kagiane, Nathália, Thiane, Paula, Augusto, Fernando, Leonardo, Plácido, Ricardo, George, Dona Rosane, Jardel, Whesley, Saulo, Thiago, Helane que colaboraram em meio às atividades realizadas no laboratório perante meu trabalho.

Ao professor Otávio pelas contribuições no trabalho sempre ajudando sem medir esforços, durante a execução das atividades do campo.

Aos amigos do Laboratório de Fruticultura, que contribuíram para a realização do experimento no campo, Leandro, Janailma, Fabio, Jandira, Fabiano, Otávio, Vandeilson, Seu Doda, Cristiane, por contribuir para realização dos trabalhos no campo.

Quero que todos saibam que possuem sempre um lugar em meu coração e na minha vida, a vocês que contribuíram de forma direta ou indireta, para a realização deste trabalho.

Deixo aqui os meus sinceros, Agradecimentos!

“Ninguém é suficientemente perfeito, que não possa aprender com o outro e, ninguém é totalmente estruído de valores que não possa ensinar algo ao seu irmão”.

(São Francisco de Assis)

## RESUMO

A bananicultura é uma atividade frutícola global, predominante nas regiões tropicais quentes e úmidas com chuvas abundantes, incluindo África, América Latina, Caribe, Ásia e Pacífico. Entretanto, as cultivares tradicionais são suscetíveis às doenças e apresentam atributos de qualidade que comprometem a comercialização em mercados mais competitivos. Assim, faz-se necessário a introdução de cultivares mais resistentes e produtivas, ajustando os fatores de produção, a exemplo da adubação, para que se possa superar os desafios de atender as atuais demandas de mercado, que exigem frutos de alta qualidade. Portanto, o objetivo deste estudo foi avaliar a fisiologia da maturação e qualidade de frutos da bananeira 'Vitória' introduzida no Brejo Paraibano sob diferentes combinações de nitrogênio e potássio. Este trabalho foi conduzido em dois experimentos: No primeiro experimento avaliou-se as combinações de doses de N e K para se definir as faixas que propiciassem a obtenção de frutos com atributos de qualidades mais adequadas ao mercado. No segundo experimento, nas combinações que proporcionaram melhor qualidade aos frutos, avaliou-se o potencial funcional, a expressão e atividade de enzimas do metabolismo antioxidante. O delineamento experimental foi o de parcela subdividida no tempo em blocos ao acaso, sendo os tratamentos das parcelas dois ciclos de cultivo (1ª e 2ª produção) e, na subparcela, os tratamentos foram 5 doses de nitrogênio N (15; 90; 150; 210 e 285 g planta<sup>-1</sup>) e 5 de potássio K (24; 144; 240; 336 e 456 g planta<sup>-1</sup>), combinados conforme a matriz Pan Puebla III. Para o primeiro experimento, após a colheita, os frutos foram avaliados quanto a: atividade respiratória, características físicas, físico-químicas, sensoriais e propriedades funcionais, expressão e atividade enzimática. Doses elevadas de N proporcionam frutos com maiores massas, comprimento, coloração, brilho, acidez, conteúdo de polifenóis e atividade antioxidante. As combinações de K e N influenciaram a atividade respiratória. Com dose correspondente a 285 Kg ha<sup>-1</sup>, de nitrogênio associados a 24 Kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>, de K, os frutos apresentaram maiores valores da SS/AT. Níveis correspondentes a 210 kg ha<sup>-1</sup> de N combinados com 336 kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> e com a dose mais alta (456 kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>) de K, obteve-se frutos com maior aceitação pelos painelistas, e melhores atributos de qualidade, sendo nestes aspectos as combinações que melhor adequaram às condições de cultivo no Brejo Paraibano. Para a segundo experimento, doses mais elevadas de K reduziram a taxa respiratória de frutos de banana 'Vitória'; bananas que receberam elevadas doses de K apresentaram conteúdos mais elevados de ácido ascórbico; banana 'que receberam doses 210N/144K e 285N/336K, apresentaram maior expressão e atividade das enzimas antioxidantes. Em conjunto, frutos da bananeira 'Vitória' de plantas que receberam dose de 210N/456K foram as de melhor qualidade e os mais aceitos na avaliação sensorial.

**Palavras-chave:** atividade respiratória; compostos bioativos; expressão de enzimas.

## ABSTRACT

Banana farming is a global fruit growing activity, predominant in hot and humid tropical regions with abundant rainfall, including Africa, Latin America, the Caribbean, Asia and the Pacific. However, traditional cultivars are susceptible to diseases and have quality attributes that compromise their commercialization in more competitive markets. Therefore, it is necessary to introduce more resistant and productive cultivars, adjusting production factors, such as fertilization, so that the challenges of meeting current market demands, which require high quality fruits, can be overcome. Therefore, the objective of this study was to evaluate the physiology of maturation and quality fruits of the 'Vitória' banana tree introduced in Brejo Paraibano under different combinations of nitrogen and potassium. This work was carried out in two experiments: In the first experiment, combinations of N and K doses were evaluated to define the ranges that would allow obtaining fruits with attributes of quality more suitable for the market. In the second experiment, in the combinations that provided better quality to the fruits, the functional potential, expression and activity of antioxidant metabolism enzymes were evaluated. The experimental design was that of a plot subdivided over time into randomized blocks, with the plot treatments being two cultivation cycles (1st and 2nd production) and, in the subplot, the treatments were 5 doses of nitrogen N (15; 90; 150; 210 and 285 g plant<sup>-1</sup>) and 5 potassium K (24; 144; 240; 336 and 456 g plant<sup>-1</sup>), combined according to the Pan Puebla III matrix. For the first experiment, after harvest, the fruits were evaluated for: respiratory activity, physical, physicochemical, sensory, and functional properties, expression and enzymatic activity. High doses of N provide fruits with greater mass, length, color, brightness, acidity, polyphenol content and antioxidant activity. Combinations of K and N influenced respiratory activity. With a dose corresponding to 285 kg ha<sup>-1</sup> of N associated with 24 kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> of K, the fruits showed higher SS/TA values. Levels corresponding to 210 kg ha<sup>-1</sup> of N combined with 336 kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> and with the highest dose (456 kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>) of K, obtained fruits with greater acceptance by panelists, and better quality attributes, being in these aspects the combinations that best suited the growing conditions in Brejo Paraibano. For the second experiment, higher doses of K reduced the respiratory rate of 'Vitória' banana fruits; fruit from plants that received high doses of K had higher ascorbic acid contents; banana 'that received doses 210N/144K and 285N/336K, showed greater expression and activity of antioxidant enzymes. Altogether, fruits of the banana tree 'Vitória' from plants that received a dose of 210N/456K were the best quality and the most accepted in the sensory evaluation.

**Keywords:** respiratory activity; bioactive compounds; enzyme expression.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1 Exemplos de compostos orgânicos com P em plantas: (a) lecitina (fosfatidil colina, um fosfolípido); (b) nucleotídeos; (c) adenosina trifosfato (ATP); (d) ácido fítico (hexafosfato de inositol) (Fernandes et al., 2018)  
.....33
- Figura 2 Modificações na arquitetura radicular pela disponibilidade de P no solo (Fernandes et al., 2018)  
.....34
- Figura 3 Principais mecanismos e famílias de canais e de transportadores de K<sup>+</sup> em plantas superiores (Fernandes et al., 2018)  
.....35
- Figura 4 Taxa respiratória do 1<sup>o</sup> (A) e 2<sup>o</sup> (B) ciclos de produção, medidos sob a condição ambiente (23±2°C e 55±2%UR) de frutos da Bananeira 'Vitória', cultivado sob diferentes doses de Nitrogênio (Ureia) associadas a diferentes doses de Potássio  
.....63
- Figura 5 Comprimento (A), Diâmetro (B), Massa dos Frutos (C) e Firmeza (D) de frutos de Bananeira 'Vitória', do 1<sup>o</sup> ciclo de cultivo sob diferentes doses de Nitrogênio (Ureia) associadas a diferentes doses de Potássio  
.....64
- Figura 6 Coloração da casca L\* (A), Coloração da casca a\* (B), Coloração da casca b\* (C), Coloração da polpa L\* (D), Coloração da polpa a\* (E) e Coloração da polpa b\* (F) de frutos de Bananeira 'Vitória', do 1<sup>o</sup> ciclo de cultivo sob diferentes doses de Nitrogênio (Ureia) associada a diferentes doses de potássio  
.....66
- Figura 7 Sólidos solúveis (SS) (A), Acidez titulável (AT) (B), Relação SS/AT (C), pH (D) e Ácido Ascórbico (E) de frutos de Bananeira 'Vitória', do 1<sup>o</sup> ciclo de cultivo sob diferentes doses de Nitrogênio (Ureia) associadas a diferentes doses de Potássio  
.....67
- Figura 8 Carotenoides totais (A), Flavonoides (B) e Antocianinas (C) de frutos de Bananeira 'Vitória', do 1<sup>o</sup> ciclo de cultivo sob diferentes doses de Nitrogênio (Ureia) associadas a diferentes doses de Potássio  
.....68
- Figura 9 Atividade antioxidante por DPPH (A), ABTS (B) e níveis de Polifenóis (C) de frutos de Bananeira 'Vitória', do 1<sup>o</sup> ciclo cultivo sob diferentes doses de Nitrogênio (Ureia) associadas a diferentes doses de Potássio  
.....69

Figura 10 Comprimento (A), Diâmetro (B), Massa dos Frutos (C) e Firmeza (D) de frutos de Bananeira 'Vitória', do 2º ciclo de cultivo sob combinações de doses de Nitrogênio (Ureia) associadas a doses de Potássio	72
Figura 11 Coloração da casca L* (A), Coloração da casca a* (B), Coloração da casca b* (C), Coloração da polpa L* (D), Coloração da polpa a* (E) e Coloração da polpa b* (F) de frutos de Bananeira 'Vitória', do 2º ciclo de cultivo sob diferentes doses de Nitrogênio (Ureia) associadas a diferentes doses de potássio	74
Figura 12 Sólidos solúveis (SS) (A), Acidez titulável (AT) (B), Relação SS/AT (C), pH (D) e Ácido Ascórbico (E) de frutos de Bananeira 'Vitória', do 2º ciclo de cultivo sob diferentes doses de Nitrogênio (Ureia) associadas a diferentes doses de Potássio	75
Figura 13 Carotenoides (A), Flavonoides amarelos (B) e Antocianinas (C) de frutos de Bananeira 'Vitória', do 2º ciclo de cultivo sob diferentes doses de Nitrogênio (Ureia) associadas a diferentes doses de Potássio	76
Figura 14 Atividade antioxidante por DPPH (A), ABTS (B) e níveis de Polifenóis (C) de frutos de Bananeira 'Vitória', do 2º ciclo de cultivo sob combinações doses de Nitrogênio (Ureia) associadas a diferentes doses de potássio	77
Figura 15 Taxa respiratória do 1º (A) e 2º (B) ciclos, medido na condição ambiente (23±2°C e 55±2%UR) de frutos de Bananeira 'Vitória', cultivados sob diferentes doses de Nitrogênio (Ureia) associadas a diferentes doses de Potássio	98
Figura 16 Coloração da Casca do parâmetro L* (A), a*(B) e b* (C) em condição ambiente (23±2°C e 55±2%UR) de frutos de Bananeira 'Vitória', do 1º ciclo de cultivo sob combinações doses de Nitrogênio (Ureia) associadas a doses de Potássio	99
Figura 17 Coloração da Polpa do parâmetro L* (A), a*(B) e b* (C) em condição ambiente (23±2°C e 55±2%UR) de frutos de Bananeira 'Vitória', do 1º ciclo de cultivo sob combinações doses de Nitrogênio (Ureia) associadas a doses de Potássio	100
Figura 18 Comprimento (A), Diâmetro (B), Massa (C) e Firmeza (D) em condição ambiente (23±2°C e 55±2%UR) de frutos de Bananeira 'Vitória', do 1º ciclo de cultivo sob combinações doses de Nitrogênio (Ureia) associadas a doses de Potássio	101

Figura 19 PH (A), Sólidos Solúveis (B), Acidez Titulável (C) e Ratio (D), em condição ambiente ( $23\pm 2^{\circ}\text{C}$ e $55\pm 2\%\text{UR}$ ) de frutos de Bananeira 'Vitória', do 1º ciclo de cultivo sob combinações doses de Nitrogênio (Ureia) associadas a doses de Potássio	102
Figura 20 Carotenoides (A), Flavonoides (B) e Antocianinas (C), em condição ambiente ( $23\pm 2^{\circ}\text{C}$ e $55\pm 2\%\text{UR}$ ) de frutos de Bananeira 'Vitória', do 1º ciclo de cultivo sob combinações doses de Nitrogênio (Ureia) associadas a doses de Potássio	103
Figura 21 Ácido Ascórbico (A), Superóxido Dismutase (SOD) (B), Catalase (CAT) (C), Ácido Ascórbico Peroxidase (APX) (D) e Peroxidase (E) de frutos de Bananeira 'Vitória', do 1º ciclo de cultivo sob combinações doses de Nitrogênio (Ureia) associadas a doses de Potássio	104
Figura 22 Gel de poliacrilamida, SDS-PAGE, corado com Commassie blue, com extratos da polpa de frutos de Bananeira 'Vitória', do 1º ciclo de cultivo sob combinações doses de Nitrogênio (Ureia) associadas a doses de Potássio. 1- Marcadores Moleculares (Myosin, 200 kDa; $\beta$ -galactosidase, 120 kDa; Bovine Serum, 91 kDa; Glutamate, 62 kDa; Ovalbumin, 47 kDa; Carbonic Anhydrase, 37 kDa; Mioglobina, 28 kDa; Lysozyme, 19 kDa; Aprotinin, 9 kDa)	105
Figura 23 Polifenóis (A), Atividade Antioxidante: DPPH (B) e ABTS (C) de frutos de Bananeira 'Vitória', do 1º ciclo de cultivo sob combinações doses de Nitrogênio (Ureia) associadas a doses de Potássio	106
Figura 24 Coloração da Casca do parâmetro $L^*$ (A), $a^*$ (B) e $b^*$ (C) em condição ambiente ( $23\pm 2^{\circ}\text{C}$ e $55\pm 2\%\text{UR}$ ) de frutos de Bananeira 'Vitória', do 2º ciclo de cultivo sob combinações doses de Nitrogênio (Ureia) associadas a doses de Potássio	108
Figura 25 Coloração da Polpa do parâmetro $L^*$ (A), $a^*$ (B) e $b^*$ (C) em condição ambiente ( $23\pm 2^{\circ}\text{C}$ e $55\pm 2\%\text{UR}$ ) de frutos de Bananeira 'Vitória', do 2º ciclo de cultivo sob combinações doses de Nitrogênio (Ureia) associadas a doses de Potássio	109
Figura 26 Comprimento (A), Diâmetro (B), Massa (C) e Firmeza (D) de frutos de Bananeira 'Vitória', do 2º ciclo de cultivo sob combinações doses de Nitrogênio (Ureia) associadas a doses de Potássio	110
Figura 27 pH (A), Sólidos Solúveis (B), Acidez Titulável (C) e Ratio (D), de frutos de Bananeira 'Vitória' do 2º ciclo de cultivo sob combinações doses de Nitrogênio (Ureia)	

associadas a doses de Potássio .....112

Figura 28 Carotenoides (A), Flavonoides (B) e Antocianinas (C) de frutos de Bananeira 'Vitória', do 2º ciclo de cultivo sob combinações doses de Nitrogênio (Ureia) associadas a doses de Potássio .....113

Figura 29 Acido Ascórbico (A), Superóxido Dismutase (SOD) (B), Catalase (CAT) (C), ácido ascórbico peroxidase (APX) (D) e Peroxidase (E) de frutos de Bananeira 'Vitória', do 2º ciclo de cultivo sob combinações doses de Nitrogênio (Ureia) associadas a doses de Potássio .....114

Figura 30 Gel de poliacrilamida, SDS-PAGE, corado com Commassie blue, com extratos da polpa de banana 'Vitória' de frutos de Bananeira 'Vitória', do 2º ciclo de cultivo sob combinações doses de Nitrogênio (Ureia) associadas a doses de Potássio.1- Marcadores Moleculares (Myosin, 200 kDa;  $\beta$ -galactosidase, 120 kDa; Bovine Serum, 91 kDa; Glutamate, 62 kDa; Ovalbumin, 47 kDa; Carbonic Anhydrase, 37 kDa; Mioglobin, 28 kDa; Lysozyme, 19 kDa; Aprotinin, 9 kDa) .....115

Figura 31 Polifenóis (A), Atividade Antioxidante: DPPH (B) e ABTS (C), de frutos de Bananeira 'Vitória', do 2º ciclo de cultivo sob combinações doses de Nitrogênio (Ureia) associadas a doses de Potássio .....116

Figura 32 Polifenóis (A), Atividade Antioxidante: DPPH (B) e ABTS (C), de frutos de Bananeira 'Vitória', do 2º ciclo de cultivo sob combinações doses de Nitrogênio (Ureia) associadas a doses de Potássio .....116

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Resumo de algumas funções dos elementos minerais que agem na formação e na conservação da qualidade dos frutos	36
Tabela 2 Atributos químicos e físicos do solo, na camada de 0 - 20 e 20 - 40 cm de profundidade, da área experimental, Bananeiras 2019	55
Tabela 3 Níveis e doses de nitrogênio (N) e potássio (K) empregados nos tratamentos/combinções do experimento, conforme a matriz "Pan Puebla III". Areia-PB, 2019	57
Tabela 4 Recomendações para cultura da bananeira em alguns Estados Brasileiros. Areia -PB, 2019	57
Tabela 5 Coloração (C), Aparência (AP), Tamanho (T), Avaliação Global (AG), Aceitabilidade (AC), Danos (D) e Manchas (M) em frutos de Bananeira 'Vitória', do 1º ciclo de cultivo sob combinações de doses de Nitrogênio (Ureia) associadas a doses de Potássio	70
Tabela 6 Sabor (S), Textura (T), Percepção da Textura (PT), Suculencia (SC), Sabor Característico (SC), Sabor Estranho (SE), Sabor Aguado (SA), Sabor Doce (SD), Sabor Ácido (SAC), Avaliação Global (AG) e Intenção de Compra (IC) em frutos de Bananeira 'Vitória', do 1º ciclo de cultivo sob combinações de doses de Nitrogênio (Ureia) associadas doses de potássio	71
Tabela 7 Coloração (C), Aparência (AP), Tamanho (T), Avaliação Global (AG), Aceitabilidade (AC), Danos (D) e Manchas (M) em frutos de Bananeira 'Vitória', do 2º ciclo de cultivo sob combinações doses de Nitrogênio (Ureia) associadas a diferentes doses de potássio	78
Tabela 8 Sabor (S), Textura (T), Percepção da Textura (PT), Suculencia (SC), Sabor Característico (SC), Sabor Estranho (SE), Sabor Aguado (SA), Sabor Doce (SD), Sabor Ácido (SAC), Avaliação Global (AG) e Intenção de Compra (IC) em frutos de Bananeira 'Vitória', 2º ciclo de cultivo sob diferentes doses de Nitrogênio (Ureia) associadas a diferentes doses de potássio	79

Tabela 9 Doses de N e K utilizados na adubação de banana (Musa spp.) 'Vitória', no Brejo Paraibano

.....91

Tabela 10 Avaliação Sensorial de Aparência (Escala 1 a 5) do de frutos de Bananeira 'Vitória', do 1º ciclo de cultivo sob combinações doses de Nitrogênio (Ureia) associadas a doses de Potássio

.....107

Tabela 11 Avaliação Sensorial de Sabor do 1º Ciclo, em condição ambiente ( $23\pm 2^{\circ}\text{C}$  e  $55\pm 2\%\text{UR}$ ) de frutos de Bananeira 'Vitória', do 1º ciclo de cultivo sob combinações doses de Nitrogênio (Ureia) associadas a doses de Potássio

.....107

Tabela 12 Avaliação Sensorial de Aparência de frutos de Bananeira 'Vitória', do 2º ciclo de cultivo sob combinações doses de Nitrogênio (Ureia) associadas a doses de Potássio

.....117

Tabela 13 Avaliação Sensorial de Sabor de frutos de Bananeira 'Vitória', do 2º ciclo de cultivo sob combinações doses de Nitrogênio (Ureia) associadas a doses de Potássio

.....117

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	<b>15</b>
<b>1.2 Objetivos</b> .....	<b>19</b>
1.2.1 Objetivo Geral.....	19
1.2.2 Objetivos Específicos .....	20
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>20</b>
<b>2.1 A Cultura da Bananeira</b> .....	<b>20</b>
<b>2.2 Adubação Nitrogenada</b> .....	<b>21</b>
<b>2.3 Adubação Potássica</b> .....	<b>23</b>
<b>2.4 Compostos Funcionais na Cultura da Banana</b> .....	<b>25</b>
<b>2.5 Influencia da Adubação na Qualidade da Banana</b> .....	<b>29</b>
Referencias .....	37
<b>4. CAPÍTULO I:</b> .....	<b>49</b>
<b>FISIOLOGIA DA MATURAÇÃO E QUALIDADE DOS FRUTOS DE BANANEIRA ‘VITÓRIA’ SOB RELAÇÕES DE NITROGÊNIO E POTÁSSIO EM DOIS CICLOS DE PRODUÇÃO</b> .....	<b>49</b>
Introdução.....	52
Material e Métodos.....	54
Resultados e Discursão.....	62
Conclusão .....	80
Referencias .....	81
<b>5. CAPÍTULO II:</b> .....	<b>85</b>
<b>QUALIDADE, PROPRIEDADES FUNCIONAIS, EXPRESSÃO E ATIVIDADE ENZIMÁTICA DE BANANA ‘VITÓRIA’ CULTIVADA SOB NÍVEIS DE NITROGÊNIO E POTÁSSIO</b> .....	<b>85</b>
Introdução.....	88
Material e Métodos.....	89
Resultados e Discussão.....	97
Conclusão .....	118
Referencias .....	119

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

A banana (*Musa spp.*) é considerada a quarta commodity alimentar mais importante em todo o mundo depois do arroz, trigo e milho a qual é cultivada em mais de 10 milhões de hectares em 100 países (Kishor et al., 2017), sendo reconhecida por seus frutos apresentarem fonte de carboidratos, proteínas, vitaminas e minerais (Saha et al., 2018).

A bananicultura é uma atividade agrícola cultivada em vários países, principalmente nas regiões tropicais quentes e úmidas do mundo com chuvas abundantes, incluindo África, América Latina, Caribe, Ásia e Pacífico. Na África, mais de 70 milhões de pessoas obtêm 25% de sua energia dietética oriundas da alimentação a base de banana (Edward & Fredy, 2012).

A produtividade brasileira de banana no ano de 2020 foi de 14.719 kg ha<sup>-1</sup> do produto, o estado da Paraíba destacou-se por apresentar produção de 13.010 kg ha<sup>-1</sup>, sendo essa cultura, importante no setor agrícola do estado, tendo potencial importância na comercialização de seus frutos (IBGE, 2020).

O consumo e comercialização dos frutos de bananeira são apresentados no mercado de forma crua, cozida, assada ou fermentada (Fungo & Pillay, 2011). No entanto, sua produção nas principais regiões de cultivo é muito afetada por um complexo de estresses bióticos e abióticos, que acaba ameaçando a subsistência de pequenos agricultores no mundo em desenvolvimento. Estresses bióticos proeminentes incluem pragas, como bicudo da banana (rizoma) e nematóides (*Pratylenchus coffeae* e *Radopholus similis*) (Gold et al., 2004 ; Ocan et al., 2008 ; Speijer, 1999), enquanto as doenças incluem murcha bacteriana da banana (causada por *Xanthomonas campestris* pv . *musacearum* ) (Ocimati et al., 2014; Tripathi et al., 2013 ), doença da estria da folha preta (causada por *Mycosphaerella fijiensis* ) (Barekye et al., 2009; Marín et al., 2003 ), murcha de *fusarium* (causada por *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense*)

(Ploetz, 2015 ) e a doença do vírus da casca da banana, (Niyongere et al., 2012 ). Entre os estresses abióticos, salinidade (Ravi & Uma, 2011 ), calor, baixa fertilidade do solo (Bekunda & Woomer, 1996 ; Wairegi et al., 2010) e seca (van Asten et al., 2011; Taulya et al., 2006 ) são os mais prevalentes.

Como resultado das mudanças climáticas, os efeitos adversos da seca tornaram-se mais pronunciados nos trópicos e subtropicais do mundo (Ravi et al., 2013). Tuberosa (2012) define a seca como “uma condição em que a quantidade de água disponível através da chuva ou a irrigação é insuficiente para atender às necessidades de transpiração da cultura”. Para uma produção ideal, as bananas requerem um mínimo de 100 mm de chuva uniformemente distribuída todos os meses (Robinson & Saucó, 2010).

As bananas são muito sensíveis à seca, o que pode causar reduções de rendimento de até 65% quando a precipitação anual cai abaixo de 1.100 mm por ano (van Asten et al., 2011) Portanto, as variedades de banana que podem produzir um rendimento razoável com menos água oferecem a alternativa mais promissora para proteger a safra de banana contra os efeitos da seca assustadores.

A tolerância à seca é uma característica complexa cuja expressão é controlada por muitos genes e varia ambientalmente ao longo do local e do tempo, o que complica o desenvolvimento de um padrão para a seca (Ravi et al., 2013).

Outros fatores como, manejo inadequado no plantio acarretam em suscetibilidade a doenças, onde a presença da sigatoka-negra após o final da década de 80, houve a redução no cultivo da bananeira nas regiões brasileiras (Martins et al., 2016), resultando no aumento do custo dos frutos. A partir daí, estudos para introdução de novas cultivares tolerantes a essas doenças foram recomendados (Pereira et al., 2010).

Apesar desses desafios, o pool genético da banana é muito diverso e, portanto, apresenta uma grande oportunidade para o aprimoramento de características quantitativas complexas, incluindo tolerância à seca. Atualmente, o Musa International Transit Centre (ITC) na Bélgica hospeda e mantém mais de 1.500 acessos de *Musa spp.*, *in vitro*, incluindo variedades de banana cultivadas, parentes selvagens e híbridos melhorados (Swennen et al., 2011) Esses acessos exigem triagem, pois apenas uma fração da coleção foi avaliada para reação ao estresse hídrico (Vanhove et al., 2012 ). A partir dessa coleção de germoplasma, pais masculinos e femininos adequados podem ser selecionados e cruzados para produzir populações segregantes das quais podem ser modificados geneticamente.

A banana é por natureza uma cultura propagada clonalmente e cada tentativa de cruzamento bem-sucedido resulta em novos genótipos, muitas vezes acompanhados por coherança com crescimento indesejável e características de frutos (Ramirez et al., 2011). A coherança de genes indesejáveis, por outro lado, pode ser minimizada através do uso de técnicas de modificação genética, em que apenas os genes desejáveis são inseridos no genoma do genótipo que requer melhoramento (Tripathi et al., 2010).

A cultivar BRS Vitória (PV 4281) é um tetraploide (AAAB) obtido do cruzamento entre espécies do grupo Pacovan, cv. triploide (AAB), subgrupo Prata, e a espécie M-53, diploides (AA), estando considerado um híbrido de genética superior com resistência à Sigatoka-negra, Sigatoka-amarela e ao mal-do-panamá, bem como a algumas doenças pós colheita como a antracnose, apresentando maior vida útil comercial (Weber et al., 2017).

Diante dos dados e estudos a respeito da cultura da bananeira, a plataforma de pesquisa de artigos científicos ScienceDirect utilizando como *Musa spp.*, como fonte de pesquisa para coleta de dados acadêmicos, resultou em elevado crescimento na publicação de artigos científicos a respeito dessa cultura desde 1997, inicialmente com 24 artigos publicados

inicialmente, ao ano de 2003 que apresentou 70 artigos publicados, dentre os diversos estudos a respeito da cultura diante a necessidade de sua importância para a produção global, houve aumento no número de pesquisas e publicações ao longo dos anos, tendo como prova cerca de 228 artigos publicados sobre a cultura da bananeira no ano de 2020, mostrando assim a grande importância desta cultura nas pesquisas científicas.

O manejo no campo é um importante fator no desenvolvimento agrícola de um plantio, saber utilizar as quantidades necessárias de adubos para suprir a necessidade do solo e melhorar a qualidade nutricional das plantas, garante ao mercado consumidor, melhores benefícios quanto ao reaproveitamento de resíduos minerais encontrados na área e padronização do processo produtivo da cultura.

A Food and Agriculture Organization of the United. Nações (FAO) previram um aumento anual na demanda de nutrientes de fertilizantes de 1,5, 2,2 e 2,4% para nitrogênio, fósforo (P) e potássio (K) entre 2016 e 2020 (FAOSTAT, 2017).

Nutricionalmente, a banana tem um período de crescimento rápido, produz grande quantidade de biomassa vegetativa e requer grande quantidade de nutrientes (Moreira et al., 2010).

Nos macronutrientes, o potássio (K) e o nitrogênio (N) são os mais absorvidos tanto no período vegetativo quanto reprodutivo (Teixeira, 2005).

Em ordem decrescente, as bananeiras absorvem os seguintes macronutrientes: K> N> cálcio (Ca)> magnésio (Mg)> enxofre (S)> fósforo (P) e micronutrientes: manganês (Mn)> ferro (Fe)> Zn> B> cobre (Cu) (Silva et al., 2003).

Nas plantas, o K é necessário para a osmorregulação, abertura e fechamento dos estômatos, transpiração e fotossíntese, enquanto o N é necessário para o crescimento vegetativo

bem como tem influência na composição química das proteínas, fotossíntese e respiração (Malavolta 2006).

Segundo Giracca & Nunes (2015), na aplicação de uma adubação adequada, as plantas terão maior rendimento, melhor qualidade dos frutos, além de propiciar, maior resistência a pragas e doenças. Em sistemas de produção integrada de frutas, há a exigência de fertilizantes minerais, em combinação com a gestão de resíduos de colheita e esterco para manter os níveis de matéria orgânica do solo e fornecimento de nutrientes (Pinitpaitoon et al., 2011).

Assim, para as condições edafoclimáticas do Brejo Paraibano, faz-se necessário o estudo de qual fonte de N que se adeque, pois, a maior acumulação do nutriente na planta ocorre entre 50 e 60 dias após a germinação (Oliveira et al., 1996). Adicionalmente, elevados níveis de N aumentam o rendimento das culturas, porém atrasam o crescimento dos frutos e das hortaliças, diminuindo o tempo de vida útil (Silva et al., 2015).

Diante disso, o uso de nitrogênio e potássio como macronutrientes essenciais para a cultura da bananeira, é de extrema importância, principalmente quando se trata em balanço nutritivo do solo visando à garantia de qualidade final dos frutos.

## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 OBJETIVO GERAL**

- ✓ Caracterizar os atributos de qualidade da banana cultivar BRS Vitória, submetida a diferentes doses de adubação nitrogenada e potássica, bem como, tratamento sem adubação, sob cultivo irrigado no Brejo Paraibano.

### 1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Determinar a dose de N e K necessária para obtenção da máxima qualidade da banana cultivar BRS Vitória sob as condições edafoclimáticas do Brejo Paraibano;
- ✓ Descrever os atributos de qualidade da cultivar BRS Vitória sob cultivo na região do Brejo Paraibano;
- ✓ Comparar os atributos de qualidade em frutos de bananeira cultivar BRS Vitória cultivados ciclos sequenciais de produção no Brejo Paraibano;
- ✓ Avaliar os atributos sensoriais da banana cultivar BRS Vitória, mediante as diferentes relações de adubação e ciclos de produção, no Brejo Paraibano;
- ✓ Avaliar a expressão e a atividade das enzimas do metabolismo antioxidante relacionando-as, com as relações de adubação e ciclos de cultivo, no Brejo Paraibano;

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 A Cultura da Bananeira

As primeiras bananas surgiram antes da história escrita, sendo considerada uma das culturas a serem cultivadas e umas das primeiras a serem propagadas vegetativamente (Morin, 1967).

O centro de origem da maior parte do germoplasma de banana está localizado no continente asiático. Outros centros secundários ocorreram na África Oriental, em algumas ilhas do Pacífico e uma considerável diversidade genética, na África Ocidental (Champion, 1967). As cultivares encontradas nessas regiões evoluíram-se de espécies selvagens e apresentam três níveis cromossômicos, existindo diploides com 22 cromossomos (2x), triploides com 33 (3x) e tetraploides com 44 cromossomos (4x), que são múltiplos do número básico ( $n=11$ ), sendo que

a origem de triploides a partir de diploides e de tetraploides a partir dos triploides é facilmente constatada por meio de cruzamentos experimentais (Shepherd, 1984).

Cruzamentos interespecíficos entre *M. acuminata* Colla (genoma A,  $2n=2x=22$ ) e *M. balbisiana* Colla (genoma B,  $2n=2x=22$ ) deram origem à maioria dos genótipos de bananeiras atualmente em uso para alimentação. As plantas geradas destes cruzamentos apresentam características das duas espécies. Esses híbridos podem apresentar diversas ploidias, verificando-se casos com 20; 22; 33; 44; 55; 77 e 88, podendo encontrar, inclusive, vários tipos de aneuploidias. A espécie *M. acuminata* é seminífera, com diversas subespécies, enquanto *M. balbisiana*, também seminífera, é mais vigorosa que a anterior (Simmonds, 1995).

Na bananeira existem basicamente dois ciclos: o ciclo vegetativo e o ciclo de produção. O ciclo vegetativo corresponde ao período entre o aparecimento do rebento (“filhote”) na superfície do solo e o amadurecimento e colheita dos cachos. O ciclo de produção é o intervalo de tempo entre a colheita do cacho de uma bananeira e a colheita do cacho de seu “filhote” (Medina, 1985; Israele & Lahav, 1986).

Ambos os ciclos são afetados pelas condições edafoclimáticas e práticas culturais. Desta forma, normalmente o ciclo da bananeira, tanto o vegetativo como o de produção, é prolongado em situações de cultivo em solos de baixa fertilidade, mal drenados e com elevada acidez, ou no caso de estabelecimento do bananal em locais sujeitos a temperaturas abaixo de 15°C, com pluviosidade média menor do que 100 mm/mês ou com baixa insolação (Medina, 1985).

## **2.2 Adubação Nitrogenada**

O nitrogênio (N) é um componente chave dos aminoácidos e ácidos nucléicos das plantas e da clorofila, e fornece a base para o N (proteína) dietético de todos os animais, incluindo humanos. Depois do carbono (40% da matéria seca da planta) e do oxigênio (45%),

o N é o próximo elemento mais abundante nas plantas. As concentrações de N nos tecidos das plantas mudam durante o desenvolvimento e crescimento da cultura, e são tipicamente mais altas nos tecidos jovens e mais baixas nos materiais maduros ou senescidos (Rueter & Robinson, 1986).

No entanto, sob níveis adequados de nutrição, os teores de N nos brotos, estão comumente entre 1,5 e 3% do peso seco da planta antes da senescência, equivalente a entre 15 e 30 kg de N por tonelada de biomassa da cultura. Portanto, não é surpreendente que o N tenda a ser um dos fatores mais importantes que regulam o crescimento e a produtividade da cultura e controlam a qualidade nutricional dos produtos vegetais (Fageria & Baligar, 2005). As quantidades totais de N absorvidas pelas plantas são um reflexo da produtividade do ecossistema e do suprimento de N (Hawkesford, 2017).

Tendo como exemplo, o trigo irrigado em sistemas altamente produtivos pode exigir até 450 kg N/ha por ano, enquanto em ambientes de baixa precipitação (<300 mm por ano), a absorção de N pela cultura pode ser <100 kg N/ha (Hawkesford, 2014). Uma vez que cada tonelada de grão de trigo contém 20 kg de N (Ladha et al., 2016), a 640–737 kg de trigo colhida a cada ano entre 2010 e 2015 (FAOstat, 2017) equivale a uma remoção global anual de cerca de 13–15 kg N (milhões de toneladas; 10 12 g).

O nitrogênio é o nutriente de grande importância para o crescimento vegetativo, principalmente nos primeiros meses, quando a planta está em desenvolvimento dos perfilhos, isso influencia no aumento da quantidade de matéria seca (Weinert & Simpson, 2016).

O Nitrogênio apresenta grande efeito na emergência e produção do cacho, no rendimento, na qualidade e desenvolvendo maior vida útil pós-colheita dos frutos da bananeira, influenciado no tamanho e na quantidade (Ganeshamurthy et al., 2011; Weinert & Simpson, 2016).

A deficiência de N leva a clorose generalizada das folhas da banana, apresentando esse efeito, em solos com teor de matéria orgânica baixa, bem como em solos com alta lixiviação e onde existe seca prolongada (Borges, 2004).

### **2.3 Adubação Potássica**

O macronutriente K desempenha um papel vital na agricultura e tem um grande impacto nas características de qualidade das culturas. Geralmente, o rendimento da colheita pode ser aumentado pela fertilização K apropriada (Zörb et al., 2014).

Relatórios recentes avaliaram o impacto do suprimento de K no metabolismo da planta em nível molecular, usando a planta modelo *Arabidopsis thaliana*. De acordo com Armengaud et al. (2009), A deficiência de K afeta várias vias metabólicas de maneira tecido-específica. Nas raízes, a deficiência de K causou um forte aumento nas concentrações de açúcares e muitos aminoácidos (especialmente ricos em nitrogênio), enquanto nitrato, piruvato e outros ácidos orgânicos, bem como os aminoácidos ácido glutâmico e ácido aspártico (Glu, Asp) apresentaram níveis reduzidos.

Na parte aérea, tende a aparecer modificações no teor de açúcares e aminoácidos assemelhando-se as raízes, não afetando os níveis de ácidos orgânicos. Em ambos os tecidos, observou-se um rápido aumento líquido na proteína total e no conteúdo total de aminoácidos. Além disso, muitas atividades enzimáticas foram alteradas na deficiência de K, mas o padrão observado não explicou prontamente as mudanças no nível dos metabólitos (Armengaud et al., 2009).

O trabalho de Forieri et al., 2017 lançou mais luz sobre os mecanismos de resposta específicos em raízes de *Arabidopsis* devido à deficiência de enxofre, ferro e K por uma combinação de abordagens metabolômica e transcriptômica. Foi apontado que principalmente

o fitohormônio ácido abscísico está envolvido em processos de sinalização que levam a alterações transcriptômicas por deficiência de K. Além disso, a regulação negativa da síntese de dissacarídeos e a reorganização da parede celular foram consideradas respostas gerais às deficiências de nutrientes.

Esse nutriente desempenha um papel importante na regulação osmótica e no potencial celular do vegetal. O  $K^+$  também ativa muitas enzimas envolvidas na respiração e fotossíntese. O primeiro sintoma observável de deficiência de potássio é a clorose malhada ou marginal, que, em seguida, desenvolve em necrose, principalmente nas pontas das folhas, em suas margens (Taiz & Zieger, 2004).

As necessidades de K para o ótimo crescimento das plantas situam-se na faixa de 20 a 50 g  $kg^{-1}$  de massa sobre as partes vegetativas que se encontram secas no vegetal, em frutos e tubérculos. Entretanto, as plantas têm a capacidade de absorver quantidade de K superior à sua necessidade, o que comumente é denominado consumo de luxo (Meurer et al., 2006).

Para Faquin (2001), a deficiência do potássio reduz a síntese de proteínas, bem como, o acúmulo de compostos nitrogenados solúveis, como aminoácidos, amidas e nitrato. O  $K^+$  é um ativador de funções de manutenção da turgidez das células, atuando na movimentação de fotoassimilados nos tecidos vegetais, podendo aumentar o valor nutritivo de plantas (Raji et al., 1991).

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. 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 (Weinert & Simpson, 2016).

De acordo com Monteiro et al. (2006) as respostas das culturas constituem fontes valiosas de informações a serem utilizadas nos modelos de tomada de decisão permitindo a otimização do uso dos fatores envolvidos na produção. A falta de racionalização dos fertilizantes pela maioria dos produtores, além de aumentar o custo de produção, diminui o rendimento e qualidade dos frutos e ocasiona a contaminação do meio ambiente.

Nos tecidos vegetais, o K é encontrado livre ou adsorvido, o que o torna facilmente trocável nas células ou nos tecidos com alta mobilidade intracelular (Torres et al., 2008).

Segundo o Manual de Recomendação em Adubação do Estado de Pernambuco (Messias et al., 2008), esse elemento caracteriza-se por garantir uma elevada concentração do nutriente na solução do solo, para com isso satisfazer as necessidades da planta em períodos que há maior exigência.

## **2.4 Compostos Funcionais na Cultura da Banana**

Devido as suas particularidades, em especial, seu baixo custo, a banana é consumida por todas as classes sociais em todo o mundo, destacando-se entre as frutas, sendo classificada como um alimento funcional, para fins nutracêuticos (Amorim et al., 2007).

A banana é uma fruta bem aceita, sendo uma fonte energética, devido à presença de carboidratos, minerais (potássio, fósforo, cálcio, ferro, magnésio, sódio, zinco, iodo, cobre e alumínio), e vitaminas A, C e do complexo B (B1, B2, B6 e niacina) (Ranieri, 2014).

Embora exista um número expressivo de cultivares de banana no Brasil, quando se consideram aspectos como preferência dos consumidores, produtividade, tolerância a pragas e doenças, resistência à seca e ao frio, restam poucas opções com potencial agrônômico para o cultivo comercial, sendo as cultivares mais difundidas as do grupo Prata (Prata, Pacovan e Prata-Anã), do grupo Nanica (Nanica, Nanicão e Grande Naine) e Maçã (Neves, 2009).

A casca de banana em comparação com cascas de outras frutas, como abacate, abacaxi, mamão, maracujá, melancia e melão, ocupa o segundo lugar em termos de conteúdo fenólico, apresentando a maior atividade em eliminação de radicais livres e capacidade antioxidante (Morais et al., 2015), identificando uma forte correlação entre o nível de conteúdo fenólico e capacidade de absorção de radicais livres de oxigênio, eliminação de radicais livres e capacidade de redução férrica (Vu et al., 2016).

Os compostos bioativos trazem vários benefícios aos problemas de saúde, como prevenção de doenças cardiovasculares, câncer, diabetes e obesidade (Boots et al., 2008; Cheng et al., 2007). Eles são usados como ingredientes funcionais em alimentos evitando a oxidação lipídica e crescimento bacteriano (Aziz et al., 1997; Chen & Ho, 1997).

Sidhu & Zafar, (2018), apresentaram a importância dos compostos bioativos existentes em frutos da bananeira para a saúde: **Ácido tânico:** Aplicado como agentes medicinais para o tratamento de queimaduras (Siang, 1983); **Catequina:** Resistência do LDL à oxidação, dilatação da artéria braquial aumentando a atividade antioxidante plasmática e oxidação de gordura (Williamson & Manach, 2005); **Ácido gálico:** Efeitos hepatoprotetores antioxidantes e potenciais (Rasool et al. 2010); **Ácido cinâmico:** É um precursor do adoçante aspartame por meio de enzima catalisada aminação a fenilalanina (Garbe, 2000); **Ácido p-cumárico:** Propriedades antioxidantes e potencialmente reduzem o risco de câncer de estômago (Ferguson et al., 2005); Galato de galocatequina: Redução de colesterol (Ikeda et al., 2003); Quercetina: Promove a saúde cardiovascular geral, incentivando o fluxo sanguíneo (Perez-Vizcaino & Duarte, 2010); Ácido ferúlico: Antioxidante, antimicrobiano, anti-inflamatório, antialérgico, anticarcinogênico, modulação da atividade enzimática, ações antivirais e vasodilatadoras (Kumar & Pruthi, 2014); Trans- $\alpha$ -caroteno: Precursor da vitamina A (Li et al., 2011); Trans -  $\beta$ -caroteno: Reduzir o risco de AVC e câncer (Li et al., 2011); Violaxantina: Usado como

corante alimentício. Criptoxantina: Corante alimentício pode reduzir o risco de câncer de pulmão (DeLorenze et al., 2010); Serotonina: Pode contribuir para sentimentos de bem-estar e felicidade (Young, 2007); Dopamina: Reduzir o estresse oxidativo plasmático e aumentar a resistência à modificação oxidativa do LDL (Yin et al., 2008); Catecolaminas: Aumenta a pressão arterial, os níveis de glicose e a taxa de batimentos cardíacos (Kuklin & Conger, 1995);  $\beta$ -Sitosterol: Potencial para reduzir os níveis de colesterol no sangue e hiperplasia benigna da próstata (BPH) (Wilt et al., 1999); Campesterol e Estigmasterol: Reduz a absorção de colesterol nos intestinos humanos (Choudhary & Tran, 2011).

Dentro dos ácidos hidroxicinâmicos, o ácido ferúlico tende a dominar sobre outros compostos. Os ácidos hidroxicinâmicos encontram-se presentes na forma ácida, sendo conjugado com açúcares (Passo Tsamo et al., 2015; Waghmare & Kurhade, 2014).

A atividade anti-inflamatória dos flavonoides pode ser decorrente da inibição da cicloxigenase (COX), ao promover uma diminuição da produção de prostaglandinas, inibindo, assim, a inflamação, a dor e a febre (Hilário, 2006).

Os flavonoides modulam a atividade das células envolvidas com a inflamação (inibindo a proliferação de linfócitos T), impedindo a produção de citocinas pró-inflamatórias (como TNF- $\alpha$  e IL-1), modulando a atividade das enzimas da via do ácido araquidônico, como fosfolipase A2, lipooxigenase e ciclo-oxigenase, e modulam a enzima óxido nítrico sintase induzida (iNOS) formadora de óxido nítrico (Coutinho, 2009).

Entre os flavonóis identificados em banana, a rutina foi o mais abundante, especialmente os conjugados com hexoses, glicosídeos flavonóides, principalmente 3-rutinosídeos e, predominantemente, estruturas baseadas em quercetina foram detectadas em quantidades significativas (Passo Tsamo et al., 2015; Rebello et al., 2014).

A rutina (quercetin-3-O-rutinosídeo) é um flavonóide pertencente à subclasse dos flavonóis que apresenta em sua estrutura a quercetina como aglicona e o dissacarídeo rutinosídeo (raminose + glicose) (Becho et al., 2009). A rutina é um flavonóide glicosilado comumente encontrado nas plantas e está presente em grandes quantidades na dieta (Hussain et al., 2009).

Fernandes et al., (2010) verificaram que o tratamento com rutina (50 mg/kg) por 45 dias reduziu a hiperglicemia de ratos diabéticos induzidos com streptozotocina. Além disso, Pereira et al., (2011) demonstraram que o tratamento com rutina via oral (50 mg/kg) reduziu a glicemia em ratos normais hiperglicêmicos e inibiu significativamente a atividade da  $\alpha$ -glicosidade maltase.

Na casca da banana os flavan-3-ols são considerados o maior grupo de fenólicos (Rebello et al., 2014), consistindo de monômeros, dímeros e polímeros (tanino). Os polímeros, conhecidos como proantocianidinas, apresenta a maior concentração total de 3952 mg/kg, (+) - equivalentes de catequina, seguidos de dímeros, que representaram em torno de 126 mg/kg como equivalentes (+) - catequina (Rebello et al., 2014).

As aminas bioativas localizam-se nos vacúolos, mitocôndrias e cloroplastos, tendo também localizadas nos tilacóides. Os principais fatores que influenciam na biossíntese desses compostos dão, a variedade, cultivar, estresse hídrico, choque osmótico, deficiência de minerais, baixos valores de pH, dessecação e o grau de desenvolvimento ou maturação. Neste contexto, as poliaminas são importantes componentes na síntese de metabólitos secundários, inibindo a peroxidação lipídica. Na banana as aminas bioativas detectadas são a espermidina, putrescina, serotonina, tiramina, histamina, feniletilamina, dopamina e noradrenalina (Chitarra & Chitarra, 2005)

Entre os produtos de origem natural, os flavonoides representam um dos grupos fenólicos mais importantes, e diversificados (8.000 moléculas diferentes), cuja síntese não ocorre nos seres humanos. Os flavonoides são uma classe de metabólitos secundários abundantemente distribuídos no reino vegetal, sendo formados pela combinação de derivados sintetizados a partir da fenilalanina e ácido acético (Pereira & Cardoso, 2012; Lopes, et al., 2010).

A dopamina é considerada o mais importante neurotransmissor catecolaminérgico do Sistema Nervoso Central (SNC) dos mamíferos, no auxílio da regulação de funções chaves, como comportamento motor, emocionalidade e afetividade como na comunicação neuroendócrina, sendo a substância sintetizada a partir do aminoácido L-tirosina (Castañeda-Garzón et al., 2017).

O aproveitamento destes metabólitos secundários existentes na casca da banana podem gerar ingredientes funcionais e, conseqüentemente, agregar valor para a indústria. Para efetivamente recuperar e utilizar os compostos fenólicos da banana é necessário entender sua estrutura química, especialmente, os fatores que afetam os níveis de compostos fenólicos e o potencial desses metabólitos como ingredientes alimentares ou agentes terapêuticos (Vu et al., 2018).

## **2.5 Influencia da Adubação na Qualidade da Banana**

As bananas são altamente eficientes na produção de fitometria em um curto período de tempo (Melo et al., 2010) e, portanto, exigem quantidades expressivas de nutrientes, especialmente nitrogênio (N) Fosforo (P) e potássio (K). Esses nutrientes são os mais exigidos por essa cultura, afetando o desenvolvimento da planta, além de influenciar o número de pencas e de frutos (Kumar & Kumar, 2008).

Os critérios utilizados para que o nutriente seja considerado essencial em uma planta são (Fernandes et al., 2018):

Critério 1: um elemento é essencial se a sua ausência impede que a planta complete o seu ciclo vital;

Critério 2: para que um elemento seja essencial, ele não pode ser substituído por outro elemento com propriedades similares;

Critério 3: o elemento deve participar diretamente no metabolismo da planta e que seu benefício não deve estar somente relacionado ao fato de melhorar as características do solo, mas também o crescimento da microflora ou algum efeito similar.

Convencionalmente, fertilizantes granulares são usados para cultivar as culturas e manter o estado de fertilidade do solo (Christensen, 2005). Aplicação de fertilizantes via foliar, está sendo uma alternativa apropriada para redução do uso de adubos granulados. Durante o crescimento vegetativo, as plantas necessitam de uma nutrição equilibrada para alcançar altos rendimentos e qualidade. Ótimas taxas de fertilizantes foliares são de grande importância para a bananeira receber nutrientes suficientes para o seu crescimento e prevenir a poluição ambiental (Naher et al., 2011).

Na adubação nitrogenada, controla-se, a taxa de crescimento das plantas. Quase todo o nitrogênio encontrado na forma orgânica é representado principalmente por aminoácidos e proteínas, além de ser componente de vitaminas, coenzimas e das bases purínicas. Estando envolvido na fotossíntese e com reações enzimáticas. O crescimento vegetativo consiste, principalmente, na formação de novas folhas, caules e raízes. Os tecidos meristemáticos apresentam metabolismo proteico ativo, com imensa síntese de ácidos nucleicos e proteínas, dos quais o nitrogênio é constituinte. O fornecimento adequado promove crescimento vigoroso do vegetal, bem como, intensa coloração verde nas folhas, em bananas, havendo aumento significativo no peso do cacho e influencia no tamanho dos frutos (Chitarra & Chitarra, 2005).

O nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) é a forma inorgânica de N mais comum encontrada nos solos aerados devido a nitrificação. Alguns processos, como a absorção pelas plantas e pelos microrganismos ou a lixiviação, geram a variação espacial na distribuição do nitrato no solo, levando as plantas a desenvolver sofisticadas estratégias para modular a eficiência de aquisição do N em resposta a disponibilidade, a flutuação externa desse nutriente e ao seu próprio estado nutricional (Tabata et al., 2014).

O N pode estar disponível para as plantas em diferentes formas, como nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), amônio ( $\text{NH}_4^+$ ), ureia, aminoácidos, peptídeos solúveis e formas complexas insolúveis. Em geral, em solos aerados, há predominância de  $\text{NO}_3^-$  (Krouk et al., 2010), mas em condições tropicais, é possível detectar o acúmulo de  $\text{NH}_4^+$ , e não de  $\text{NO}_3^-$ , mesmo em solos aerados (Fernandes et al., 2018).

O N inorgânico absorvido diretamente no solo, como nitrato ou amônio, é assimilado pelas plantas na forma de aminoácidos, os quais representam a principal forma de N orgânico encontrado, sendo constituintes de peptídeos e proteínas. Além das formas inorgânicas, a solução do solo contém pelo menos 12 classes de diferentes compostos nitrogenados orgânicos, mas pouco se conhece sobre o significado funcional na nutrição de plantas (Warren, 2014).

Esses transportadores, localizados nas membranas, são essenciais para o desenvolvimento de mecanismos que atuam na produção de sementes e no acúmulo de compostos de reserva, tais como: 1. A distribuição de aminoácidos e ureídeos nos diferentes compartimentos celulares; 2. O transporte de longa distância do nitrogênio entre tecidos e órgãos; 3. A transferência de N do xilema para o floema ao longo da vida de transporte a longa distância; 4. O carregamento do floema com aminoácidos e ureídeos em folhas fonte; 5. O carregamento de N em órgãos dreno (Tegeder, 2014).

As formas orgânicas de N liberadas pelo nódulo radicular são transportadas via xilema para a parte aérea das plantas, e dependendo da composição da seiva nesses vasos condutores, sendo classificadas como exportadoras de amidas, principalmente, asparagina e glutamina, ou exportadoras de ureídeos, sobretudo alantoína, ácido alantóico e citrulina (Taiz & Zeiger, 2013).

Chaparro et al. (2015), analisando o perfil de metabólitos primários e secundários, detectaram 107 compostos exsudados radiculares, neles se incluíam, açúcares, açúcar-alcoois, aminoácidos, ácidos orgânicos, ácidos graxos e fenóis. Os autores reportam também que esses exsudados radiculares variam de acordo com o estágio de desenvolvimento das plantas e que as taxas de exsudação de aminoácidos e de transcritos de genes associados ao seu metabolismo aumentam com a evolução do desenvolvimento vegetativo.

Os transportadores de aminoácidos de plantas conhecidos pertencem as três famílias: a família de transportadores de aminoácido/poliamina/cátion orgânico (Amino Acid/Polyamine/Organocation Family-APC), a família de permeases de aminoácido/auxina (Amino Acid/Auxin Permease Family-AAAP) e a família de múltiplos transportadores de

aminoácidos de influxo e efluxo (Usually Multiple Acids Move In and Out Transporters) (Dinkeloo et al., 2018).

O  $\text{NH}_4^+$ , absorvido (amônio primário), proveniente da redução do  $\text{NO}_3^-$ , ou o gerado pelo metabolismo (fotorrespiração, catabolismo de aminoácidos), podem ser incorporados em esqueletos de carbono preferencialmente por intermédio das enzimas da via glutamina sintetetase-glutamato sintase (GS-GOGAT) (Fernandes et al., 2018).

A glutamina é o aminoácido livre mais abundante no plasma e no tecido muscular, sendo também encontrada em concentrações relativamente elevadas em outros diversos tecidos corporais (Rowbottom et al., 1996).

Em todas as células, a glutamina pode ceder átomos de nitrogênio para a síntese de purinas, pirimidinas e aminoaçúcares (Curi et al., 2005). As vias metabólicas e tais mecanismos, dependentes de glutamina, passaram a ser denominados como vias glutaminolíticas. Existem efeitos agudos e crônicos da suplementação com glutamina em situações catabólicas, tais como câncer, HIV, dengues, sepse, cirurgias, exercícios físicos intensos, entre outros (Newsholme et al., 2003). O fornecimento de energia ou poder redutor para o funcionamento das enzimas do metabolismo de N é acoplado ao de carbono (C) nas plantas.

O fósforo (P), é o elemento que apresenta maior resposta na fase inicial de desenvolvimento da planta, no qual, a aplicação de doses crescentes promove o aumento do peso médio, do diâmetro e da relação sólidos solúveis/acidez do fruto (Chitarra & Chitarra, 2005). Sendo considerado um elemento fundamental para a síntese de moléculas, como o DNA, RNA, ATP e NADPH, e de fosfolipídios das membranas dos seres vivos. Ele também tem um papel crucial em processos que sustentam a vida das plantas, tendo como exemplo a fotossíntese, respiração, metabolismo de carboidratos, fixação de  $\text{N}_2$  e ativação de proteínas por meio de fosforilações, sendo considerado o macronutriente que limita o crescimento da planta (Fernandes et al., 2018). O mesmo representa por volta de 0,2% da matéria seca das plantas, na bananeira, é considerado o macronutriente que se acumula em menor quantidade (Epstein, 1972; Hoffmann et al., 2010). A forma primária de P nas plantas é o fosfato inorgânico (Pi), o qual, em pH próximo da neutralidade, predomina a forma  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ . Entretanto, a interação do P com constituintes do solo, a sua ocorrência em formas orgânicas e a sua lenta taxa de difusão na solução do solo tornam o P um nutriente menos prontamente disponível na rizosfera vegetal. Por conseguinte, as concentrações de íons fosfato, em geral, encontradas na

solução do solo, entre 1 e 10  $\mu\text{mol L}^{-1}$ , são muito baixas quando comparadas às concentrações encontradas no citosol das células (5-20  $\text{mmol L}^{-1}$ ) (Hinsinger et al., 2003).

Um dos fatores limitantes ao crescimento vegetal são solos que apresentam deficiência em fósforo inorgânico solúvel. Assim, as plantas desenvolveram mecanismos bioquímicos e de adaptação que atuam em conjunto para garantir a aquisição de  $\text{P}_i$  e evitar a deficiência (Yang & Finnegan, 2010).

O íon fósforo não é reduzido nas plantas, sendo utilizado apenas na sua forma completamente oxidada de ortofósforo. Após sua adsorção, o fósforo permanece como  $\text{P}_i$ , ou é esterificado, por meio de um grupo hidroxil em uma cadeia de C, como um éster simples de fósforo, ou é preso a outro fósforo por ligações pirofósforo de alta energia (ATP) (Marschner, 1995). Nas células vegetais o P pode estar presente nos nucleotídeos constituintes do material genético, nos fosfolipídios presentes nas membranas celulares, nos fosfatos de adenosina, como o ATP e o ADP e em ésteres de carboidratos, produtos metabólicos intermediários (Fernandes et al., 2018) (Figura 1).

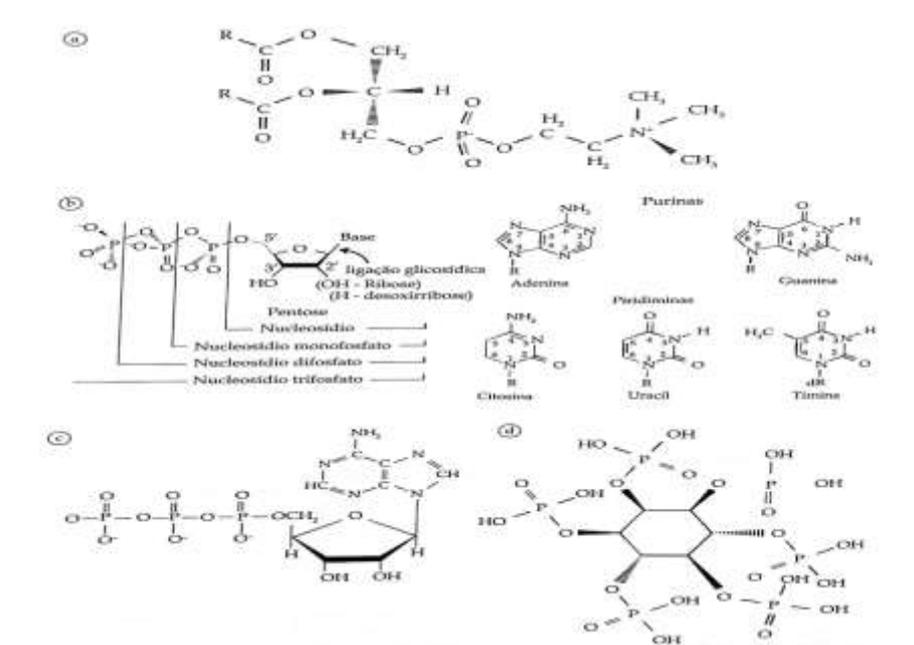


Figura 1 Exemplos de compostos orgânicos com P em plantas: (a) lecitina (fosfatidil colina, um fosfolipídio); (b) nucleotídeos; (c) adenosina trifosfato (ATP); (d) ácido fítico (hexafosfato de inositol) (Fernandes et al., 2018).

Os efeitos da disponibilidade de P no solo sobre o desenvolvimento radicular são complexos, dependentes de genótipo e interações entre rotas de sinalização e hormônios. As

rotas de sinalização ativadas por auxinas, etileno, citocininas, giberelinas, ácido jasmonico, óxido nítrico, açúcares ou status redox no meristema radicular, exercem importante função na arquitetura radicular em resposta a menores conteúdos de fosforo (Ha & Tran, 2014; Vysotskaya et al., 2016). A baixa disponibilidade de P estimula a produção de raízes adventícias e de raízes laterais, diminui o ângulo de crescimento das raízes basais e aumenta a densidade e o comprimento de pelos radiculares (Figura 2).

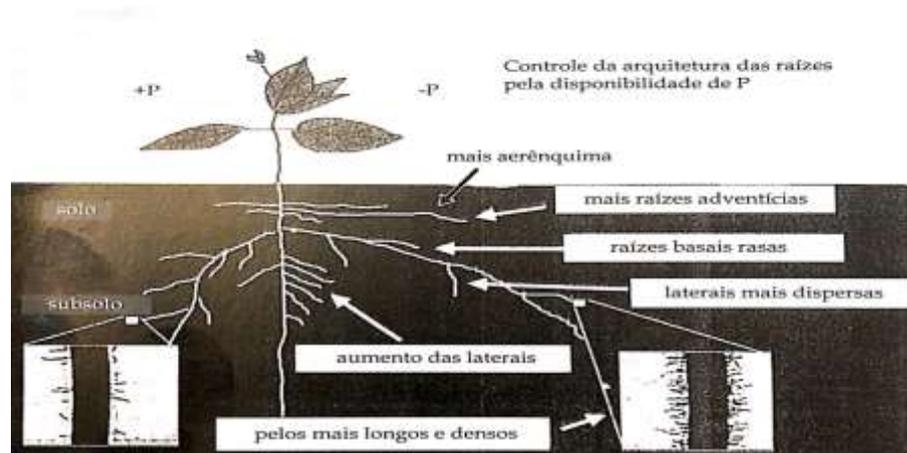


Figura 2 Modificações na arquitetura radicular pela disponibilidade de P no solo (Fernandes et al., 2018).

O potássio (K) é o único cátion monovalente essencial para todas as plantas superiores, sendo o mais abundante no citoplasma. Atua como ativador de várias enzimas durante a fotossíntese, a respiração e a síntese proteica. Atuando também na abertura dos estômatos, transporte do floema, osmorregulação, extensão celular e equilíbrio entre cátions e ânions (Chitarra & Chitarra, 2005).

Todos os canais e transportadores de  $K^+$  conhecidos são relacionados a uma única família proteica. A diferença entre os membros da família de transportadores e de canais está no seu acoplamento energético, afinidade e seletividade (Lebaudy et al., 2007). Nas plantas superiores, as proteínas de transporte possuem importante papel na absorção de  $K^+$  e na sua distribuição e redistribuição por toda a planta (Dreyer & Blatt, 2009) (Figura 3).

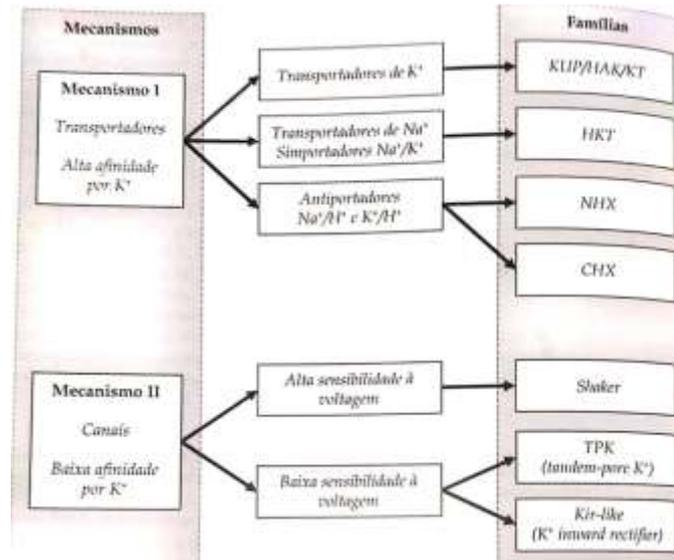


Figura 3 Principais mecanismos e famílias de canais e de transportadores de  $K^+$  em plantas superiores (Fernandes et al., 2018).

Transportadores KUP/HAK/KT, fazem o transporte ativo de  $K^+$  em células de plantas. Esses canais foram identificados em caules (hipocótilos e hastes da inflorescência), folhas (cotilédones e folhas jovens), raízes (epiderme) e flores, tendo como função de: 1. Absorção e translocação de  $K^+$ ; 2. expansão celular; 3. Alongamento de pelos radiculares (Fernandes et al., 2018).

Os do tipo HKT, transportam  $Na^+$ , atuam como transportadores simporte (substâncias translocam-se em mesma direção)  $Na^+/K^+$ , Os transportadores das famílias NPX e CHX foram identificadas como do tipo antiporte (substâncias translocam-se em direções opostas) do tipo  $K^+/H^+$  (Wang & Wu, 2013).

Os canais do tipo TPK, foram observados em raízes (ponta e zona de alongamento), folhas (mesófilo e células-guarda), flores (sépalas e antenas) e pólen (tubo polínico), tendo como função: 1. Liberação de  $K^+$  no vacúolo; 2. Fechamento estomático; 3. Homeostase intracelular (Fernandes et al., 2018).

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. O K é considerado o nutriente mais importante na bananeira, devido à grande acumulação nos tecidos desta planta. Assim, o K é o principal cátion nas células da bananeira, mesmo que não

desempenhe um papel direto na estrutura das mesmas, age em reações de catálises que são fundamentais, tais como: respiração, formação de clorofila, fotossíntese e regulação hídrica. O K tem relação direta com a síntese, o transporte e a acumulação de açúcares, permitindo o crescimento do fruto e determinando sua qualidade (Ganeshamurthy et al., 2011).

De acordo com Hoffmann et al (2010), os nutrientes mais absorvidos pela bananeira são:  $K > N > S > Mg > Ca > P$ . No entanto, o manejo nutricional é uma prática que deve ser utilizada para trazer benefícios econômicos ao produtor. Isso corresponde ao aumento nutritivo, maior rendimento, reduzindo as perdas. Esses fatores estimularão a qualidade do fertilizante para promover a adoção de melhores práticas de manejo (IPNI, 2012). O objetivo da utilização de nutrientes (Tabela 1) é aumentar o desempenho global dos sistemas de cultivo, fornecendo economicamente qualidade à produção, minimizando as perdas de nutrientes no campo garantindo a sustentabilidade do sistema agrícola para a fertilidade do solo (Mikkelsen et al., 2012).

Tabela 1 Resumo de algumas funções dos elementos minerais que agem na formação e na conservação da qualidade dos frutos.

<b>Elemento</b>	<b>Compostos/Funções</b>	<b>Fonte</b>
<b>Nitrogênio</b>	<b>Faz parte de aminoácidos, proteínas, coenzimas, ácidos nucleicos e vitaminas.</b> <b>Participa da fotossíntese, respiração, multiplicação e diferenciação celular.</b>	<b>Malavolta (2006)</b>
<b>Fósforo</b>	<b>Atua no metabolismo energético (ATP).</b> <b>Age nas reações de sínteses de açúcares fosfatados, ácidos nucleicos e coenzimas.</b> <b>Atua na formação e movimentação de carboidratos.</b>	<b>Epstein &amp; Bloom (2006)</b>
<b>Potássio</b>	<b>Ativador de enzimas da fotossíntese e respiração.</b> <b>Determina a turgescência das células. Balanço de sais e água.</b> <b>É muito importante para o metabolismo dos carboidratos.</b> <b>A atividade da amido-sintetase depende do K.</b> <b>Incrementa a fixação do CO<sub>2</sub> e promove o transporte de fotoassimilados</b>	<b>Malavolta (2006)</b> <b>Epstein &amp; Bloom (2006)</b>

## Referencias

- AMORIM, E. P.; COHEN, K. O.; PAES, N. S.; SANTOS-SEREJO, J. A. S.; SILVA, S. O. (2007) Compostos Funcionais em Genótipos de Banana. Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical. CT 123.
- ARMENGAUD, P.; SULPICE, R.; MILLER, A.J.; STITT, M.; AMTMANN, A.; GIBON, Y. (2009). Multilevel analysis of primary metabolism provides new insights into the role of potassium nutrition for glycolysis and nitrogen assimilation in Arabidopsis roots. *Plant Physiol.* 150, 772–785.
- AZIZ, N.; FARAG, S.; MOUSA, L.; ABO-ZAID, M. (1997). Comparative antibacterial and antifungal effects of some phenolic compounds. *Microbios*, 93(374), 43-54.
- BAREKYE, A.; TONGOONA, P.; DERERA, J.; TUSHEMEREIRWE, W. K. (2009). Variation in diploid (AA) and tetraploid (AAAA) banana populations for black Sigatoka resistance and agronomic traits. *African Crop Science Journal*, 9, 509–516.
- BECHO, J.R.M.; MACHADO, H.; GUERRA, M.O. (2009). Rutina – estrutura, metabolismo e potencial farmacológico. *Revista Interdisciplinar de Estudos Experimentais*, 1, 21-25.
- BEKUNDA, M. A.; WOOMER, P. L. (1996). Organic resource management in banana-based cropping systems of the Lake Victoria basin, Uganda. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 59, 171–180. [https://doi.org/10.1016/0167-8809\(96\)01057-2](https://doi.org/10.1016/0167-8809(96)01057-2)
- BOOTS, A. W.; HAENEN, G. R.; BAST, A. (2008). Health effects of quercetin: From antioxidante to nutraceutical. *European Journal Pharmacology*, 585(2–3), 325-337.
- BORGES, A. L. (2004). Calagem e adubação. In: Borges, A.L.; Souza, L.S. (Eds.) *O cultivo da Bananeira*. Cruz das Almas: EMBRAPA. p. 32-43.
- CASTAÑEDA-GARZÓN, S. A.; URREGO-DUQUE, L. F.; SÁNCHEZ-CORREDOR, M. C. (2017). Variantes moleculares en el gen PARK2 en pacientes colombianos con enfermedad de Parkinson. Estudio piloto entre el 2013 y 2014. *Revista Médicas UIS*. 30(3):31-38.
- CHAMPION, J. **Les bananiers et leur culture**: botanique et genetique. Paris: IFAC, 1967. v.1, 214p.
- CHAPARRO, J. M.; BADRI D. V.; BAKKER, M. G.; SUGIYAMA, A.; MANTER, D. K.; VIVANCO, J. M. (2013). Root exudation of phytochemicals in Arabidopsis follows specific

patterns that are developmentally programmed and correlate with soil microbial functions. *PLoS One*. 8(2):e55731.

CHAVES, S. W. P.; AROUCHA, E. M. M.; PONTES FILHO, F. S.; DE MEDEIROS, J. F.; DE SOUZA, M. S.; DE S NUNES, G. H. (2014). Conservação Pós-Colheita de Melão Cantaloupe Cultivado em Diferentes Doses de N e K. *Horticultura Brasileira*, 32(04).

CHEN, J. H.; HO, C. T. (1997). Antioxidant activities of caffeic acid and its related hydroxycinnamic acid compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45(7), 2374-2378.

CHENG, J. C.; DAI, F.; ZHOU, B.; YANG, L.; LIU, Z. L. (2007). Antioxidant activity of hydroxycinnamic acid derivatives in human low density lipoprotein: Mechanism and structure–activity relationship. *Food Chemistry*, 104(1), 132-139.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. (2005). Pós-colheita de Frutas e Hortaliças: fisiologia e manuseio. UFLA. Lavras. 2:140-141.

CHOUDHARY, S. P.; TRAN, L. S. (2011). Phytosterols: perspectives in human nutrition and clinical therapy. *Current Medicinal Chemistry*, 18: 4557–4567.

CHRISTENSEN, P.; SMARTS D. R. (2005). Foliar fertilization in vine mineral nutrient management programs. The soil environment on vine mineral nutrition symposium (p. 83–90). San Diego, California: American Society for Enology and Viticulture, ASEV.

COUTINHO, M. A. S.; MUZITANO, M. F.; COSTA, S. S. (2009). Flavonoides: Potenciais agentes terapêuticos para o processo inflamatório. *Revista Virtual de Química*, Rio de Janeiro. 1(3):241-256.

CURI, R.; LAGRANHA, C. J.; DOI, S. Q.; SELLITTI, D. F.; PROCOPIO, J.; PITHON-CURI, T. C.; CORLESS, M.; NEWSHOLME, P. (2005). Molecular mechanisms of glutamine action. *J Cell Physiol*. 204:392-401. 4.

DELORENZE, G. N.; MCCOY, L.; TSAI, A. L.; QUESENBERRY, C. P. J.; RICE, T.; IL'YASOVA, D.; WRENSCH, M. (2010). Daily intake of antioxidants in relation to survival among adult patients diagnosed with malignant glioma. *BMC Cancer*, 10: 215.

DINKELOO, K.; BOYD, S.; PILOT, G. (2018). Update on amino acid transporter functions and on possible amino acid sensing mechanisms in plants. *Semin Cell Dev. Biol*. 74:105-13.

DREYER, I.; BLATT, M. R. (2009). What makes gate? The ins and outs of Kv-like K<sup>+</sup>Channels in plants. *Trends Plant Sci*. 14(7):383-90.

EPSTEIN, E. (1972). Mineral nutrition of plants: principles and perspectives. 1. New York. John Wiley & Sons.

EPSTEIN, E., BLOOM, A. J. Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas. Londrina: Ed. Planta. 401. 2006.

FAGERIA, N.K.; BALIGAR, V.C. (2005). Enhancing nitrogen use efficiency in crop plants. In: Sparks, D.L. (Ed.), *Advances in Agronomy*. Academic Press, Cambridge, MA, USA, pp. 97–185.

FAOstat, 2017. FAO Crop Statistics Online. <http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E>.

FEIL, B. (1997). The inverse yield-protein relationship in cereals: possibilities and limitations for genetically improving the grain protein yield. *Trends Agron.* 1, 103–119.

FAOSTAT, F.N. (2017). World fertilizer trends and outlook to 2020. available at: <http://www.fao.org/3/a-i6895e.pdf>.

FAQUIN, V. (2001). Nutrição mineral de plantas. Lavras: UFLA/Faepe, 182p.

FELLMAN J.K.; RUDELL D.R.; MATTINSON D.S.; MATTHEIS J.P. (2003). Relationship of harvest maturity to flavor regeneration after CA storage of ‘Delicious’ apples. *Posthar. Biol. Tech.* 27(1): 39-51.

FERGUSON, L. R.; ZHU, S. T.; HARRIS, P. J. (2005). Antioxidant and antigenotoxic effects of plant cell wall hydroxycinnamic acids in cultured HT-29 cells. *Molecular Nutrition & Food Research*, 49: 585–593.

FERNANDES, A. A. H.; NOVELLI, E. L. B.; OKOSHI, K.; OKOSHI, M. P.; DI MUZIO, B. P.; GUIMARÃES, J. F. C.; JUNIOR, A. F. (2010). Influence of rutin treatment on biochemical alterations in experimental diabetes. *Biomed Pharmacother.* 64:214–9.

FERNANDES, M. S.; SOUZA, S. R.; SANTOS, L. A. (2018). Nutrição Mineral de Plantas. Sociedade Brasileira de Ciência do solo. Viçosa, 2:3-6.

FORIERI, I.; STICHT, C.; REICHEL, M.; GRETZ, N.; HAWKESFORD, M.J.; MALAGOLI, M.; WIRTZ, M.; HELL, R. (2017). System analysis of metabolism and the transcriptome in *Arabidopsis thaliana* roots reveals differential co-regulation upon iron, sulfur and potassium deficiency. *Plant Cell Environ.* 40, 95–107.

FUNGO, R.; PILLAY, M. (2011).  $\beta$ -Carotene content of selected banana genotypes from Uganda. *African Journal of Biotechnology*, 10, 5423– 5430. <https://doi.org/10.5897/ajb10.1047>

GANESHAMURTHY, N.; SATISHA, G.; PRAKASH PATIL, P. (2011). 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.

GARBE, D. (2000). Cinnamic Acid. *Ullmann’s Encyclopedia of Industrial Chemistry*. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co, KGaA.

GIRACCA, E. M. N.; NUNES, J. L. D. S. Agrolink.(2015). Disponível em: <<http://www.agrolink.com.br/fertilizantes/Nutrientes.aspx>>. Acesso em: 08 junho 2016.

GOLD, C. S.; KAGEZI, G. H.; NIGHT, G.; RAGAMA, P. E. (2004). The effects of banana weevil, *Cosmopolites sordidus* (Germar), damage on highland banana growth, yield and stand duration in Uganda. *Annals of Applied Biology*, 145, 263–269. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2004.tb00382.x>

GONZÁLEZ-MONTELONGO, R., LOBO, M. G., GONZÁLEZ, M. Antioxidant activity in banana peel extracts: Testing extraction conditions and related bioactive compounds. *Food Chemistry*, 119(3), 1030–1039. 2010.

HA, S.; TRAN, L. S. (2014). Understanding plant responses to phosphorus starvation for improvement of plant tolerance to phosphorus deficiency by biotechnological approaches. *Crit Rev Biotechnol*. 34(1):16-30.

HAWKESFORD, M. J. (2014). Reducing the reliance on nitrogen fertilizer for wheat production. *J. Cereal Sci.* 59, 276–283.

HAWKESFORD, M. J. (2017). Genetic variation in traits for nitrogen use efficiency in wheat. *J. Exp. Bot.* 68, 2627–2632.

HILÁRIO, M. O. E.; TERRERI, M. T.; LEN, C. A. (2006). Anti-inflamatórios não-hormonais: inibidores da ciclooxigenase 2. *Jornal de Pediatria*. 82(5):206-212.

HISINGER, P.; PLASSARD, C.; TANG, C.; JAILLARD, B. (2003). Origins of root-mediated pH changes in the rhizosphere and their responses to environmental constraints: a review. *Plant Soil*. 248(1-2):43-59.

HOFFMANN, R. B.; OLIVEIRA, F. H. T.; SOUZA, A. P.; GHEYI, H. R.; SOUZA JÚNIOR, R. F. (2010). Acúmulo de matéria seca e de macronutrientes em cultivares de bananeira irrigada. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 32:268-275.

HUSSAIN, M.T.; VERMA, A.R.; VIJAYAKUMAR, M.; SHARMA, A.; MATHELAM, C.S.; RAO, C.V. (2009). Rutin, a natural flavonoid, protects against gastric mucosal damage in experimental animals. *Asian Journal of Traditional Medicines*, 4, 188-197.

IBGE. Tabela 188. Rendimento médio, por ano da safra e produtos das lavouras. Disponível em <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/188#resultado>>. Acesso em dezembro 2020.

IKEDA, I.; KOBAYASHI, M.; HAMADA, T.; TSUDA, K.; GOTO, H.; IMAIZUMI, K.; NOZAWA, A.; SUGIMOTO A.; KAKUDA, T. (2003). Heat-epimerized tea catechins rich in gallic catechin gallate and catechin gallate are more effective to inhibit cholesterol absorption than tea catechins rich in epigallocatechin gallate and epicatechin gallate. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51: 7303–7307.  
*International Journal of Pest Management*, 45, 41–49. <https://doi.org/10.1080/096708799228030>

IPNI (International Plant Nutrition Institute). (2012). 4R plant nutrition: A manual for improving the management of plant nutrition Bruulsema, T.W., Fixen, P.E., Sulewski, G.D. ((eds.). Norcross, GA, USA: International Plant Nutrition Institute.

ISRAELI, Y.; LAHAV, E. (1986). Banana. In: MONSELISE, S.P. Handbook of fruit set and development. Boca Raton: CRC Press. p.45-73.

KISHOR, H.; ABHIJITH, Y. C.; MANJUNATHA, N. (2017). Micropropagation of native cultivars of banana- A critical review. *International Journal of Pure & Applied Bioscience*, 5(5), 1559-1564. DOI: 10.18782/2320-7051.5209

KROUK, G.; LACOMBE, B.; BIELACH, A.; PERRIE-WALKER, F.; MALINSKA, K.; MOUNIER, E.; HOYEROVA, K.; TILLARD, P.; LEON, S.; LJUNG, K.; ZAZIMALOVA, E.; BENKOVA, E.; NACRY, P.; GOJON, A. (2010). Nitrate-regulated auxin transport by NRT1.1: defines a mechanism for nutrient sensing in plants. *Dev Cell*. 18(6):927:37.

KUKLIN, A. I.; CONGER, B. V. (1995). Catecholamines in plants. *Journal of the Plant Growth Regulation*, 14: 91–97.

KUMAR, A. R.; KUMAR, N. (2008). Nutrição de potássio em banana. *The Asian Journal of Horticulture*. 3:479-482.

KUMAR, N.; PRUTHI, V. (2014). Potential applications of ferulic acid from natural sources. *Biotechnology Reports (Amsterdam, Netherlands)*, 4: 86–93.

LADHA, J.K.; TIROL-PADRE, A.; REDDY, C.K.; CASSMAN, K.G.; VERMA, S.; POWLSON, D.S.; VAN KESSEL, C.; RICHTER, D.D.; CHAKRABORTY, D.; PATHAK, H.. (2016). Global nitrogen budgets in cereals: a 50-year assessment for maize, rice, and wheat production systems. *Sci. Rep.* 6, 19355. <https://doi.org/10.1038/srep19355>.

LEBAUDY, A.; VERY, A. A. (2007). SENTENAC, H. K. + channel activity in plants: genes, regulations e functions *FEBS Lett.* 581(12):2357-66.

LI, C.; FORD, E. S.; ZHAO, G.; BALLUZ, L. S.; GILES, W. H.; LIU, S. (2011). Serum  $\alpha$ -carotene concentrations and risk of death among US adults: the third national health and nutrition examination survey follow-up study. *Archives of Internal Medicine*, 171: 507–515.

LOPES, R. M.; OLIVEIRA, T. T.; NAGEM, T. J.; PINTO, A. S. (2010) Farmacologia de flavonoides no controle hiperlipidêmico em animais experimentais. *Biociência* 1:18-22.

MALAVOLTA, E. Manual de nutrição mineral de plantas. Piracicaba: Ceres. 638. 2006.

MARIN, D. H.; ROMERO, R. A.; GUZMAN, M.; SUTTON, T. B. (2003). Black Sigatoka: An increasing threat to banana cultivation. *Plant Disease*, 87, 208–222. <https://doi.org/10.1094/pdis.2003.87.3.208>

MARSCHNER, H. (1995) Mineral nutrition of higher plants. 2:889. London, Academic Press.

MARTINS, M. B. M.; GASPAROTTO, L.; MOREIRA, A. (2016). Sigatoka-preta em bananeira cultivada na região Centro-Sul do Estado de Mato Grosso, Brasil . *Revista De Ciências Agrárias* 59: 74 - 79 .

MEDINA, J.C. (1985). Banana – Cultura, matéria-prima, processamento e aspectos econômicos. Campinas: ITAL. p.1-131.

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

MESSIAS, A. S.; SILVA, D. J.; FREIRE, F. J.; SILVA, M. C. L. (2008). Manual de Recomendação de Adubação para o Estado de Pernambuco: 2ª aproximação. 3 ed. Instituto Agronômico de Pernambuco (IPA).

MEURER, E.J. (2006). Potássio. In: FERNANDES, M.S. Nutrição mineral de plantas. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa. p.281-298.

MIKKELSEN, R.; JENSEN, T. L.; SNYDER, C.; BRUULSEMA, T. W. (2012). Chapter 9. Nutrient management planning and accountability. In Bruulsema, T.W., Fixen, P.E., Sulewski, G.D. (eds.), 4R Plant nutrition: A manual for improving the management of plant nutrition. Norcross, GA, USA: International Plant Nutrition Institute.

MONTEIRO, R. O. C.; COLARES, D. S.; COSTA, R. N. T.; LEÃO, M. C. S.; AGUIAR, J. V. A. (2006). Função de resposta do meloeiro a diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio. *Horticultura Brasileira*, v.24, p.455-459.

MORAIS, D. R.; ROTTA, E. M.; SARGI, S. C.; SCHMIDT, E. M.; BONAFE, E. G.; EBERLIN, M. N.; VISENTAINER, J. V. (2015). Antioxidant activity, phenolics and UPLC-ESI(-)-MS of extracts from different tropical fruits parts and processed peels. *Food Research International*, 77, 392-399.

- MOREIRA, A.; BORGES, A. L.; ARRUDA, M. R.; PEREIRA, J. C. R. (2010). Nutrição e fertilização de bananas na região amazônica . Em *cultivo de banana no norte do Brasil* , eds L. Gasparotto e JCR Pereira , 97 - 132 . Manaus, Brasil : Embrapa Amazônia Ocidental .
- MORIN, C. (1976). Cultivo de Frutales Tropicais. Lima: Librerias ABC,1967. 448p. NUR, N. Studies on pollination in Musaceae. *Annals of Botany*, v.40, n.166, p.167-177.
- NAHER, U. A.; SALEQUE, M. A.; PANHWAR, Q. A.; RADZIAH, O.; JUSOP, S. (2011). Techniques of efficient fertilizer management for wetland rice – A review. *Australian Journal of Crop Sciences*, 5(12):1661–69.
- NEVES, L. C. (2009). Manual Pós-colheita da Fruticultura Brasileira. Londrina. EUDEL.
- NEWSHOLME, P.; PROCOPIO, J.; LIMA, M. M. R.; PITHON-CURI, T. C.; CURI, R. (2003). Glutamine and glutamate – their central role in cell metabolism and function. *Cell Biochem Funct.* 21:1-9.
- NIYONGERE, C.; LOSENGE, T.; ATEKE, E. M.; NKEZABAHIZI, D.; BLOMME, G.; LEPOINT, P. (2012). Occurrence and distribution of banana bunchy top disease in the Great Lakes Region of Africa. *Tree and Forestry Science and. Biotechnology*, 6, 102–107.
- OCAN, D.; MUKASA, H. H.; RUBAIHAYO, P. R.; TINZAARA, W.; BLOMME, G. (2008). Effects of banana weevil damage on plant growth and yield of East African Musa genotypes. *Journal of Applied Biosciences*, 9, 407–415.
- OCIMATI, W.; NAKATO, G. V.; FIABOE, K. K. M.; BEED, F.; BLOMME, G. (2014). Incomplete systemic movement of *Xanthomonas campestris* pv. *Musacearum* and the occurrence of latent infections in *Xanthomonas* wilt-infected banana mats. *Plant Pathology*, 64, 81–90. <https://doi.org/10.1111/ppa.12233>
- OLIVEIRA, I. D.; ARAÚJO, R. S.; DUTRA, L. G.; ARAUJO, R. S.; RAVA, C. A.; STONE, L. F.; ZIMMERMANN, M. D. O. (1996). Nutrição mineral e fixação biológica de nitrogênio. *Cultura do feijoeiro comum no Brasil*. Piracicaba: Potafos, 169-221.
- PASSO TSAMO, C. V.; HERENT, M. F.; TOMEKPE, K.; HAPPI EMAGA, T.; QUETIN-LECLERCQ, J.; ROGEZ, H.; ANDRE, C. (2015) Phenolic profiling in the pulp and peel of nine plantain cultivars (*Musa* sp.). *Food Chemistry*, 167, 197-204.
- PASSO TSAMO, C. V.; HERENT, M. F.; TOMEKPE, K.; HAPPI EMAGA, T.; QUETIN-LECLERCQ, J.; ROGEZ, H.; ANDRE, C. M. (2015). Effect of boiling on phenolic profiles determined using HPLC/ESI-LTQ-Orbitrap-MS, physico-chemical parameters of six plantain banana cultivars (*Musa* sp). *Journal of Food Composition and Analysis*, 44, 158-169.
- PEREIRA, D. F.; CAZAROLLI, L. H.; LAVADO, C.; MENGATTO, V.; FIGUEIREDO, M. S. R. B.; GUEDES, A.; PIZZOLATTI, M. G.; SILVA, F. R. M. B. (2011). Effects of

flavonoids on  $\alpha$ -glucosidase activity: potential targets for glucose homeostasis. *Nutrition*. 27:1161-7.

PEREIRA, R. J.; CARDOSO, M. G. (2012). Metabólitos secundários vegetais e benefícios antioxidantes. Vegetable secondary metabolites and antioxidants benefits. *Journal Of Biotechnology And Biodiversity*. 1:146-152.

PEREIRA, J. C.; GASPAROTTO, R.L.; BENCHIMOL, R.L. (2010) . Doença da banana . No *cultivo da banana no Norte do Brasil* , EDS L. Gasparotto , e JCR Pereira , 215 - 50 . Manaus, Brasil : Embrapa Amazônia Ocidental .

PEREZ-VIZCAINO, F., DUARTE, J. (2010). Flavonols and cardiovascular disease. *Molecular Aspects of Medicine*, 31: 478–494.

PINITPAITON, S.; BELL, R.W.; SUWANARIT, A. (2011). The significance of available nutrient fluxes in N and P budgets for maize cropping on a Rhodic Kandistox: a study with compost, NP fertilizer and stubble removal. *Nutr. Cycl. Agroecosys*. 89(2):199-217

PLOETZ, R. C. (2015). Fusarium wilt of banana. *Phytopathology*, 105, 1512–1521. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-04-15-0101-RVW>

RAIJ, B. V. (1991). Fertilidade do solo e adubação. Ed. Ceres/Potafos, Piracicaba, São Paulo, Brasil, 343 p.

RAMIREZ, J.; JARVIS, A.; VAN DEN BERGH, I.; STAVER, C.; TURNER, D. (2011). Chapter 20: Changing climates: Effects on growing conditions for banana and plantain (*Musa* spp.) and possible responses. In S. Yadav, B. Redden, J. L. Hattfield, & H. Lotze-Campen (Eds.), *Crop adaptation to climate change* (pp. 426–438). Chichester, UK: Wiley-Blackwell Publishing Ltd.

RANIERI, L. M.; DELANI, T. C. O. (2014) Banana Verde (*Musa* Spp): Obtenção Da Biomassa E Ações Fisiológicas Do Amido Resistente. *Revista Uningá*. Maringá, Paraná. 20(3):43-49.

RASOOL, M. K.; SABINA, E. P.; RAMYA, S. R.; PREETY, P.; PATEL, S.; MANDAL, N.; MISHRA, P. P.; SAMUEL, J. (2010) Hepatoprotective and antioxidant effects of gallic acid in paracetamol-induced liver damage in mice. *The Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 62: 638–643.

RAVI, I.; UMA, S. (2011). Phenotyping bananas and plantains for adaptation to drought. In M. Philippe, & R. Jean-Marcel (Eds.), *Drought phenotyping in crops: From theory to practice*. Texcoco, Mexico: CGIAR Generation Challenge Programme/CIMMYT.

RAVI, I.; UMA, S.; VAGANAN, M. M.; MUSTAFFA, M. M. (2013). Phenotyping bananas for drought resistance. *Frontiers in Physiology*, 4, <https://doi.org/10.3389/fphys.2013.00009>

REBELLO, L. P. G.; RAMOS, A. M.; PERTUZATTI, P. B.; BARCIA, M. T.; CASTILLO-MUÑOZ, N.; HERMOSÍN-GUTIÉRREZ, I. (2014) Flour of banana (*Musa AAA*) peel as a source of antioxidant phenolic compounds. *Food Research International*, 55, 397-403.

ROWBOTTOM, D. G.; KEAST, D.; MORTON, A. R. (1996). The emerging role of glutamine as an indicator of exercise stress and overtraining. *Sports Med.* 21:80-97.

RUETER, D.J.; ROBINSON, J.B. (1986). *Plant Analysis: an Interpretation Manual*. CSIRO Publishing, Collingwood, Australia.

SHEPHERD, K. Banana research at I.C.T.A. **Tropical Agriculture**, Surrey, v.51, p.485-489, 1974.

SIANG, S. T. (1983) Use of combined traditional Chinese and Western medicine in the management of burns. *Panminerva medica*, 25: 197–202.

SIDHU, J. S., ZAFAR, T. A. (2018) Bioactive compounds in banana fruits and their health benefits. *Food Quality and Safety*. 2:183–188.

SILVA, V. A. (2015). Sensor elétrico de contato aplicado como auxiliador no reconhecimento de atributos do solo para o desenvolvimento da agricultura familiar. UniCEUB. Brasília.

SILVA, J. T. A.; BORGES, A. L.; CARVALHO, J. G.; DAMASCENO, J. E.

A. (2003). Aproveitamento com nitrogênio e potássio na cultura da banana irrigada cv. 'Prata-Anã', em três ciclos. *Revista Brasileira De Fruticultura* 25: 152 - 55. doi: 10.1590 / S0100-29452003000100042.

SIMMONDS, N. W. (1995). Bananas. In: SMART, J.; SIMMONDS, N. W. *Evolution of crops plants*. Logan Scientific e Thecnical. New York: J Wiley.

SINHA, R. K.; SAHA, P. R.; DAS, A. B.; JENA, S. N.; SINHA, S. (2018). In vitro clonal propagation of *Musa sp.* Cultivar Gopi: A palatable banana of Tripura, India. *American Journal of Plant Biology*, 3(1), 12-16. DOI: 10.11648/j.ajpb.20180301.13

SOMEYA, S.; YOSHIKI, Y.; OKUBO, K. (2002). Antioxidant compounds from bananas (*Musa Cavendish*). *Food Chemistry*, 79(3), 351–354. [http://dx.doi.org/10.1016/S0308-8146\(02\)00186-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0308-8146(02)00186-3). 2002.

SOUSA, A. E. C.; BEZERRA, F. M. L.; SOUSA, C. H. C. (2010). Produtividade do meloeiro sob lâmina de irrigação e adubação potássica. *Engenharia Agrícola*, v.30, p.271-278.

SOUSA, M. A.; ANDRADE, J. W. S.; SILVA, N. F.; CUNHA, F. N.; TEIXEIRA, M. B.: 218  
FILHO, R. R. G. (2012). Análise econômica de dois híbridos de melão rendilhado, cultivados  
219 em ambiente protegido. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, Fortaleza, v.6, 220 n.1,  
p.41-50.

SPEIJER, P. R. (1999). East African Highland banana production as influenced by nematodes  
and crop management in Uganda.

SWENNEN, R.; CARPENTIER, S. C.; HENRY, I. M.; VERTOMMEN, A.; VANDEN  
HOUWE, I.; KOVACS, G.; PANIS, B. (2011). From fundamental research discoveries to  
applications for banana improvement. *Acta Horticulturae*, 897, 47–53.  
<https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2011.897.3>

TABATA, R.; SUMIDA, K.; YOSHII, T.; OHYAMA, K.; SHINOHARA, H.;  
MATSUBAYASHI, M. (2014). Perception of root-derived peptides by shoot LRR-RKs  
mediates systemic N-demand signaling. *Science*. 346(6207):343-6.

TAIZ, L., ZEIGER, E. *Fisiologia vegetal*. 4. Porto Alegre: Art Med. 2013.

TAÍZ, L.; ZIEGER, E. *Fisiologia vegetal*. Trad. SANTARÉM, E.R. et al., 3º ed., Porto  
Alegre: Artemed, 2004, p.719.

TAÍZ, L.; ZIEGER, E. *Fisiologia vegetal*. Trad. SANTARÉM, E.R. et al., 3º ed., Porto  
Alegre: Artemed, 2004, p.719.

TEGEDER, M, Transporters involved in source to sink partitioning of amino acids and  
reides opportunities for crop improvement. *J Exp. Bot.* 65 (7): 1865-78. 2014.

TEIXEIRA, L. A. J. (2005). Tópicos de Nutrição e Adubação de Bananeira [Tópicos de  
Nutrição e Adubação de Bananeira] . Em *Reunião Itinerante de Fitossanidade do Instituto  
Biológico* , eds Instituto Biológico, 66 - 79 . Registro, Brasil : Instituto Biológico .

TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G. (2008). Dinâmica do potássio nos resíduos vegetais de  
plantas de cobertura no cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 32, 1609-1618.

TRIPATHI, L.; TRIPATHI, J. N.; TUSHEMEREIRWE, W. K.; ARINAITWE, G.; KIGGUNDU, A. (2013). Transgenic bananas with enhanced resistance against *Xanthomonas* wilt disease. *Acta Horticulturae*, 974, 81–90. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2013.974.9>

TUBEROSA, R. (2012). Phenotyping for drought tolerance of crops in the genomics era. *Frontiers in Physiology*, 3, <https://doi.org/10.3389/fphys.2012.00347>

VAN ASTEN, P. J. A.; FERMONT, A. M.; TAULYA, G. (2011). Drought is a major yield loss factor for rainfed East African highland banana. *Agricultural Water Management*, 98, 541–552. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2010.10.005>

VANHOVE, A. C.; VERMAELEN, W.; PANIS, B.; SWENNEN, R.; CARPENTIER, S.C. (2012). 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*, 3, <https://doi.org/10.3389/fpls.2012.00176>

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, T. V. A.; SALES, I. G. M.; SOUSA, V. F.; AZEVEDO, B. M.; FURLAN, R. A.; COSTA, S. C. 2007. Produtividade do meloeiro fertirrigado com potássio em ambiente protegido. *Horticultura Brasileira*, v.25, p.460-463.

VU, H. T., SCARLETT, C. J., VUONG, Q. V. Optimization of ultrasound-assisted extraction conditions for recovery of phenolic compounds and antioxidant capacity from banana (*Musa cavendish*) peel. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2016.

VU, H. T., SCARLETT, C. J., VUONG, Q. V. Phenolic compounds within banana peel and their potential uses: A review. *Journal of Functional Foods*, 40, 238-248. 2018.

VYSOTSKAYA, L. B., TREKOZOVA, A. W., KUDOYAROVA, G. R. Effect of phosphorus starvation on hormone content and growth of barley plants. *Acta Physiol Plant*. 169(4):2822-31. 2015.

WAGHMARE, J. S., KURHADE, A. H. GC-MS analysis of bioactive compound from banana peel (*Musa sapientum* peel). *European Journal of Experimental Biology*, 4(5), 10-15. 2014.

WANG, Y., WU, W-H. Potassium transport and signaling in higher plants. *Annu Ver Plant Biol*. 64(1):451-76. 2013.

WARREN, C . R. Organic N molecules in the soil solution: What is unknown and the path forwards. *Plant Soil*. 375 (1-2): 1-19. 2014.

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

WILLIAMSON, G., MANACH, C. Bioavailability and bioefficacy of polyphenols in humans. II. Review of 93 intervention studies. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 81: 243S–255S. 2005.

WILT, T., ISHANI, A., MACDONALD, R., STARK, G., MULROW, C., LAU, J. Betasitosterols for benign prostatic hyperplasia. *Cochrane Database Systematic Reviews*, 3. 1999.

WU, P., NI, J. J., LUO, A. C. QTLs underlying rice tolerance to low-potassium stress in rice seedlings. *Crop Sci*. 38(6):1458-62. 1998.

YANG, X. J., FINNEGAN, P. M. Regulation of phosphate starvation responses in higher plants. *Ann Bot*. 105(4):513-26. 2010.

YIN, X., QUAN, J., KANAZAWA, T. Banana prevents plasma oxidative stress in healthy individuals. *Plant Foods for Human Nutrition*, 63: 71–76. 2008.

YOUNG, S. N. How to increase serotonin in the human brain without drugs. *Journal of Psychiatry & Neuroscience: JPN*, 32: 394–399. 2007.

ZO'RB, C., SENBAYRAM, M., PEITER, E., 2014. Potassium in agriculture – status and perspectives. *J. Plant Physiol*. 171, 656–669.

#### **4. CAPÍTULO I:**

### **FISIOLOGIA DA MATURAÇÃO E QUALIDADE DOS FRUTOS DE BANANEIRA 'VITÓRIA' SOB RELAÇÕES DE NITROGÊNIO E POTÁSSIO EM DOIS CICLOS DE PRODUÇÃO**

## RESUMO

A bananicultura é uma atividade frutícola predominante nas regiões tropicais quentes e úmidas do mundo com chuvas abundantes, incluindo África, América Latina, Caribe, Ásia e Pacífico. Entretanto, as cultivares tradicionais são suscetíveis a doenças e apresentam características de qualidade que comprometem a comercialização em mercados mais competitivos. Assim, faz-se necessário a introdução de cultivares mais resistentes e produtivas para que se possa superar os desafios de atender as correntes demandas de mercado. Portanto, o objetivo desta pesquisa foi avaliar a fisiologia da maturação e qualidade dos frutos da bananeira 'Vitória' introduzida no Brejo Paraibano sob diferentes combinações de nitrogênio e potássio. O delineamento experimental foi o de parcela subdividida no tempo em blocos ao acaso, sendo os tratamentos das parcelas dois ciclos de cultivo (1ª e 2ª produção) e, na subparcela, os tratamentos foram 5 doses de nitrogênio N (15; 90; 150; 210 e 285 g planta<sup>-1</sup>) e 5 de potássio (24; 144; 240; 336 e 456 g planta<sup>-1</sup>), combinados conforme a matriz Pan Puebla III. Após a colheita, os frutos foram avaliados quanto a: atividade respiratória, características físicas, físico-químicas, sensoriais e propriedades funcionais. Doses elevadas de N proporcionam aumento do comprimento, massa, coloração, brilho, acidez, conteúdo de polifenóis e atividade antioxidante. As combinações de K e N influenciaram a atividade respiratória. A dose correspondente a 285 Kg ha<sup>-1</sup>, de nitrogênio associados a 24 Kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>, de potássio, foram obtidos os maiores valores da SS/AT. Níveis correspondentes a 210 kg ha<sup>-1</sup> de Nitrogênio e 336 kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> de Potássio e altas doses de K, proporcionam frutos com maior aceitação pelos painelistas, e maiores características de qualidade e propriedades funcionais, sendo nestes aspectos a combinação que melhor adequou-se a obtenção de máxima qualidade nas condições de cultivo no Brejo Paraibano.

Palavras-chave: atividade respiratória; qualidade pós-colheita; aceitação sensorial; atividade antioxidante.

## ABSTRACT

Brazilian banana production in 2020 was 14,719 Kg ha<sup>-1</sup> of the product, the state of Paraíba stood out for presenting production of 13,010 Kg ha<sup>-1</sup>. Banana farming is an agricultural activity cultivated in several countries, mainly in the hot and humid tropical regions of the world with abundant rainfall, including Africa, Latin America, the Caribbean, Asia and the Pacific. The objective of the research is to evaluate the physiology of the maturation and quality of 'Vitória' banana fruits under different concentrations of Nitrogen and Potassium in the Brejo Paraibano region. The experimental design used was that of a plot subdivided over time in random blocks, with the treatments of the plots consisting of two cultivation cycles (1st and 2nd production) and, in the subplot, the treatments consisting of five doses of nitrogen N (15; 90; 150; 210 and 285 g plant<sup>-1</sup>) and potassium (24; 144; 240; 336 and 456 g plant<sup>-1</sup>), combined according to the Pan Puebla III matrix. After harvesting, the fruits were sent to the Post Harvest Biology and Technology laboratory at the Center for Agricultural Sciences, Campus II, Areia, PB. identified and evaluated for: length and diameter (mm), determined with the aid of a digital caliper, obtaining the measurements from the apical to perpendicular zone and from the upper to lower region of the whole fruits; fresh pasta (g), using a semi-analytical scale; firmness of intact fruits (N), by means of a Magness Taylor Pressure Tester<sup>®</sup> bench penetrometer, with the reading being performed in the central zone, on the upper and lower regions of the fruit; coloration of the skin and pulp, using a Konica Minolta<sup>®</sup> CR400 colorimeter, evaluated by the L \*, a \* and b \* system, by reflectance. In each fruit, 2 shots were made in the central area of the skin and pulp, content of soluble solids (%) (SS), titratable acidity (AT), the SS / AT ratio, hydrogen potential (pH), total carotenoids, yellow flavonoids, anthocyanins. They were evaluated for antioxidant activity by DPPH and ABTS, as well as the levels of polyphenols. The dose corresponding to 129 Kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> associated with 150 Kg ha<sup>-1</sup> of nitrogen, presents SS / AT ratio. When using 285 Kg ha<sup>-1</sup>, of nitrogen associated with 24 Kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>, of potassium, it is obtained the greatest results for this variable. Fertilization levels corresponding to 210 kg ha<sup>-1</sup> of Nitrogen and 336 Kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> of Potassium and high doses of K, provide fruits with good acceptance by panelists, this being the combination that suited the cultivation conditions in the Brejo Paraibano.

Keywords: respiratory activity; postharvest quality; sensory reception; antioxidant activity.

## Introdução

A produção brasileira de banana no ano de 2020 corresponde a 14.719 Kg ha<sup>-1</sup> do produto, o estado da Paraíba destacou-se por apresentar produção de 13.010 Kg ha<sup>-1</sup>, sendo essa cultura, importante no setor agrícola do estado, tendo potencial importância na comercialização de seus frutos (IBGE, 2020).

A bananicultura é uma atividade agrícola cultivada em vários países, principalmente nas regiões tropicais quentes e úmidas do mundo com chuvas abundantes, incluindo África, América Latina, Caribe, Ásia e Pacífico. Na África, mais de 70 milhões de pessoas obtêm 25% de sua energia dietética oriundas da alimentação a base de banana (Edward & Freddy, 2012).

A banana (*Musa* spp.) é considerada a quarta commodity alimentar mais importante em todo o mundo depois do arroz, trigo e milho e é cultivada em mais de 10 milhões de hectares em 100 países (Kishor et al., 2017), sendo reconhecida por seus frutos apresentarem fonte de carboidratos, proteínas, vitaminas e minerais (Saha et al., 2016).

As bananas são altamente eficientes na produção fotométrica em um curto período de tempo (Melo et al., 2010) e, portanto, exigem quantidades expressivas de nutrientes, especialmente nitrogênio (N) Fosforo (P) e potássio (K). Esses nutrientes são os mais exigidos por essa cultura, afetando o desenvolvimento da planta, além de influenciar o número de pencas e de frutos (Kumar & Kumar, 2008).

Na nutrição nitrogenada, controla-se, a taxa de crescimento das plantas. Quase todo o nitrogênio encontrado na forma orgânica é representado principalmente por aminoácidos e proteínas, além de ser componente de vitaminas, coenzimas e das bases purínicas. O N pode estar disponível para as plantas em diferentes formas, como nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), amônio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), ureia, aminoácidos, peptídeos solúveis e formas complexas insolúveis. Em geral, em solos

aerados, há predominância de  $\text{NO}_3^-$  (Krouk et al., 2010), mas em condições tropicais, é possível detectar o acúmulo de  $\text{NH}_4^-$ , e não de  $\text{NO}_3^-$ , mesmo em solos aerados (Fernandes et al., 2018).

O potássio (K) é o único cátion monovalente essencial para todas as plantas superiores, sendo o mais abundante no citoplasma. Atua como ativador de várias enzimas durante a fotossíntese, a respiração e a síntese proteica. Atuando também na abertura dos estômatos, transporte do floema, osmorregulação, extensão celular e equilíbrio entre cátions e ânions (Chitarra & Chitarra, 2005). Todos os canais e transportadores de  $\text{K}^+$  conhecidos são relacionados a uma única família proteica. A diferença entre os membros da família de transportadores e de canais está no seu acoplamento energético, afinidade e seletividade (Lebaudy et al., 2007). Nas plantas superiores, as proteínas de transporte possuem importante papel na absorção de  $\text{K}^+$  e na sua distribuição e redistribuição por toda a planta (Dreyer & Blatt, 2009).

De acordo com Hoffmann et al (2010), os nutrientes mais absorvidos pela bananeira são:  $\text{K} > \text{N} > \text{S} > \text{Mg} > \text{Ca} > \text{P}$ . No entanto, o manejo nutricional é uma prática que deve ser utilizada para trazer benefícios econômicos ao produtor. Isso corresponde ao aumento nutritivo, maior rendimento, reduzindo as perdas. Esses fatores estimularão a qualidade do fertilizante para promover a adoção de melhores práticas de manejo (IPNI, 2012). O objetivo da utilização de nutrientes é aumentar o desempenho global dos sistemas de cultivo, fornecendo economicamente qualidade à produção, minimizando as perdas de nutrientes no campo garantindo a sustentabilidade do sistema agrícola para a fertilidade do solo (Mikkelsen et al., 2012).

O objetivo da pesquisa é avaliar a fisiologia da maturação e qualidade dos frutos de banana 'Vitória' sob diferentes concentrações de Nitrogênio e Potássio na região do Brejo Paraibano.

## Material e Métodos

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).

O experimento desenvolvido em condições de campo, foi 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. O solo da área experimental é 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 2.

As mudas foram submetidas ao processo de rustificação iniciado 30 dias antes da realização do plantio no campo. Foram cultivadas a 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 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.

Tabela 2 Atributos químicos e físicos do solo, na camada de 0 - 20 e 20 - 40 cm de profundidade, da área experimental, Bananeiras 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 floculação	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.

O preparo da área para instalação do experimento foi realizado por meio de aração e em seguida gradagem para incorporação dos restos culturais. Posteriormente, foi realizado o coveamento utilizando-se um perfurador de solo, modelo PSH C/broca de 9"/12" CX – 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.

No campo o experimento subdividiu-se em parcelas no tempo, desmembrando em blocos ao acaso, sendo os tratamentos das parcelas constituídos por dois ciclos de cultivo (1<sup>a</sup> e 2<sup>a</sup> 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 3), 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 3 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 4).

Tabela 4 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  $144 \text{ g planta}^{-1}$ , 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.

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 a que os frutos da deste estudo 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.

Após a colheita, os frutos foram encaminhados para o laboratório de Biologia e Tecnologia Pós Colheita no Centro de Ciências Agrárias, Campus II, Areia, PB.

Os frutos foram acondicionados em recipientes dotados de entrada e saída controlada de ar sob sistema de fluxo contínuo de gás O<sub>2</sub>. As leituras foram iniciadas após 12 horas e duraram 13 dias. Realizou-se a coleta com o uso seringa capacidade de 1 mL, sendo injetada no analisador de CO<sub>2</sub> Sable Systems PA-10a. Para os cálculos da taxa respiratória foi aplicada equação, descrita por Nakamura et al. (2003).

No laboratório, os frutos colhidos na maturidade comercial, foram sanitizados com solução de hipoclorito de sódio a 50 ppm de cloro livre, identificados e avaliados quanto a: comprimento e diâmetro (mm), determinados com o auxílio de paquímetro digital, obtendo as medidas da zona apical a perpendicular e da região superior a inferior dos frutos íntegros; massa fresca (g), utilizando balança semianalítica; firmeza dos frutos íntegros (N), por meio de penetrômetro de bancada Magness Taylor Pressure Tester<sup>®</sup>, sendo realizada a leitura na zona central, sobre as regiões superior e inferior do fruto; coloração da casca e polpa, utilizando colorímetro CR400 da Konica Minolta<sup>®</sup>, avaliado pelo sistema L\*, a\* e b\*, por refletância. Em cada fruto, fez-se 2 disparos na zona central da casca e da polpa, sobre as duas regiões (Fernandes, 2013).

Determinou-se o teor de Sólidos solúveis (%) (SS) por meio de leitura direta com refratômetro de bancada, acidez titulável (AT), por titulometria, utilizando solução de NaOH 0,1M com indicador fenolftaleína; a relação SS/AT, realizada mediante divisão dos índices de SS por AT. O potencial hidrogeniônico (pH), utilizando potenciômetro digital; carotenoides

totais utilizando 7g do fruto inteiro para 7 mL da solução extratora ( $\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$ ) foram determinados conforme Higby (1962). Os flavonoides amarelos ( $\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$ ), por espectrofotometria, conforme Francis (1982), utilizando 3 g do fruto inteiro para 8 mL da solução extratora.

Realizou-se a extração dos compostos fenólicos conforme a metodologia estabelecida por Larrauri et al. (1997), utilizando 3 g de polpa congelada em ultrafreezer a  $-85 \text{ }^\circ\text{C}$ , sendo adicionado 4 mL de metanol a 50%, passando por repouso de uma hora com centrifugação de 20 minutos a 9.000 rpm para a realização da extração. Em seguida, retirou-se o sobrenadante, colocando-o em recipiente graduado e etiquetado. Adicionou-se ao resíduo, 4 mL de acetona 70%, para extração por uma hora, sendo centrifugado por 20 minutos a 9.000 rpm. O sobrenadante foi retirado e adicionado no recipiente que continha o primeiro sobrenadante, sendo o volume completado para 10 mL com água destilada.

Para a determinação dos polifenóis extraíveis totais (PET), tomou-se alíquota de 0,1 mL do extrato fenólico, sendo seu volume aferido a 1 mL com água destilada, (alíquota estabelecida com base na curva padrão de ácido gálico - 0 a  $50 \mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ ), sendo adicionado 1 mL do reagente Folin-Ciocalteu, 2 mL de carbonato de sódio 20% e 2 mL de água destilada. Para a atividade antioxidante total pela captura do radical  $\text{ABTS}^{\cdot+}$  ( $\mu\text{g}$  de Trolox  $\text{g}$  polpa $^{-1}$ ), preparou-se o radical utilizando 5 mL da solução de  $\text{ABTS}^{\cdot+}$  (7 mM) com 88  $\mu\text{L}$  da solução de persulfato de potássio 140 mM, repousando em temperatura ambiente por 16 horas na ausência de luz. Antes da realização dos testes o radical foi diluído em álcool etílico até atingir absorvância de  $0,700 \pm 0,05$  nma 734 nm. A partir do extrato fenólico, foram preparadas três diluições de 10, 20 e 30  $\mu\text{L}$ . A 3 mL de radical  $\text{ABTS}^{\cdot+}$  (700 nm), foram adicionados 30  $\mu\text{L}$  de cada diluição e a absorvância foi lida após 6 minutos, a 734 nm. Para a determinação, tomou-se como base a curva padrão do Trolox com concentrações variando de 100 a 2000  $\mu\text{M}$ , respeitando a faixa de linearidade da curva. Os resultados foram expressos em  $\mu\text{M}$  de Trolox.g massa fresca $^{-1}$ . A

atividade antioxidante por DPPH foi determinada por três diluições (200, 600 e 1000  $\mu\text{L mL}^{-1}$ ). As leituras foram realizadas 30 minutos após a adição da solução contendo radicais 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) (Dantas et al., 2015).

Na análise sensorial, utilizou-se testes com escalas hedônicas estruturadas, tendo para tanto 12 julgadores treinados para avaliação das características de aparência e sabor da banana. Todas as amostras foram codificadas e oferecidas para os julgadores em condições controladas em cabines individuais. Para a análise dos resultados, cada julgador foi considerado como uma repetição.

As variáveis analisadas para aparência foram Danos e manchas com escala estruturada de 9 pontos (9-extremamente forte; 8-moderadamente forte; 7-regularmente forte; 6-ligeiramente forte; 5-nem forte nem fraco; 4-ligeiramente fraco; 3-regularmente fraco; 2-moderadamente fraco; 1-ausente/extremamente fraco). A cor, aparência, tamanho e avaliação global com escala estruturada de 5 pontos (5-Adorei; 4-Gostei; 3-Indiferente; 2-Não Gostei; 1-Detestei). Intenção de Compra foi analisada com escala estruturada de 5 pontos (5-certamente compraria; 4-possivelmente compraria; 3-talvez comprasse talvez não; 2-possivelmente não compraria; 1-certamente não compraria).

Para as variáveis sabor e textura, foi utilizada escala de nove pontos (9-gostei extremamente; 8-gostei moderadamente; 7-gostei regularmente; 6-gostei ligeiramente; 5-nem gostei nem desgostei; 4-desgostei ligeiramente; 3-desgostei regularmente; 2-desgostei moderadamente; 1-desgostei extremamente). Para a percepção da textura utilizou-se a escala de nove pontos (9-extremamente macia; 8-moderadamente macia; 7-regularmente macia; 6-ligeiramente macia; 5-nem macia nem dura; 4-ligeiramente dura; 3-regularmente dura; 2-moderadamente dura; 1-extremamente dura). Para as variáveis de suculência, sabor característico, sabor estranho, sabor aguado, sabor doce e sabor ácido, foi utilizada escala estruturadas em 9 pontos (9-extremamente forte; 8-moderadamente forte; 7-regularmente forte;

6-ligeiramente forte; 5-nem forte nem fraco; 4-ligeiramente fraco; 3-regularmente fraco; 2-moderadamente fraco; 1-ausente/extremamente fraco). Contudo, para a aceitação global foram: 9-gostei extremamente; 8-gostei moderadamente; 7-gostei regularmente; 6-gostei ligeiramente; 5-nem gostei nem desgostei; 4-desgostei ligeiramente; 3-desgostei regularmente; 2-desgostei moderadamente; 1-desgostei extremamente. Em relação a intenção de compra, foi utilizada escala estruturada de 5 pontos: 5-certamente compraria; 4-possivelmente compraria; 3-talvez comprasse talvez não; 2-possivelmente não compraria; 1-certamente não compraria.

O planejamento experimental utilizado em laboratório corresponde a um Delineamento em Blocos Casualizados (DBC), com 3 repetições. Foram testadas 10 doses de N e K, utilizando ureia e cloreto de potássio como fontes de adubação. Os resultados foram submetidos à análise de variância utilizando o Software SAS<sup>®</sup> (Statistical Analysis Software). Para avaliar o efeito das doses, foi utilizado superfície de resposta e regressão polinomial para efeito isolado das fontes. Na avaliação sensorial, aplicou-se o teste de Scott-Knott para comparação das médias, utilizando o SISVAR<sup>®</sup> como software estatístico.

## Resultados e Discussão

Na taxa respiratória, o climatério variou de 15 a 40 mg CO<sub>2</sub> Kg h<sup>-1</sup>, no primeiro ciclo de produção e no segundo ciclo houve um aumento da taxa respiratória de 20 a 180 mg CO<sub>2</sub> Kg h<sup>-1</sup>, independentemente da fonte de N ou dose de potássio, variando sua maturação ao longo dos dias de armazenamento, por ser um fruto climatérico (Ezura & Owino, 2008) (Figura 5). Bananas que foram adubadas com a combinação da menor dose de ureia com a maior dose de K, atingiram elevados picos respiratórios. Os tratamentos que corresponderam a doses equivalentes de 210 Kg ha<sup>-1</sup> nitrogênio e níveis de potássio que se encontravam na faixa de 144 e 336 Kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>, apresentaram os maiores picos respiratórios durante o primeiro ciclo de produção, tendo em vista que no segundo ciclo de produção, houve diferenças na taxa

respiratória desses tratamentos, onde o tratamento que corresponde ao uso de 210 Kg ha<sup>-1</sup>, de nitrogênio e 144 Kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>, demonstrou resposta semelhante ao primeiro ciclo, mas com uma elevada taxa respiratória, obtendo pico climatérico correspondente a 180 mg CO<sub>2</sub> Kg h<sup>-1</sup>, porém o tratamento que recebeu a mesma dosagem de Nitrogênio e 336 Kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>, houve uma redução na respiração no segundo ciclo de produção com faixa de 120 mg CO<sub>2</sub> Kg h<sup>-1</sup>, os demais tratamentos obtiveram valores do climatério inferiores, onde apenas no segundo ciclo o tratamento com menor dose de N e K, obteve valores elevados quanto a taxa respiratória, isso devido a possíveis níveis de estresse, pela falta de nutrientes.

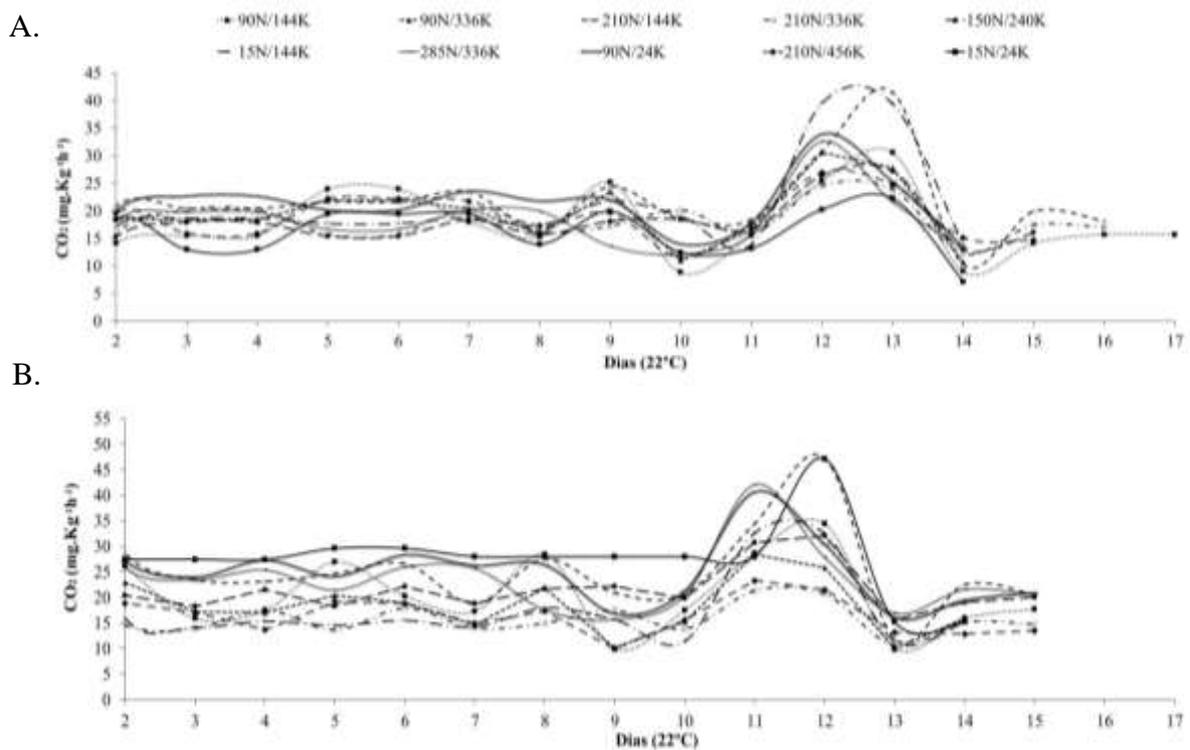


Figura 4 Taxa respiratória do 1° (A) e 2° (B) ciclos de produção, medidos sob a condição ambiente (23±2°C e 55±2%UR) de frutos da Bananeira ‘Vitória’, cultivado sob diferentes doses de Nitrogênio (Ureia) associadas a diferentes doses de Potássio.

O comprimento de frutos de banana sob cultivo de diferentes doses de N e K, (Figura 6A), variou de 171 a 223 mm, em resposta a adubação, nitrogênio em elevadas concentrações. O diâmetro dos frutos (Figura 6B), variou de 26, 89 a 48,48 mm, para essa variável. Elevadas

doses de nitrogênio associadas a níveis inferiores de potássio, tendem a apresentar frutos com menor diâmetro, onde as doses que apresentaram respostas frutos com índice maior foram as de 129 a 444 Kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>, associados a elevados níveis de N. O uso de 24 Kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> associado a níveis elevados de Nitrogênio os frutos apresentaram diâmetro próximo a 30 mm.

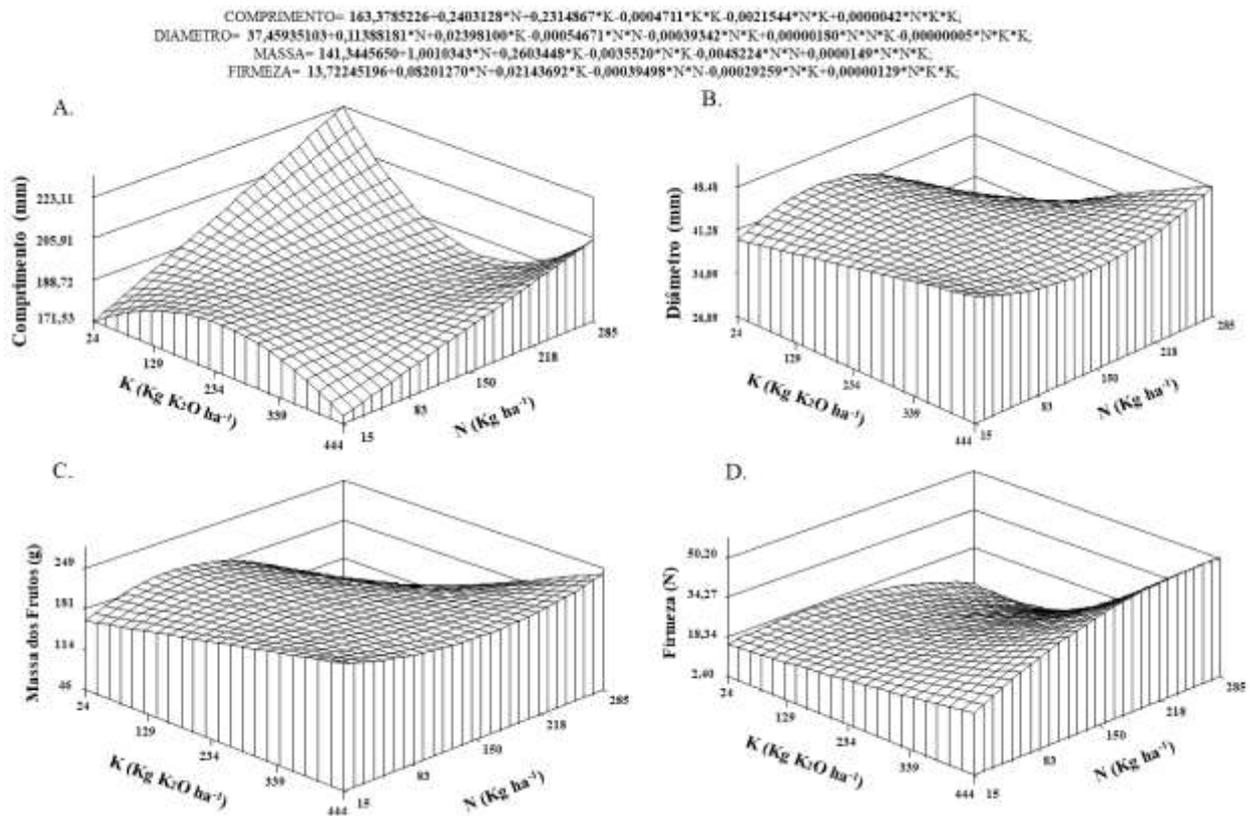


Figura 5 Comprimento (A), Diâmetro (B), Massa dos Frutos (C) e Firmeza (D) de frutos de Bananeira 'Vitória', do 1º ciclo de cultivo sob diferentes doses de Nitrogênio (Ureia) associadas a diferentes doses de Potássio.

A massa dos frutos (Figura 6C), variou de 46 a 249 g, sendo que frutos de plantas com doses elevadas de nitrogênio associadas a níveis inferiores de potássio, tenderam a apresentar menor massa. Frutos com maiores massas foram os de 129 a 444 Kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>, associados a elevados níveis de N. O uso de 24 Kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> associado a níveis elevados de Nitrogênio os frutos apresentam massa próximo a 46 g, tendo relação direta com os resultados obtidos nas variáveis comprimento e diâmetro. Para a firmeza (Figura 6D), os resultados obtidos variaram de 2,4 a 50, 2 Newton (N), onde frutos mais firmes, foram os que receberam elevadas doses de

potássio. Elevadas concentrações de Nitrogênio, associadas a baixas doses de Potássio, reduziram a firmeza dos frutos de banana.

A coloração da casca para o parâmetro  $L^*$  da casca (Figura 7A), variou de 63 a 67,03, mostrando que à medida que aumentam os níveis de potássio associados a baixas doses de nitrogênio, favorecem frutos com maior brilho, enquanto doses intermediárias de ambos os nutrientes, proporciona níveis de brilho da casca mais baixos. O parâmetro  $a^*$  da casca (Figura 7B), variou de 4,84 a 6,7, mostrando assim que a tonalidade amarelada foi atingida na casca dos frutos de banana, de modo que a medida que se aumenta as concentrações de nitrogênio, a coloração amarelada tende a se expressar com maior intensidade. O parâmetro  $b^*$  da casca (Figura 7C), houve variação de 35,52 a 74, isso devido as cores de transição que variam do azul ao amarelo, mostrando que para esse parâmetro o potássio é um nutriente importante para a garantia da tonalidade amarelada dos frutos, onde a medida que se aumenta os níveis de potássio e reduz os níveis de nitrogênio, a intensidade da cor da casca aumenta.

Na coloração da polpa, para o parâmetro  $L^*$  (Figura 7D) de 71 a 80, quanto maior as doses de nitrogênio, maior a intensidade do brilho na polpa, porém, quanto maior os níveis de potássio, menor a intensidade. Para o parâmetro  $a^*$  da polpa (Figura 3E), houve variação de 2,71 a 3,87, onde, a maior dose de nitrogênio  $285 \text{ Kg ha}^{-1}$ , associada a  $24 \text{ Kg K}_2\text{O ha}^{-1}$ , apresentam maiores resultados dessa variável. O parâmetro  $b^*$  da polpa (Figura 3F), houve variação de 24 a 29, a medida que se aumenta os níveis de potássio e aumenta os níveis de nitrogênio, a intensidade da cor da casca é reduzida.

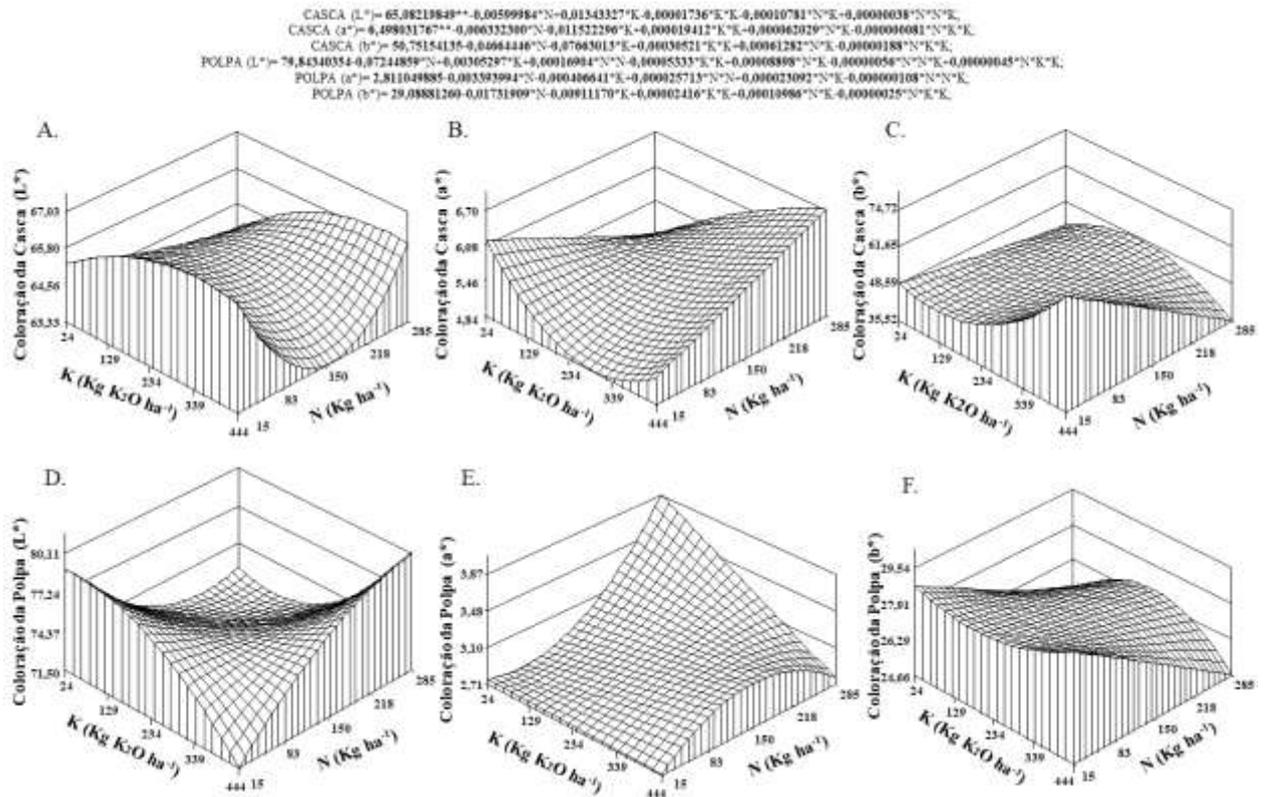


Figura 6 Coloração da casca L\* (A), Coloração da casca a\* (B), Coloração da casca b\* (C), Coloração da polpa L\* (D), Coloração da polpa a\* (E) e Coloração da polpa b\* (F) de frutos de Bananeira ‘Vitória’, do 1º ciclo de cultivo sob diferentes doses de Nitrogênio (Ureia) associada a diferentes doses de potássio.

Os Sólidos solúveis (Figura 8A), apresentaram resultados que variaram de 9,19% a 30,65%, onde, ao utilizar 285 Kg ha<sup>-1</sup>, de nitrogênio associados a 24 Kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>, de potássio, é obtido os maiores resultados para essa variável. Já a acidez titulável (Figura 8B), demonstrou efeito crescente mediante os níveis de potássio, onde para com o uso de nitrogênio, apenas a dose com média de 150 Kg ha<sup>-1</sup>, apresentou menor acidez, tendo como resultado 0,192 mg. 100g<sup>-1</sup>. A relação ente o teor de sólidos solúveis e a acidez (SS/AT) (Figura 8C), em níveis elevados de nitrogênio, foram obtidos resultados crescentes, onde apenas na dose correspondente a 150 Kg ha<sup>-1</sup>, desse nutriente, que resultou em níveis mínimos da variável. A dose correspondente a 129 Kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> associada a 150 Kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, apresentam relação SS/AT acima de 72.

O Potencial Hidrogeniônico (pH) (Figura 8D), para a dose de 129 Kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> associada a 150 Kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio o pH ficou em media 4,06, mas o comportamento da variável com relação a adubação utilizada foi que elevados níveis de K favorecem redução na variável, já doses intermediarias de N elevam o pH da polpa dos frutos.

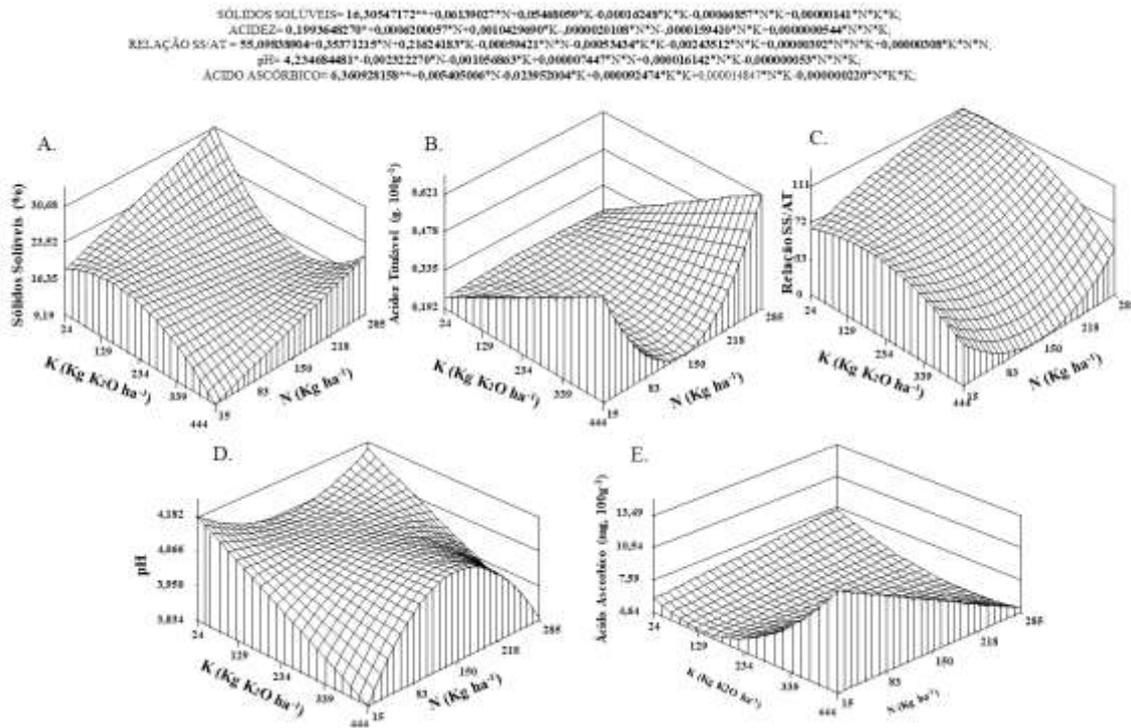


Figura 7 Sólidos solúveis (SS) (A), Acidez titulável (AT) (B), Relação SS/AT (C), pH (D) e Ácido Ascórbico (E) de frutos de Bananeira ‘Vitória’, do 1º ciclo de cultivo sob diferentes doses de Nitrogênio (Ureia) associadas a diferentes doses de Potássio.

Os teores de ácido ascórbico nos frutos de bananeira, variaram de 4,64 a 13,49 mg. 100g<sup>-1</sup>. Frutos de plantas que receberam maiores doses de K, obtiveram maior teor de ácido ascórbico. Doses mínimas de N tiveram maiores teores de ácido ascórbico. Frutos de bananeira que recebem dose de 444 Kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> associada a 15 Kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, tendem a ter níveis de ácido ascórbico acima de 10 mg.100g<sup>-1</sup>.

O conteúdo de carotenoides totais (Figura 9A) foram influenciados pelas doses de N, tendo variação de 1,6 a 30,6  $\mu\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ , sendo os maiores resultados para a variável obtidos entre as doses 218 a 285  $\text{Kg ha}^{-1}$ . O conteúdo de Flavonoides (Figura 9B) quantificados em frutos de banana ‘Vitória’ que receberam adubação com N e K, demonstraram variação de 0,11 a 3,54  $\text{mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ , onde, com o aumento da adubação nitrogenada, os frutos apresentam maior conteúdo do pigmento. Os teores de antocianinas (Figura 9C) em frutos de bananeira variaram de 13 a 201  $\mu\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ .

A atividade antioxidante através da captura do radical DPPH (Figura 10A), banana ‘Vitória’ adubadas com doses de N e K, demonstraram atividade baixa para altos conteúdos de nitrogênio, tendo um aumento dos conteúdos do radical nas doses dessa adubação, já com os teores de ABTS (Figura 10B), os resultados obtidos garantem que o potássio possui efeito antioxidante independente da dose. Frutos que apresentaram baixa atividade antioxidante, foram os que receberam 24  $\text{Kg K}_2\text{O ha}^{-1}$  e 285  $\text{Kg ha}^{-1}$  de N.

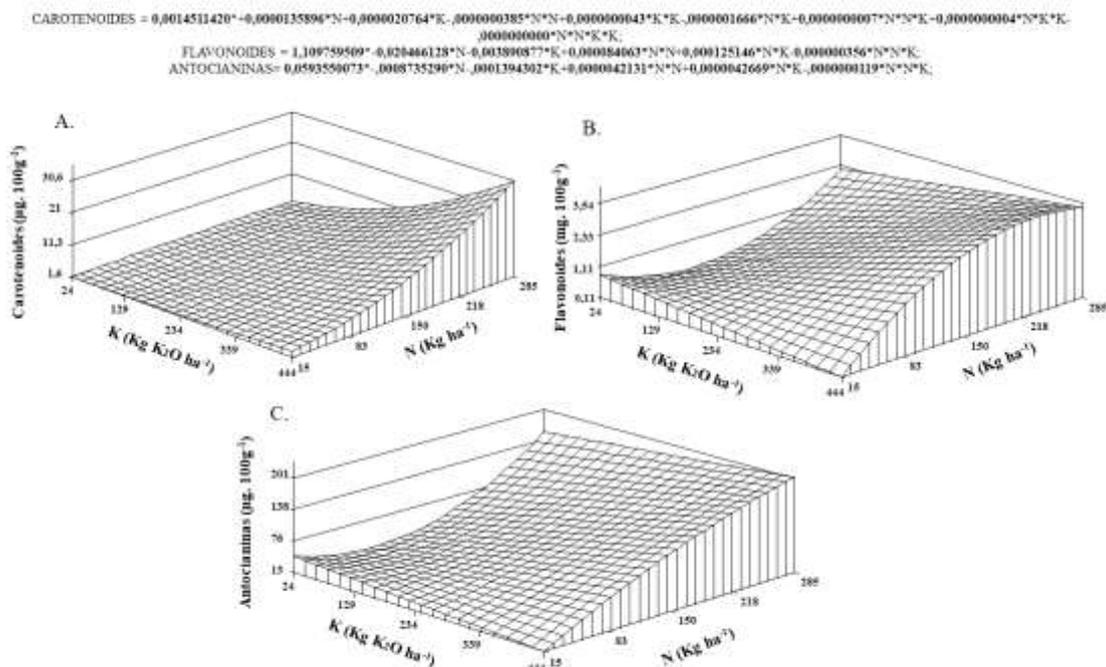


Figura 8 Carotenoides totais (A), Flavonoides (B) e Antocianinas (C) de frutos de Bananeira ‘Vitória’, do 1º ciclo de cultivo sob diferentes doses de Nitrogênio (Ureia) associadas a diferentes doses de Potássio.

A atividade antioxidante através da captura do radical DPPH, banana ‘Vitória’ adubadas com doses de N e K, demonstraram atividade baixa para altos conteúdos de nitrogênio, tendo um aumento dos conteúdos do radical nas doses dessa adubação, já com os teores de ABTS, os resultados obtidos garantem que o potássio possui efeito antioxidante independente da dose. Frutos que apresentaram baixa atividade antioxidante, foram os que receberam 24 Kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> e 285 Kg ha<sup>-1</sup> de N.

Quanto aos níveis de polifenóis, avaliados nos frutos de banana ‘Vitória’, mostraram que houve efeito significativo apenas para as doses de Nitrogênio, plantas que receberam menores quantidades de adubação nitrogenada, obtiveram frutos com maior teor de compostos fenólicos.

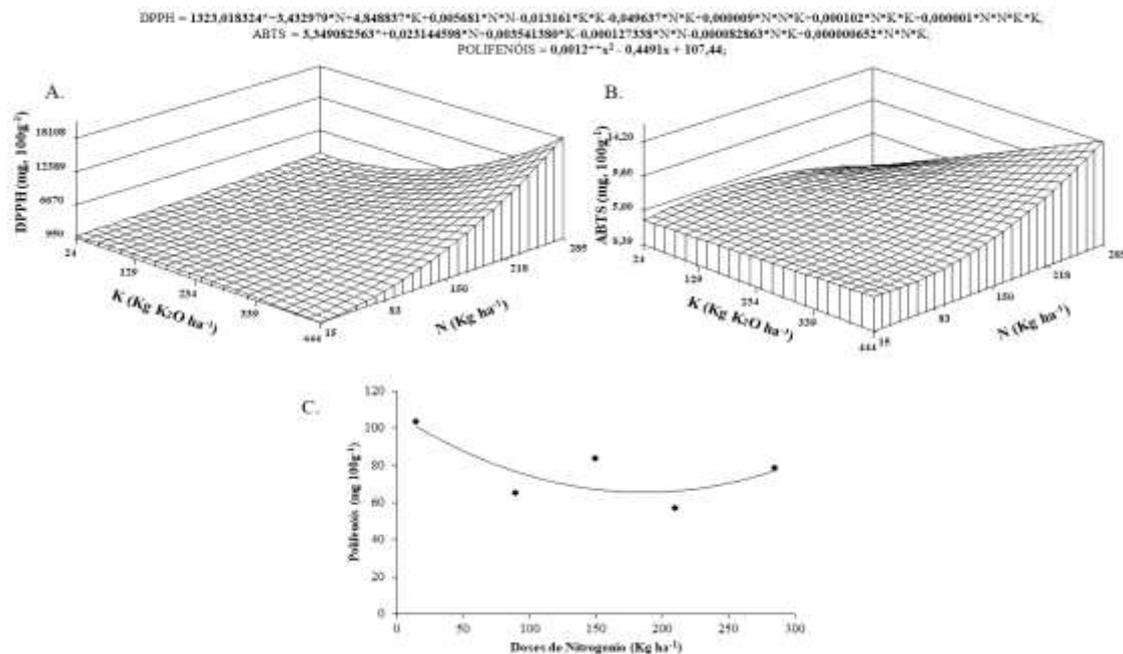


Figura 9 Atividade antioxidante por DPPH (A), ABTS (B) e níveis de Polifenóis (C) de frutos de Bananeira ‘Vitória’, do 1º ciclo cultivo sob diferentes doses de Nitrogênio (Ureia) associadas a diferentes doses de Potássio.

Na avaliação sensorial das características de aparência (Tabela 5), para a coloração os julgadores atribuíram as maiores notas aos frutos dos tratamentos T1 (90N e 144K), T2 (90N e 336K), T3 (210N e 144K), com notas indicando que ‘gostaram de forma regular’. Os

tratamentos que receberam maiores notas foram T4 (210N e 336K), T9 (210N e 456K) e T10 (15N e 24K), tendo os painelistas avaliados como ‘gostaram ligeiramente’. Com relação ao parâmetro aparência os frutos de banana receberam notas que variaram de indiferente a adorei, mostrando assim que os frutos apresentam padrões aceitáveis de aparência. Quanto ao tamanho, a combinação (210N e 144K) e (210N e 336K) apresentaram menores notas. Quanto a aceitação global, frutos de todas as combinações apresentaram para o parâmetro danos nota extremamente fraco, que significa a ausência de danos nos frutos. Para manchas as combinações (90N e 336K), e (90N e 24K) e 10 (15N e 24K), apresentaram frutos com maiores níveis de manchas.

Tabela 5 Coloração (C), Aparência (AP), Tamanho (T), Avaliação Global (AG), Aceitabilidade (AC), Danos (D) e Manchas (M) em frutos de Bananeira ‘Vitória’, do 1º ciclo de cultivo sob combinações de doses de Nitrogênio (Ureia) associadas a doses de Potássio.

Doses (Kg ha <sup>-1</sup> )		Sensorial de Aparência (Escala 1-5)						
N	K	C	AP	T	AG	AC	D	M
90	144	3,36b	3,73b	4,09a	3,82a	3,27b	1,09a	1,27b
90	336	3,82 <sup>a</sup>	3,45b	4,36a	4,00a	3,55a	2,36a	2,55a
210	144	3,27b	3,55b	3,27b	3,18b	3,09b	1,73a	1,73b
210	336	2,91b	3,73 <sup>a</sup>	3,82a	3,36b	3,00b	1,82a	1,64b
150	240	4,18 <sup>a</sup>	4,27 <sup>a</sup>	4,36a	4,36a	4,45a	1,64a	1,82b
15	144	4,45 <sup>a</sup>	4,73 <sup>a</sup>	4,18a	4,36a	4,36a	1,00a	1,09b
285	336	3,64b	4,18 <sup>a</sup>	4,36a	4,27a	3,73a	1,64a	1,64b
90	24	4,09 <sup>a</sup>	4,09 <sup>a</sup>	4,36a	4,00a	3,64a	2,09a	3,00a
210	456	4,55 <sup>a</sup>	4,55 <sup>a</sup>	4,64a	4,64a	4,55a	1,36a	1,82b
15	24	4,09 <sup>a</sup>	4,27 <sup>a</sup>	4,27a	4,18a	4,09a	1,36a	2,27a

Na avaliação sensorial das características de sabor dos frutos de banana ‘Vitória’ (Tabela 6), o parâmetro de sabor avaliado entre os 10 tratamentos os que receberam as maiores notas foram os 2 (90N e 336K), 4 (210N e 336K), 5 (150N e 240K), 6 (15N e 144K) e 9 (210N

e 456K), onde os painelistas consideraram ‘gostei extremamente’ como parâmetro de aceitação, bem como para a variável textura e sua percepção houveram notas considerando o ‘gostei moderadamente’ para todos os tratamentos. Quanto a suculência, os tratamentos receberam notas variando do ‘ligeiramente forte’ ao regularmente forte’, para a variável sabor característico, os tratamentos 3 (210N e 144K), 4 (210N e 336K), 6 (15N e 144K), 9 (210N e 456K) e 10 (15N e 24K), receberam as melhores notas para sabor característico, para todos os tratamentos não houve a presença de sabor estranho, o sabor agulado variou notas de ‘moderadamente fraco’ a ‘ausente’. O sabor doce variou de ‘ligeiramente a regularmente forte’, o sabor ácido para todos os tratamentos foi considerado como ‘ moderadamente fraco a ausente’. Tanto na aceitação global como na intenção de compra, os tratamentos receberam notas equivalentes a ‘gostei extremamente’ e ‘certamente compraria’.

Tabela 6 Sabor (S), Textura (T), Percepção da Textura (PT), Suculencia (SC), Sabor Característico (SC), Sabor Estranho (SE), Sabor Agulado (SA), Sabor Doce (SD), Sabor Ácido (SAC), Avaliação Global (AG) e Intenção de Compra (IC) em frutos de Bananeira ‘Vitória’, do 1º ciclo de cultivo sob combinações de doses de Nitrogênio (Ureia) associadas doses de potássio.

Doses (Kg ha <sup>-1</sup> )		Sensorial de Sabor										
N	K	S	TX	PT	S	SC	SE	SA	SD	SAC	AG	IC
90	144	7,36b	7,64a	8,09 <sup>a</sup>	6,27a	7,09b	1,27a	2,09a	6,64 <sup>a</sup>	1,73a	7,27a	4,36a
90	336	8,73a	8,82a	8,27 <sup>a</sup>	7,09a	8,55b	1,00a	1,91a	7,73 <sup>a</sup>	2,00a	8,55a	5,18a
210	144	7,00b	7,18a	7,55 <sup>a</sup>	7,18a	7,18 <sup>a</sup>	1,73a	1,91a	6,73 <sup>a</sup>	2,45a	7,55a	4,36a
210	336	8,00a	7,91a	8,09 <sup>a</sup>	7,00a	8,27 <sup>a</sup>	1,09a	1,27a	7,55 <sup>a</sup>	1,91a	8,36a	4,82a
150	240	7,73a	7,36a	8,64 <sup>a</sup>	6,45a	7,18b	1,36a	2,36a	7,18 <sup>a</sup>	1,55a	7,27a	3,82a
15	144	8,09a	7,73a	7,91 <sup>a</sup>	7,18a	8,18 <sup>a</sup>	1,55a	2,45a	7,27 <sup>a</sup>	2,55a	8,09a	4,55a
285	336	7,36b	7,82a	7,64 <sup>a</sup>	6,64a	7,64b	1,36a	1,73a	6,64 <sup>a</sup>	2,91a	7,45a	4,18a
90	24	7,36b	8,00a	7,18 <sup>a</sup>	5,91a	7,27b	1,09a	1,82a	7,18 <sup>a</sup>	1,91a	7,64a	4,55a
210	456	8,27a	8,00a	7,82 <sup>a</sup>	7,09a	8,55 <sup>a</sup>	1,36a	2,36a	8,09 <sup>a</sup>	2,09a	8,09a	4,91a
15	24	7,18b	7,36a	8,18 <sup>a</sup>	6,55a	7,82 <sup>a</sup>	1,55a	1,45a	7,64 <sup>a</sup>	1,91a	7,73a	4,18a

Os resultados obtidos no segundo ciclo de produção da banana ‘Vitória’, cultivada sob diferentes doses de Nitrogênio e Potássio, quanto ao comprimento, os frutos que apresentaram maiores valores dessa variável foram os que receberam doses elevadas de potássio associadas aos diferentes níveis de nitrogênio, tendo em vista a grande eficiência do equilíbrio nutricional para com o tamanho dos frutos. Já com relação ao diâmetro dos frutos que apresentaram

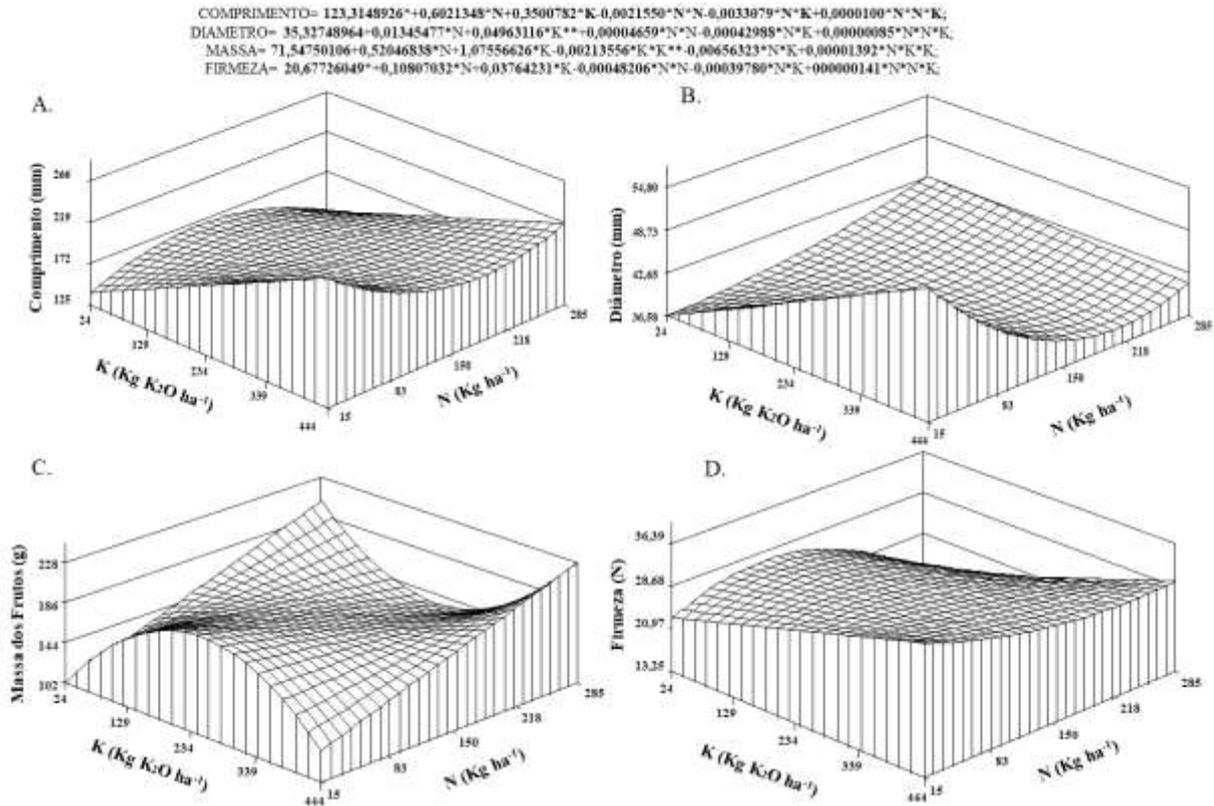


Figura 10 Comprimento (A), Diâmetro (B), Massa dos Frutos (C) e Firmeza (D) de frutos de Bananeira ‘Vitória’, do 2º ciclo de cultivo sob combinações de doses de Nitrogênio (Ureia) associadas a doses de Potássio.

Quanto aos atributos de coloração da casca no segundo ciclo de produção, para o parâmetro  $L^*$  da casca (Figura 11A), houve variação de 51,55 a 59,37, mostrando que os frutos de bananeira à medida que os níveis de potássio são reduzidos na adubação associados a altas doses de nitrogênio, favorecem frutos com maior brilho para esse parâmetro, doses intermediárias de ambos os nutrientes, favorecem níveis de brilho da casca correspondente a 54,16. Já quanto ao parâmetro  $a^*$  da casca (Figura 11B), houve variação de 4,79 a 8,32, mostrando assim que a tonalidade amarelada foi atingida na casca dos frutos de banana, onde, a medida que se aumenta as concentrações de nitrogênio associadas a 444 Kg  $K_2O$   $ha^{-1}$  na adubação da bananeira, a coloração amarelada tende a se expressar com maior intensidade. Já o parâmetro  $b^*$  da casca (Figura 11C), houve variação de 45,99 a 49,48, a medida que se aumenta os níveis de potássio e reduz os níveis de nitrogênio, a intensidade da cor da casca aumenta resultado semelhante ao primeiro ciclo de produção.

Na coloração da polpa, para o parâmetro  $L^*$  (Figura 11D) de 43,63 a 71,39, onde quanto maior as doses de nitrogênio, maior o brilho na polpa de frutos de bananeira, porém, quanto maior os níveis de potássio, maior a intensidade do brilho na polpa, onde esse comportamento diferenciou-se do primeiro ciclo. Para o parâmetro  $a^*$  da polpa (Figura 11E), houve variação de 1,5 a 4,09, onde, a maior dose de nitrogênio 285 Kg  $ha^{-1}$ , associada a 24 Kg  $K_2O$   $ha^{-1}$ , apresentam maiores resultados dessa variável, sendo os resultados semelhantes aos do primeiro ciclo. Já o parâmetro  $b^*$  da polpa (Figura 11F), houve variação de 27,85 a 33,91, a medida que reduz os níveis de potássio independente dos níveis de nitrogênio, a intensidade da cor da casca aumenta no segundo ciclo produtivo.

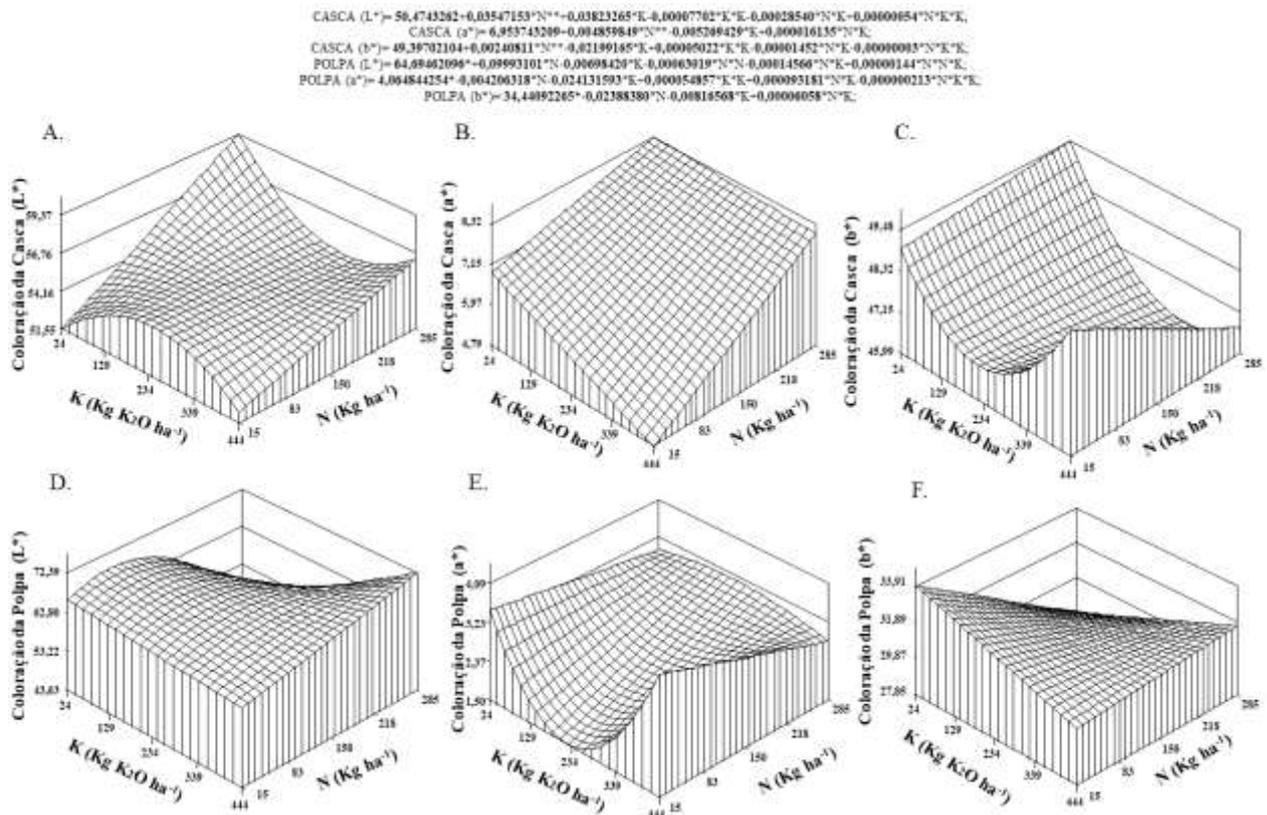


Figura 11 Coloração da casca L\* (A), Coloração da casca a\* (B), Coloração da casca b\* (C), Coloração da polpa L\* (D), Coloração da polpa a\* (E) e Coloração da polpa b\* (F) de frutos de Bananeira ‘Vitória’, do 2º ciclo de cultivo sob diferentes doses de Nitrogênio (Ureia) associadas a diferentes doses de potássio.

Os sólidos solúveis (SS) em bananas do 2º ciclo de produção (Figura 13A), apresentaram variaram de 22,56% a 27,04%, sendo a combinação de 285 Kg ha<sup>-1</sup>, de N associados a 24 Kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>, de K, a que proporcionou as maiores teores, como também observado no 1º ciclo produtivo, entretanto doses intermediárias de K associadas altos níveis de N proporcionam frutos com elevado teor de SS.

Na acidez titulável (AT) nos frutos do 2º ciclo produtivo (Figura 13B), demonstrou efeito decrescente mediante os níveis de potássio, sendo que com o aumento de N observou-se um aumento crescente da variável, 129 Kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> associada a 15 Kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio proporcionam frutos com maior acidez e a menor acidez ocorre nas doses 444 Kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> associada a 15 Kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio obtendo 0,04 mg 100g<sup>-1</sup>. A relação entre os teores de

sólidos solúveis e a acidez (SS/AT) (Figura 13C) em frutos do 2º ciclo de produção, na dose de 218 Kg ha<sup>-1</sup>, de N resultou em níveis mínimos da SS/AT. Frutos da dose de 24 Kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> associada a 150 Kg ha<sup>-1</sup> de N, apresentaram relação SS/AT média de 129,35.

O potencial hidrogeniônico (pH) (Figura 13D) em frutos do 2º ciclo, para dose de 444 Kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> associada a 15 Kg ha<sup>-1</sup> de N foi em média a 4,6. O comportamento do pH com relação a adubação utilizada foi que elevados níveis de K favorecem redução, enquanto doses intermediárias de N elevam o pH da polpa dos frutos, similar ao 1º ciclo.

O teor de ácido ascórbico (Figura 13E) nos frutos de bananeira no 2º ciclo de produção, variou de 4,51 a 7,41 mg. 100g<sup>-1</sup>. Frutos de plantas que receberam maiores doses de K, obtiveram maior teor de ácido ascórbico. Doses mínimas de N apresentaram frutos com maiores teores de ácido ascórbico. Frutos de bananeira que recebem dose de 24 Kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> associada a 285 Kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, apresentaram teores médios de ácido ascórbico de 7,41 mg.100g<sup>-1</sup>.

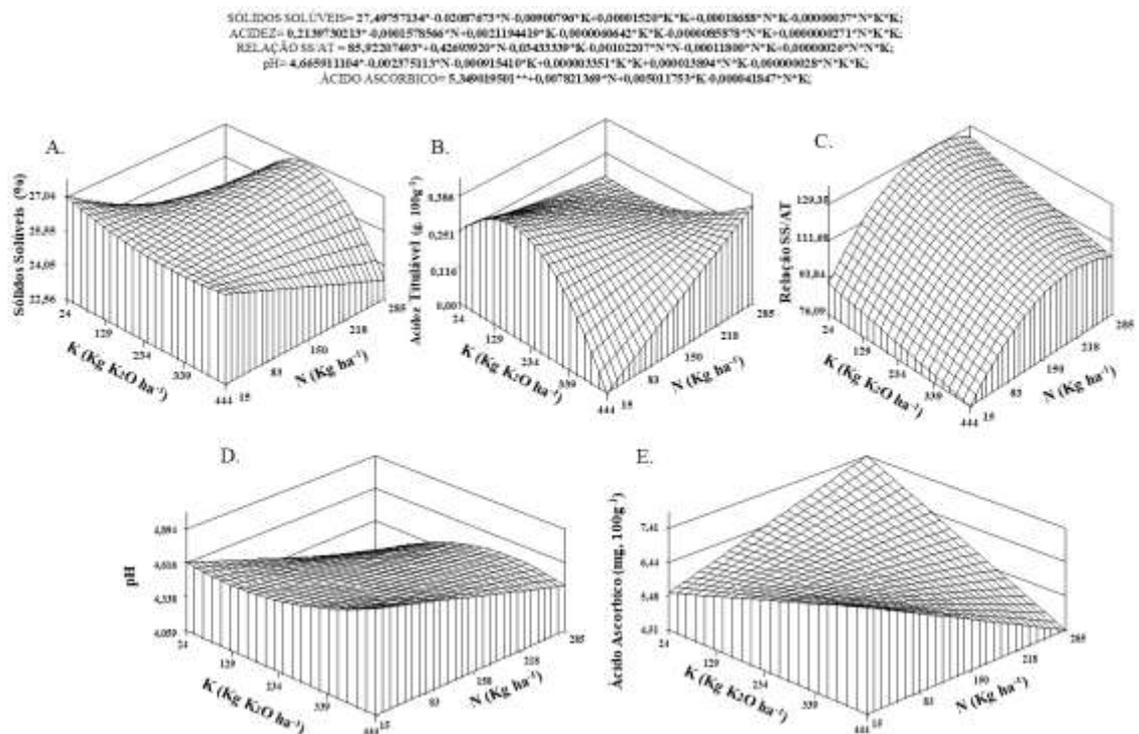


Figura 12 Sólidos solúveis (SS) (A), Acidez titulável (AT) (B), Relação SS/AT (C), pH (D) e Ácido Ascórbico (E) de frutos de Bananeira ‘Vitória’, do 2º ciclo de cultivo sob diferentes doses de Nitrogênio (Ureia) associadas a diferentes doses de Potássio.

Os carotenoides totais na polpa de frutos adubados com N e K no 2º ciclo de produção (Figura 14A), houve variação de 1,11 a 3,36  $\mu\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ , sendo os maiores teores obtidos na dose 285  $\text{Kg ha}^{-1}$  de N. O conteúdo de flavonoides amarelos (Figura 14B) quantificados em frutos de banana ‘Vitória’ que receberam adubação com N e K no segundo ciclo, demonstraram variação de 0,17 a 4,40  $\text{mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ , sendo que com o aumento da adubação nitrogenada, os frutos apresentam maior conteúdo de flavonóides. Os teores de antocianinas (Figura 14C) avaliados na polpa de frutos de bananeira do 2º ciclo produtivo variaram de 0,7 a 23,4  $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ , com o aumento das doses de N os teores deste composto bioativo aumentaram, do mesmo modo que com o aumento das doses de K, maior o conteúdo de antocianinas na polpa.

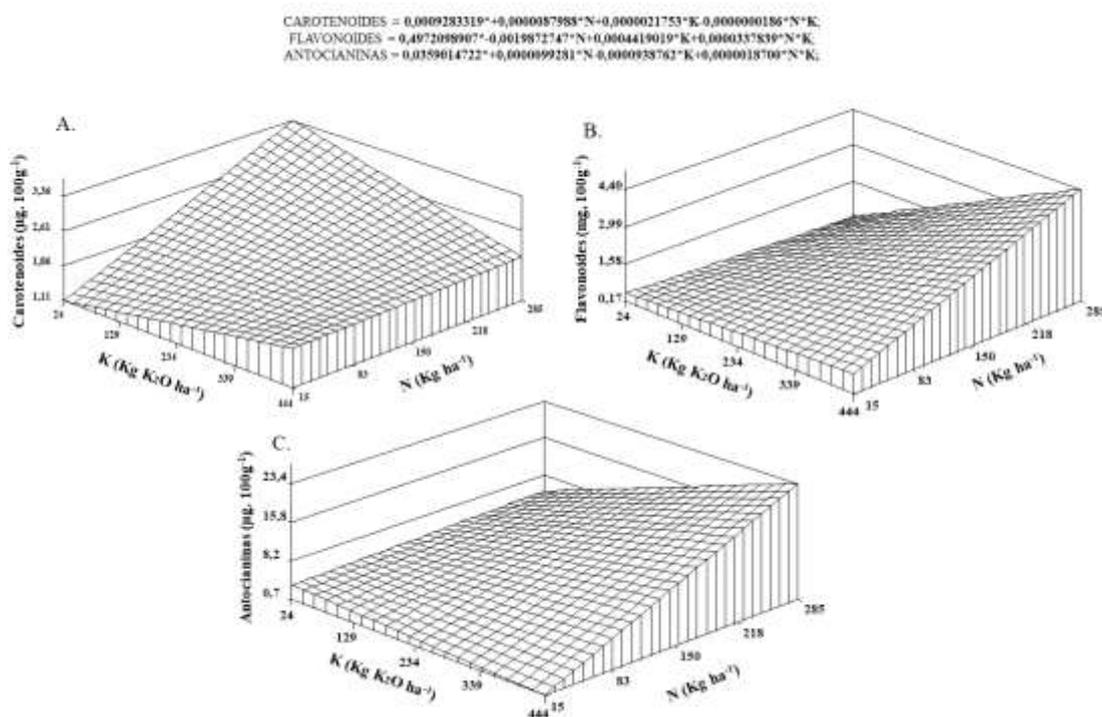


Figura 13 Carotenoides (A), Flavonoides amarelos (B) e Antocianinas (C) de frutos de Bananeira ‘Vitória’, do 2º ciclo de cultivo sob diferentes doses de Nitrogênio (Ureia) associadas a diferentes doses de Potássio.

A atividade antioxidante pelo radical DPPH (Figura 15A) em banana ‘Vitória’ adubados com doses de N e K no 2º ciclo de produção, foi mais alta e crescente com os níveis de K associados a elevadas doses de N. Pelo radical ABTS (Figura 15B), sob baixas doses de K

associados a elevadas doses de N foram obtidos frutos com mais alto potencial antioxidante. Frutos que apresentaram mais elevada atividade antioxidante por ambos métodos foram os que receberam 24 Kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> e 285 Kg ha<sup>-1</sup> de N.

Os polifenóis (Figura 15C), apresentaram efeito significativo para com as doses de potássio no 2º ciclo de produção, sendo que nas menores doses do nutriente utilizado como adubação resultam em frutos com maior conteúdo de compostos fenólicos, diferindo quanto ao 1º ciclo de cultivo.

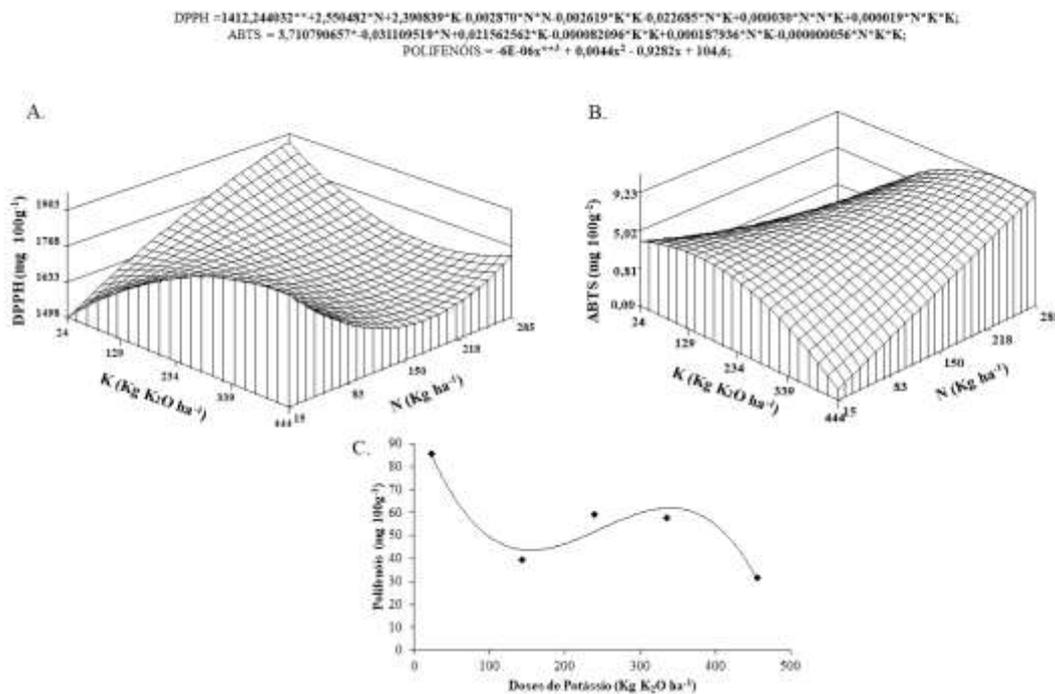


Figura 14 Atividade antioxidante por DPPH (A), ABTS (B) e níveis de Polifenóis (C) de frutos de Bananeira ‘Vitória’, do 2º ciclo de cultivo sob combinações doses de Nitrogênio (Ureia) associadas a diferentes doses de potássio.

No 2º ciclo de produção, a avaliação sensorial das características de aparência realizadas em frutos de banana ‘Vitória’ (Tabela 7), quanto a coloração, os julgadores atribuíram as menores notas aos frutos do tratamento 10 (15N e 24K) ‘gostaram ligeiramente’, os demais tratamentos receberam notas correspondentes a ‘gostaram a adoraram’. Com relação ao

parâmetro aparência os frutos de banana receberam notas que variaram de ‘indiferente a adorei’, mostrando assim que os frutos apresentam padrões aceitáveis de aparência, apenas o tratamento 10 (15N e 24K) obteve as menores notas do painel. Quanto ao tamanho apenas o tratamento 10 (15N e 24K) apresentaram menores notas, em comparação aos demais avaliados. Quanto a variável aceitação global, o tratamento 10 (15N e 24K) foi o que recebeu as menores notas, os demais tratamentos apresentaram notas para aceitabilidade. O parâmetro danos os tratamentos 1 (90N e 144K) e 10 (15N e 24K). Os tratamentos que obtiveram menores níveis de manchas foram 3 (210N e 144K), 6 (15N e 144K), 8 (90N e 24K) e 9 (210N e 456K) correspondente a ‘extremamente fraco’.

Tabela 7 Coloração (C), Aparência (AP), Tamanho (T), Avaliação Global (AG), Aceitabilidade (AC), Danos (D) e Manchas (M) em frutos de Bananeira ‘Vitória’, do 2º ciclo de cultivo sob combinações doses de Nitrogênio (Ureia) associadas a diferentes doses de potássio.

Doses (Kg ha <sup>-1</sup> )		Sensorial de Aparência (Escala 1-5)						
N	K	C	AP	T	AG	AC	D	M
90	144	4,09a	3,27c	4,55a	3,55c	3,45a	3,18a	3,18b
90	336	4,09a	3,82b	4,55a	4,09b	4,00a	2,64b	3,18b
210	144	4,36a	4,18 <sup>a</sup>	4,45a	4,36 <sup>a</sup>	4,09a	1,73c	2,09d
210	336	4,64a	3,82b	4,64a	4,09b	2,36b	2,64b	4,55a
150	240	4,27a	4,36 <sup>a</sup>	4,55a	4,27a	4,27a	2,73b	2,91c
15	144	4,45a	4,09 <sup>a</sup>	4,27a	4,36a	3,64a	1,36c	2,27d
285	336	4,45a	4,36 <sup>a</sup>	4,55a	4,55a	1,82b	1,82c	4,64a
90	24	4,27a	4,09 <sup>a</sup>	4,36a	4,09b	4,73a	2,45b	2,00d
210	456	4,82a	4,64 <sup>a</sup>	4,36a	4,64a	4,64a	1,64c	1,64d
15	24	2,09b	1,73d	1,64b	1,64d	1,64b	3,45a	3,55b

Na avaliação sensorial das características de sabor da banana ‘Vitória’ no 2º ciclo de produção (Tabela 8), o parâmetro de sabor avaliado os tratamentos que receberam as maiores notas foram os 2 (90N e 336K), 4 (210N e 336K), 6 (15N e 144K) e 9 (210N e 456K), sendo que os painelistas consideraram ‘gostei extremamente’ como parâmetro de aceitação. Na percepção da textura não houve diferença significativa entre os tratamentos, porém, houveram notas considerando o ‘gostei moderadamente’. Quanto a suculência não houve diferença estatística, mas, os tratamentos receberam notas variando do ‘ligeiramente forte’ ao regularmente forte’. Quanto ao sabor característico, as combinações 2 (90N e 336K), 4 (210N e 336K), 6 (15N e 144K) e 9 (210N e 456K), receberam as melhores notas. Quanto a presença de sabor estranho não houve presença, o sabor aguado variou notas de ‘moderadamente fraco’ a ‘ausente’ não havendo diferença estatística. O sabor doce variou de ‘ligeiramente a moderadamente forte’, o sabor ácido para todos os tratamentos foi considerado como ‘moderadamente fraco a ausente’. Na aceitação global os tratamentos receberam notas equivalentes a ‘gostei extremamente’. Na intenção de compra, os tratamentos receberam notas que correspondera a ‘certamente compraria’ e ‘possivelmente compraria’, não havendo diferença entre os tratamentos.

Tabela 8 Sabor (S), Textura (T), Percepção da Textura (PT), Suculencia (SC), Sabor Característico (SC), Sabor Estranho (SE), Sabor Aguado (SA), Sabor Doce (SD), Sabor Ácido (SAC), Avaliação Global (AG) e Intenção de Compra (IC) em frutos de Bananeira ‘Vitória’, 2º ciclo de cultivo sob diferentes doses de Nitrogênio (Ureia) associadas a diferentes doses de potássio.

Doses (Kg ha <sup>-1</sup> )		Sensorial de Sabor										
N	K	S	TX	PT	S	SC	SE	SA	SD	SAC	AG	IC
90	144	7,36b	7,64a	8,09 <sup>a</sup>	6,27a	7,09b	1,27a	2,09a	6,64 <sup>a</sup>	1,73a	7,27a	4,36a
90	336	8,73a	8,82a	8,27 <sup>a</sup>	7,09a	8,55b	1,00a	1,91a	7,73 <sup>a</sup>	2,00a	8,55a	5,18a
210	144	7,00b	7,18a	7,55 <sup>a</sup>	7,18a	7,18a	1,73a	1,91a	6,73 <sup>a</sup>	2,45a	7,55a	4,36a
210	336	8,00a	7,91a	8,09 <sup>a</sup>	7,00a	8,27a	1,09a	1,27a	7,55 <sup>a</sup>	1,91a	8,36a	4,82a
150	240	7,73a	7,36a	8,64 <sup>a</sup>	6,45a	7,18b	1,36a	2,36a	7,18 <sup>a</sup>	1,55a	7,27a	3,82a
15	144	8,09a	7,73a	7,91 <sup>a</sup>	7,18a	8,18a	1,55a	2,45 <sup>a</sup>	7,27 <sup>a</sup>	2,55a	8,09a	4,55a
285	336	7,36b	7,82a	7,64 <sup>a</sup>	6,64a	7,64b	1,36a	1,73 <sup>a</sup>	6,64 <sup>a</sup>	2,91a	7,45a	4,18a
90	24	7,36b	8,00a	7,18 <sup>a</sup>	5,91a	7,27b	1,09a	1,82 <sup>a</sup>	7,18 <sup>a</sup>	1,91a	7,64a	4,55a
210	456	8,27a	8,00a	7,82 <sup>a</sup>	7,09a	8,55a	1,36a	2,36 <sup>a</sup>	8,09 <sup>a</sup>	2,09a	8,09a	4,91a
15	24	7,18b	7,36a	8,18 <sup>a</sup>	6,55a	7,82a	1,55a	1,45 <sup>a</sup>	7,64 <sup>a</sup>	1,91a	7,73a	4,18a

### Conclusão

1. Doses elevadas de N proporcionam aumento do comprimento, massa, coloração, brilho, acidez, conteúdo de polifenóis e atividade antioxidante.
2. A dose correspondente a 129 Kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> associada a 150 Kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, apresentam relação SS/AT mais baixa.
3. Ao utilizar 285 Kg ha<sup>-1</sup>, de nitrogênio associados a 24 Kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>, de potássio, foram obtidos os maiores resultados valores da SS/AT.
4. Níveis de adubação correspondentes a 210 kg ha<sup>-1</sup> de Nitrogênio e 336 kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> de Potássio e altas doses de K, proporcionam frutos com maior aceitação pelos painelistas e características de qualidade mais destacadas, sendo nestes aspectos a combinação que melhor adequou-se às condições de cultivo no Brejo Paraibano.

## Referencias

- CHAPARRO, J. M., BADRI D. V., BAKKER, M. G. SUGIYAMA, A., MANTER, D. K., VIVANCO, J. M. Root exudation of phytochemicals in Arabidopsis follows specific patterns that are developmentally programmed and correlate with soil microbial functions. PLoS One. 8(2):e55731. 2013.
- CHITARRA, M. I. F., CHITARRA, A. B. Pós-colheita de Frutas e Hortaliças: fisiologia e manuseio. UFLA. Lavras. 2:140-141. 2005.
- CHRISTENSEN, P., SMARTS D. R. Foliar fertilization in vine mineral nutrient management programs. The soil environment on vine mineral nutrition symposium (p. 83–90). San Diego, California: American Society for Enology and Viticulture, ASEV. 2005.
- CURI, R., LAGRANHA, C. J., DOI, S. Q., SELLITTI, D. F., PROCOPIO, J., PITHON-CURI, T. C., CORLESS, M., NEWSHOLME, P. Molecular mechanisms of glutamine action. J Cell Physiol. 204:392-401. 4. 2005.
- DANTAS, R. L., SILVA, S. M., BRITO PRIMO, D.M., SOUSA, A.S.B., BRITO, E.S., MACEDO, E. M. S. Changes during maturation in the bioactive compounds and antioxidant activity of *Opuntia stricta* (Haw.) Fruits. Acta Hort. 1067:159-165. 2015.
- DINKELOO, K., BOYD, S., PILOT, G. Update on amino acid transporter functions and a possible amino acid sensing mechanisms in plants. Semin Cell Dev. Biol. 74:105-13. 2018.
- DREYER, I., BLATT, M. R. What makes gate? The ins and outs of Kv-like K<sup>+</sup> Channels in plants. Trends Plant Sci. 14(7):383-90. 2009.
- EDWARD, E., FREDY, B. Banana Market. Florida: University of Florida/IFAS extension. 2012.
- EPSTEIN, E. Mineral nutrition of plants: principles and perspectives. 1. New York. John Wiley & Sons. 1972.
- EPSTEIN, E., BLOOM, A. J. Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas. Londrina: Ed. Planta. 401. 2006.
- EZURA, H., OWINO, W. O. *Melon, an alternative model plant for elucidating fruit ripening. Plant Science, 175(1-2), 121–129. 2008. doi:10.1016/j.plantsci.*
- FERNANDES, M. S., SOUZA, S. R., SANTOS, L. A. Nutrição Mineral de Plantas. Sociedade Brasileira de Ciência do solo. Viçosa, 2:3-6. 2018.
- FOLEGATTI, M. I. S., MATSUURA, F. C. A. U. Produtos. In: Matsuura, F. C. A. U.; Folegatti, M. I. S. (ed.). Maracujá pós-colheita. Brasília: EMBRAPA, 2002. p.42-47.

FRANCIS, F. J. Analysis of anthocyanins. In: MARKAKIS, P. (ed.). Anthocyanins as food colors. New York: Academic Press, p.181-207, 1982.

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. Cambridge. 24(1):29-38. 2011.

HA, S., TRAN, L. S. Understanding plant responses to phosphorus starvation for improvement of plant tolerance to phosphorus deficiency by biotechnological approaches. Crit Rev Biotechnol. 34(1):16-30. 2014.

HIGBY, W. K. A simplified method for determination of some the carotenoid distribution in natural and carotene-fortified orange juice. Journal of Food Science, v.27, n. 1, p.42-49, 1962.

HISINGER, P., PLASSARD, C., TANG, C., JAILLARD, B. Origins of root-mediated pH changes in the rhizosphere and their responses to environmental constrains: a review. Plant Soil. 248(1-2):43-59. 2003.

HOFFMANN, R. B., OLIVEIRA, F. H. T., SOUZA, A. P., GHEYI, H. R., SOUZA JÚNIOR, R. F. Acúmulo de matéria seca e de macronutrientes em cultivares de bananeira irrigada. Revista Brasileira de Fruticultura, 32:268-275. 2010.

IAL. Instituto Adolfo Lutz. Normas analíticas, métodos químicos e físicos para análise de alimentos. 2ª Edição. São Paulo. 371. 2005.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção agrícola municipal. Rio de Janeiro: IBGE. 101. 2014.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção agrícola nacional (2018). Disponível em: <[www.ibge.com.br](http://www.ibge.com.br)> Acesso em: fev de 2019.

IPNI (International Plant Nutrition Institute). 4R plant nutrition: A manual for improving the management of plant nutrition Bruulsema, T.W., Fixen, P.E., Sulewski, G.D. ((eds.)). Norcross, GA, USA: International Plant Nutrition Institute. 2012.

KISHOR, H., ABHIJITH, Y. C., MANJUNATHA, N. Micropropagation of native cultivars of banana- A critical review. International Journal of Pure & Applied Bioscience, 5(5), 1559-1564.2017. DOI: 10.18782/2320- 7051.5209

KROUK, G., LACOMBE, B., BIELACH, A., PERRIE-WALKER, F., MALINSKA, K., MOUNIER, E., HOYEROVA, K., TILLARD, P., LEON, S., LJUNG, K., ZAZIMALOVA, E., BENKOVA, E., NACRY, P., GOJON, A. Nitrate-regulated auxin transport by NRT1.1: defines a mechanism for nutrient sensing in plants. Dev Cell. 18(6):927:37. 2010.

KUMAR, A. R., KUMAR, N. Nutrição de potássio em banana. The Asian Journal of Horticulture. 3:479-482. 2008.

- KUMAR, N., NEPALI, K., SAPRA, S., BIJJEM, K.R.V., KUMAR, R., SURI, O.P., DHAR, K.L., 2012. Effect of nitrogen insertion on the antitussive properties of menthol and camphor. *Medicinal Chemistry Research*. 21:531–537. 2012.
- KUMAR, S., BAHL, J. R., BANSAL, R. P., GUPTA, A. K., SINGH, V., SHARMA, S. High economic returns from companion and relay cropping of bread wheat and menthol mint in the winter-summer season in north Indian plains. *Industrial Crops and Products*. 15:103-114. 2002.
- LARRAURI, J. A., RUPÉREZ, P., SAURA-CALIXTO, F. Effect of drying temperature on the stability of polyphenols and antioxidant activity of red grape pormace peels. *Journal Agricultural Food Chemistry*, v. 45, p.1390-1393. 1997.
- LEBAUDY, A., VERY, A. A. SENTENAC, H. K. + channel activity in plants: genes, regulations e functions *FEBS Lett*. 581(12):2357-66. 2007.
- MALAVOLTA, E. Manual de nutrição mineral de plantas. Piracicaba: Ceres. 638. 2006.
- MAROTO, J., 1989. Horticultura Herbacea Especial. 3ª ed. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid.
- MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. 2:889. London, Academic Press. 1995.
- MCATEE, P., KARIM, S., SCHAFFER, R., DAVID, K. A dynamic interplay between phytohormones is required for fruit development, maturation, and ripening. *Frontiers in Plant Science*, Lausanne, v.4,n.79, p.1-7, 2013.
- MELO, A. S., 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.
- MIKKELSEN, R., JENSEN, T. L., SNYDER, C., BRUULSEMA, T. W. Chapter 9. Nutrient management planning and accountability. In Bruulsema, T.W., Fixen, P.E., Sulewski, G.D. (eds.), 4R Plant nutrition: A manual for improving the management of plant nutrition. Norcross, GA, USA: International Plant Nutrition Institute. 2012.
- Minolta. Precise color communication: color control from feeling to instrumentation. Brasil: MINOLTA Co. Ltda, 1994. 49p.
- NAHER, U. A., SALEQUE, M. A., PANHWAR, Q. A., RADZIAH, O., JUSOP, S. Techniques of efficient fertilizer management for wetland rice – A review. *Australian Journal of Crop Sciences*, 5(12):1661–69. 2011.
- NEWSHOLME, P., PROCOPIO, J., LIMA, M. M. R., PITHON-CURI, T. C., CURI, R. Glutamine and glutamate – their central role in cell metabolism and function. *Cell Biochem Funct*. 21:1-9. 2003.
- PADUAN, M. T., CAMPOS, R. P., CLEMENTE, E. Qualidade dos frutos de tipos de melão, produzidos em ambiente protegido. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 29(3), 535-539. 2007.

ROWBOTTOM, D. G., KEAST, D., MORTON, A. R. The emerging role of glutamine as an indicator of exercise stress and overtraining. *Sports Med.* 21:80-97, 1996.

SAHA, N. R., SARKAR, G., ROY, I., RANA, D., BHATTACHARYYA, A., ADHIKARI, A. MUKHOPADHYAY, A., Chattopadhyay, D. Studies on methylcellulose/ pectin/ montmorillonite nanocomposite films and their application possibilities. *Carbohydrate Polymers*, 136, 1218- 1227. 2016.

Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. SENAR (2007). Cultivo de melão: manejo, colheita, pós-colheita e comercialização. Brasília: SENAR. 104 p. (Coleção SENAR).

TABATA, R. SUMIDA, K., YOSHII, T., OHYAMA, K., SHINOHARA, H., MATSUBAYASHI, M. Perception of root-derived peptides by shoot LRR-RKs mediates systemic N-demand signaling. *Science*. 346(6207):343-6. 2014.

TAIZ, L., ZEIGER, E. *Fisiologia vegetal*. 4. Porto Alegre: Art Med. 2013.

TEGEDER, M, Transporters involved in source to sink partitioning of amino acids and reides opportunities for crop improvement. *J Exp. Bot.* 65 (7): 1865-78. 2014.

VYSOTSKAYA, L. B., TREKOZOVA, A . W., KUDOYAROVA, G. R. Effect of phosphorus starvation on hormone contente and growth of barley plants. *Acta Physiol Plant.* 169(4):2822-31. 2015.

WANG, Y., WU, W-H. Potassium transport and signaling in higher plants. *Annu Ver Plant Biol.* 64(1):451-76. 2013.

WARREN, C . R. Organic N molecules in the soil solution: What is unknow and the path forwards. *Plant Soil.* 375 (1-2): 1-19. 2014.

WU, P., NI, J. J., LUO, A. C. QTLs underlying rice tolerance to low-potassium stress in rice seedlings. *Crop Sci.* 38(6):1458-62. 1998.

YANG, X. J., FINNEGAN, P. M. Regulation of phosphate starvation responses in higher plants. *Ann Bot.* 105(4):513-26. 2010.

## **5. CAPÍTULO II:**

### **QUALIDADE, PROPRIEDADES FUNCIONAIS, EXPRESSÃO E ATIVIDADE ENZIMÁTICA DE BANANA ‘VITÓRIA’ CULTIVADA SOB NÍVEIS DE NITROGÊNIO E POTÁSSIO**

## RESUMO

A banana é uma das mais consumidas no mundo pelas suas propriedades nutricionais e funcionais, sendo que as alegações deste último têm aumentado o apelo de seu consumo. Portanto, devido às demandas produtivas e padrões atuais de consumo, há a demanda da introdução de cultivares mais competitivas em regiões de tradição de cultivo. Entretanto, um dos grandes desafios técnicos que afetam a produtividade da banana corresponde ao ajuste das doses de fertilizantes aplicadas durante seu ciclo produtivo que reflete não apenas na produtividade, mas na qualidade e propriedades funcionais dos frutos. Neste sentido, nitrogênio (N) e potássio (K) são considerados os nutrientes mais importantes para o cultivo da bananeira. Este trabalho tem por objetivo avaliar a fisiologia da maturação, qualidade, propriedades funcionais e a expressão de enzimas em frutos da bananeira 'Vitória' cultivada sob combinações de N e K na região do Brejo Paraibano. Baseado nos melhores resultados de qualidade do experimento prévio, este experimento utilizou delineamento em blocos ao acaso, cujas doses de N e K utilizadas T2 (90N/336K) T3 (210N/144K), T4 (210N/336K), T7 (285N/336K), T9 (210N/456K), comparados a um tratamento controle (sem adubação). Após a colheita, os frutos foram encaminhados para o laboratório e avaliados com relação à taxa respiratória, cor da casca, cor da polpa, comprimento, diâmetro, massa, firmeza, pH, sólidos solúveis, acidez titulável, relação SS/AT, análises sensoriais, além de ácido ascórbico, carotenoides totais, flavonoides amarelos e antocianinas e polifenóis extraíveis totais e atividade antioxidante pelos radicais DPPH, ABTS. Adicionalmente, a expressão e atividade das enzimas ácido ascórbico peroxidase (APX), superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT) e Peroxidase (POD) foram avaliadas. Doses elevadas de K causaram a redução da taxa respiratória dos frutos. Banana 'Vitória' que receberam doses mais elevadas de K apresentaram teores mais elevados de compostos bioativos, bem como o conteúdo. Frutos que receberam doses 210N/144K e 285N/336K, apresentaram maior expressão e atividade das enzimas do ácido ascórbico bem como em sua expressão. Frutos da bananeira 'Vitória' que receberam dose de 210N/456K apresentaram características de qualidade funcional superiores e foram os que foram mais aceitos na avaliação sensorial.

Palavras chave: *Musa* spp.; qualidade funcional; fertilização; compostos Bioativos.

## ABSTRACT

Among many fruits, bananas are one of the most consumed in the world. Nitrogen (N) and potassium (K) are considered the most important nutrients for banana cultivation. Plant nutrient extraction curves are useful to define optimal doses of macro and micronutrients. One of the great technical challenges that affect banana productivity is the adjustment of fertilizer doses to be applied during its production cycle. The aim of this work is to evaluate the chemical, sensory and enzymatic profile of 'Vitória' banana cultivated under nitrogen and potassium levels in the brejo region of Paraíba, aiming at its potential for the consumer market. According to a previous experiment carried out in Brejo Paraibano. The experiment was carried out under field conditions, from January 2016 to February 2018. The design was used in randomized blocks, regarding the treatments that obtained the best results in the field regarding the N and K fertilizations used T2 (90N/ 336K) T3 (210N/144K), T4 (210N/336K), T7 (285N/336K), T9 (210N/456K), compared to a control treatment (without fertilizer). After harvesting, the fruits were sent to the Post Harvest Biology and Technology laboratory at the Center for Agricultural Sciences, Campus II, Areia, PB. The physical and bromatological analyzes performed were: respiration, skin color, pulp color, length, diameter, mass, firmness, pH, soluble solids, titratable acidity, ratio. As for the analysis of bioactive compounds: carotenoids, flavonoids and anthocyanins. Analysis of quantification and enzymatic expression: ascorbic acid, ascorbic acid peroxidase (APX), catalase (CAT), superoxide dismutase (SOD) and peroxidase (POD) Antioxidants: polyphenols, DPPH, ABTS. Appearance Sensory: color, appearance, size, overall rating, acceptability, damage and stains. Taste sensory: flavor, texture, texture perception, juiciness, characteristic flavor, strange, watery, sweet, sour, global evaluation and purchase intent. High doses of K influence the reduction of the respiratory rate of 'Vitória' banana fruits. 'Vitória' banana fruits that received high doses of K showed high bioactive compounds, as well as the ascorbic acid content. 'Vitória' banana fruits that received doses 210N/144K and 285N/336K, showed higher activity of ascorbic acid enzymes as well as in its expression. 'Vitória' banana fruits that received a dose of 210N/456K were the most accepted in the sensory evaluation.

Keywords: *Musa* spp.; Functional Quality; Fertilization; Bioactive Compounds

## Introdução

Entre muitas frutas, a banana (*Musa spp.*) é uma das mais consumidas no mundo. Frutos de banana possuem boa fonte de antioxidantes com alto valor nutricional. Os compostos fitoquímicos presentes na banana são fenólicos, carotenóides, flavonóides e aminas biogênicas. Portanto, diz-se que as bananas têm maior nível de capacidade antioxidante do que algumas outras frutas, como limão, melancia, tomate e nectarina (Floegel et al, 2011; Singh, Singh et al, 2016).

Um dos grandes desafios técnicos que afetam a produtividade da banana corresponde ao ajuste das doses de fertilizantes a serem aplicadas durante seu ciclo produtivo (Alcaraz & Jiménez, 2018; Torres et al., 2019). O nitrogênio (N) é um nutriente primário e frequentemente limita o crescimento e a produtividade das plantas (Davidson et al, 2007; Zhou et al, 2016). O nitrogênio é assimilado pelas bananeiras principalmente na forma de nitrato ou amônio (Sánchez & Mira, 2013; Kes-havan et al., 2014). As exigências das lavouras de banana são consideradas altas, ultrapassando 200 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de N (Sánchez & Mira, 2013). Segundo Marschner (2012), o teor ideal de N para o crescimento adequado da planta está entre 2 e 3% do peso seco (DW). Robinson & Galán (2012) relataram um teor ideal de N em folhas de bananeira variando de 2,5 a 3% DW.

O potássio (K) tem função na ativação enzimática, regulação da abertura e do fechamento estomático e transporte de fotoassimilados, enquanto o N tem função estrutural na composição de compostos orgânicos como proteínas, enzimas e clorofila, essenciais para os processos da fotossíntese e respiração (Marschner, 2012).

Nitrogênio (N) e potássio (K) são considerados os nutrientes mais importantes para o cultivo da banana. O consumo de nitrogênio na planta é considerado elevado, tendo influencia na produção de material vegetal e o crescimento da planta. O consumo desse elemento é baixo

nos primeiros dois meses, então a absorção desse nutriente aumenta devido às necessidades da planta e o consumo aumenta rapidamente para diminuir cerca de dois meses antes da floração, pois a planta estaciona o seu desenvolvimento vegetativo direcionando seu metabolismo para o desenvolvimento do fruto (Parraga, 2019).

As curvas de extração de nutrientes em plantas são úteis para definir doses ótimas de macro e micronutrientes (Medina, 2010; Jeyabaskaran et al., 2018). Da mesma forma que a cultura da banana requer grandes quantidades de nitrogênio (N) requer potássio (K) para maximizar sua produção. Este nutriente tem como função principal o enchimento do fruto e tendo relação com o peso do cacho, transporte e acúmulo de açúcares dentro da planta (Parraga, 2019).

A extração de nutrientes minerais deve ser estudada em bananeiras levando em consideração as relações sumidouro-fonte, como entre a planta-mãe e os sugadores (Guimarães et al., 2020; Turner et al., 2020).

Diante do exposto, o trabalho tem por objetivo, avaliar a fisiologia da maturação, qualidade, propriedades funcionais e a expressão de enzimas em frutos da bananeira 'Vitória' cultivada sob combinações de N e K na região do Brejo Paraibano.

## Material e Métodos

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 et al, 1972).

O experimento desenvolvido em condições de campo, foi 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.

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).

As mudas foram submetidas ao processo de rustificação iniciado 30 dias antes da realização do plantio no campo, onde foram plantadas no campo ao atingir 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 de acordo com a 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 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 delineamento utilizado em blocos ao acaso, quanto aos tratamentos que obtiveram os melhores resultados em campo quanto às adubações com N e K utilizadas, comparados a um tratamento controle (sem adubação). De acordo com experimento prévio realizado no Brejo Paraibano (Tabela 9).

Tabela 9 Doses de N e K utilizados na adubação de banana (*Musa spp.*) ‘Vitória’, no Brejo Paraibano.

<b>Tratamento</b>	<b>N (Kgha<sup>-1</sup>)</b>	<b>K (Kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>)</b>
<b>Controle</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>2</b>	<b>90</b>	<b>336</b>
<b>3</b>	<b>210</b>	<b>144</b>
<b>4</b>	<b>210</b>	<b>336</b>
<b>7</b>	<b>285</b>	<b>336</b>
<b>9</b>	<b>210</b>	<b>456</b>

A dose de fósforo foi de 144 g planta<sup>-1</sup>, estabelecida com base na recomendação de adubação para o Estado do Ceará, 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.

Após a colheita, os frutos foram encaminhados para o laboratório de Biologia e Tecnologia Pós Colheita no Centro de Ciências Agrárias, Campus II, Areia, PB.

Os frutos foram acondicionados em recipientes dotados de entrada e saída controlada de ar sob sistema de fluxo contínuo de gás. As leituras foram iniciadas após 12 horas e duraram 13 dias. A coleta foi realizada com seringa de 1 mL, sendo injetada no analisador de CO<sub>2</sub> Sable Systems PA-10a. Para os cálculos da taxa respiratória foi aplicada a equação descrita por Nakamura et al. (2003).

No laboratório, os frutos colhidos na maturidade comercial, foram sanitizados com solução de hipoclorito de sódio a 50 ppm de cloro livre, identificados e avaliados quanto a: comprimento e diâmetro (mm), determinados com o auxílio de paquímetro digital, obtendo as medidas da zona apical a perpendicular e da região superior a inferior dos frutos íntegros; massa fresca (g), utilizando balança semianalítica; firmeza dos frutos íntegros (N), por meio de penetrômetro de bancada Magness Taylor Pressure Tester<sup>®</sup>, sendo realizada a leitura na zona central, sobre as regiões superior e inferior do fruto; coloração da casca e polpa, utilizando colorímetro CR400 da Konica Minolta<sup>®</sup>, avaliado pelo sistema L\*, a\* e b\*, por refletância. Em cada fruto, fez-se 2 disparos na zona central da casca e da polpa, sobre as duas regiões (Fernandes, 2013).

O teor de Sólidos solúveis (%) (SS) foram determinados por leitura direta com refratômetro de bancada, acidez titulável (AT), por titulometria, com solução de NaOH 0,1M com indicador fenolftaleína; a relação SS/AT (Ratio), realizada mediante divisão dos SS por AT. O potencial hidrogeniônico (pH), utilizando potenciômetro digital.

Carotenoides totais utilizando 7g do fruto inteiro para 7 mL da solução extratora (mg 100 g<sup>-1</sup>) foram determinados conforme Higby (1962), flavonoides amarelos e antocianinas (mg 100 g<sup>-1</sup>), foram determinados por espectrofotometria, conforme Francis (1982), utilizando 3 g do fruto inteiro para 8 mL da solução extratora.

O teor de ácido ascórbico foi determinado por titulometria, utilizando-se solução de DFI (2,6-dicloro-fenol-indofenol 0,002 %) e ácido oxálico 0,5% como solução extratora, conforme Strohecker e Henning (1967).

Extração e atividades de POD, CAT, APX e SOD Todos os ensaios enzimáticos foram realizados a partir do mesmo extrato bruto 5g da amostra foram retirados, homogeneizados com 10 ml de tampão 100 mM de fosfato de potássio (pH 7,0), EDTA 0,1 mM, e 0,1 g de PVP. Depois filtrou-se, centrifugou-se a 9000 rpm durante 25 min a 4 ° C, o sobrenadante foi usado como extrato enzimático (Yang et al., 2009).

Atividade enzimática da superóxido dismutase (SOD, EC 1.15.1.1), a mistura da reação (1,5 mL), composta por tampão fosfato de potássio 50 mM (pH 7,8), metionina 13mM. 2,0 mM de riboflavina, 50 mM de EDTA, 75 mM de NBT, e 50 µl de extrato bruto enzimático. A reação foi desencadeada por a ligação de duas luzes de 30W fluorescentes, mantendo-as em 10 minutos, e em seguida, desliadas. Os registros dos ensaios são realizados a 560 nm, capturando o efeito da inibição do NBT em 50%.

A atividade da catalase (CAT, EC 1.11.1.6) a mistura de reação (1,5 mL) foi composta por 1,2 mL de tampão de fosfato de potássio 100 mM (pH 7,0), 0,1 mL de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> a 0,5 M, e 0,2 mL de extrato enzimático. Determinada com base na oxidação H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> e um coeficiente de extinção de 39.4 mM<sup>-1</sup> cm<sup>-1</sup>. A diminuição na absorbância foi monitorizada durante 3 min a 240 nm (Yang et al., 2009). Os resultados foram expressos u mol de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/ min/g de polpa (U g<sup>-1</sup> polpa).

A atividade da ácido ascórbico Peroxidase (APX, EC 1.11.1.11) a mistura de reação (1,5 mL) continha 1,2 mL de tampão de fosfato de potássio 50 mM (pH 7,0), 0,050 mL de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> a 30 mM, 0,050 mL de ácido ascórbico 9,0 mM e 0,2 mL de extrato enzimático. Determinada com base na oxidação ácido ascórbico e um coeficiente de extinção de 2.8 mM<sup>-1</sup> cm<sup>-1</sup>. A

diminuição na absorvância foi monitorizada durante 3 min a 290 nm (NUKUNTORNPRAKIT et al., 2015). Os resultados foram expressos u mol de AA/min/g de polpa ( $U\ g^{-1}$  polpa).

Atividade enzimática da peroxidase (POD, EC 1.11.1.7) a mistura de reação (1,5 mL) composta por 1,2 mL de mM de tampão de fosfato de potássio 100 (pH 7,0), 0,1 mL de peróxido de hidrogénio 0,5 M, 0,1 mL de 3% de guaiacol, e 0,1 mL do extrato enzimático, foi determinada com base na oxidação do guaiacol utilizando  $H_2O_2$  e um coeficiente de extinção de  $26,6\ mM^{-1}\ cm^{-1}$  (WU et al., 2010). O aumento na absorvância foi monitorizado durante 3 min a 470 nm. Os resultados foram expressos em U mol de guaiacol/min/g de polpa ( $U\ g^{-1}$  polpa).

A expressão enzimática foi determinada pela técnica de eletroforese por SDS-PAGE, a qual foi realizada de acordo com o método descrito por Laemmli (1970). Alíquota contendo 120  $\mu$ L do extrato enzimático foi solubilizada em tampão de Tris-HCl 0,0625 M, contendo 2% de SDS, 2% de 2-mercaptoetanol, 10% de glicerol e 0,010% azul de bromofenol, seguidas pela aplicação de uma alíquota contendo 20  $\mu$ L no gel empilhamento de 4 g/100 g e 12,5 g/100 g em gel de corrida de poliacrilamida (10 x 10,5 cm, com espaçadores de 0,75 mm), submetido a uma corrente constante de 25 mA por aproximadamente 3 horas. Após a eletroforese o gel fixado com solução fixadora metanol/ácido acético e água, seguido de coloração. A solução corante foi preparada usando-se Coomassie Blue R-250 (Sigma Chemical Co.) a 1%, metanol 40%, ácido acético 10% em água destilada. O descoramento foi feito com uma solução contendo ácido acético 10% e metanol 20% em água destilada. Para estimar o peso molecular, foi utilizado padrão comercial (Sigma Chemical Co.), de ampla faixa de proteínas conhecidas (Miosina, 200 kDa;  $\beta$ -galactosidase, 120 kDa; Soro Bovino, 91 kDa; Glutamina, 62 kDa; Ovoalbumina, 47 kDa; Anidrase Carbônica, 37 kDa; Mioglobina, 28 kDa; Lisozima, 19 kDa; Aprotinina, 9 kDa).

O Extrato fenólico foi realizado conforme a metodologia estabelecida por Larrauri et al. (1997), utilizando 3 g de polpa congelada em ultrafreezer a  $-85\text{ }^{\circ}\text{C}$ , sendo adicionado 4 mL de metanol a 50%, passando por repouso de uma hora com centrifugação de 20 minutos a 9.000 rpm para a realização da extração. Em seguida, retirou-se o sobrenadante, colocando-o em recipiente graduado e etiquetado. Adicionou-se ao resíduo, 4 mL de acetona 70%, para a realização da extração por uma hora, sendo centrifugado por 20 minutos a 9.000 rpm. O sobrenadante foi retirado e adicionado no recipiente que continha o primeiro sobrenadante, sendo o volume completado para 10 mL com água destilada.

Para a determinação dos polifenóis extraíveis totais (PET), foi tomando uma alíquota de 0,1 mL do extrato fenólico, sendo seu volume aferido a 1 mL com água destilada, (alíquota estabelecida com base na curva padrão de ácido gálico - 0 a  $50\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ ), sendo adicionado 1 mL do reagente Folin-Ciocalteu, 2 mL de carbonato de sódio 20% e 2 mL de água destilada. Para a atividade antioxidante total pela captura do radical  $\text{ABTS}^{\cdot+}$  ( $\mu\text{g}$  de Trolox  $\text{g}$  polpa $^{-1}$ ), preparou-se o radical utilizando 5 mL da solução de  $\text{ABTS}^{\cdot+}$  (7 mM) com 88  $\mu\text{L}$  da solução de persulfato de potássio 140 mM, repousando em temperatura ambiente por 16 horas na ausência de luz. Antes da realização dos testes o radical foi diluído em álcool etílico até atingir absorvância de  $0,700\pm 0,05$  nm a 734 nm. A partir do extrato fenólico, foram preparadas três diluições de 10, 20 e 30  $\mu\text{L}$ . A 3 mL de radical  $\text{ABTS}^{\cdot+}$  (700 nm), foram adicionados 30  $\mu\text{L}$  de cada diluição e a absorvância foi lida após 6 minutos, a 734 nm. Para a determinação, tomou-se como base a curva padrão do Trolox com concentrações variando de 100 a 2000  $\mu\text{M}$ , respeitando a faixa de linearidade da curva. Os resultados foram expressos em  $\mu\text{M}$  de Trolox.g massa fresca $^{-1}$ . A atividade antioxidante por DPPH foi determinada por três diluições (200, 600 e 1000  $\mu\text{L mL}^{-1}$ ). As leituras foram realizadas 30 minutos após a adição da solução contendo radicais 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) (Dantas et al., 2015).

Na análise sensorial, foram utilizados testes com escalas hedônicas estruturadas, tendo para tanto 12 julgadores treinados para avaliação das características de aparência e sabor da banana. Todas as amostras foram codificadas e oferecidas para os julgadores em condições controladas em cabines individuais. Para a análise dos resultados, cada julgador foi considerado como uma repetição.

As variáveis analisadas para aparência foram Danos e manchas com escala estruturada de 9 pontos (9-extremamente forte; 8-moderadamente forte; 7-regularmente forte; 6-ligeiramente forte; 5-nem forte nem fraco; 4-ligeiramente fraco; 3-regularmente fraco; 2-moderadamente fraco; 1-ausente/extremamente fraco). A cor, aparência, tamanho e avaliação global com escala estruturada de 5 pontos (5-Adorei; 4-Gostei; 3-Indiferente; 2-Não Gostei; 1-Detestei). Intenção de Compra foi analisada com escala estruturada de 5 pontos (5-certamente compraria; 4-possivelmente compraria; 3-talvez comprasse talvez não; 2-possivelmente não compraria; 1-certamente não compraria).

Para as variáveis sabor e textura, foi utilizada escala de nove pontos (9-gostei extremamente; 8-gostei moderadamente; 7-gostei regularmente; 6-gostei ligeiramente; 5-nem gostei nem desgostei; 4-desgostei ligeiramente; 3-desgostei regularmente; 2-desgostei moderadamente; 1-desgostei extremamente). Para a percepção da textura utilizou-se a escala de nove pontos (9-extremamente macia; 8-moderadamente macia; 7-regularmente macia; 6-ligeiramente macia; 5-nem macia nem dura; 4-ligeiramente dura; 3-regularmente dura; 2-moderadamente dura; 1-extremamente dura). Para as variáveis de suculência, sabor característico, sabor estranho, sabor aguado, sabor doce e sabor ácido, foi utilizada escala estruturadas em 9 pontos (9-extremamente forte; 8-moderadamente forte; 7-regularmente forte; 6-ligeiramente forte; 5-nem forte nem fraco; 4-ligeiramente fraco; 3-regularmente fraco; 2-moderadamente fraco; 1-ausente/extremamente fraco). Contudo, para a aceitação global foram: 9-gostei extremamente; 8-gostei moderadamente; 7-gostei regularmente; 6-gostei ligeiramente;

5-nem gostei nem desgostei; 4-desgostei ligeiramente; 3-desgostei regularmente; 2-desgostei moderadamente; 1-desgostei extremamente. Em relação a intenção de compra, foi utilizada escala estruturada de 5 pontos: 5-certamente compraria; 4-possivelmente compraria; 3-talvez comprasse talvez não; 2-possivelmente não compraria; 1-certamente não compraria.

## Resultados e Discussão

A atividade respiratória (Figura 16), no 1º ciclo de produção, os picos respiratórios ocorreram entre os dias 12 e 13, para com todos os tratamentos, sendo os frutos das doses de 210N e 144K, os que apresentaram a maior taxa respiratória, quando comparada as demais ( $40 \text{ mg Kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ), seguido do com 285N e 336K ( $30 \text{ mg Kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ). No 2º ciclo de produção os picos respiratórios ocorreram entre os dias 11 e 13, para todos os tratamentos, porém a taxa metabólica foi bem superior. A combinação de 210N e 144K, apresentou a maior taxa respiratória, quando comparada as demais com 180 ( $\text{mg Kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ), seguido do tratamento 285N e 336K, comportou-se obtendo taxa respiratória de 160 ( $\text{mg Kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ).

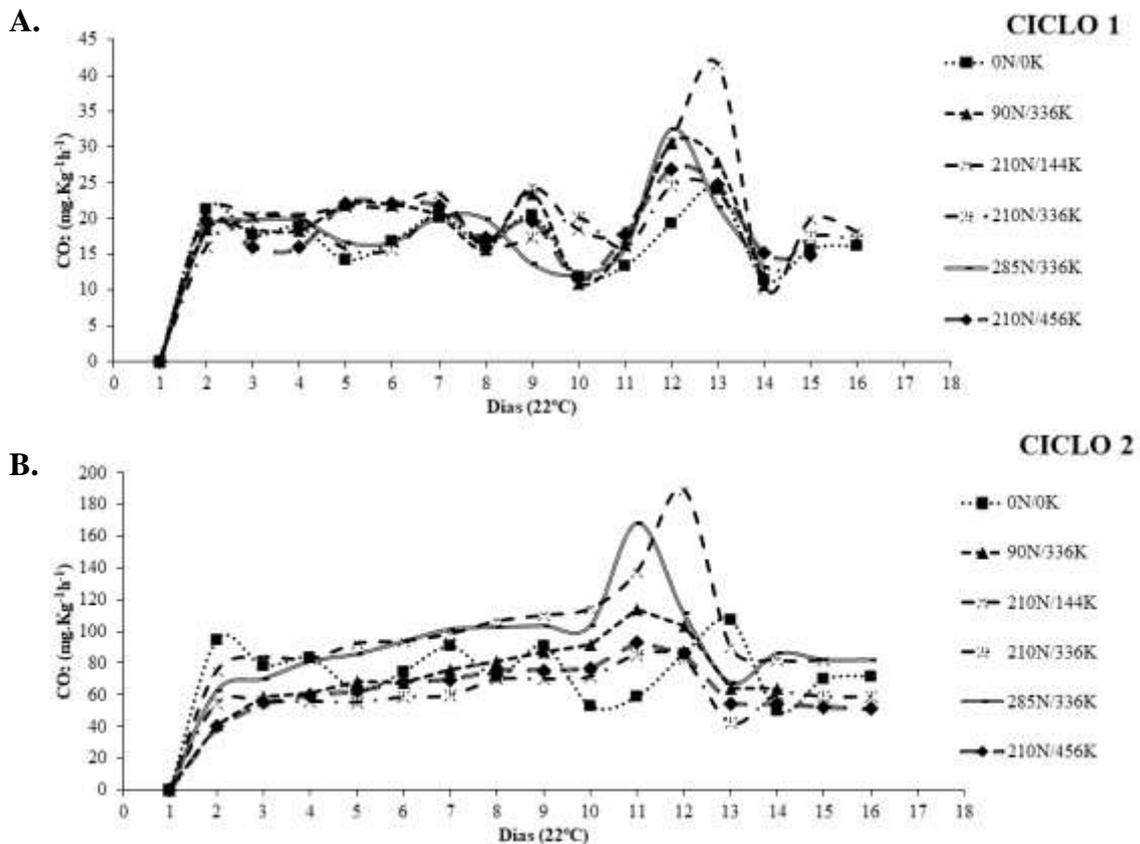


Figura 15 Taxa respiratória do 1º (A) e 2º (B) ciclos, medido na condição ambiente ( $23\pm 2^{\circ}\text{C}$  e  $55\pm 2\%\text{UR}$ ) de frutos de Bananeira ‘Vitória’, cultivados sob diferentes doses de Nitrogênio (Ureia) associadas a diferentes doses de Potássio.

A cor da casca no parâmetro  $L^*$  (Figura 17A), variou de 62,5 a 65,5, e frutos da combinação 285N/336K apresentaram maior brilho, que não diferiu do controle também obtiveram maior luminosidade da casca, frutos dos demais tratamentos apresentaram menores brilhos. O parâmetro  $a^*$  (Figura 17B) de frutos do controle e do tratamento 210N/456K apresentaram maiores valores, mostrando assim uma coloração mais amarela intensa, com relação aos demais tratamentos que apresentaram menor intensidade da coloração dos frutos. No parâmetro  $b^*$  (Figura 17C), os frutos de plantas com a dose de 90N/336K, obtiveram os maiores valores, indicando maior intensidade mais avermelhados, com uma tonalidade amarelo mais acentuado, diferindo da tonalidade da casca dos tratamentos que receberam adubação

potássica em maiores doses, indicando ser K importante nas mudanças de coloração de banana ‘Vitória’.

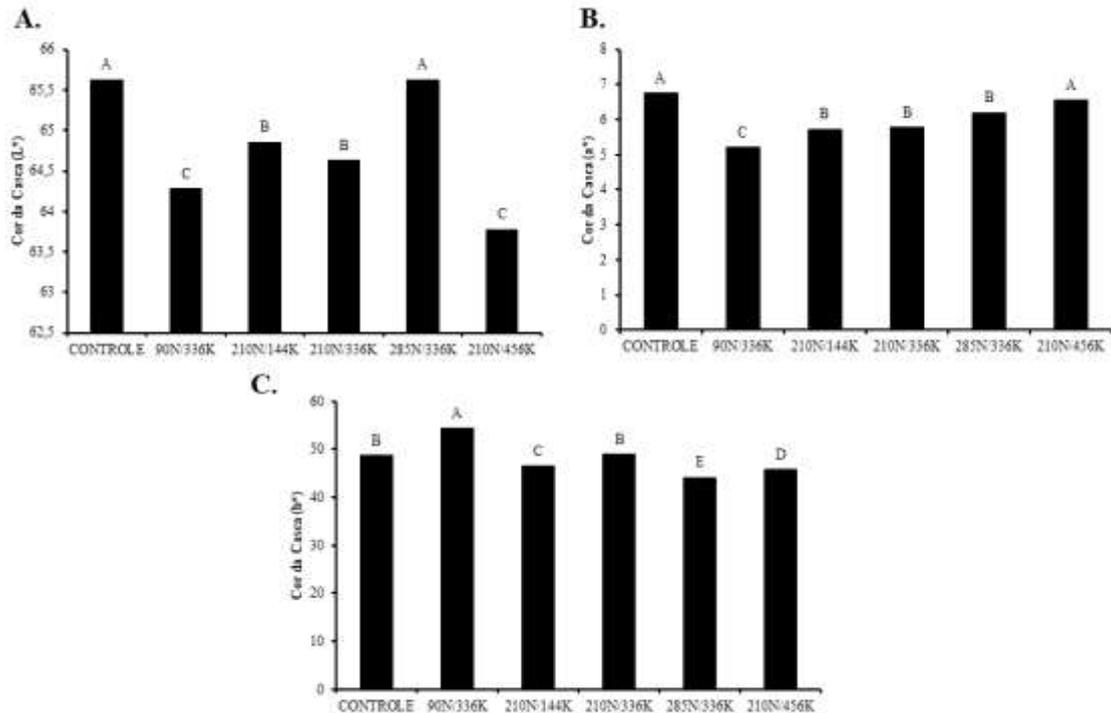


Figura 16 Coloração da Casca do parâmetro L\* (A), a\*(B) e b\* (C) em condição ambiente ( $23\pm 2^{\circ}\text{C}$  e  $55\pm 2\%$  UR) de frutos de Bananeira ‘Vitória’, do 1º ciclo de cultivo sob combinações doses de Nitrogênio (Ureia) associadas a doses de Potássio.

A cor da polpa no parâmetro L\* (Figura 18A), variou de 72 a 80, sendo a combinação de 210N/456K os frutos com maior brilho. Frutos do controle apresentaram menor brilho da polpa. No parâmetro a\* da polpa (Figura 18B), não ocorreu diferença entre os tratamentos, com valores variando de 2,5 a 3,0, indicando a tonalidade amarelada na polpa dos frutos. No parâmetro b\* (Figura 18C), os frutos da dose de 285N/336K, obtiveram os menores valores, mostrando assim menor intensidade de tons avermelhados, mostrando uma polpa com uma tonalidade menos acentuada para o vermelho, mostrando a cor amarelada com maior intensidade.

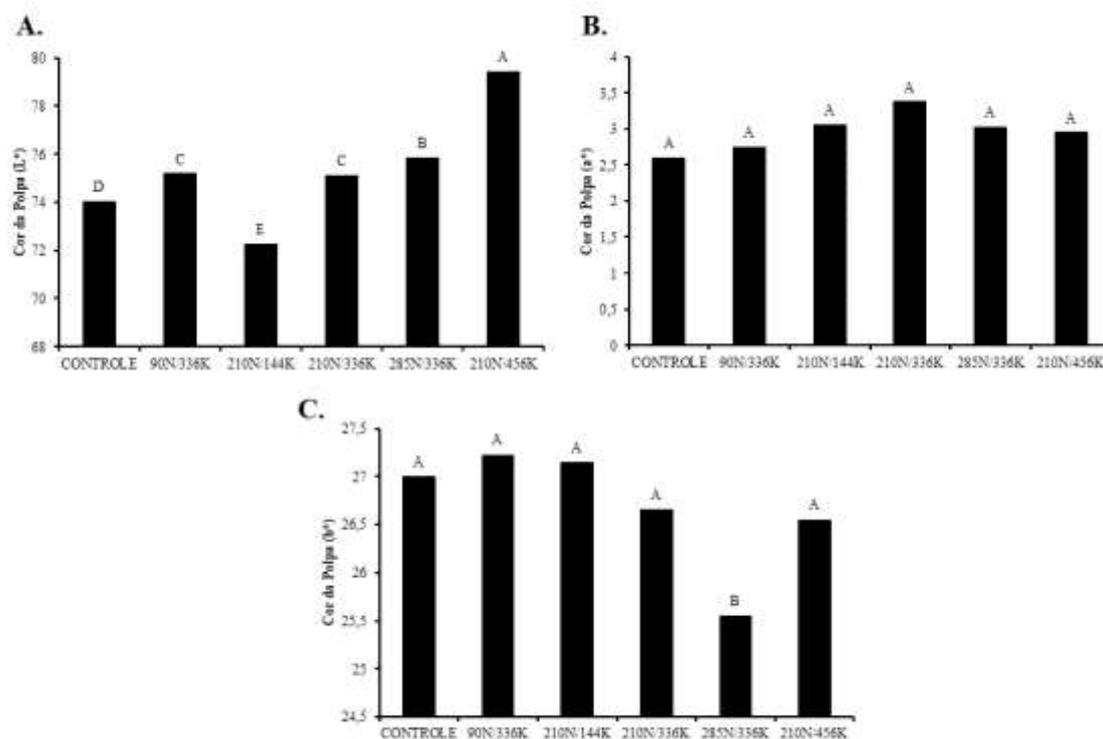


Figura 17 Coloração da Polpa do parâmetro L\* (A), a\*(B) e b\* (C) em condição ambiente ( $23\pm 2^{\circ}\text{C}$  e  $55\pm 2\%\text{UR}$ ) de frutos de Bananeira ‘Vitória’, do 1º ciclo de cultivo sob combinações doses de Nitrogênio (Ureia) associadas a doses de Potássio.

O comprimento no 1º ciclo de produção (Figura 19A) foi maior em frutos de plantas que receberam a dose de 210N e 456K, com 220 mm de tamanho, enquanto nos demais frutos variou de 175 a 195 mm, com os do controle apresentando menor tamanho (170 mm), mostrando que a adubação influencia no tamanho dos frutos de banana ‘Vitória’. No diâmetro (Figura 19B), frutos da dose de 90 N e 336 K apresentaram maior diâmetro (45 mm), comparado aos demais tratamentos, enquanto frutos do controle e adubados com 210 N e 144 K, foram os de menor diâmetro (39,5 mm). A massa dos frutos (Figura 19C) com adubação 90 N e 336 K,

apresentaram 215 g, quando comparados aos demais tratamentos, mas frutos de dose 210N/144K foram os de menor massa. A maior firmeza (Figura 4D) foi a de frutos que receberam as doses de 210N/456K, enquanto os do controle os de menor firmeza. Portanto, banana ‘Vitória’ submetidos a adubação com N e K apresentam maior firmeza comparados às plantas sem adubação.

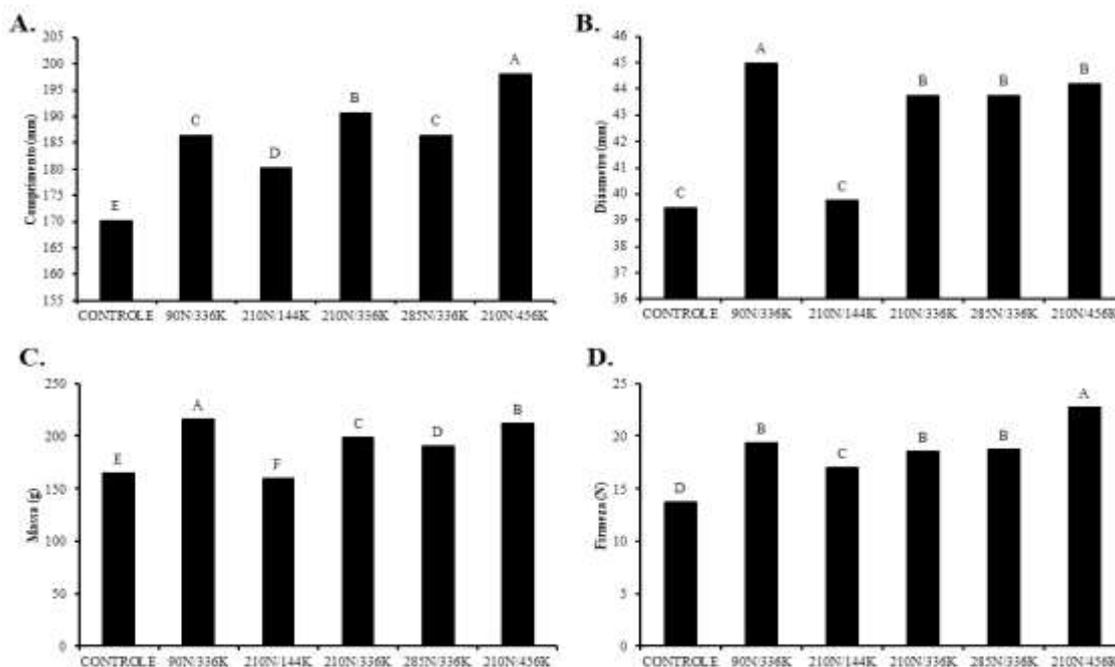


Figura 18 Comprimento (A), Diâmetro (B), Massa (C) e Firmeza (D) em condição ambiente ( $23\pm 2^{\circ}\text{C}$  e  $55\pm 2\%$  UR) de frutos de Bananeira ‘Vitória’, do 1º ciclo de cultivo sob combinações doses de Nitrogênio (Ureia) associadas a doses de Potássio.

O potencial hidrogeniônico (pH) (Figura 20A) de frutos do controle foi maior, com 4,2, e os dos demais tratamentos apresentam valores inferiores, variando de 3,5 a 4,1, sendo os frutos do tratamento 285N/336K os com menor valor da variável.

O teor de sólidos solúveis (SS) de frutos do controle foi maior (20%) ao dos demais tratamentos (Figura 20B), seguido do de frutos de 210N/144K, com 19%, os demais tratamentos apresentam SS inferiores, sendo os frutos de 285N/336K, os com menores teores, com 15%.

A acidez titulável (AT) de frutos que receberam adubação com 285N/336K foi maior com 0,55 g de ac málico 100g<sup>-1</sup>, (Figura 20C), enquanto os frutos com menor AT foram os adubados com 210N/144K e 210N/456K.

Na relação sólidos solúveis e acidez titulável (SS/AT) (Figura 20D) foi superior em frutos adubados com 210N/144K, seguido dos frutos com 210N/456K, enquanto frutos dos demais tratamentos apresentaram SS/AT entre 50 e 70.

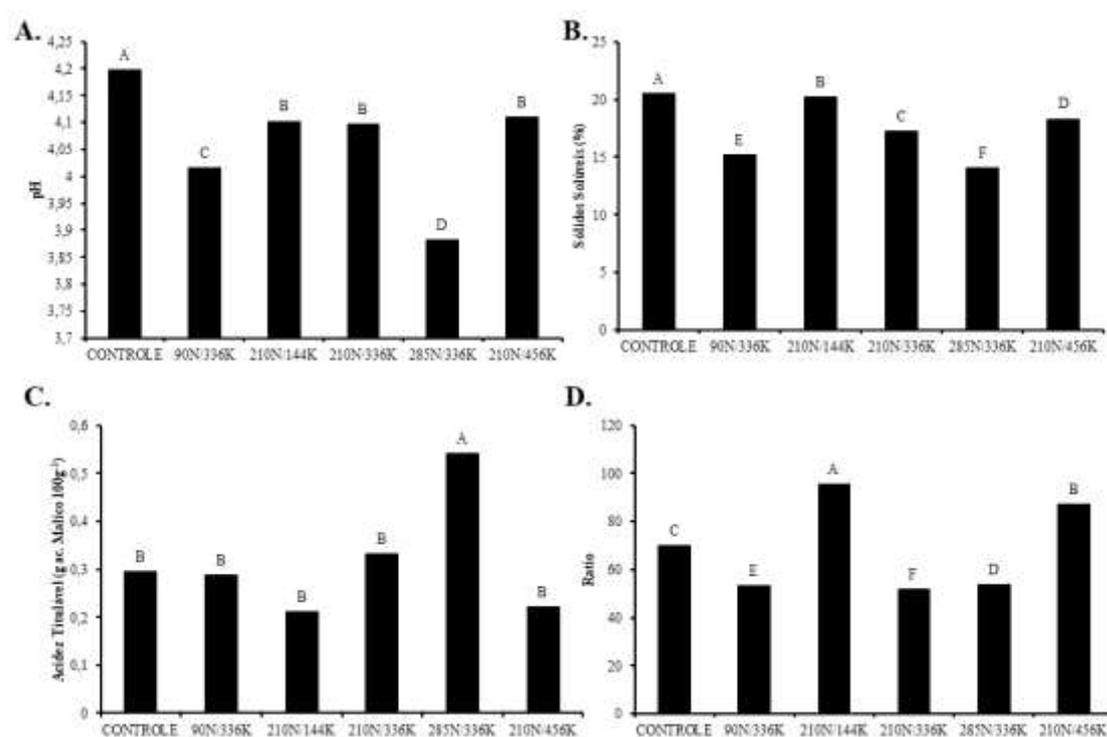


Figura 19 PH (A), Sólidos Solúveis (B), Acidez Titulável (C) e Ratio (D), em condição ambiente (23±2°C e 55±2%UR) de frutos de Bananeira ‘Vitória’, do 1º ciclo de cultivo sob combinações doses de Nitrogênio (Ureia) associadas a doses de Potássio.

O conteúdo de carotenoides totais (Figura 21A) foi maior em banana ‘Vitória’ do controle e nas com adubações de 90N/336K e 210N/144K com média de 2,5 µg 100g<sup>-1</sup> na polpa, com teores inferiores em frutos dos demais tratamentos.

O teor de flavonoides amarelos (Figura 21B) os frutos com adubação com 210N/456K foi em média 3,5 mg 100g<sup>-1</sup> na polpa, sendo inferiores em frutos dos demais tratamentos, sendo os do tratamento controle, os com menor teor, com 0,5 mg 100g<sup>-1</sup>.

O teor de antocianinas (Figura 21C) na polpa de frutos de banana ‘Vitória’ que receberam adubação de 285N/336K foi 0,18 mg 100g<sup>-1</sup>, com teores menores em frutos dos demais combinações.

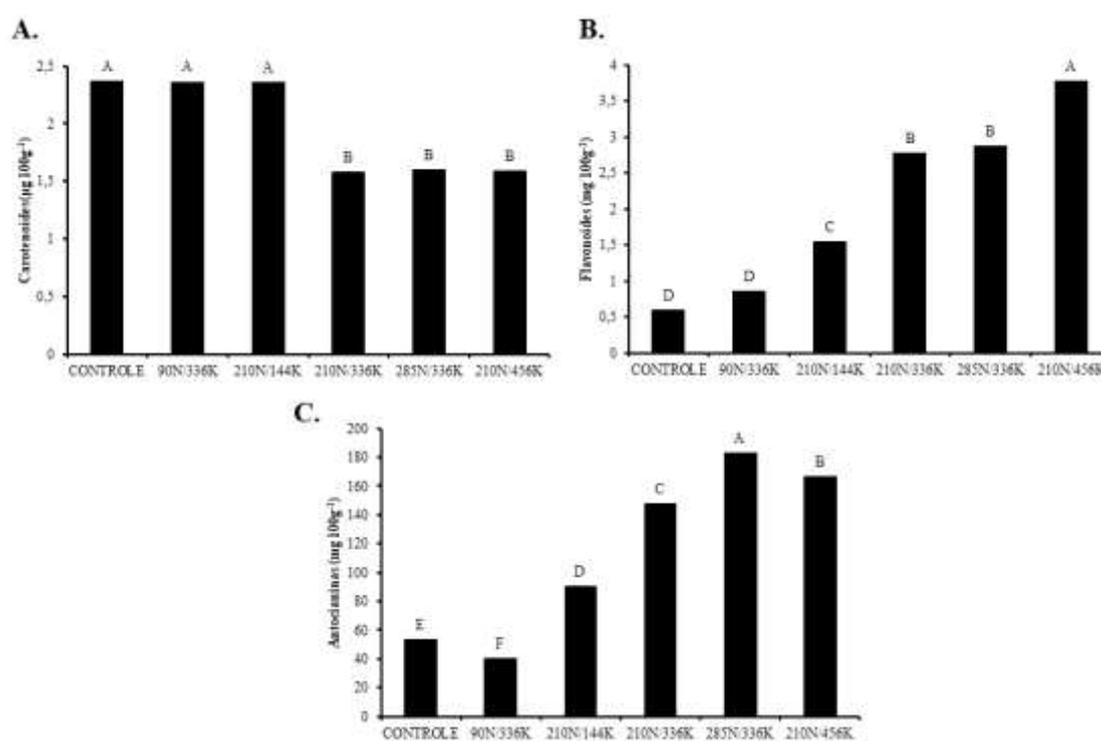


Figura 20 Carotenoides (A), Flavonoides (B) e Antocianinas (C), em condição ambiente (23±2°C e 55±2% UR) de frutos de Bananeira ‘Vitória’, do 1º ciclo de cultivo sob combinações doses de Nitrogênio (Ureia) associadas a doses de Potássio.

O teor de ácido ascórbico (Figura 22A) de banana ‘Vitória’ que recebeu 210N/456K foi maior conteúdo (8 mg 100g<sup>-1</sup>), com teores inferiores em frutos das demais combinações.

A atividade da enzima superóxido dismutase (SOD) (Figura 22B) expressou mais intensamente em polpa de frutos do controle, comparado aos dos demais tratamentos, mas reduziu sua ação em frutos que receberam doses de 210N/456K. A atividade da catalase (CAT)

(Figura 22C) expressou com mais intensidade em frutos de doses 210N/336K, enquanto os dos demais tratamentos apresentaram atividades da CAT inferiores. A atividade da ácido ascórbico peroxidase (APX) (Figura 22D), houve maior intensidade em frutos de doses 210N/144K, seguido de frutos do controle. Frutos dos demais tratamentos, apresentaram atividades de 400 U g polpa<sup>-1</sup>. A atividade da peroxidase (POD) (Figura 22E), frutos do tratamento que recebeu adubação com doses 210N/144K, apresentaram maior atividade com 140 U g polpa<sup>-1</sup>, seguido de frutos do controle com 120 U g polpa<sup>-1</sup>. As atividades da POD na polpa dos demais tratamentos foram inferiores, variando entre 80 a 100 U polpa<sup>-1</sup>.

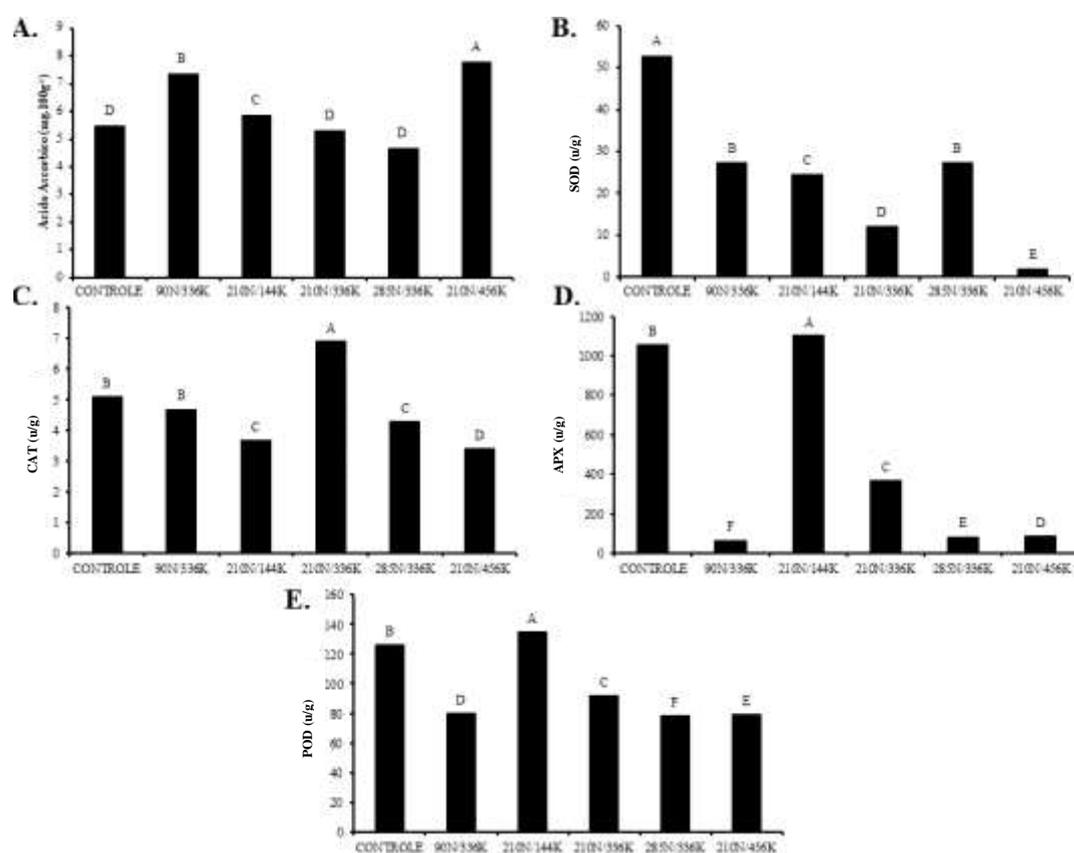


Figura 21 Ácido Ascórbico (A), Superóxido Dismutase (SOD) (B), Catalase (CAT) (C), Ácido Ascórbico Peroxidase (APX) (D) e Peroxidase (E) de frutos de Bananeira ‘Vitória’, do 1º ciclo de cultivo sob combinações doses de Nitrogênio (Ureia) associadas a doses de Potássio.

Na expressão das enzimas em frutos do 1º ciclo de produção (Figura 23) em frutos de banana ‘Vitória’, a massa molecular da superóxido dismutase (SOD) foi estimada em 28 kDa,

cuja expressão foi bem definida para todas as combinações, mas foi mais acentuada na dose 210N/336K, cuja expressão aumentou com o aumento das doses de N. A massa molecular estimada para a peroxidase (POD) foi 19 kDa (POD), cuja expressão aumentou na polpa dos frutos a partir da dose 210N/336K, continuando a aumentar a expressão com o aumento das doses de N. O peso molecular da ácido ascórbico peroxidase (APX) foi estimada em 37 kDa, cuja expressão também aumentou nas combinações, 210N/336K, 285N/336K, 210N/456K. O peso molecular da catalase (CAT) foi estimado em 47 kDa, cuja expressão foi maior e frutos do controle e nas combinações, 210N/336K, 285N/336K, 210N/456K.

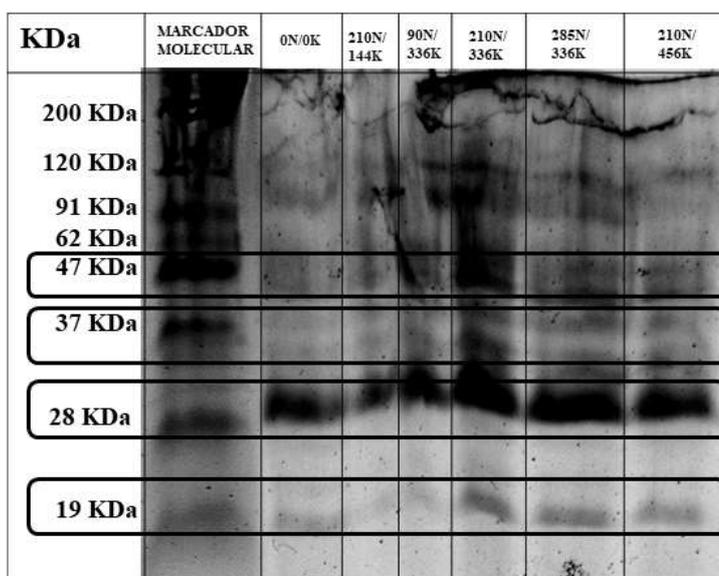


Figura 22 Gel de poliacrilamida, SDS-PAGE, corado com Commassie blue, com extratos da polpa de frutos de Bananeira 'Vitória', do 1º ciclo de cultivo sob combinações doses de Nitrogênio (Ureia) associadas a doses de Potássio. 1- Marcadores Moleculares (Myosin, 200 kDa;  $\beta$ -galactosidase, 120 kDa; Bovine Serum, 91 kDa; Glutamate, 62 kDa; Ovalbumin, 47 kDa; Carbonic Anhydrase, 37 kDa; Mioglobina, 28 kDa; Lysozyme, 19 kDa; Aprotinin, 9 kDa).

O teor de polifenóis extraíveis totais (PET) da polpa de banana ‘Vitória’ foi mais elevado em frutos do controle (Figura 24A), que foram seguidos de frutos da combinação 210N/336K com o 2º maior conteúdo. A combinação 210N/144K produziu frutos com o menor conteúdo de fenólicos. Levando-se em conta a menor necessidade de polpa para reduzir 1 g de DPPH, a atividade antioxidante (AAT) pela captura do radical DPPH (Figura 24B) para frutos da combinação 285N/336K foi superior à dos demais tratamentos (menor valor), enquanto os da combinação 210N/144K, apresentaram a menor atividade antioxidante (maior valor). Em concordância, a AAT pelo radical ABTS (Figura 24C), foi também maior em frutos que receberam 285N/336K como combinação de adubação, bem como, as menores AAT foram de frutos das combinações 90N/336K e 210N/144K.

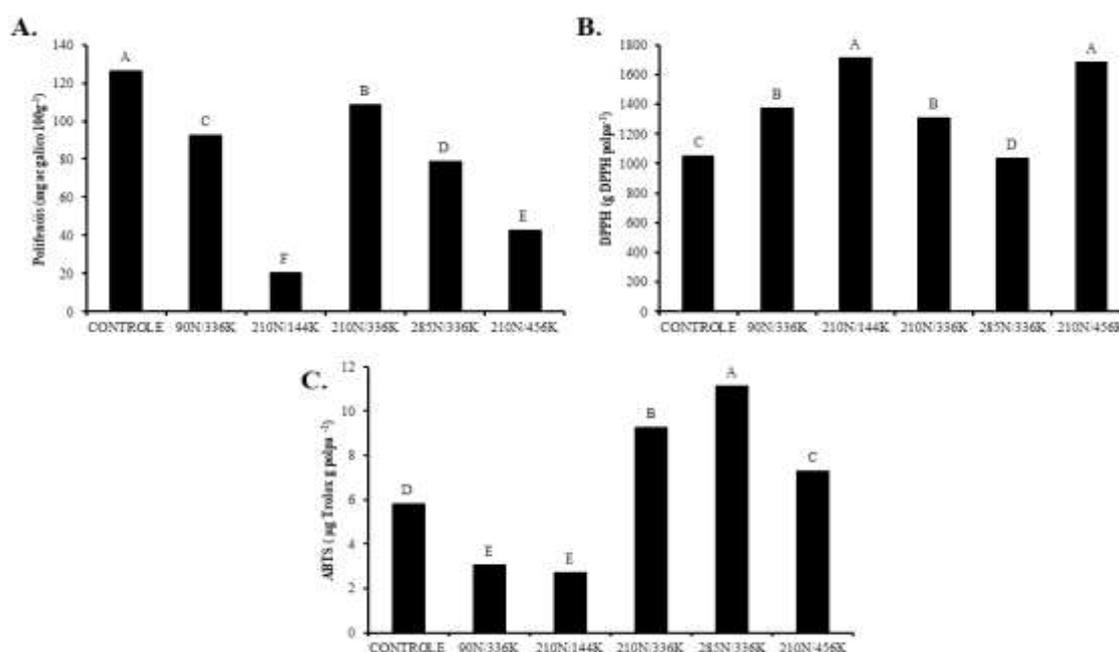


Figura 23 Polifenóis (A), Atividade Antioxidante: DPPH (B) e ABTS (C) de frutos de Bananeira ‘Vitória’, do 1º ciclo de cultivo sob combinações doses de Nitrogênio (Ureia) associadas a doses de Potássio.

Na avaliação sensorial de aparência as plantas que receberam a combinação 210N/456K, obtiveram as melhores notas em seus frutos, comparados aos demais tratamentos. A combinação 285N/336K, foi a que os frutos receberam a segunda colocação em notas,

comparadas aos demais tratamentos. O tratamento controle, que não recebeu nenhuma adubação, os frutos receberam as menores notas em todos os parâmetros.

Tabela 10 Avaliação Sensorial de Aparência (Escala 1 a 5) do de frutos de Bananeira ‘Vitória’, do 1º ciclo de cultivo sob combinações doses de Nitrogênio (Ureia) associadas a doses de Potássio.

Na análise sensorial de sabor, os frutos de banana ‘Vitória’ que receberam as melhores notas, foram os das combinações de 90N/336K, 210N/336N e 210N/456K, para os parâmetros de sabor, textura, suculência e avaliação global, os frutos mostraram aceitação pelos avaliadores, onde os demais tratamentos e o controle apresentaram notas menores isso devido a ação dos adubos utilizados, mostrando assim, a grande influência para com a qualidade dos frutos mediante a aceitação pelo mercado de consumo.

Tabela 11 Avaliação Sensorial de Sabor do 1º Ciclo, em condição ambiente ( $23\pm 2^{\circ}\text{C}$  e  $55\pm 2\%\text{UR}$ ) de frutos de Bananeira ‘Vitória’, do 1º ciclo de cultivo sob combinações doses de Nitrogênio (Ureia) associadas a doses de Potássio.

TRATAMENTO	SABOR	TEXTURA	PERCEPÇÃO TEXTURA	SUCULENCIA	SABOR CARACTERÍSTICO	SABOR ESTRANHO	SABOR AGUADO	SABOR DOCE	SABOR ACIDO	AVALIAÇÃO GLOBAL	INTENÇÃO DE COMPRA
CONTROLE	7,73B	7,91B	7,18B	6,73A	8,09B	1,18B	1,91A	7,27B	2,36B	8,09B	4,45B
90N/336K	8,73A	8,82 <sup>a</sup>	8,27 <sup>a</sup>	7,09A	8,55A	1,00B	1,91A	7,73A	2,00B	8,55 <sup>a</sup>	5,18A
210N/144K	7,00C	7,18C	7,55 <sup>a</sup>	7,18A	7,18C	1,73A	1,91A	6,73B	2,45B	7,55B	4,36B
210N/336K	8,00B	7,91B	8,09 <sup>a</sup>	7,00A	8,27B	1,09B	1,27B	7,55A	1,91B	8,36B	4,82A
285N/336K	7,36C	7,82B	7,64 <sup>a</sup>	6,64A	7,64B	1,36B	1,73A	6,64B	2,91A	7,45C	4,18B
210N/456K	8,27B	8,00B	7,82 <sup>a</sup>	7,09A	8,55A	1,36B	2,36A	8,09A	2,09B	8,09B	4,91A

## Segundo Ciclo

TRATAMENTO	COR	APARENCIA	TAMANHO	AVALIAÇÃO GLOBAL	ACEITABILIDADE	DANOS	MANCHAS
CONTROLE	3,00C	2,45D	2,91C	2,82C	2,45D	1,73A	2,64A
90N/336K	3,82C	3,45C	4,36B	4,00B	3,55B	2,36A	2,55A
210N/144K	3,27B	3,55B	3,27C	3,18C	3,09C	1,73A	1,73B
210N/336K	2,91C	3,73B	3,82B	3,36C	3,00C	1,82A	1,64B

285N/336K	3,64B	4,18B	4,36B	4,27B	3,73B	1,64A	1,64B
210N/456K	4,55A	4,55A	4,64A	4,64A	4,55A	1,36B	1,82B

A cor da casca em frutos de banana ‘Vitória’ no 2º ciclo de produção, quanto ao parâmetro L\* (Figura 25A) variou de 53 a 57,5, sendo os frutos da combinação 210N/144Kos com maior brilho. Frutos das combinações 210N/336K, 210N/456K e os do controle não diferiram.

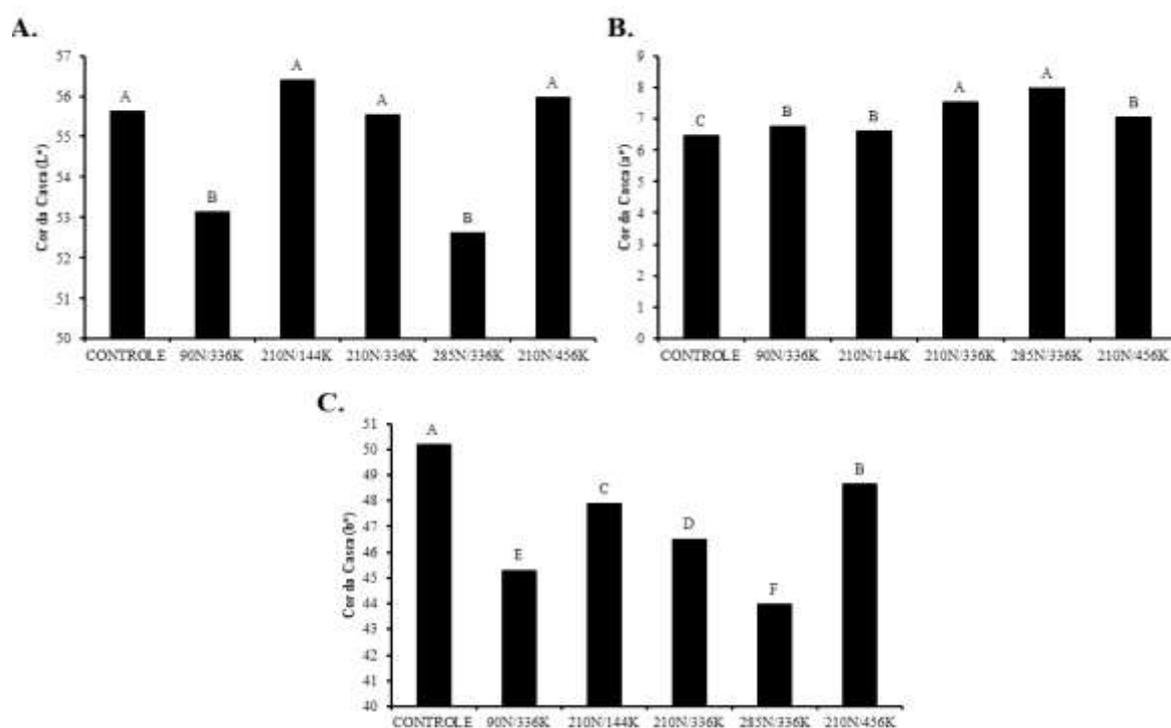


Figura 24 Coloração da Casca do parâmetro L\* (A), a\*(B) e b\* (C) em condição ambiente ( $23\pm 2^{\circ}\text{C}$  e  $55\pm 2\% \text{UR}$ ) de frutos de Bananeira ‘Vitória’, do 2º ciclo de cultivo sob combinações doses de Nitrogênio (Ureia) associadas a doses de Potássio.

O parâmetro a\* no 2º ciclo de produção (Figura 25B) em frutos do controle e da combinação 285N/336K apresentaram coloração amarela mais intensa, com relação as demais combinações. No parâmetro b\* (Figura 25C) do 2º ciclo, os frutos do controle foram os com maiores valores, indicando maior presença de tons avermelhados, que resultou em tonalidade amarelo mais acentuado da banana ‘Vitória’.

Com relação a coloração da polpa no 2º ciclo de produção da banana ‘Vitória’, o brilho foi maior (Figura 26A) em frutos das doses 210N/336K e 210N/456K, que foi inferior em frutos dos demais. O parâmetro  $a^*$  da polpa (Figura 26B) foi maior em frutos da dose 210/336K, que variou entre 2 a 4, enquanto frutos das combinações 90N/336K, 210N/144K e 285N/336K foram os que apresentaram os menores resultados. No parâmetro  $b^*$  da polpa (Figura 26C), no 2º ciclo de produção, frutos do controle apresentaram maiores valores, seguido dos com dose 210N/336K, sendo inferior em frutos as demais combinações.

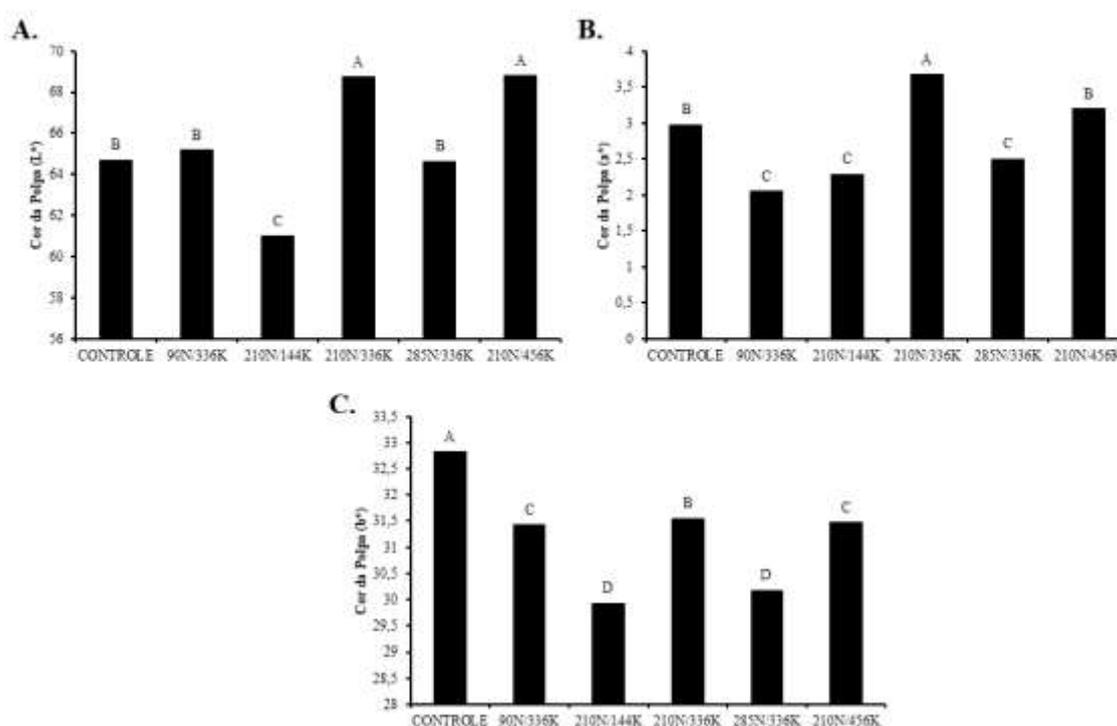


Figura 25 Coloração da Polpa do parâmetro  $L^*$  (A),  $a^*$ (B) e  $b^*$  (C) em condição ambiente ( $23\pm 2^\circ\text{C}$  e  $55\pm 2\%$  UR) de frutos de Bananeira ‘Vitória’, do 2º ciclo de cultivo sob combinações doses de Nitrogênio (Ureia) associadas a doses de Potássio.

O comprimento de frutos do 2º ciclo de produção foi maior na dose 210N/456K (Figura 27A), com cerca de 200mm, com frutos das demais combinações não diferindo, apenas frutos do controle, com cerca de 150 mm, diferiram para menor. Com relação ao diâmetro no

2º ciclo de produção (Figura 27B), frutos do controle apresentaram 42 mm, com frutos das demais combinações com menores diâmetros.

A massa foi maior no 2º ciclo de produção (Figura 27C), em frutos com a dose de 210N/456K, com 200g, enquanto frutos do controle e os que receberam 90N/336K, foram os de menor massa, indicando a grande importância da adubação na massa.

A firmeza da banana ‘Vitória’ no 2º ciclo de produção (Figura 27D) foi maior em frutos da combinação 90N/336K (30N), enquanto frutos das doses 210N/336K e 210N/456K apresentaram frutos com firmezas inferiores 25N, demonstrando a influência da adubação na firmeza.

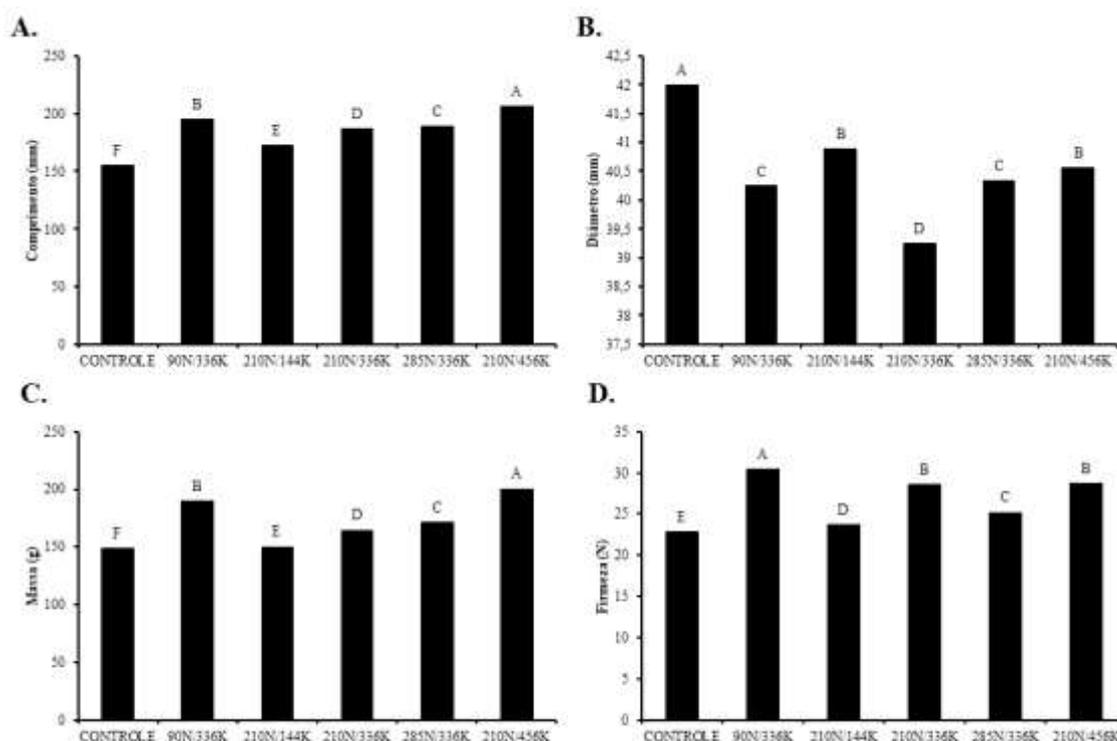


Figura 26 Comprimento (A), Diâmetro (B), Massa (C) e Firmeza (D) de frutos de Bananeira ‘Vitória’, do 2º ciclo de cultivo sob combinações doses de Nitrogênio (Ureia) associadas a doses de Potássio.

O potencial hidrogeniônico (pH) de frutos do 2º ciclo de produção (Figura 28A) em frutos do controle foram menores com 4,4, enquanto nos das demais combinações foram superiores, variando entre 4,5 a 4,7, sendo maior em frutos de 90N/336K.

O teor de sólidos solúveis (Figura 28B) foi maior em frutos controle (28%) do 2º ciclo de produção, com relação ao dos demais tratamentos, seguido da combinação 210N/144K (26,5%), enquanto frutos das demais combinações apresentam teores inferiores, sendo os frutos do tratamento 210N/456K os com menor teor (24%).

A acidez titulável (Figura 28C) de frutos do 2º ciclo de produção, não diferiu entre os tratamentos, variando entre 0,2 a 0,25 g de ac málico  $100^{-1}$ . A relação sólidos solúveis e acidez titulável (SS/AT), de frutos do 2º ciclo de produção (Figura 28D) foi bem superior em frutos do controle (cerca de 135), seguidos dos que receberam 90N/336K (em torno de 129), em decorrência do elevado teor de SS e baixa acidez dos frutos. Frutos das demais combinações apresentaram valores entre 100 e 120.

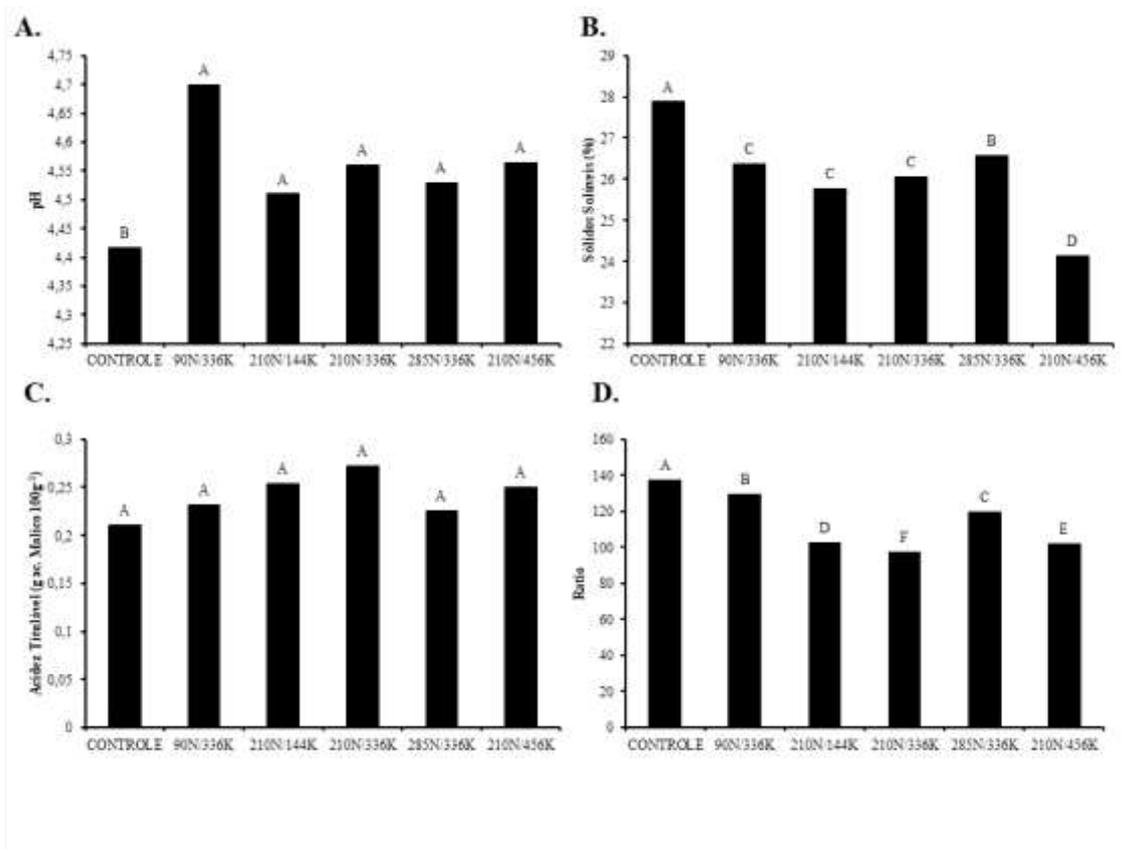


Figura 27 pH (A), Sólidos Solúveis (B), Acidez Titulável (C) e Ratio (D), de frutos de Bananeira ‘Vitória’ do 2º ciclo de cultivo sob combinações doses de Nitrogênio (Ureia) associadas a doses de Potássio.

O conteúdo de carotenoides totais da polpa da banana ‘Vitória’ do 2º ciclo de produção (Figura 29A) não diferiu significativamente entre combinações, sendo em média da ordem de  $3\mu\text{g } 100\text{g}^{-1}$ .

O conteúdo de flavonoides amarelos (Figura 29B) aumentou com as doses de K, de modo que frutos que receberam adubação com 210N/456K no 2º ciclo de produção foi de  $3,5 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$ , enquanto os do controle apresentaram o menor conteúdo com  $0,5 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$ .

O teor de antocianinas da polpa (Figura 29C) da banana ‘Vitória’ no 2º ciclo de produção não diferiu entre as combinações, variando entre  $0,04$  a  $0,18 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$ .

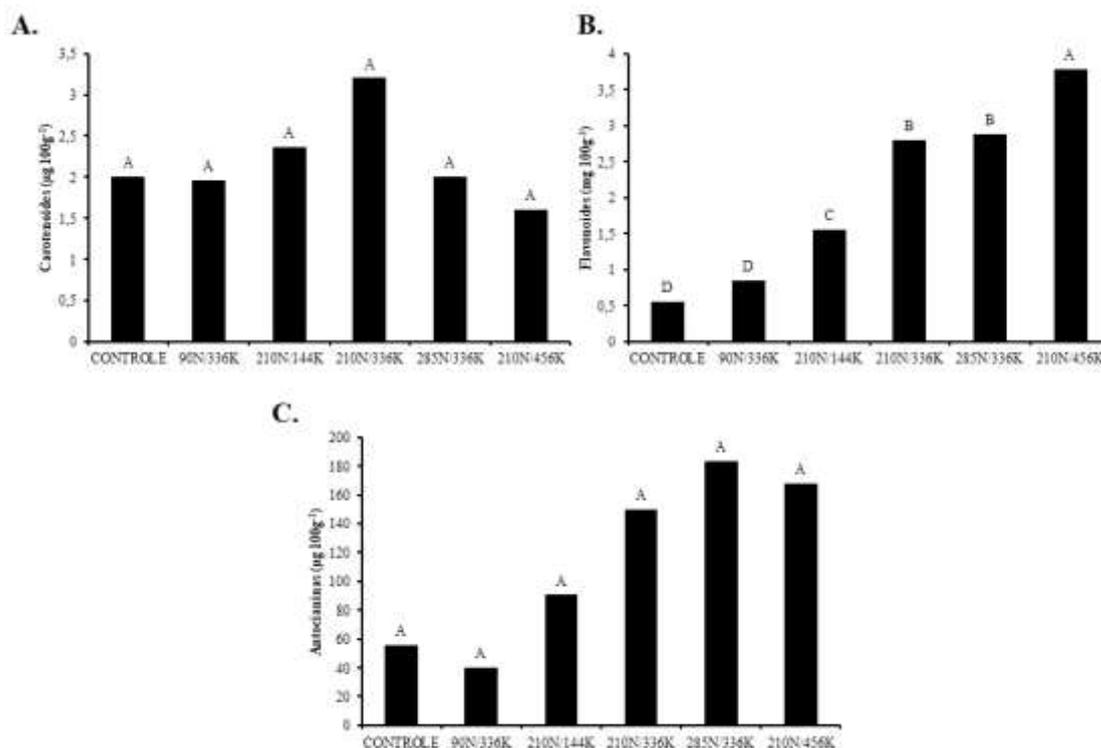


Figura 28 Carotenoides (A), Flavonoides (B) e Antocianinas (C) de frutos de Bananeira ‘Vitória’, do 2º ciclo de cultivo sob combinações doses de Nitrogênio (Ureia) associadas a doses de Potássio.

No 2º ciclo, o teor de ácido ascórbico (Figura 30A) foi menor em frutos da combinação 210N/336K, com 4 mg 100g<sup>-1</sup>, com teores maiores em frutos das demais combinações.

A atividade da superóxido dismutase (SOD) (Figura 30B), no 2º ciclo de produção, houve maior conteúdo da mesma, no tratamento 210N/456K, seguido da combinação 210N/336K, comparado aos demais tratamentos, a menor atividade da mesma ocorreu nos frutos de banana ‘Vitória’ que receberam doses de 210N/144K.

A atividade da enzima Catalase (CAT) (Figura 30C), no segundo ciclo de produção, frutos dos tratamentos controle e que recebeu adubação com dose 210N/144K, apresentaram maior atividade dessa variável, os demais tratamentos apresentaram valores inferiores variando de 3 a 4 U.g<sup>-1</sup>.

No 2º ciclo de produção, a atividade da ácido ascórbico peroxidase (APX) (Figura 30D) em frutos adubados com doses 210N/336K foi mais a mais elevada, seguido dos da combinação 285N/336K. A atividade da APX em frutos das demais combinações, foram inferiores a 200 U/g polpa.

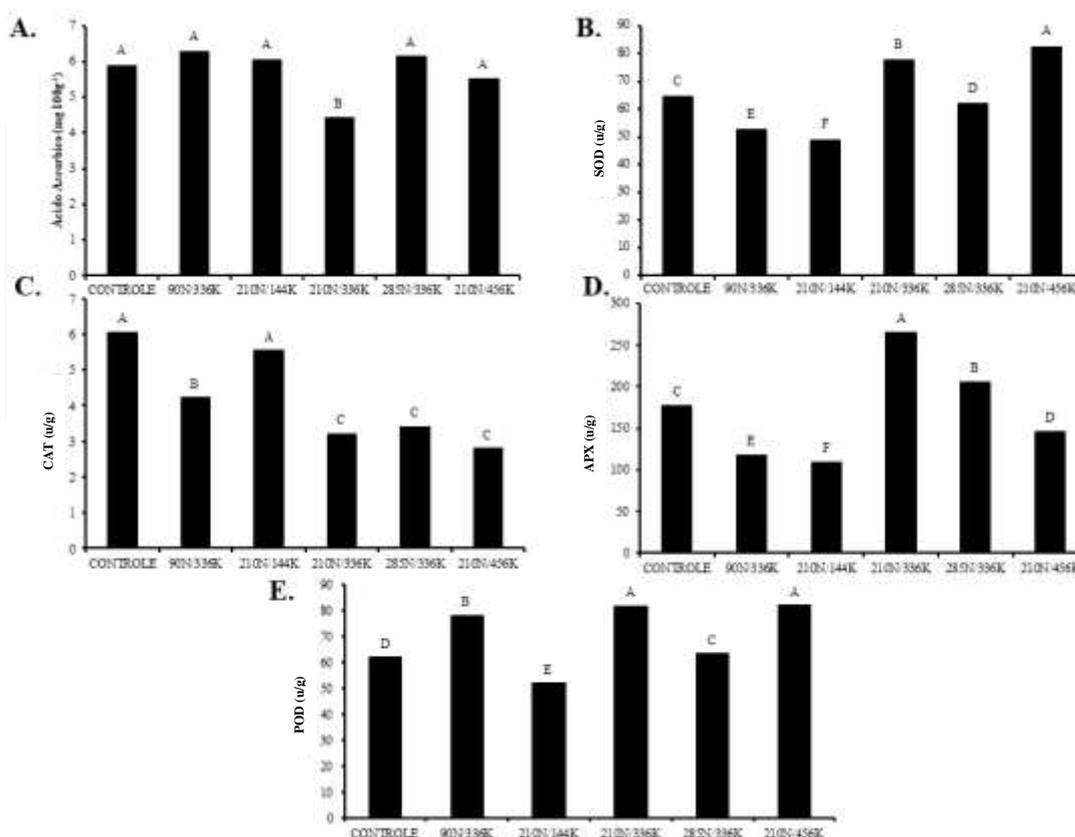


Figura 29 Ácido Ascórbico (A), Superóxido Dismutase (SOD) (B), Catalase (CAT) (C), ácido ascórbico peroxidase (APX) (D) e Peroxidase (E) de frutos de Bananeira ‘Vitória’, do 2º ciclo de cultivo sob combinações doses de Nitrogênio (Ureia) associadas a doses de Potássio.

A atividade da peroxidase (POD) (Figura 30E) em frutos que receberam adubação com doses 210N/336K e 210N/456K, apresentaram maior atividade ( $80 \text{ U g polpa}^{-1}$ ), seguido da adubação com 90N/336K ( $75 \text{ U g polpa}^{-1}$ ). Frutos das demais combinações apresentaram atividades inferiores, variando entre 50 a  $60 \text{ U. g polpa}^{-1}$ .

Na expressão das enzimas em frutos do 2º ciclo de produção (Figura 31) em frutos de banana ‘Vitória’, foi menos intensa do que no 1º ciclo. Mas, de forma similar, a massa

molecular da superóxido desmutase (SOD) foi estimada em 28 kDa, cuja expressão foi também mais acentuada na dose 210N/336K, aumentando a expressão a com o aumento das doses de N. A massa molecular estimada para a peroxidase (POD) foi 19 kDa (POD), cuja expressão aumentou na polpa dos frutos a partir da dose 210N/336K, continuando a aumentar com o aumento das doses de N. O peso molecular da ácido ascórbico peroxidase (APX) foi estimada em 37 kDa, cuja expressão também aumentou nas combinações, 210N/336K, 285N/336K, 210N/456K. O peso molecular da catalase (CAT) foi estimado em 47 kDa, cuja expressão, similar ao 1º ciclo, foi maior e frutos do controle e nas combinações, 210N/336K, 285N/336K, 210N/456K.

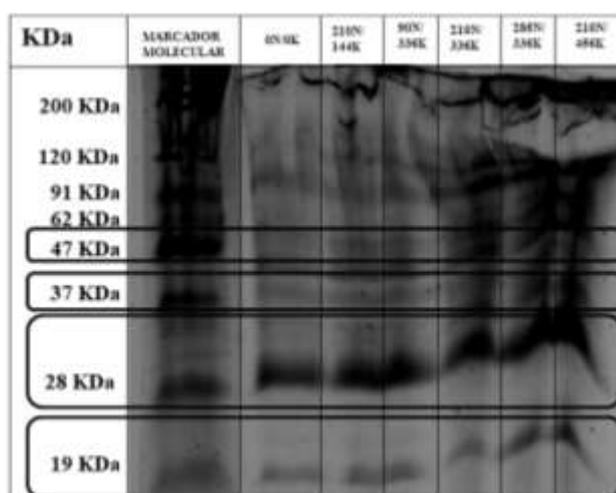


Figura 30 Gel de poliacrilamida, SDS-PAGE, corado com Comassie blue, com extratos da polpa de banana ‘Vitória’ de frutos de Bananeira ‘Vitória’, do 2º ciclo de cultivo sob combinações doses de Nitrogênio (Ureia) associadas a doses de Potássio. 1- Marcadores Moleculares (Myosin, 200 kDa;  $\beta$ -galactosidase, 120 kDa; Bovine Serum, 91 kDa; Glutamate, 62 kDa; Ovalbumin, 47 kDa; Carbonic Anhydrase, 37 kDa; Mioglobina, 28 kDa; Lysozyme, 19 kDa; Aprotinin, 9 kDa).

No 2º ciclo, os teores de polifenóis extraíveis totais (Figura 32A) na polpa de banana ‘Vitória’ foram maiores em frutos do controle. Porém, frutos que receberam adubação 90N/336K foram os com maiores teores.

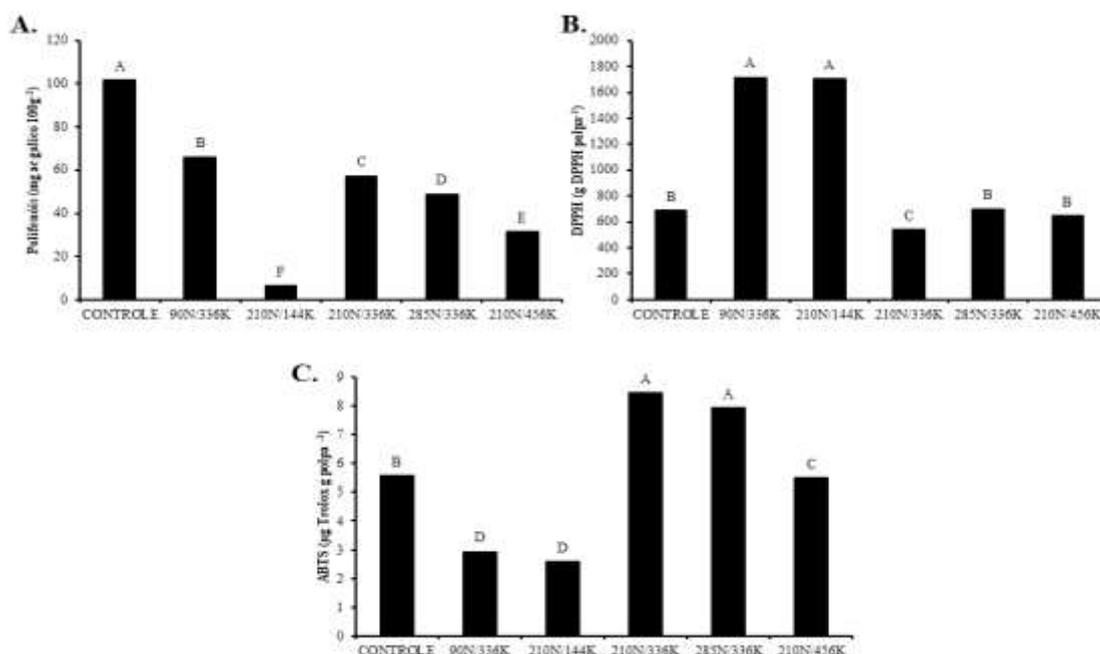


Figura 31 Polifenóis (A), Atividade Antioxidante: DPPH (B) e ABTS (C), de frutos de Bananeira ‘Vitória’, do 2º ciclo de cultivo sob combinações doses de Nitrogênio (Ureia) associadas a doses de Potássio.

Na atividade antioxidante (AAT) pela captura do radical DPPH (Figura 32B) a combinação 210N/336K, apresentou maior AAT, enquanto as combinações 90N/336K e 210N/144K apresentaram frutos com menor AAT. Pelo radical ABTS (Figura 32C), a maior AAT em frutos que receberam 210N/336K e 285N/336K, enquanto a menor AAT através da captura do radical ABTS foi nas combinações 90N/336K e 210N/144K.

Na avaliação sensorial de aparência dos frutos no segundo ciclo de produção, as plantas que receberam a combinação 210N/456K, obtiveram as melhores notas em seus frutos, comparados aos demais tratamentos.

A combinação 210N/336K, foi a que os frutos receberam a segunda colocação em notas, comparadas aos demais tratamentos. O tratamento controle, que não recebeu nenhuma adubação, os frutos receberam as menores notas em todos os parâmetros.

Tabela 12 Avaliação Sensorial de Aparência de frutos de Bananeira ‘Vitória’, do 2º ciclo de cultivo sob combinações doses de Nitrogênio (Ureia) associadas a doses de Potássio.

TRATAMENTO	COR	APARENCIA	TAMANHO	AValiaÇÃO GLOBAL	ACEITABILIDADE	DANOS	MANCHAS
CONTROLE	4,36B	4,45B	4,45B	4,27B	4,64A	2,09B	2,00C
90N/336K	4,09B	3,82B	4,55A	4,09B	4,00B	2,64A	3,18B
210N/144K	4,36B	4,18B	4,45B	4,36B	4,09B	1,73B	2,09C
210N/336K	4,64A	3,82B	4,64A	4,09B	2,36C	2,64A	4,55A
285N/336K	4,45B	4,36B	4,55A	4,55A	1,82C	1,82B	4,64A
210N/456K	4,82A	4,64A	4,36B	4,64A	4,64A	1,64B	1,64C

Na análise sensorial de sabor, os frutos no segundo ciclo de produção da banana ‘Vitória’ que receberam as melhores notas, foram os das combinações de 90N/336K e 210N/456K, para os parâmetros de sabor, textura, suculência e avaliação global, os frutos mostraram aceitação pelos avaliadores, sendo que para as demais combinações e o controle apresentaram notas menores, indicando a grande influência da adubação na qualidade e aceitação pelo mercado de consumo. Os frutos controle apresentaram as menores notas, mostrando assim a necessidade de adubações balanceada para a obtenção de sabor nos frutos.

Tabela 13 Avaliação Sensorial de Sabor de frutos de Bananeira ‘Vitória’, do 2º ciclo de cultivo sob combinações doses de Nitrogênio (Ureia) associadas a doses de Potássio.

TRATAMENTO	SABOR	TEXTURA	PERCEPÇÃO		SABOR					AValiaÇÃO GLOBAL	INTENÇÃO DE COMPRA
			TEXTURA	SUCULENCIA	CARACTERISTICO	ESTRANHO	AGUADO	DOCE	ACIDO		
CONTROLE	7,73B	7,91B	7,18B	6,73A	8,09B	1,18B	1,91A	7,27B	2,36B	8,09B	4,45B
90N/336K	8,73A	8,82 <sup>a</sup>	8,27A	7,09A	8,55A	1,00B	1,91A	7,73A	2,00B	8,55A	5,18A
210N/144K	7,00C	7,18C	7,55A	7,18A	7,18C	1,73A	1,91A	6,73B	2,45B	7,55B	4,36B
210N/336K	8,00B	7,91B	8,09A	7,00A	8,27B	1,09B	1,27B	7,55A	1,91B	8,36B	4,82A
285N/336K	7,36C	7,82B	7,64A	6,64A	7,64B	1,36B	1,73A	6,64B	2,91A	7,45C	4,18B
210N/456K	8,27B	8,00B	7,82A	7,09A	8,55A	1,36B	2,36A	8,09A	2,09B	8,09B	4,91A

## Conclusão

1. Frutos de banana 'Vitória' que receberam 285N e 336K, apresentaram maior taxa respiratória no primeiro e segundo ciclos de produção;
2. Doses elevadas de K reduziram taxa respiratória de frutos de banana 'Vitória';
3. Frutos de banana 'Vitória' que receberam elevadas doses de K apresentaram elevados de flavonóides amarelos e maior atividade antioxidante.
4. Frutos de banana 'Vitória' que receberam doses 210N/144K e 285N/336K, apresentaram maior expressão e atividade das enzimas do metabolismo antioxidante e portanto maior capacidade de capturar radicais livres;
5. Frutos de banana 'Vitória' que receberam dose de 210N/456K apresentaram propriedades funcionais mais relevantes.

## Referencias

- ALCARAZ, J.J.; J.G. JIMÉNEZ. 2018. La aplicación de la agricultura de precisión en el proceso de fertilización: un caso de estudio para el sector bananero del Urabá-Antioqueño. MSc thesis. Program in Applied Economy, Universidad EAFIT, Medellin, Colombia.
- BRASIL, E. C.; OEIRAS, A. H. L; MENEZES, A, J. E. A. de; VELOSO C. A. C. 2000. Desenvolvimento e produção de frutos de bananeira em resposta à adubação nitrogenada e potássica. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.35, n.12, p.2407-2414,
- DANTAS, A.L.; SILVA, S.M.; DANTAS, R.L.; PEREIRA, W.E.; LIMA, R.P.; MENDONÇA, R.M.N.; SANTOS, D. 2015. Influence of combined sources of nitrogen fertilization on quality of cv. Vitória pineapple. **African Journal of Agricultural Research**. v. 10, p. 3814 3824.
- DAVIDSON, E.A.; CARVALHO, C.J.R.; FIGUEIRA, A.M.; ISHIDA, F.Y.; OMETTO, J.P.H. 2007 Recuperação da ciclagem de nitrogênio em florestas amazônicas após o abandono agrícola. *Nature* 447: 995–998. pmid: 17581583.
- FERNANDES, H. A. 2013. Melão “Casca de Carvalho”: técnicas culturais e análise qualitativa. Dissertação de Mestrado. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro.
- FLOEGEL, A.; KIM, D.O.; CHUNG, S.J.; KOO, S.I.; CHUN, O. K. 2011. Comparison of ABTS/DPPH assays to measure antioxidant capacity in popular antioxidant-rich US foods. *Journal of Food Composition and Analysis*, 24(7), 1043–1048.
- FRANCIS, F.J. 1982. Analysis of anthocyanins. **Anthocyanins as food colors.**, p. 181-207.
- GUIMARÃES, G.G.F.; CANTÚ, R.R.; SCHERER, R.F.; BELTRAME, A.B.; HARO, M.M.D. 2020. Banana crop nutrition: insights into different nutrient sources and soil fertilizer application strategies. *Rev. Bras. Ciênc. Solo* 44, e0190104. Doi: 10.36783/18069657rbc20190104
- JEYABASKARAN, K.J.; PITCHAIMUTHU, R.; UMA. S. 2018. Assessing nutrient uptake pattern with respect to dry matter accumulation in Ney Poovan (AB) banana at critical growth stages. *Indian J. Hortic.* 75(3), 405-410. Doi: 10.5958/0974-0112.2018.00069.5
- KESHAVAN, G.; KAVINO, M.; PONNUSWAMI, V. 2014. Influence of different nitrogen sources and levels on yield and quality of banana (*Musa spp.*). *Arch. Agron. Soil Sci.* 57(3), 305-315. Doi: 10.1080/03650340903302286
- LAEMMLI, U. K. 1970. Cleavage of structural proteins during assembly of head of Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4. *Nature*, v. 227, n. 5259, p. 680, 1970.
- LARRAURI, J. A.; RUPÉREZ, P.; SAURA-CALIXTO, F. 1997. Effect of drying temperature on the stability of polyphenols and antioxidant activity of red grape pormace peels. *Journal Agricultural Food Chemistry*, v. 45, p.1390-1393.

MARSCHNER, H. 2012. Mineral nutrition of higher plants. 3rd ed. Academic Press, San Diego, CA.

MEDINA, L. 2010. Curvas de absorción de nutrientes en una plantación establecida de banano (*Musa AAA*). cv Williams, pp. 314-321. In: Gracia, N.L. and J.J. Mira. (eds.). Proc. XIX Congreso de Acorbat, Medellin, Colombia.

MORETTI, C. L. 2007. Manual de Processamento Mínimo de Frutas e Hortaliças. Brasília: Embrapa Hortaliças, 531 p.

NAKAMURA, N.; SUDHAKAR RAO, D.V.; SHIINA, T.; NAWA, Y. 2003. Effects of temperature and gas composition on respiratory behavior of tree-ripe 'Irwin' mango. *Acta Horticulturae*, v. 600, p 425-429.

NUKUNTORNPRAKIT, O. A.; CHANJIRAKUL, K.; VAN DOORN, W. G.; SIRIPHANICH, J. 2015. Chilling injury in pineapple fruit: Fatty acid composition and antioxidant metabolism. *Postharvest biology and technology*, v. 99, p. 20-26.

PARRAGA, C. 2019. "Crecimiento de hijuelos de banano (*Musa sp.*) en respuesta al abonamiento potásico." file:///C:/Users/Asot-Hmasch/Desktop/articulos de tesis citar/tesis de fertilización basarse.pdf

ROBINSON, J.C.; GALÁN, V. 2012. Plátanos y bananos. 2nd ed. Mundi-Prensa, Madrid. SÁNCHEZ, T.J.D.; J. MIRA. 2013. Principios para la nutrición del banano. AUGURA; Cenibanano, Medellin, Colombia.

SANTOS, H. G. dos S.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. Á.; LUMBREAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAÚJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. 2018. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 5. ed. rev. e ampl. Brasília-DF: Embrapa, 356 p.

SINGH, B.; SINGH, J. P.; KAUR, A.; SINGH, N. 2016. Bioactive compounds in banana and their associated health benefits—A review. *Food Chemistry*, 206 1 1.

STROHECKER, R., HENNING, H. M. 1967. Analisis de vitaminas: métodos comprobados. Madrid: Paz Montalvo. 428p.

TORRES, J.; MAGNITSKIY, S.; SÁNCHEZ, J.D. 2019. Effect of fertilization with N on height, number of leaves, and leaf area in banana (*Musa AAA* Simmonds, cv. Williams). *Rev. Colomb. Cienc. Hortic.* 13(1), 9-17. Doi: 10.17584/rcch.2019v13i1.8440

TURNER, D.W.; GIBBS, D.J.; OCIMATI, W.; BLOMME, G. 2020. The suckering behaviour of plantains (*Musa*, AAB) can be viewed as part of an evolved reproductive strategy. *Sci. Hortic.* 261, 108975. Doi: 10.1016/j.scienta.2019.108975

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ (UFC). 1993. Recomendações de adubação e calagem para o Estado do Ceará. Fortaleza: Imprensa Universitária, 247 p.

WU, G.L.; CUI, J.; TAO, L.; YANG, H. 2010. Fluroxypyr triggers oxidative damage by producing superoxide and hydrogen peroxide in rice (*Oryza sativa*). *Ecotoxicology*, v. 19, n. 1, p. 124.

YANG, Z.; ZHENG, Y.; SHIFENG, C.A.O. 2009. Effect of high oxygen atmosphere storage on quality, antioxidant enzymes, and DPPH-radical scavenging activity of Chinese bayberry fruit. *Journal of agricultural and food chemistry*, v. 57, n. 1, p. 176-181.

ZHOU, W.; LV, T.; ZHANG, P.; HUANG, Y.; CHEN, Y. 2016. A aplicação regular de nitrogênio aumenta a eficiência de utilização do nitrogênio e o rendimento de grãos em arroz híbrido indica. *Agronomy Journal* 108: 1951–1961.