



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CAMPUS II – AREIA, PB
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

JOSÉ ELDO COSTA

**ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO, CRESCIMENTO E ESTADO NUTRICIONAL
DE CAJUEIRO ADUBADO COM FARINHA DE OSSOS E TRATADO COM
HIDROGEL**

**AREIA
2019**

JOSÉ ELDO COSTA

**ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO, CRESCIMENTO E ESTADO NUTRICIONAL
DE CAJUEIRO ADUBADO COM FARINHA DE OSSOS E TRATADO COM
HIDROGEL**

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

Orientador: Prof. Dr. Walter Esfrain Pereira.

**AREIA
2019**

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

C838a Costa, José Eldo.

Atributos químicos do solo, crescimento e estado nutricional de cajueiro adubado com farinha de ossos e tratado com hidrogel / José Eldo Costa. -

Areia:UFPB/CCA, 2019.

58 f. : il.

Orientação: Walter Esfrain Pereira.

Dissertação (Mestrado) - UFPB/CCA.

1. Anacardium occidentale L. 2. Adubação fosfatada. 3. Condicionador de solo. 4. Estresse hídrico. 5. Retentor de umidade. I. Pereira, Walter Esfrain. II. Título.

UFPB/CCA-AREIA

CDU 631/635(043.3)

JOSÉ ELDO COSTA

**ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO, CRESCIMENTO E ESTADO NUTRICIONAL
DE CAJUEIRO ADUBADO COM FARINHA DE OSSOS E TRATADO COM
HIDROGEL**

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

Orientador: Prof. Dr. Walter Esfrain Pereira.

Aprovado em: 26/02/2019.

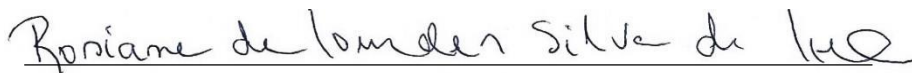
BANCA EXAMINADORA



Dr. Walter Esfrain Pereira – Orientador
DCFS/CCA/UFPB



Dra. Gleidyane Novais Lopes Mielezrski – Examinadora Interna
DFCA/CCA/UFPB



Dra. Rosiane de Lourdes Silva de Lima - Examinadora Externa
DCR/FAPESQ

O cajueiro. É incrível. É uma planta rústica. É resistente como o sertão. Dá comida e bebida a muita gente. Dá sombra a quem precisa de descanso do sol. No inverno dá lenha. Na estiagem produz! A todos que tem sua história ligada à cultura e negócio do caju.

OFEREÇO.

Aos meus pais, Aldenize e Batista.

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por toda proteção.

Ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia (PPGAgro), ao Centro de Ciências Agrárias (CCA) – Campus II e à Universidade Federal da Paraíba (UFPB) pela oportunidade de realização do mestrado acadêmico.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos.

Aos meus pais Aldenize Bento e Batista Félix por tudo. Aos meus irmãos, especialmente Júnior, pela amizade de sempre.

Ao meu orientador, Dr. Walter Esfrain Pereira, pelos ensinamentos e o apoio incondicional desde o início do curso.

À Dra. Gleidyane Novais Lopes Mielezrski e à Dra. Rosiane de Lourdes Silva de Lima, pela disponibilidade em participarem da Banca Examinadora e valiosas contribuições dadas para a finalização deste trabalho.

Ao amigo e colega de turma, Francisco Romário Andrade Figueiredo, pelo apoio na coleta dos dados de fisiologia.

Aos funcionários do Laboratório de Análises de Água e Solo do Departamento de Ciência do Solo do CCA e do Laboratório de Análises de Água, Solo e Planta da EMPARN pelas análises químicas do adubo, do solo e das plantas utilizadas durante a pesquisa.

Ao professor Manoel Bandeira pela disponibilidade do IRGA e ao professor Thiago Jardelino pelo clorofilog, ambos utilizados durante a pesquisa.

Aos funcionários e colaboradores do CCA pela gentileza com que me atenderam durante o curso, em especial a secretária Eliane e secretário Danilo do PPGAgro, aos seguranças, ao pessoal da Biblioteca Setorial Francisco T. Torres e da Cantina do Evilásio.

A todos os amigos que fiz em Areia. Ao pessoal da turma 2017.1 do PPGAgro e todos os professores pelos momentos vividos e experiências compartilhadas.

Agradeço a todos que contribuíram ao longo do curso e desta pesquisa, me incentivaram e são parte deste trabalho e dessa etapa importante na minha vida. Serei sempre grato a todos.

Muito obrigado!

O presente trabalho foi realizado com recursos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) - Código financeiro 001.

RESUMO GERAL

A recente renovação dos pomares de cajueiro tem contribuído com o desenvolvimento da cajucultura na região Nordeste do Brasil. No entanto, tem-se visto muitas dificuldades no manejo de implantação da cultura, por diversos fatores como os edafoclimáticos, com solos naturalmente pobres em matéria orgânica e o estresse hídrico ocasionado por precipitações pluviométricas irregulares. Desta forma, objetivou-se avaliar o crescimento, atributos químicos do solo, estado nutricional e trocas gasosas de cajueiro em função da adubação com farinha de ossos e concentrações de hidrogel. Conduziu-se o experimento em área rural no município de Boa Saúde-RN, no delineamento em blocos casualizados, no esquema fatorial 2×5 , com duas concentrações do polímero (0 e $5 \text{ g L}^{-1} \text{ planta}^{-1}$) e cinco doses de farinha de ossos (0, 250, 500, 750 e $1000 \text{ g planta}^{-1}$) e quatro repetições com três plantas por parcela. O crescimento foi avaliado a cada bimestre durante 360 dias após transplantio (DAT) medindo-se a altura da planta (AP), diâmetro do caule (DC) e número de folhas por planta (NFP). As características químicas do solo e composição mineral foliar foram realizadas com amostras representativas, coletadas aos 360 DAT. Aos 340 DAT realizaram-se as leituras fisiológicas, fotoquímicas e de clorofila nas plantas. Os dados foram submetidos à análise de variância e de regressão. Houve influência das doses de farinha de ossos nas variáveis de crescimento. A dose média estimada de $493 \text{ g planta}^{-1}$ de farinha de ossos na ausência de hidrogel favorece o acúmulo de P, Ca e Mg foliar, enquanto doses superiores reduzem. No entanto, se combinado com hidrogel, doses mais elevadas de farinha de ossos (de até $1000 \text{ g planta}^{-1}$) maximizam o teor destes macronutrientes nas folhas de cajueiro anão precoce. Os valores estimados de concentração interna de CO_2 e condutância estomática diferiram estatisticamente entre os tratamentos, não sendo verificado diferenças nas demais variáveis de trocas gasosas.

Palavras-chave: *Anacardium occidentale* L. Adubação fosfatada. Condicionador de solo. Estresse hídrico. Retenção de umidade.

GENERAL ABSTRACT

The recent renovation of cashew orchards (*Anacardium occidentale* L.) has contributed to the development of cashew trees in the northeastern region of Brazil. However, there have been many difficulties in the management of the implantation of the crop, due to several factors such as edaphoclimatic, with soil naturally poor in organic matter and water stress caused by irregular rainfall. In this way, the objective was to evaluate the growth, soil chemical attributes, nutritional status and cashew gas exchange as a function of fertilization with bone flour and hydrogel concentrations. An experiment was carried out in a 2×5 factorial scheme with two concentrations of the polymer (0 and 5 g L⁻¹ per plant) in the municipality of Boa Saúde-RN, and five doses of bone flour (0, 250, 500, 750 and 1000 g per plant) and four replicates with three plants per plot. Growth was evaluated every two months for 360 days after transplanting (DAT) by measuring plant height, stem diameter and number of leaves per plant. The chemical characteristics of the soil and leaf mineral composition were performed with representative samples, collected at 360 DAT. At 340 DAT the physiological, photochemical and chlorophyll readings were performed on the plants. Data were submitted to analysis of variance and regression when significant. There was influence of bone flour doses on the growth variables. The estimated mean dose of 493 g of bone flour per plant in the absence of hydrogel favors the accumulation of P, Ca and Mg leaf, while higher doses tend to reduce. However, if combined with hydrogel, higher doses of bone flour (up to 1000 g per plant) tend to maximize the content of these macronutrients in the early dwarf cashew leaves. The estimated values of internal CO₂ concentration and stomatal conductance differed statistically between treatments, and no differences were observed in the other variables of gas exchange. It is concluded with this work that there are changes in the biometric, nutritional and physiological variables of precocious dwarf cashew when submitted to fertilization with bone flour and hydrogel application.

Keywords: *Anacardium occidentale* L. Phosphate fertilization. Soil conditioner. Water stress. Moisture retention.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

CAPÍTULO I

Figura 1-	Localização geográfica da área experimental. Boa Saúde, RN, Brasil.....	27
Figura 2-	Precipitação pluviométrica na área experimental durante o experimento (Abril 2017 a Maio 2018). Boa Saúde, RN, Brasil	28
Figura 3-	Altura de plantas (A), diâmetro do caule (B) e número de folhas por planta (C) de cajueiro anão precoce em função de doses de farinha de ossos e dos dias após o transplântio	31
Figura 4-	pH em H ₂ O (A), Ca (B) e Mg (C) do solo sob diferentes doses de farinha de ossos com ou sem hidrogel no cultivo de cajueiro anão precoce	32
Figura 5-	P (A), K (B), SB – soma de bases (C), V – saturação por bases (D) e m – saturação por Al (E) do solo sob diferentes doses de farinha de ossos com ou sem hidrogel no cultivo de cajueiro anão precoce	35
Figura 6-	Teor foliar de N (A), P (B), K (C), Ca (D) e Mg (E) de cajueiro anão precoce sob diferentes doses de farinha de ossos, com ou sem hidrogel	37
Figura 7-	Zn (A), Cu (B), Fe (C) e Mn (D) de cajueiro anão precoce sob diferentes doses de farinha de ossos, com ou sem hidrogel	40

CAPÍTULO II

Figura 1-	Localização geográfica da área experimental. Boa Saúde, RN, Brasil.....	48
Figura 2-	Precipitação pluviométrica na área experimental durante o experimento (Abril 2017 a Maio 2018). Boa Saúde, RN, Brasil	48
Figura 3-	Concentração intercelular de CO ₂ de cajueiro anão precoce adubado com farinha de ossos e concentrações de hidrogel	51
Figura 4-	Condutância estomática de cajueiro anão precoce adubado com farinha de ossos e concentrações de hidrogel.....	52

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO II

Tabela 1-	Taxa fotossintética (A), transpiração (E), eficiência instantânea de carboxilação (A/C_i), eficiência de uso da água (A/E), eficiência intrínseca do uso da água (A/g_s) e temperatura foliar ($T_{(foliar)}$) de cajueiro anão precoce adubado com doses de farinha de ossos e concentrações de hidrogel	53
Tabela 2-	Fluorescência mínima (F_0); fluorescência máxima (F_m); fluorescência variável (F_v); eficiência quântica máxima do FSII (F_v/F_m); razão (F_v/F_0); clorofila a , b e clorofila total ($a+b$) de cajueiro anão precoce adubado com farinha de ossos e concentrações de hidrogel	54

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- A – Taxa fotossintética líquida ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)
- A/C_i – Eficiência instantânea de carboxilação [$(\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1} / \mu\text{mol mol}^{-1})$]
- A/E – Eficiência instantânea no uso da água [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1} / \text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1})$]
- A/g_s – Eficiência intrínseca do uso da água [$(\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1} / \text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1})$]
- Al^{+3} – Alumínio trocável
- ANA – Agência Nacional de Águas
- ANOVA – Análise de variância
- AP – Altura de plantas (cm)
- AP/DC – Relação altura de plantas por diâmetro do caule
- C – Carbono
- Ca – Cálcio
- C_i – Concentração intercelular de CO_2 ($\mu\text{mol mol}^{-1}$)
- CO_2 – Dióxido de carbono
- Cu – Cobre
- DAT – Dias após transplantio
- DC – Diâmetro do caule (mm)
- E – Taxa de transpiração ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
- EMPARN – Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte
- EUA – Estados Unidos da América
- F_0 – Fluorescência inicial
- FAO – *Food and Agriculture Organization of the United Nations*
- Fe – Ferro
- F_m – Fluorescência máxima
- FO – Farinha de ossos
- FSII – Fotossistema II
- F_v – Fluorescência variável
- F_v/F_m – Eficiência quântica máxima do fotossistema II
- g_s – Condutância estomática ($\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)
- $\text{H}^+ + \text{Al}^{+3}$ – Acidez potencial do solo
- H_2O – Água
- ha – hectare

(Continuação...)

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

IRGA - *Infrared gas analyzer*

K – Potássio

KCl – Cloreto de potássio

LCC – Líquido da casca de castanha de caju

m – Saturação por Alumínio (%)

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Mg – Magnésio

Mn – Manganês

MO – Matéria orgânica

N – Nitrogênio

Na – Sódio

NFP – Número de folhas por planta

P – Fósforo

PB – Paraíba

pH – Potencial hidrogeniônico

PPGAgro – Programa de Pós-Graduação em Agronomia

RN – Rio Grande do Norte

S – Enxofre

SB – Soma de bases

T – Temperatura (° C)

UFPB – Universidade Federal da Paraíba

V – Saturação por bases (%)

Zn – Zinco

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL	12
2	REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1	Cajueiro	14
2.2	Farinha de ossos	14
2.3	Polímero hidroretentor	16
	REFERÊNCIAS	18
3	CAPÍTULO I - ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO, CRESCIMENTO E ESTADO NUTRICIONAL DO CAJUEIRO ADUBADO COM FARINHA DE OSSOS E TRATADO COM HIDROGEL	25
3.1	Introdução	26
3.2	Material e Métodos	27
3.3	Resultados e Discussão	30
3.4	Conclusão	40
	Referências	41
4	CAPÍTULO II - TROCAS GASOSAS DE CAJUEIRO ADUBADO COM FARINHA DE OSSOS ASSOCIADO AO USO DE HIDROGEL	46
4.1	Introdução	46
4.2	Material e Métodos	47
4.3	Resultados e Discussão	50
4.4	Conclusão	56
	Referências	56
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	58

1 INTRODUÇÃO GERAL

O cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) é uma fruteira tropical, nativa do Brasil, com alto potencial produtivo, que requer adequado manejo e o emprego de tecnologia, para proporcionar maior sobrevivência de plantas e melhores produtividades (ARAÚJO, 2013).

No Nordeste, especialmente nos estados do Piauí, Ceará e Rio Grande do Norte, que possuem as maiores áreas implantadas com a cultura no país (IBGE, 2016), a cajucultura é uma excelente alternativa econômica e social, especialmente por gerar renda aos produtores na entressafra de culturas agrícolas (FERREIRA et al., 2016). Nessa região, porém, as plantas sofrem com os efeitos das severas estiagens, constantes ataques de pragas e doenças e déficit nutricional, acarretando em enorme queda de produção e na erradicação de muitos pomares nos últimos anos (ARAÚJO et al, 2014).

O baixo nível tecnológico empregado e a falta de domínio de técnicas de manejo adequadas também favorecem a queda de produção da castanha, do pedúnculo e seus subprodutos (SOUSA et al., 2018), a qual dificulta o atendimento da demanda do mercado interno e externo.

Neste cenário, a revitalização da cajucultura se torna importante e alguns fatores vêm contribuindo para este processo, como a substituição de copas de cajueiros gigantes por genótipos de cajueiro anão precoce, selecionados a partir de materiais genéticos mais produtivos e resistentes ao déficit hídrico e ao ataque de pragas e doenças (OLIVEIRA, 2007).

A implantação da cultura no campo é uma das principais etapas que influenciam no alcance de resultados satisfatórios (LIMA et al., 2001). Assim, o emprego de técnicas que minimizem os danos às plantas após o transplante, contribuirá para o alcance de maior longevidade e melhor desempenho dos pomares. Entre essas técnicas está o uso de condicionadores de solo como os polímeros hidroabsorventes e o emprego da adubação fosfatada na fundação (MEWS et al, 2015).

A eficiência do polímero hidroabsorvente ou hidrogel em cultivos está sendo avaliado em diversas culturas. Trabalhos recentes relatam aumento nas taxas de sobrevivência e estabelecimento das culturas com uso mais racional dos recursos hídricos, melhorando o desenvolvimento das plantas, mas alguns outros demonstram resultados negativos em virtude

principalmente do apodrecimento das raízes como consequência do aumento de umidade no solo (AZEVEDO et al., 2002; AZEVEDO, 2000; BERNARDI et al., 2012; BUZETTO et al., 2002; HAFLE et al., 2008, VICENTE et al., 2015), podendo esse dano ser atribuído a forma de aplicação ou dosagens inadequadas do produto. Entretanto, estudos sobre a utilização de polímeros na cajucultura são escassos.

A adubação fosfatada na fundação, por sua vez, é uma prática que promove o desenvolvimento radicular, permitindo diversas vantagens, como a maior absorção de nutrientes e de água (NOVAIS, 2007; MAGALHÃES et al., 2017). Nesse sentido, a farinha de ossos representa uma excelente fonte de fósforo para as culturas que são responsivas e exigentes nesse elemento (MELO et al., 2007), porém, há escassez de informações técnicas que fomentem recomendações para a utilização desse adubo em cajueiro.

Desta forma, objetivou-se neste experimento avaliar o crescimento, os atributos químicos do solo, a composição mineral foliar e as trocas gasosas de cajueiro quando submetido a doses de farinha de ossos e hidrogel.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Cajueiro

O cajueiro é uma planta considerada nativa do Nordeste do Brasil, pois os primeiros colonizadores já encontraram indivíduos desta espécie vegetal muito dispersa na região litorânea, integrando a vegetação (LIMA, 1988). Atualmente, encontra-se disseminada em várias regiões do planeta (entre as latitudes 30°N e 31°S), sendo tida como uma espécie rústica, por vegetar e produzir em condições ecológicas adversas (FROTA & PARENTE, 1995).

Historicamente, as qualidades do cajueiro foram valorizadas por diversos autores, padres jesuítas, naturalistas e cronistas ligados à agricultura, que se dispuseram a descrever sobre as características nutritivas e medicinais do caju e demais estruturas botânicas da planta, evidenciando sua importância em registros datados dos séculos XVI e XVII (HOEHNE, 1946). No entanto, foi na conjuntura da II Guerra Mundial, no entanto, que surgiu inicialmente no Nordeste brasileiro, a ascensão do agronegócio do caju, quando os Estados Unidos da América (EUA) demandavam o Líquido da Casca de Castanha de Caju (LCC), como matéria-prima estratégica, apresentando-se na época para diversas aplicações.

No período Pós-guerra, houve a expansão internacional de exportação brasileira de amêndoas de castanha de caju (ACC), ocorrendo competição com a Índia, a partir de 1982. Todavia, ainda que sua produção estivesse voltada para atender o mercado externo, o modelo de exploração da cajucultura no Brasil se deu de maneira extrativista, com áreas de cultivo desenvolvidas com baixo nível tecnológico (LEITE & PESSOA, 2004).

As características do cajueiro, sua adaptação às regiões de altas temperaturas, pouco volume pluviométrico e solos de baixa fertilidade, favoreceram ao desenvolvimento do seu cultivo no Brasil, contribuindo com a geração de empregos e renda, principalmente nos estados de clima semiárido (SERRANO & PESSOA, 2016).

Dados do IBGE (2015) mostram que a produção de castanha de caju, na Região Nordeste, chegou a 102.768 toneladas (aproximadamente 98% da produção nacional), ressaltando a concentração da cajucultura brasileira nesta região. Entre os principais subprodutos do cajueiro está a castanha, que botanicamente é o verdadeiro fruto, que fica

ligado pelo hilo ao pedúnculo ou pseudofruto, e contém no seu interior, uma semente grande, a amêndoa comestível do caju, de excelente valor nutritivo. O pseudofruto é carnosos e rico em vitamina C, podendo ser consumido *in natura*, além de ser utilizado para diversas outras finalidades (MEDINA et al., 1978).

Atualmente, além dos aspectos econômicos, os produtos derivados da cajucultura apresentam alta importância alimentar, com notável aumento das vendas e alcance de novos mercados, de cerca de 30 subprodutos, com destaque o suco concentrado (OLIVEIRA, 2008), o qual está associado à mudança dos hábitos alimentares da população que demanda por maior praticidade no preparo dos alimentos (LINDLEY, 1998; GARCIA, 2003; POULAIN, 2004).

O aumento na demanda de produtos requer, portanto, a ampliação de áreas produtivas, o que pode ser conseguido com a adoção de medidas como a implantação de pomares com plantas melhoradas geneticamente que como destacam Pessoa et al. (1995) possibilita o aumento das produtividades das áreas.

2.2 Farinha de ossos

Estudos de eficiência agronômica de fontes de fósforo (P), se intensificaram a partir da década de 70 no Brasil, em virtude da elevação nos preços dos fertilizantes fosfatados e do acentuado interesse em reduzir a importação desses insumos (BRAGA et al., 1980; DEFILIPPE, 1990), contribuindo com o desenvolvimento da indústria nacional de fertilizantes, paralelo à modernização das práticas agrícolas no país (CARRARA JÚNIOR & MEIRELLES, 1996).

A farinha de ossos tem na sua composição entre 24 e 35% de P_2O_5 total (KIEHL, 1985). A concentração de P_2O_5 depende do processamento (autoclavagem, desengorduração ou degelatinização) dos ossos de bovinos, sendo apontado como um adubo de primeira ordem, o qual apresenta reação no solo em poucos dias após ser aplicado em regiões de condições climáticas tropicais. Em regiões de clima mais frio, sua reação ocorre de forma mais lenta (MALAVOLTA; GOMES; ALCARDE, 2002).

Ao estudarem fontes e doses de P de baixa solubilidade Singh et al. (1993) apontaram que a farinha de ossos possibilitou a disponibilização de 35% a 50% de P_2O_5 após 45 dias de sua aplicação. Almeida (2002) destaca a importância do uso de fontes orgânicas de P, pois

apresenta um papel fundamental para a vida de microrganismos, aumentando essencialmente a capacidade de troca catiônica (CTC) e a mobilidade de P no solo.

O fósforo apresenta mobilidade nos tecidos vegetais, assim como o N, em virtude da sua ligação forte com os processos do metabolismo vegetal, o qual fica concentrado nas regiões de crescimento mais ativo. Assim, o P localizado em folhas secas é consideravelmente menor do que em folhas verdes, o que evidencia a translocação deste elemento de tecidos maduros para os mais jovens (LOPES, 1989; MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997; STAUFFER; SULEWSKI, 2004).

Outro aspecto importante que requer atenção é o efeito residual da adubação fosfatada que, a depender do tipo de solo e da quantidade de adubo utilizada, pode continuar contribuindo para o melhor desenvolvimento das plantas em ciclos seguintes. Logo, a fim de se fazer o uso mais eficiente da adubação fosfatada, visando ganhos de produtividades das culturas, é necessário definir um manejo apropriado, pelo arranjo adequado das adubações de correção dos níveis de nutrientes e de manutenção nas áreas das plantas de interesse. E assim é importante, conseqüentemente, realizar a avaliação do seu efeito residual (MIRANDA; MIRANDA, 2003).

Esses adubos orgânicos, que tem como características a liberação gradual de nutrientes, os quais diminuem as perdas de nutrientes por lixiviação, adsorção e volatilização, ainda que requeira uma taxa de decomposição, controlada por diversos fatores como a temperatura do solo, umidade do solo, textura e mineralogia do solo, além da composição química da fonte orgânica utilizada como adubo (LEITE et al., 2003).

O aumento da produção orgânica, especialmente para o setor de produção agrícola, pode estar associado a uma maior exigência do mercado consumidor, o qual oportuniza uma maior lucratividade em comparação aos sistemas convencionais, porém, alguns produtores estão cada vez mais interessados por esse sistema devido a uma maior conscientização ambiental, contribuindo, assim, para a redução de impactos ambientais (DIVER et al., 1999).

2.3 Polímero hidroretentor

O polímero hidroabsorvente sintético constituído de poliacrilamida surgiu a partir de 1950 por uma empresa norte-americana. A capacidade de retenção de água deionizada nestes primeiros produtos, não ultrapassava 20 vezes a sua massa. A partir da expiração da patente

em meados de 1970, uma empresa britânica conseguiu melhorar as propriedades do processo de retenção de água do hidrogel, elevando assim a sua capacidade de retenção de 20 para até 40 vezes em 1978 e de 40 para até 400 vezes em 1982. Apesar desses avanços, o produto dada a sua importância como condicionador de solo, não foi exitoso tanto quanto se esperava, em virtude principalmente do elevado preço, o qual inviabiliza a sua utilização na produção agrícola, somado também à limitação nas pesquisas que evidenciassem as recomendações técnicas adequadas para o uso e aplicação dos hidrogéis na agricultura (WOFFORD JR. & KOSKI, 1990).

Diversos países europeus e mesmo nos Estados Unidos, os hidrogéis são aplicados como condicionadores de solos, o qual melhora a sua estrutura, e serve positivamente no controle de erosões, na melhora da infiltração hídrica e na recuperação de solos com problemas de salinidade (SHAINBERG & LEVY, 1994). Percebe-se o estudo da aplicação dos hidrogéis na agricultura como uma alternativa de busca por melhoria das produtividades dos cultivos agrícolas, mas também como uma necessidade de redução de custos de produção, associado ao manejo, especialmente com a otimização do uso da água em regiões secas.

Há uma estimativa de que no Brasil cerca de 50% da água consumida seja utilizada pela agricultura. No planeta a utilização da água na produção agrícola representa aproximadamente 70% de toda a água proveniente de recursos hídricos como os rios, lagos e mananciais subterrâneos, enquanto a indústria faz o uso de cerca de 23% e o abastecimento humano consome 7% (BORGES, 2000).

Para Vlach (1991), Henderson & Hensley (1986), Lamont & O'Connell (1987) o uso de polímeros hidroabsorventes no solo além de melhorar a disponibilidade de água, diminui as perdas por percolação e lixiviação de nutrientes e promove melhor aeração e drenagem do solo, aumentando o desenvolvimento das raízes e da parte aérea das plantas. Azevedo (2000) estudando a eficiência do polímero agrícola no fornecimento de água para o cafeeiro (*Coffea arabica* L) cultivar Tupi, verificou que o efeito do hidrogel sobre as características de avaliação (altura de plantas, massa seca da parte aérea e massa seca de plantas) foi significativo, podendo-se afirmar que a presença do hidrogel no substrato permite aumentar os intervalos entre irrigações, não comprometendo o crescimento da planta por estresse hídrico. Wofford Jr. (1989) trabalhando com a cultura do tomateiro em um solo arenoso onde havia sido adicionado hidrogel, alcançou uma produtividade de 40 ton ha⁻¹, enquanto que a testemunha, sem polímero, não ultrapassou as 27 ton ha⁻¹.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, R. S. **Identificação e caracterização de genes de transportadores de fosfato em cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*)**. 2002. 90f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.
- ARAÚJO, J. P. P. (2013). **Agronegócio caju: Práticas e inovações** (p. 532). Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica.
- ARAÚJO, L. G.; ARAÚJO, R. M. Cadeia Produtiva da Cajucultura do RN: Um Estudo de Caso de Serra do Mel no Universo das Redes Sociais, do Nacional ao Local. **UNOPAR Científica Ciências Jurídicas e Empresarias**, v.15, n.1, p. 71-81, 2014.
- AZEVEDO, T. L. F. **Avaliação da eficiência do polímero agrícola de poliacrilamida no fornecimento de água para o cafeeiro (*Coffea arabica* L.) cv. Tupi**. 2000. 38f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Maringá, 2000.
- AZEVEDO, T. L. F.; BERTONHA, A.; GONÇALVES, A. C. A.; FREITAS, P. S. L.; FRIZZONE, J. A. Níveis de polímero superabsorvente, frequência de irrigação e crescimento de mudas de café. **Acta Scientiarum**, v. 24, n. 5, p. 1239-1243, 2002.
- BERNARDI, M. R.; SPEROTTO JUNIOR, M.; DANIEL, O.; VITORINO, A. C. T. Crescimento de mudas de *Corymbia citriodora* em função do uso de hidrogel e adubação. **Cerne**, v. 18, n. 1, p. 67-74, 2012.
- BORGES, H. Q. **Avaliação do SISDA (Sistema de suporte à Decisão Agrícola) para manejo de irrigação na região de Araçuaí – MG**. 2000. 121f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, 2000.
- BRAGA, J. M.; MASCARENHAS, H. A. A.; FEITOSA, C. T.; HIROCE, R.; RAIJ, B. van. Efeitos de fosfatos sobre o crescimento e produção de soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 4, p. 36-39, 1980.
- BUZETTO, F. A.; BIZON, J. M. C.; SEIXAS, F. **Avaliação de polímero adsorvente à base de acrilamida no fornecimento de água para mudas de *Eucalyptus urophylla* em pós-plantio**. Piracicaba: IPEF; 2002. Circular Técnico n. 195.

CARRARA JÚNIOR, E.; MEIRELLES, H. **A indústria química e o desenvolvimento do Brasil**. Metalivros: São Paulo, 1996.

DEFILIPPE, G. Panorama da rocha fosfática e ácido fosfórico. In: ENCONTRO NACIONAL DE ROCHA FOSFÁTICA, 5., São Paulo, 1990. Anais. São Paulo, IBRAFOS, s.d. p. 5-9.

DIVER, S.; FERREIRA, D. A.; BEARZOTI, E. **Organic tomato production**. ATTRA, 1999. 25 p. (Horticulture Production Guide).

FERREIRA, D. C. C.; BRAGA, G. M. S.; MOURA, J. A.; VIANA, J. B.; GONDIM NETO, L. A Importância do caju no Ceará e seus subprodutos. *Encontros Universitários da UFC*, v. 1, n. 1, p. 4183-4195, 2016.

FROTA, P. C. E.; PARENTE, J. I. G. Clima e fenologia do cajueiro. In: ARAÚJO, J.P.P.; SILVA, V. V. (Org.). **Cajucultura: modernas técnicas de produção**. Fortaleza: EMBRAPA-CNPAT, 1995. p. 43-54.

GARCIA, R. W. D. Reflexos da globalização na cultura alimentar: considerações sobre as mudanças na alimentação urbana. *Revista de Nutrição*, v. 16, n. 4, p. 483-492, 2003.

HAFLE, O. M.; CRUZ, M. C. M.; RAMOS, J. D.; RAMOS, P. S.; SANTOS, V. A. Produção de mudas de maracujazeiro-doce através da estaquia utilizando polímero hidrorretentor. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v. 3, n. 3, p. 232-236, 2008.

HENDERSON, J. C.; HENSLEY, D. L. Efficacy of a hydrophilic gel as a transplant aid. *Horticulture Science*, v. 21, n. 4, p. 991-992, 1986.

HOEHNE, F. C. **Frutas Indígenas. Secretaria da Agricultura, Indústria e Comércio**. Est. São Paulo, Instituto de Botânica, Publ. Série D, 1946, p. 88.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola, 2015 [online] Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?c=1618&n=0&u=0&z=t&o=26&i=> . Acessado em: 17 de outubro de 2018.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). (2016). Levantamento Sistemático da Produção Agrícola: Pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no

ano civil (Vol. 25, No. 2, p. 45). Rio de Janeiro, RJ: Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

LAMONT, G. P.; O'CONNELL, M. A. Shelf-life of bedding plants as influenced by potting media and hydrogels. *Scientia Horticulturae*, v. 31, p. 141-149, 1987.

LEITE, L. A. S.; PESSOA, P. F. A. P. (2004). **Cultivo do cajueiro no Nordeste brasileiro: o agronegócio caju.** Disponível em: http://www.ceinfo.cnpat.embrapa.br/arquivos/artigo_583.pdf. Acessado em: 17 de outubro de 2018.

LEITE, L. F. C.; MENDONÇA, E. S.; NEVES, J. C. L.; MACHADO, P. L. O. A.; GALVÃO, J. C. C. Estoques totais de carbono orgânico e seus compartimentos em Argissolo sob floresta e sob milho cultivado com adubação mineral e orgânica. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, n. 27, p. 821-832, 2003.

LIMA, R. L. S.; FERNANDES, V. L. B.; OLIVEIRA, V.H.; HERNANDEZ, F. F. F. Crescimento de mudas de cajueiro-anão-precoce 'CCP-76' submetidas à adubação orgânica e mineral. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 23, n. 2, p. 391-395, 2001.

LIMA, V. P. M. S. Botânica do cajueiro. In: LIMA, V. P. M. S. (Org.). **A cultura do cajueiro no Nordeste do Brasil**. Fortaleza: BNB/ETENE, 1988. p. 15-61.

LINDLEY, M. G. The impact of food processing on antioxidants in vegetable oils, fruits and vegetables. *Trends in Food Science and Technology*. 1998, 9, p. 336- 340. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0924224498000508>. Acessado em: 17 de outubro de 2018.

LOPES, A. S. **Manual de fertilidade do solo**. Piracicaba: ANDA/POTAFÓS, 1989. 153p.

MAGALHÃES, C. A. S.; MORALES, M. M.; REZENDE, F. A.; LANGER, J. Eficiência de fertilizantes organominerais fosfatados em mudas de eucalipto. *Scientia Agraria*, v. 18, n. 4, p. 80-85, 2017.

MALAVOLTA, E.; GOMES, F. P.; ALCARDE, J. C. **Adubos e adubações**. São Paulo: Nobel, 2002. 200p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional de plantas: princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.

MEDINA J. C.; BLEINROTH, E. W.; BERNHARDT, L. W.; RENESTO, V. O.; VIEIRA, L. F. **Caju: da cultura ao processamento e comercialização**. Sec. da Agricultura. Coordenadoria da Pesquisa Agropecuária. (Série Frutas tropicais, 4). 1978, p. 5-6. Governo do estado de São Paulo.

MELO, A. S.; COSTA, C. X.; BRITO, M. E. B.; VIÉGAS, P. R. A.; SILVA JÚNIOR, C. D. Produção de mudas de mamoeiro em diferentes substratos e doses de fósforo. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v. 2, n. 4, p. 257-261, 2007.

MEWS, C. L.; SOUSA, J. R. L.; AZEVEDO, G. T. O. S.; SOUZA, A. M. Efeito do hidrogel e ureia na produção de mudas de *Handroanthus ochraceus* (Cham.) Mattos. *Floresta e Ambiente*, v. 22, n. 1, p. 107-116, 2015.

MIRANDA, L. N.; MIRANDA, J. C. C. **Efeito residual da adubação fosfatada para a cultura do arroz em solo de Cerrado**. Planaltina: Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, 2003. 3p. (Comunicado Técnico, 87).

NOVAIS R. F.; SMYTH T. J.; NUNES F. N. Fósforo. In: NOVAIS R. F.; ALVAREZ V. V. H.; BARROS N. F.; FONTES R. L. F.; CANTARUTTI R. B.; NEVES J. C. L. **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.471-537.

OLIVEIRA, F. N. S. **Sistema de Produção para Manejo do Cajueiro Comum e Recuperação de Pomares Improdutivos**. Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, 2007. 36p.

OLIVEIRA, V. H. Cajucultura. *Revista Brasileira de Fruticultura*, vol.30, nº 1, mar 2008. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-29452008000100001. Acessado em: 17 de outubro de 2018.

PESSOA, P. F. P.; LEITE, L. A. S.; PIMENTEL, C. R. M. Situação atual e perspectivas da agroindústria do caju. In: ARAÚJO, J. P. P.; SILVA, V. V. (Ed.). **Cajucultura: modernas técnicas de produção**. Fortaleza: EMBRAPA – CNPAT, p. 23-42, 1995.

POULAIN, J. P. (2004). **Sociologias da Alimentação: os comedores e o espaço social alimentar**. 1ª ed. Florianópolis: EDUFSC. 311p.

SERRANO, L. A. L.; PESSOA, P. F. A. P. (2016). **Sistema de produção do caju**. Disponível em: https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_id=conteudoportlet_WAR_sistemasdeproducao6_1ga1ceportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-1&p_p_col_count=1&p_r_p_-76293187_sistemaProducaoId=7705&p_r_p_-996514994_topicoId=10308. Acessado em: 17 de outubro de 2018.

SHAINBERG, I.; LEVY, G. J. Organic polymers and soil sealing in cultivated soils. *Soil Science*, Baltimore, v. 158, n. 4, p. 267-273, 1994.

SINGH, H. P.; SINGH, T. A. The interaction of rock phosphate, Bradyrhizobium, vesicular arbuscular mycorrhizae and phosphate solubilizing microbes on soybean grown in a sub-Himalayan mollisol, *Mycorrhiza*, v. 4, p. 37-43, 1993.

SOUSA, V. F. O.; SANTOS, G. L.; RODRIGUES, M. H. B.; PIMENTA, S. F.; DINIZ, G. L.; RIBEIRO, M. D. S.; OLIVEIRA, A. M. F.; SANTOS, J. J. F.; SILVA, R. A. (2018). Production of Cashew Rootstocks Submitted to Organic and Mineral Fertilization. *Journal of Agricultural Science*; 10 (4), 392-401. <https://doi:10.5539/jas.v10n4p392>

STAUFFER, M. D.; SULEWSKI, G. Fósforo: essencial para a vida. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S. (Ed.). In: SIMPÓSIO SOBRE FÓSFORO NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 1., 2004, São Pedro. *Anais...* São Paulo: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 2004. p.1-12.

VICENTE, M. R.; MENDES, A. A.; SILVA, N. F.; OLIVEIRA, F. R.; MOTTA, M.; LIMA, V, O. B. Uso de gel hidrorretentor associado à irrigação no plantio do eucalipto. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*. v.9, n.5, p.344-349, 2015.

VLACH, T. R. **Creeping bentgrass responses to water absorbing polymers in simulated golf greens** (on line). Wisconsin, Aug. 1991. [cited nov. 1998]. Disponível em: <https://www.ars.usda.gov/>

WOFFORD Jr., D. J. **Use of cross-linked polyacrylamide in agriculture for increasing yield or reducing irrigation** (on line). Fresno (Calif.), nov. 1989. [cited nov. 1998]. Disponível em: <https://www.ars.usda.gov/>

WOFFORD Jr., D. J.; KOSKI, A. J. **A polymer for the drought years** (on line). Colorado Green. Aug. 1990. [cited nov. 1998]. Disponível em: <https://www.ars.usda.gov/>

3 CAPÍTULO I

ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO, CRESCIMENTO E ESTADO NUTRICIONAL DO CAJUEIRO ADUBADO COM FARINHA DE OSSOS E TRATADO COM HIDROGEL

Resumo

Os polímeros hidroabsorventes (hidrogel) apresentam grande potencial de uso na agricultura, com destaque nos últimos anos para a fruticultura de sequeiro, por mostrar alta capacidade de retenção de água, funcionando como condicionador de solo. Já o uso da farinha de ossos como adubo orgânico, pode ser uma alternativa aos fertilizantes convencionais. Objetivou-se avaliar o crescimento, atributos químicos do solo e o estado nutricional do cajueiro anão precoce clone BRS 226 “Planalto”, submetido a adubação com farinha de ossos na fundação, sem e com hidrogel. O experimento foi conduzido no município de Boa Saúde-RN, de abril de 2017 a maio de 2018, no delineamento de blocos casualizados, em arranjo fatorial 2 x 5, referente a duas concentrações de hidrogel (0 e 5 g L⁻¹ planta⁻¹) e cinco doses de farinha de ossos (0; 250; 500; 750 e 1000 g planta⁻¹), com quatro repetições e três plantas por parcela. Avaliou-se a altura de plantas, diâmetro do caule, número de folhas por planta, atributos químicos do solo (pH, P, K, Ca, Mg, soma de bases, saturação por bases e saturação por Alumínio) e o estado nutricional (N, P, K, Ca, Mg, Zn, Cu, Fe e Mn). O crescimento foi avaliado bimestralmente durante um ano. As estimativas da fertilidade do solo e da composição mineral foliar foram realizadas em laboratório com amostras representativas de solo e planta, respectivamente, 360 dias após transplantio (DAT). Os dados foram submetidos à análise de variância e de regressão. Houve influência das doses de farinha de ossos nas variáveis de crescimento. Houve aumento no pH e no acúmulo dos teores de Ca, Mg, P e K no solo com o uso da farinha de ossos. A dose média estimada de 493 g planta⁻¹ de farinha de ossos na ausência de hidrogel favorece o acúmulo de P, Ca e Mg foliar, enquanto doses superiores reduzem. No entanto, se combinado com hidrogel, doses mais elevadas de farinha de ossos (de até 1000 g planta⁻¹) aumentam os teores destes macronutrientes nas folhas de cajueiro anão precoce.

Palavras-chave: *Anacardium occidentale* L., biometria, efeito residual, polímero hidroabsorvente

1. Introdução

O cajueiro é uma planta encontrada facilmente em regiões tropicais e apresenta importância econômica, social e ambiental no Brasil, que tem destaque no cultivo dessa espécie vegetal (FAO, 2018).

No entanto, a cajucultura brasileira, concentrada nos estados da região Nordeste, teve redução da produção nos últimos anos, com maior relevância a partir de 2012 (IBGE, 2018), como consequência do envelhecimento de cajueirais e ataques constantes de pragas e doenças. Soma-se a esses fatores a baixa oferta hídrica no período, causada por severas estiagens (ANA, 2018; INMET, 2018), além do emprego de práticas agrícolas deficientes, principalmente podas, controle de pragas e adubação.

A adubação, por sua vez, é considerada uma prática importante para promover o incremento de produção das culturas (Liu et al. 2016) mas o uso de fertilizantes sintéticos pode causar prejuízos à qualidade do solo, ao acarretar risco de salinização deste recurso natural (Deinlein et al. 2014).

Por outro lado, adotar o uso de fontes de matéria orgânica no solo, aumentando a disponibilidade de nutrientes de forma que se tornem mais facilmente assimiláveis pelas plantas, além de promover benefícios como o aumento de biomassa (Thirkell et al. 2016), corrobora com a redução da demanda por recursos finitos, como o fósforo (P), dado sua exploração ser uma das atuais preocupações ambientais e de grande impacto na segurança alimentar do planeta (Weikard, 2016).

Regiões que apresentam disponibilidade de farinha de ossos podem fazer uso deste adubo orgânico, substituindo as fontes minerais convencionais de P (Caione et al. 2011). Trabalhos como os desenvolvidos pela Embrapa Agroindústria Tropical tentam criar alternativas para o agronegócio do caju, como a identificação de genótipos mais produtivos e de maior adaptabilidade aos diferentes ambientes, em especial para o Bioma Caatinga (902 mil km²), região semiárida onde clones do cajueiro anão precoce, a exemplo do BRS 226 “Planalto”, tem demonstrado bons resultados. Outros países também tem investido em estudos que desenvolvam técnicas de manejo da cultura para viabilizar a sua exploração e expansão (Aliyu et al. 2011), visto que há demanda no mercado por produtos nutracêuticos, como as frutas nativas não tradicionais do Brasil (Rufino et al. 2010).

Pesquisas com espécies potenciais para recuperação de áreas degradadas (Fajardo et al. 2015), *Eucalyptus* sp. (Lopes et al. 2010), entre outras, indicam resultados satisfatórios com uso do hidrogel, polímero que pode reduzir o estresse hídrico das plantas em regiões áridas e semiáridas. Porém, o polímero hidroabsorvente é uma tecnologia que depende de informações pertinentes sobre seus efeitos em cajueiro. Além de que não há trabalhos que mostrem os efeitos imediatos da sua associação com o uso da adubação com farinha de ossos, em pós-plantio de cajueiro.

Desta forma, objetivou-se com este experimento, avaliar o crescimento, atributos químicos do solo e o estado nutricional do cajueiro sob doses de farinha de ossos associado ao uso de polímero hidroabsorvente.

2. Material e Métodos

2.1 Área experimental

Conduziu-se o experimento em regime de sequeiro entre abril de 2017 e maio de 2018, em propriedade rural localizada no município de Boa Saúde, Rio Grande do Norte, Brasil (Figura 1).

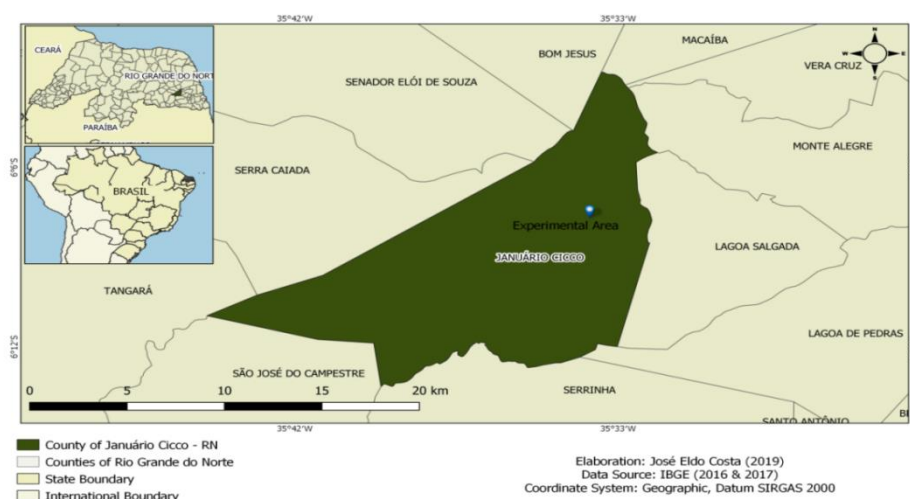


Figura 1. Localização geográfica da área experimental. Boa Saúde, RN, Brasil.

O local apresenta as seguintes características: altitude de 110 m; tipologia climática muito quente e semiárido; pluviosidade média anual de 716 mm, com período chuvoso de

março a junho e as médias mensais registradas no período apresentadas na Figura 2; temperatura média anual de 28 ° C; insolação média de 2400 h. O solo Podzólico Vermelho-Amarelo (Idema, 2008), de textura arenosa (Areia: 910 g kg⁻¹; Silte: 64 g kg⁻¹; Argila: 26 g kg⁻¹); (0-20 cm: pH em H₂O: 5,2; MO: 5,64 g kg⁻¹; P: 3,01 mg dm⁻³; K⁺: 56,15 mg dm⁻³; Na⁺: 0,01; H⁺+Al³⁺: 1,62; Al³⁺: 0,10; Ca²⁺: 0,23; Mg²⁺: 0,15 cmolc dm⁻³, respectivamente; 20-40 cm: pH em H₂O: 5,2; MO: 3,37 g kg⁻¹; P: 2,40 mg dm⁻³; K⁺: 30,13 mg dm⁻³; Na⁺: 0,01; H⁺+Al³⁺: 1,57; Al³⁺: 0,20; Ca²⁺: 0,45; Mg²⁺: 0,00 cmolc dm⁻³.

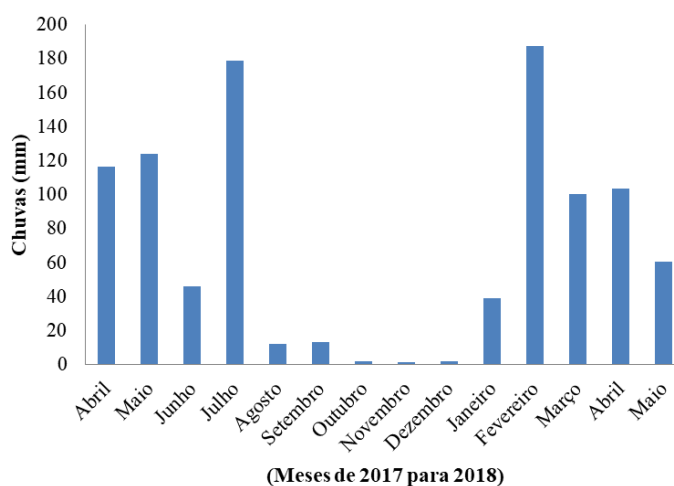


Figura 2. Precipitação pluvial da área experimental durante o experimento (abril de 2017 a maio de 2018). Boa Saúde, RN, Brasil.

2.2 Delineamento experimental

O delineamento adotado foi de blocos casualizados, em esquema fatorial 2 x 5, com quatro repetições e três plantas por parcela. Os tratamentos foram constituídos por duas concentrações de hidrogel (0 e 5 g L⁻¹ planta⁻¹) e cinco doses de farinha de ossos (0; 250; 500; 750; e 1000 g planta⁻¹). As características químicas da farinha de ossos foram: C: 27,02%; MO: 46,58%, N: 41,13; P: 28,10; K: 0,14; Ca: 294,35; Mg: 17,81; S: 4,15 g kg⁻¹, respectivamente. O hidrogel foi caracterizado pelo fabricante como copolímero potássico de poliácrlato/ poliácrlamida, em grãos brancos, com partículas de 100 a 800 µm e pH de 5,5 a 6,0.

2.3 Produção de mudas e preparo da área

As mudas enxertadas do clone BRS 226 “Planalto” com altura média de 19 cm, diâmetro médio de caule de 5 mm e 2-3 pares de folhas, foram produzidas em sacos de polietileno (11 x 23 x 0,10 cm) de março a maio de 2017, em viveiro convencional, a partir de sementes do clone Embrapa 51. O substrato utilizado para produzir as mudas foi terra vermelha de subsolo, areia e palha de carnaúba (*Copernicia prunifera*), na proporção 2:1:1. Após limpeza da área experimental, realizou-se o preparo do solo, através de uma gradagem pesada e uma leve. O espaçamento adotado foi 10 m x 10 m (100 plantas ha⁻¹). A abertura das covas (40 x 40 x 40 cm) foi realizada 10 dias antes do transplântio das mudas. Em todas as covas foram incorporados 100 g de FTE BR 12[®] e as doses de farinha de ossos. O transplântio foi realizado em 10 de maio de 2017, em covetas centrais nas covas. No momento do transplântio, conforme os tratamentos, utilizou-se o polímero hidratado, envolvendo 50% dos torrões das mudas, seguindo as orientações do fabricante.

2.4 Tratos culturais

Realizou-se a adubação de cobertura adicionando-se 60 g de N (via sulfato de amônio) e 90 g de potássio (via KCl), parceladas aos 60 e 90 dias após o transplântio (DAT) por cova. Realizaram-se 4 pulverizações como prevenção ao ataque de pragas usando o inseticida Deltametrina e espalhante adesivo, nas dosagens recomendadas pelos fabricantes. O controle das invasoras foi realizado com gradagens periódicas nas entrelinhas e coroamento com capinas manuais no raio 50 cm.

2.5 Crescimento das plantas

Foram avaliadas as características de crescimento a cada 60 DAT durante o experimento, totalizando seis medições. As variáveis foram as seguintes: (a) diâmetro de caule (DC) (mm), medido com paquímetro digital (precisão de 0,1 mm) a 5 cm do colo da planta; (b) altura de planta (AP) (cm), realizada com régua graduada, do colo até a gema apical da planta; (c) número de folhas por planta (NFP) obtido através da contagem de todas as folhas com comprimento superior a 5 cm.

2.6 Atributos químicos do solo e composição mineral das plantas

Ao término do experimento (360 DAT), avaliou-se o pH e teores de Ca, Mg, P, K do solo e o estado nutricional das plantas (N, P, K, Ca, Mg, Zn, Cu, Fe e Mn) nos diferentes tratamentos. As amostras compostas de solo foram coletadas a partir de amostras simples retiradas da camada de 0-20 cm, com auxílio de trado manual, em cada ponto cardeal sob o terço médio da copa das plantas. A amostragem foliar seguiu a metodologia descrita por Oliveira (1995) coletando-se em cada planta por parcela 12 folhas recém maduras, totalmente expandidas e isentas de danos, localizadas em ramos frutíferos ou não frutíferos utilizando o terceiro par de folhas do ápice para a base do ramo, no período entre as 8h e 10h30 da manhã. As amostras posteriormente foram colocadas em sacos previamente identificados, acondicionados em caixa térmica e enviadas ao Laboratório de Análises de Solo, Água e Planta da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte (Emparn). As características químicas determinadas do solo e folhas foram realizadas seguindo a metodologia descrita em Silva (2009).

2.7 Análise estatística

Os dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e análise de regressão polinomial até o segundo grau, assumindo o coeficiente de determinação (R^2) acima de 50% para avaliar o efeito das doses de farinha de ossos. O teste F foi usado para comparar o efeito da aplicação de hidrogel. O software R Core Team (2018) foi usado para análise estatística.

3. Resultados e Discussão

3.1 Crescimento das plantas

A aplicação de doses de farinha de ossos (variando de 0 até 1000 g planta⁻¹) como fertilizante orgânico, independente do hidrogel, influenciou o crescimento vegetativo de mudas de cajueiro anão precoce até os primeiros 360 dias após transplantio (Figura 3). Ainda que essa influência tenha sido baixa, pode-se observar que com o aumento das doses de farinha de ossos dos 60 até os 360 dias após transplantio houve ganho contínuo na altura de plantas (Figura 3A), no diâmetro do caule (Figura 3B) e número de folhas por planta (Figura 3C).

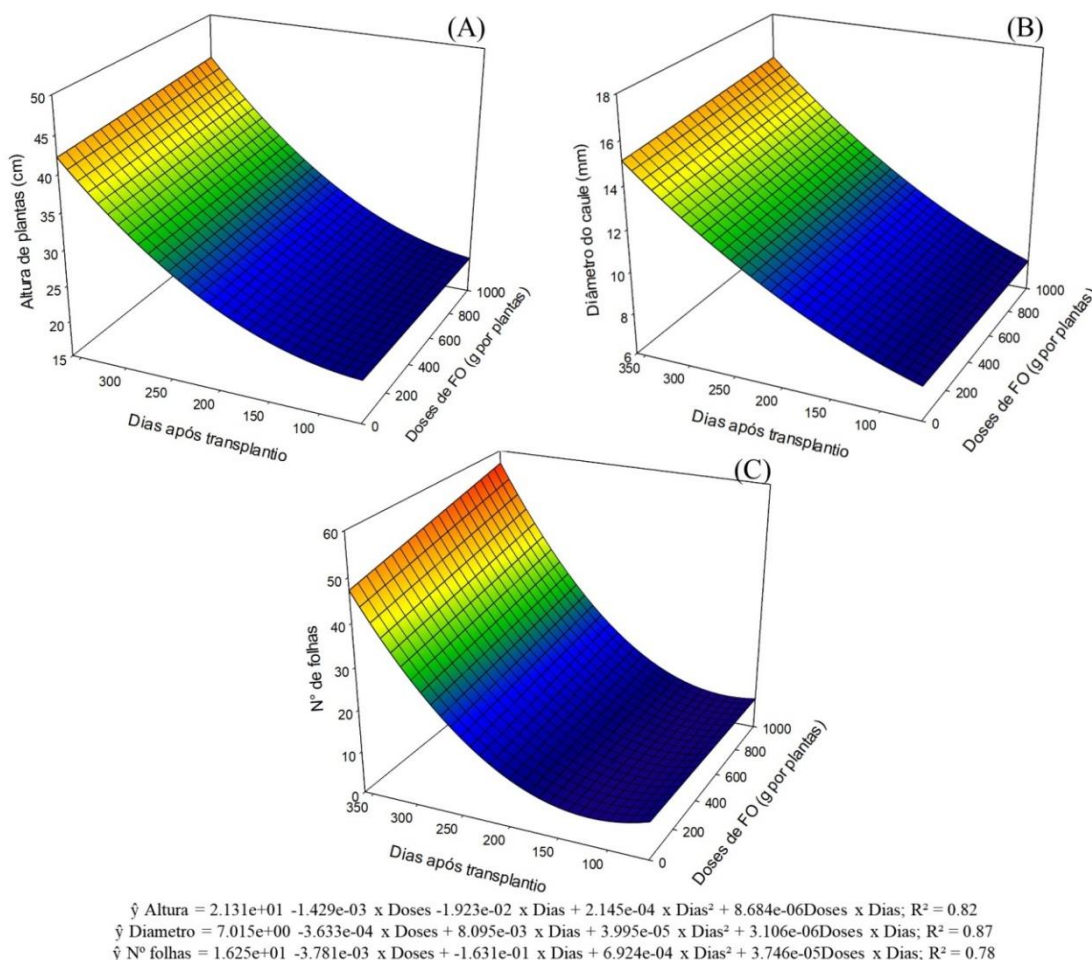


Figura 3. Altura de plantas (A), diâmetro do caule (B) e número de folhas por planta (C) de cajueiro anão precoce em função de doses de farinha de ossos e dos dias após o transplântio.

3.2 Atributos químicos do solo

O aumento nas doses de farinha de ossos (de 0 até 1000 g planta⁻¹) combinado com o uso de hidrogel elevou em 14,2% o pH do solo (Figura 4A). Este efeito foi linear até a maior dose de farinha de ossos estudada, indicando que o pH do solo cultivado com cajueiro anão precoce pode ser responsivo a aplicações de farinha de ossos superior a 1000 g planta⁻¹. Quando aplicada isoladamente, o efeito das doses de farinhas de ossos não ajustou-se ao modelo de regressão testado (polinomial de 1° e/ou 2° grau). Além disso, a aplicação de farinha de ossos combinada com hidrogel resultou em pH do solo superior se comparada com as aplicações de somente farinha de ossos, sobretudo nas concentrações mais elevadas, indicando que o uso de hidrogel é um importante condicionador do pH do solo quando combinado com farinha de ossos e nas condições de manejo deste trabalho. Cabe destacar que

não foi realizada a calagem na área experimental com o objetivo de verificar a influência da farinha de ossos sobre o pH.

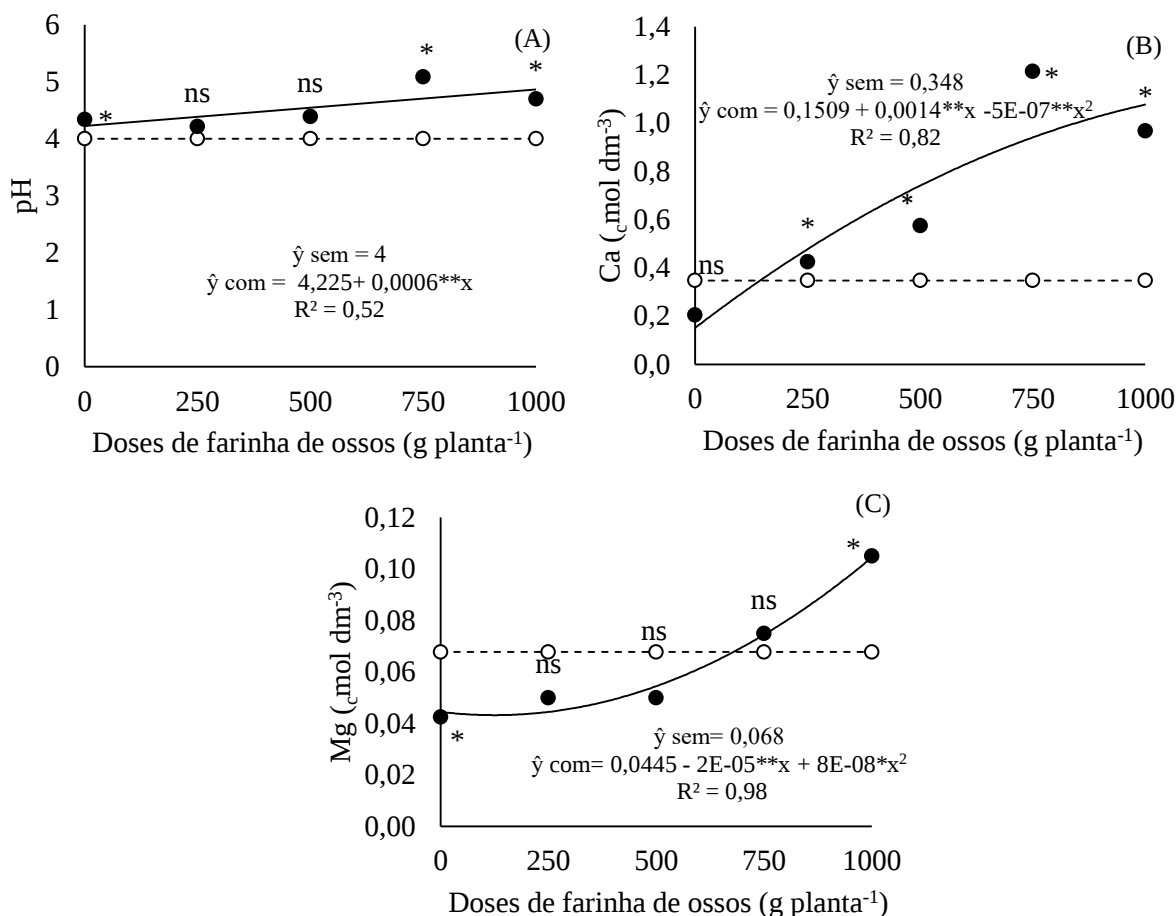


Figura 4. pH em H₂O (A), Ca (B) e Mg (C) do solo sob diferentes doses de farinha de ossos com ou sem hidrogel no cultivo de cajueiro anão precoce. *, ** = efeito significativo a $p \leq 0,05$ e $p \leq 0,01$, respectivamente; ns = não significativo.

A aplicação de doses crescentes de farinha de ossos combinada com hidrogel promoveu aumento nos teores de Ca e Mg do solo, com valores estimados de 0,15 e 0,045 cmol por dm³ na dose de 0,0 g planta⁻¹ e 1,05 e 0,105 cmol dm⁻³ na dose de 1000 g planta⁻¹, para Ca e Mg, respectivamente (Figura 4B e 4C, respectivamente). Este efeito das doses de farinha de ossos combinada com hidrogel foi quadrático sobre ambos (Ca e Mg), mas não estabilizou até a maior dose estudada e representa um aumento de 596,42% do teor de Ca e 134,83% do teor de Mg entre os valores estimados para as menores e maiores doses de farinha de ossos aplicadas ao solo cultivado com cajueiro anão precoce. Assim, infere-se que a farinha de ossos por apresentar consideráveis teores destes elementos, como pode ser notada

nos resultados da caracterização química da farinha de ossos utilizada neste experimento (294,35 e 17,81 g kg⁻¹ de Ca e Mg, respectivamente), por apresentar alta solubilidade (Costa et al., 2008; Caione et al., 2011; Oliveira et al., 2012) e em combinação com os efeitos de retenção destes elementos pelo hidrogel, favoreceu o acúmulo dos teores de Ca e Mg no solo cultivado com cajueiro.

O uso de hidrogel combinado com diferentes doses de farinha de ossos favoreceu maior teor de Ca no solo, quando comparado com a aplicação de farinha de ossos sem hidrogel. Quando aplicado apenas hidrogel, na dose de 0 g de farinha de ossos, observou-se menor teor de Mg no solo se comparado ao controle absoluto (sem hidrogel e sem farinha de ossos), mas quando combinado com a maior dose de farinha de ossos (1000 g planta⁻¹), a aplicação de hidrogel favoreceu maior teor de Mg.

Adicionalmente, o aumento nas doses de farinha de ossos sem o uso de hidrogel não se ajustou aos modelos testados e resultou em teores de Ca e Mg similares ou inferiores aos observados para o uso combinado de farinha de ossos com hidrogel. Em conjunto, estes resultados sugerem que a combinação de hidrogel com farinha de ossos potencializa o acúmulo de Ca e Mg do solo, e suas aplicações combinadas condicionam a maiores efeitos do que a aplicação dos componentes individuais, sobre estes macronutrientes.

Em solos com valores de pH próximos da neutralidade (pH entre 6,0 – 6,5) há uma maior disponibilidade dos nutrientes, tais como Ca, Mg e S, além dos macronutrientes principais, principalmente em decorrência da maior solubilidade, enquanto em solos com um pH inferior a 5,5 a solubilidade do Ca e Mg é reduzida (Taiz et al., 2017). Assim, a maior disponibilidade de Ca e Mg em solos adubados com elevadas doses de farinha de ossos e hidrogel pode estar relacionada com o maior pH do solo observado para estes tratamentos (Figura 4A), além da maior liberação de nutrientes por parte da farinha de ossos.

O aumento nas doses de farinha de ossos até 575 g planta⁻¹ favoreceu o acúmulo máximo de P no solo (22,18 mg kg⁻¹) quando aplicada sem o uso de hidrogel (Figura 5A). No entanto, doses superiores a 575 g planta⁻¹ de farinha de ossos reduziram o teor de P no solo, observando-se um decréscimo de 48,86% até a dose de 1000 g planta⁻¹. Quando combinado com o uso de hidrogel, o efeito das doses de farinha de ossos não se ajustou aos modelos de regressão, mas favoreceu um teor médio total de 31,2 mg de P por kg de solo. Adicionalmente, a dose de 500 g planta⁻¹ de farinha de ossos, combinado com o uso de

hidrogel resultaram em 52 mg de P por kg de solo, representando um ganho de 134,44% a mais em relação ao máximo teor de P obtido com a farinha de ossos sem o uso de hidrogel (22,18 mg kg⁻¹ na dose de 575 g planta⁻¹).

Não houve interação dos fatores “doses de farinha de ossos” vs “uso de hidrogel” sobre o teor de K no solo, mas observou-se efeito isolado de ambos os fatores (Figura 5B). Neste contexto, o uso de hidrogel resultou em menor teor de K no solo (25,4 mg kg⁻¹), independentemente das doses de farinha de ossos, em relação aos tratamentos sem hidrogel (31,15 mg kg⁻¹). Por sua vez, os menores teores de K no solo foram estimados em 20,19 e 24,23 mg kg⁻¹ nas doses de 347 e 356 g planta⁻¹ de farinha de ossos para “sem hidrogel” e “com hidrogel” respectivamente.

Doses superiores aumentaram o teor de K no solo, resultando em 33,00 e 40,81 mg de K por kg de solo na dose de 1000 g planta⁻¹ de farinha de ossos para “sem hidrogel” e “com hidrogel” respectivamente. Melo et al. (2013) em experimento conduzido com coentro (*Coriandrum sativum* L.) avaliando os efeitos de doses crescentes de hidrogel e lâminas de irrigação, observaram uma redução da lixiviação iônica do Ca, K e Mg.

O uso de hidrogel diminuiu a soma de bases (SB) trocáveis do solo independentemente das doses de farinha de ossos (com hidrogel = 33,88; sem hidrogel = 40,52). Por sua vez, o aumento das doses de farinha de ossos combinada com hidrogel elevou linearmente a SB do solo, resultando em valor máximo de 39,61 na dose 1000 g planta⁻¹, enquanto o aumento das doses sem o uso hidrogel elevou a SB do solo quadraticamente, resultando em valor máximo de 53,98 na dose 1000 g planta⁻¹.

Quando aplicado apenas hidrogel, na dose de 0 g de farinha de ossos, observou-se menor saturação por bases (V) do solo (94,69%) se comparado ao controle absoluto (sem hidrogel e sem farinha de ossos; V estimado em 96,71%), mas quando combinado com a maior dose de farinha de ossos (1000 g planta⁻¹), a aplicação de hidrogel favoreceu maior percentual de capacidade de troca de cátions (V = 96,17%) se comparado com a dose de 1000 g planta⁻¹ de farinha de ossos sem o uso de hidrogel (V estimado em 93,81%) (Figura 5D).

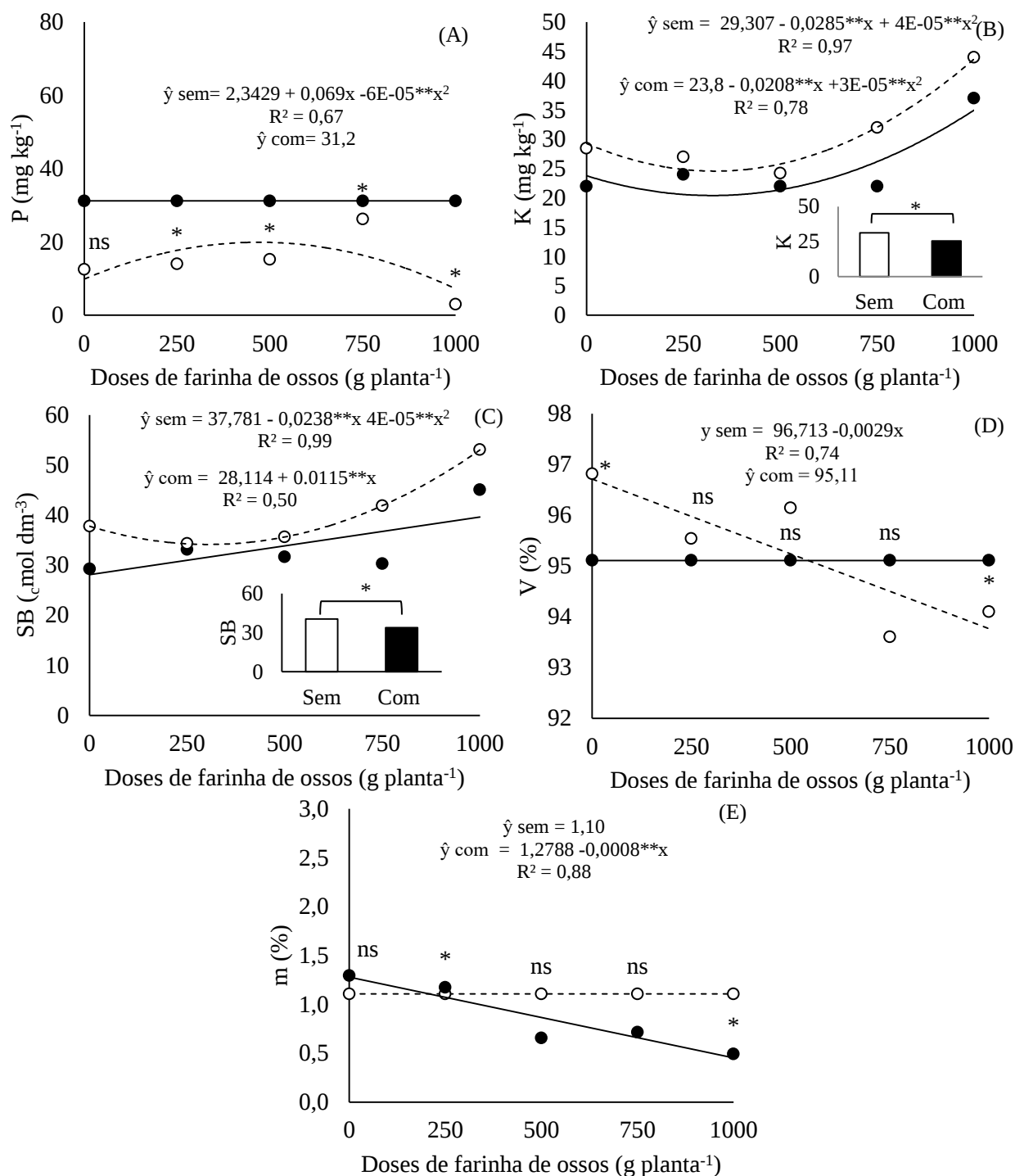


Figura 5. P (A), K (B), SB – soma de bases (C), V – saturação por bases (D) e m – saturação por Al (E) do solo sob diferentes doses de farinha de ossos com ou sem hidrogel no cultivo de cajueiro anão precoce. *, ** = significativo a $p \leq 0,05$ e $p \leq 0,01$, respectivamente; ns = não significativo.

Além disso, vale destacar que o aumento nas doses de farinha de ossos sem o uso de hidrogel reduziu linearmente a saturação por bases do solo, indicando uma importante ação do

hidrogel na manutenção das condições gerais de fertilidade do solo, sobretudo quando combinado com elevadas doses de farinha de ossos.

A aplicação de farinha de ossos combinada com hidrogel reduziu linearmente a saturação por alumínio (m) do solo, promovendo um decréscimo de 62,56% de m entre as doses 0 e 1000 g planta⁻¹ de farinha de ossos (Figura 5E). Por outro lado, não houve ajuste dos modelos de regressão para o efeito das doses de farinha de ossos sem o uso de hidrogel sobre m. Observou-se ainda maior saturação por Al em solos adubados com 250 e 1000 g planta⁻¹ de farinha de ossos sem o uso de hidrogel, quando comparado com estas mesmas doses de farinha de ossos combinadas com o hidrogel. Dessa forma, doses crescentes de farinha de ossos combinadas com o uso de hidrogel reduz a proporção de alumínio solúvel em relação aos teores de bases trocáveis e alumínio na CTC do solo, sobretudo na dose de 1000 g planta⁻¹ de farinha de ossos.

3.3 Composição mineral foliar

O efeito da adubação com diferentes doses de farinha de ossos com e sem hidrogel sobre os teores de macronutrientes de folhas de cajueiro anão estão representados na Figura 6. A aplicação de hidrogel resultou em menor teor médio de N foliar (19,12 g kg⁻¹) se comparado aos tratamentos sem hidrogel (23,16 g kg⁻¹), independentemente da dose de farinha de ossos (Figura 6A). Observou-se ainda maior teores de N foliar nas doses de 0, 250 e 750 g planta⁻¹ de farinha de ossos, sem o uso de hidrogel, quando comparadas com as mesmas doses combinadas com hidrogel.

O uso de doses elevadas de N favorece o desenvolvimento da parte vegetativa, reduzindo a produtividade das culturas (Silva et al., 2012). Amado et al. (2001) indicam que o suprimento de N às plantas está relacionado também à quantidade de matéria orgânica do solo. Por sua natureza volátil, o N aplicado via solo em plantas em períodos secos, igualmente às típicas estiagens que ocorrem entre agosto a dezembro na região da área experimental (Figura 2), aumenta os custos de produção agrícola, sem apresentar uma melhora considerável nos componentes de produção como a produtividade (Mantai et al., 2015). Por isso, sugere-se a adubação via foliar, isto é, uma maneira de possivelmente amenizar os efeitos danosos das deficiências nutricionais deste nutriente para o cajueiro.

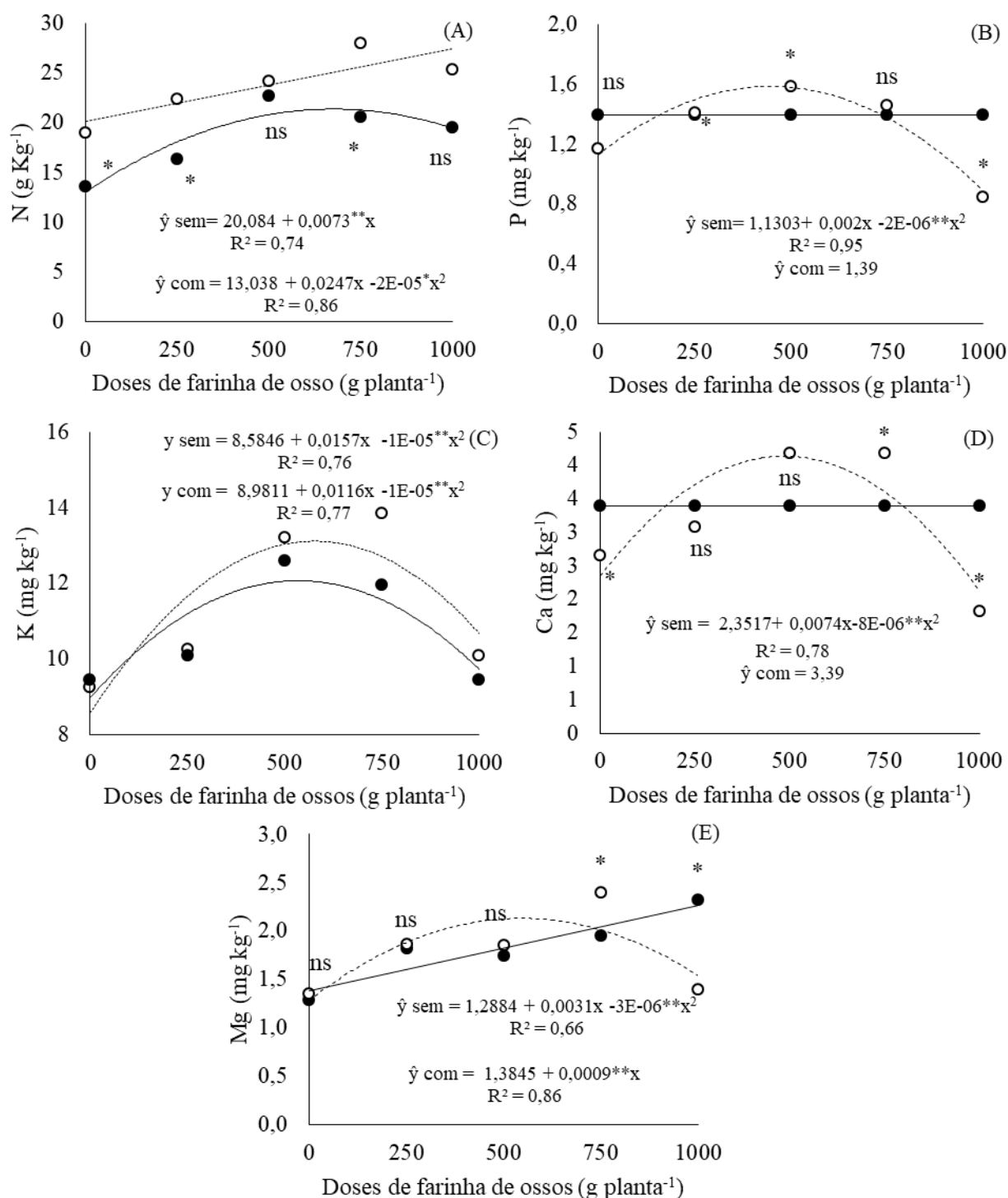


Figura 6. Teor foliar de N (A), P (B), K (C), Ca (D) e Mg (E) de cajueiro anão precoce sob diferentes doses de farinha de ossos, com ou sem hidrogel. *, ** = significativo a $p \leq 0,05$ e $p \leq 0,01$, respectivamente; ns = não significativo.

O aumento nas doses de farinha de ossos iniciando de 0 até 500 g planta⁻¹ sem o uso de hidrogel promoveu um incremento de 44,24% no teor de P foliar (Figura 6B). Neste

contexto, 500 g planta⁻¹ de farinha de ossos sem o uso de hidrogel foi a máxima dose resposta para o teor de P foliar (estimado em 1,63 g kg⁻¹), e doses superiores reduziram o P em folhas de cajueiro anão precoce.

Quando combinado com o hidrogel, o efeito das doses de farinha de ossos sobre o teor de P não se ajustou aos modelos de regressão, mas as doses de 250 e 1000 g de farinha de ossos com hidrogel resultaram em maior teor de P foliar se comparadas as mesmas doses sem hidrogel, mostrando um rendimento menor da farinha de ossos como fonte de fósforo em cajueiro quando aplicada em doses elevadas em solos de baixa disponibilidade hídrica, uma vez que o polímero tem elevada capacidade de retenção de água no substrato das plantas, o que melhora a eficiência de absorção de nutrientes (Marques et al., 2013).

Solos de textura arenosa, como o deste experimento apresentam baixa disponibilidade de P e são dependentes da fração orgânica do solo para melhorar a sua disponibilidade na solução do solo, o que pode explicar que o estresse hídrico comprometeu o atendimento da demanda nutricional do cajueiro. Há de se frisar que o hidrogel em concentrações crescentes apresenta como característica maior demanda de água para sua hidratação (Ekebefe et al., 2011).

A dose de 750 g planta⁻¹ de farinha de ossos, com hidrogel, resultou em maior teor de K nas folhas do cajueiro anão precoce (13,86 g kg⁻¹) quando comparada com a mesma dose sem hidrogel. Não houve ajuste dos modelos de regressão para as variações no teor de K foliar em função das doses de farinha de ossos e, exceto para as doses de 750 g planta⁻¹, não houve diferença entre a aplicação e não aplicação de hidrogel.

As variações no teor de Ca foliar em função das doses de farinha de ossos e aplicação de hidrogel (Figura 6D) demonstraram comportamento similar ao observado para P. A máxima dose resposta da farinha de ossos sem hidrogel foi de 463 g planta⁻¹, resultando em 4,06 g de Ca por kg foliar. Doses superiores ou inferiores a 463 g planta⁻¹ reduziram o teor de Ca nas folhas. Por sua vez, a aplicação de hidrogel, sem farinha de ossos ou combinado com 1000 g de farinha de ossos planta⁻¹ resultou em teor de Ca foliar superior as mesmas concentrações de farinha de ossos e sem hidrogel.

O aumento das doses de farinha de ossos (de 0 até 1000 g planta⁻¹ de cajueiro anão precoce) na presença de hidrogel aumentou linearmente o teor de Mg foliar (Figura 6E), enquanto as mesmas doses sem hidrogel resultaram em aumento do Mg foliar até 517 g

planta⁻¹. A partir de 517 g planta⁻¹, houve redução de 33,55% do Mg foliar até a dose de 1000 g planta⁻¹ de farinha de ossos. O máximo teor de Mg foliar observado em plantas adubadas sem hidrogel foi de 2,09 g kg⁻¹ para a dose de 517 g planta⁻¹ de farinha de ossos. Por sua vez, em plantas adubadas com hidrogel estimou-se 2,28 g de Mg por kg foliar para a dose de 1000 g planta⁻¹. Além disso, o efeito linear até a maior dose de farinha de ossos estudada indica que o Mg foliar de cajueiro anão pode ser responsivo a adubações com farinha de ossos em doses superiores a 1000 g planta⁻¹.

Em conjunto, as variações nos teores de macronutrientes foliares de cajueiro anão precoce adubado com diferentes doses de farinha de ossos, na presença ou ausência de hidrogel, indicam que a dose média estimada de 493 g planta⁻¹ de farinha de ossos na ausência de hidrogel favorece o acúmulo de P, Ca e Mg foliar, enquanto doses superiores reduzem. No entanto, se combinado com hidrogel, doses mais elevadas de farinha de ossos (de até 1000 g planta⁻¹) maximizam o teor destes macronutrientes nas folhas de cajueiro anão precoce.

De fato, além de condicionador do solo e retentor de nutrientes, os hidrogéis podem promover liberação controlada dos nutrientes e dessa forma potencializar a absorção destes pelas plantas (Guilherme et al., 2015; Essawy et al., 2016), como observado para plantas de cajueiro anão precoce sob doses elevadas de farinha de ossos.

As mudanças nos teores de micronutrientes de folhas de cajueiro anão adubado com doses de farinha de ossos na presença e ausência de hidrogel estão representadas na Figura 7. O aumento nas doses de farinha de ossos de 0 até 733 g planta⁻¹ reduziu o teor de Zn foliar em 40,0% (Figura 7A). Comportamento semelhante foi observado para a variação nos teores de Fe (Figura 7C), na mínima dose resposta foi de 943 g planta⁻¹ de farinha de ossos sem hidrogel e resultou em 56,91 mg de Fe por kg de folhas, representando decréscimo de 60,9% do teor de Fe estimado para a dose 0 g de farinha de ossos e sem hidrogel. Adicionalmente, a aplicação de hidrogel sem a farinha de ossos também resultou em menores teores de Zn e Fe nas folhas do cajueiro anão.

A aplicação de apenas hidrogel resultou em menor teor de Mn foliar se comparado com o controle absoluto (sem hidrogel e sem farinha de ossos). Além disso, o aumento nas doses de farinha de ossos na presença de hidrogel reduziu linearmente o teor de Mn nas folhas (Figura 7D). Consequentemente, na dose de 1000 g planta⁻¹ de farinha de ossos com hidrogel o teor de Mn também foi menor, se comparado com a mesma dose sem hidrogel.

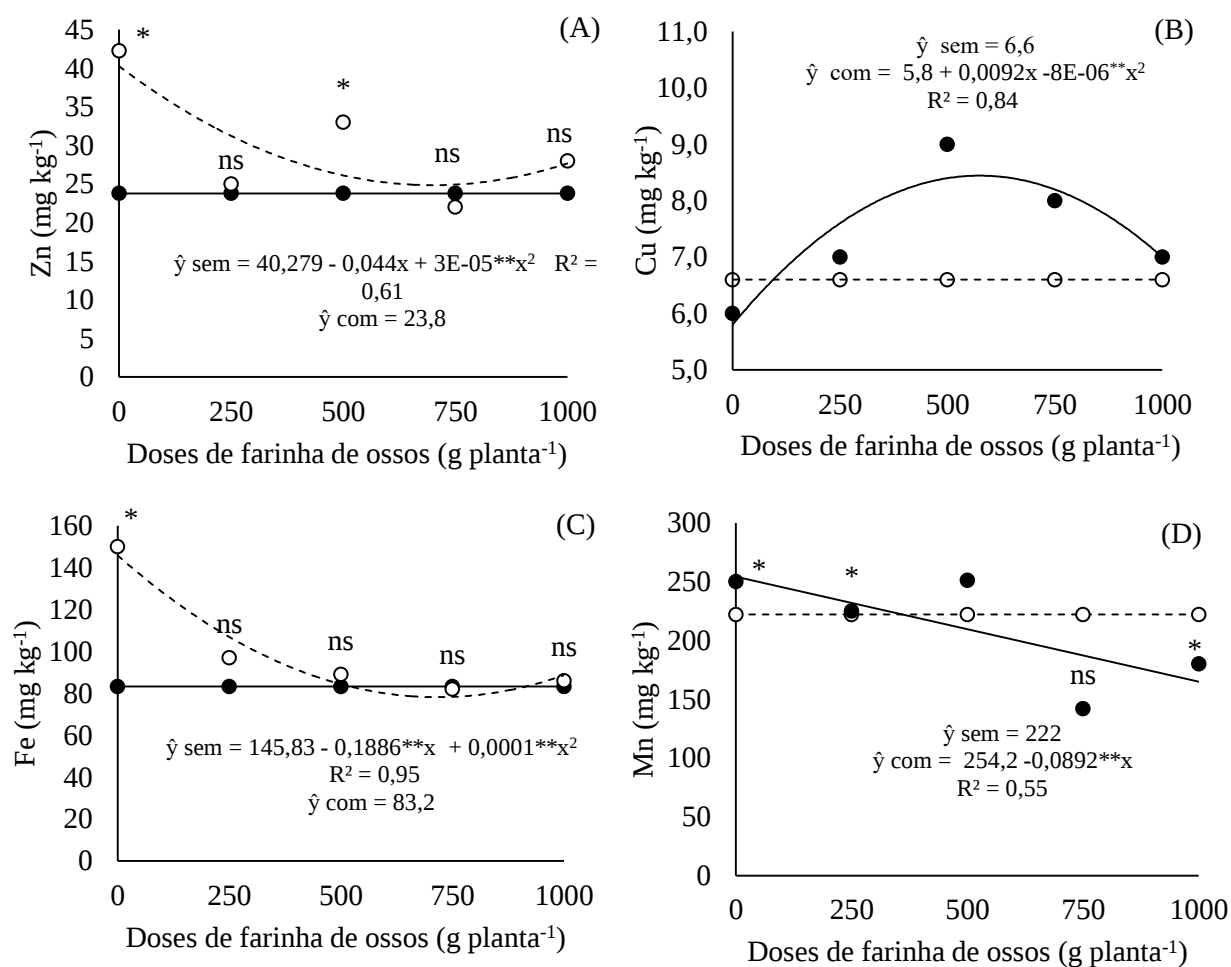


Figura 7. Zn (A), Cu (B), Fe (C) e Mn (D) de cajueiro anão precoce sob diferentes doses de farinha de ossos, com ou sem hidrogel. *, ** = significativo a $p \leq 0,05$ e $p \leq 0,01$, respectivamente; ns = não significativo.

Assim, o uso de hidrogel diminui os teores de micronutrientes nas folhas de cajueiro anão precoce, como foi observado para Zn, Fe e Mn, quando o hidrogel foi aplicado sem a farinha de ossos, e para Cu e Mn quando o hidrogel foi aplicado juntamente com 1000 g planta⁻¹ de farinha de ossos.

4. Conclusão

O uso de farinha de ossos aumenta o pH do solo, os teores de Ca, Mg, P e K no solo, a altura de plantas, diâmetro do caule e número de folhas por planta em cajueiro.

A dose estimada de 493 g planta⁻¹ de farinha de ossos na ausência de hidrogel aumenta os teores foliares de P, Ca e Mg.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio da Universidade Federal da Paraíba (UFPB) e da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo suporte financeiro para o desenvolvimento deste experimento.

Referências

- Aliyu, O. M., Adeigbe, O. O., & Awopetu, J. A. (2011). Foliar application of the exogenous plant hormones at pre-blooming stage improves flowering and fruiting in cashew (*Anacardium occidentale* L.). *Journal of Crop Science and Biotechnology*, 14, 143-150. <https://doi.org/10.1007/s12892-010-0070-3>
- Amado, T. J. C., Bayer, C., Eltz, F. L. F., & Brum, A. C. R. (2001). Potencial de culturas de cobertura em acumular carbono e nitrogênio no solo no plantio direto e a melhoria da qualidade ambiental. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 25, 189-197.
- ANA – Agência Nacional de Águas. Monitor de Secas do Nordeste. Retrieved April 29, 2018, from <http://monitordesecas.ana.gov.br>
- Caione, G., Lange, A., Benett, C. G. S., & Fernandes, F. M. (2011). Fontes de fósforo para adubação de cana-de-açúcar forrageira no Cerrado. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 41, 66-73. <http://www.scielo.br/pdf/pat/v41n1/a05v41n1.pdf>
- Deinlein, U., Stephan, A. B., Horie, T., Luo, W., Xu, G., & Schroeder, J. I. (2014). Plant salt-tolerance mechanisms. *Trends in Plant Science*, 19, 371-379. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1360138514000302>
- Domínguez, J., & Edwards, C. A. (2011). Relationships between composting and vermicomposting. In: Edwards, C. A., Arancon, N. Q., & Sherman, R. L. (Eds.), *Vermiculture Technology: Earthworms, Organic Wastes and Environmental Management*. Boca Raton, CRC Press. 11-25.

Ekebafé, L. O., Ogbeifun, D. E., & Okieimen, F. E. (2011). Polymer applications in agriculture. *Biokemistri*, 23(2), 81-89.

Essawy, H. A., Ghazy, M. B., El-Hai, F. A., & Mohamed, M. F. (2016). Superabsorbent hydrogels via graft polymerization of acrylic acid from chitosan-cellulose hybrid and their potential in controlled release of soil nutrients. *International journal of biological macromolecules*, 89, 144-151.

Fajardo, L., Lovera, M., Arrindell, P., Aguilar, V. H., Hasmy, Z., & Cuenca, G. (2015). Morphotype-based characterization of arbuscular mycorrhizal fungal communities in a restored tropical dry forest, Margarita insland-venezuela. *Revista de Biología Tropical*, 63, 859-870. <http://www.scielo.sa.cr/pdf/rbt/v63n3/0034-7744-rbt-63-03-00859.pdf>

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2017). *Production: Crops*. Retrieved July 8, 2017, from <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC/visualize>

Guilherme, M. R., Aouada, F. A., Fajardo, A. R., Martins, A. F., Paulino, A. T., Davi, M. F. T., Rubira, A. F., & Muniz, E. C. (2015). Superabsorbent hydrogels based on polysaccharides for application in agriculture as soil conditioner and nutrient carrier: A review. *European Polymer Journal*, 72, 365-385.

Idema – Instituto de Desenvolvimento Econômico e Meio Ambiente do RN. (2008). *Perfil do seu Município – Boa Saúde*. Retrieved February 15, 2019, from <http://www.idema.rn.gov.br>

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Retrieved April 29, 2018, from <https://www.cptec.inpe.br>

Liu, W., Zhang, Y., Jiang, S., Deng, Y., Christie, P., Murray, P. J., Li, X., & Zhang, J. (2016). Arbuscular mycorrhizal fungi in soil and roots respond differently to phosphorus inputs in an intensively managed calcareous agricultural soil. *Scientific Reports*, 6:24902. doi: 10.1038/srep24902. <https://www.nature.com/articles/srep24902>

Liu, Y., Shi, G., Mao, L., Cheng, G., Jiang, S., Ma, X., An, L., Du, G., Johnson, N. C., & Feng, H. (2012). Direct and indirect influences of 8 yr of nitrogen and phosphorus fertilization on Glomeromycota in an alpine meadow ecosystem. *New Phytologist*, 194, 523–535. doi: 10.1111/j.1469-8137.2012.04050.x

Lopes, J. L. W., Silva, M. R., Saad, J. C. C., & Angelico, T. S. (2010). Uso de hidrogel na sobrevivência de mudas de *Eucalyptus urograndis* produzidas com diferentes substratos e manejos hídricos. *Ciênc. Florest.* [online], 20, 217-224. ISSN 0103-9954. <http://www.scielo.br/pdf/cflo/v20n2/1980-5098-cflo-20-02-00217.pdf>

Mantai, R. D., Silva, J. A. G., Sausen, A. T. Z. R., Costa, J. S. P., Fernandes, S. B. V., & Ubessi, C. (2015). A eficiência na produção de biomassa e grãos de aveia pelo uso do nitrogênio. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 19, 343-349. doi: 10.1590/1807-1929/agriambi.v19n4p343-349.

Marques, P. A. A., Melo, M. A., & Martinez, E. H. (2013). Hidrogel como substituto da irrigação complementar em viveiro telado de mudas de cafeeiro. *Ciência Rural*, 43, 1-7. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782012005000129>

Melo, M. R. S., Albuquerque Filho, J. A. C., Silva Júnior, J. G., Barbosa, R. F., & Silva, Ê. F. F. (2013). Lixiviação iônica em um cultivo de coentro submetido a doses do polímero hidroabsorvente e lâminas de irrigação. *Irriga*, 18, 522-539. <https://doi.org/10.15809/irriga.2013v18n3p522>

Oliveira, V. H. (1995). *Nutrição mineral do cajueiro*. Fortaleza: EMBRAPA.

R Core Team (2018). *R: A language and environment for statistical computing*. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/>.

Rufino, M. S. M., Alves, R. E., Brito, E. S., Pérez-Jiménez, J., Saura-Calixto, F., & Mancini-Filho, J. (2010). Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. *Food Chemistry*, 121, 996-1002. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814610001172?via%3Dihub>

Shi G.X., Mao L., Cheng G., Jiang S.J., Ma X.J.,..., Feng H.Y. (2012)

Silva, F. C. (2009). *Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes*. (2nd ed.) Brasília, DF: Embrapa.

Silva, J. A. G., Fontaniva, C., Costa, J. S. P., Krüger, C. A. M. B., Ubessi, C., Pinto, F. B., Arenhardt, E. G., & Gewehr, E. (2012). Uma proposta na densidade de semeadura de um biotipo atual de cultivares de aveia. *Revista Brasileira de Agrociência*, 18, 253-263.

Taiz, L., Zeiger, E., Moller, I. M., & Murphy, A. (Eds.). (2017). *Fisiologia e desenvolvimento vegetal* (6th ed.). Porto Alegre, RS: Artmed.

Thirkell, T.J., Cameron, D. D., & Hodge, A. (2016). Resolving the ‘nitrogen paradox’ of arbuscular mycorrhizas: fertilization with organic matter brings considerable benefits for plant nutrition and growth. *Plant, Cell and Environment*, 39, 1683-1690. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/pce.12667>

Weikard, H. P. (2016). Phosphorus recycling and food security in the long run: a conceptual modelling approach. *Food Security: The Science, Sociology and Economics of Food Production and Access to Food*, Springer; *The International Society for Plant Pathology*, 8, 405-414.

4 CAPÍTULO II

TROCAS GASOSAS DE CAJUEIRO ADUBADO COM FARINHA DE OSSOS ASSOCIADO AO USO DE HIDROGEL

Resumo

A cajucultura no Nordeste tem diversos entraves para o sucesso do pomar desde a sua implantação, entre eles está a necessidade de correção dos níveis de nutrientes do solo, além do estresse hídrico ocasionado por veranicos, que ocorrem no período chuvoso e que afetam os processos fisiológicos e bioquímicos dos vegetais, e consequentemente, o estabelecimento da cultura. Desta forma, objetivou-se avaliar os efeitos da aplicação de hidrogel (0 e 5 g L⁻¹ planta⁻¹) associado a doses de farinha de ossos (0, 250, 500, 750 e 1000 g planta⁻¹) no delineamento em blocos ao acaso, em esquema fatorial 2 x 5, com quatro repetições e três plantas por parcela. O experimento em condições de campo foi conduzido em Boa Saúde-RN, entre abril de 2017 e maio de 2018. Aos 340 dias após transplântio (DAT) avaliou-se quanto ao desempenho fisiológico a temperatura foliar (T_{foliar}), as taxas de transpiração (E), fotossíntese (A), condutância estomática (g_s), concentração interna de CO₂ (C_i), as eficiências instantâneas (A/E) e intrínsecas (A/g_s) do uso da água, a eficiência de carboxilação da enzima rubisco (A/C_i), as fluorescências inicial (F_0), máxima (F_m) e variável (F_v), o rendimento quântico máximo do FSII (F_v/F_m), o rendimento quântico efetivo de conversão de energia (F_v/F_0) e os teores de clorofila a , b e total ($a+b$). Ocorre aumento da C_i até 357 g planta⁻¹ de farinha de ossos, com hidrogel. A g_s é influenciada positivamente até a dose máxima de 625 g planta⁻¹ de farinha de ossos, sem hidrogel. Não foi constatado efeitos sobre as demais variáveis estudadas.

Palavras-chave: *Anacardium occidentale* L., cajucultura, condutância estomática, fluorômetro

1. Introdução

O cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) é uma frutífera de importância econômica em diversos países (FAO, 2018) e de alto potencial produtivo no Semiárido brasileiro, que responde por praticamente toda a produção brasileira de castanha e caju (IBGE, 2018).

A revitalização da cajucultura e o fortalecimento de sua cadeia produtiva no Nordeste do Brasil dependem de vários fatores, sendo um deles o investimento em tecnologia no campo e plantio de pomares com clones de cajueiro anão precoce. Parâmetros meteorológicos como a temperatura do ar e precipitação pluviométrica nessa região semiárida, no entanto,

evidenciam alta variabilidade espacial e temporal do clima, influenciando no desenvolvimento de culturas agrícolas (Silva et al. 2010).

Uma das tecnologias recentes utilizadas na agricultura são os polímeros hidroabsorventes que apresentam bons resultados no desenvolvimento de espécies vegetais (Navroski et al., 2015) e que podem estar sendo utilizados na fruticultura de sequeiro. Porém, em cajueiro essas informações ainda precisam de consolidação em virtude, principalmente, das condições edafoclimáticas distintas e da variação genética dentro da própria espécie.

Assim, o interesse pelas respostas fisiológicas de genótipos de cajueiro mais tolerantes ao déficit hídrico é uma das estratégias que permite direcionar o melhor manejo desta cultura.

Diversos estudos ainda recomendam o uso sustentável dos solos a partir do enriquecimento da fertilidade do solo, principalmente com aporte de matéria orgânica (MO) através da aplicação de fontes alternativas de adubos como uma prática de manejo que contribuirá com o fornecimento de nutrientes às plantas e melhoria da atividade microbiológica.

Desta forma, objetivou-se neste experimento avaliar as trocas gasosas e fluorescência da clorofila *a* de plantas do clone de cajueiro anão precoce BRS 226 “Planalto”, submetidas a aplicação de hidrogel associada a doses de farinha de ossos.

2. Material e Métodos

2.1 Área experimental

Conduziu-se o experimento, em regime de sequeiro, entre abril de 2017 e maio de 2018, em propriedade rural localizada no município de Boa Saúde, Rio Grande do Norte, Brasil (Figura 1).

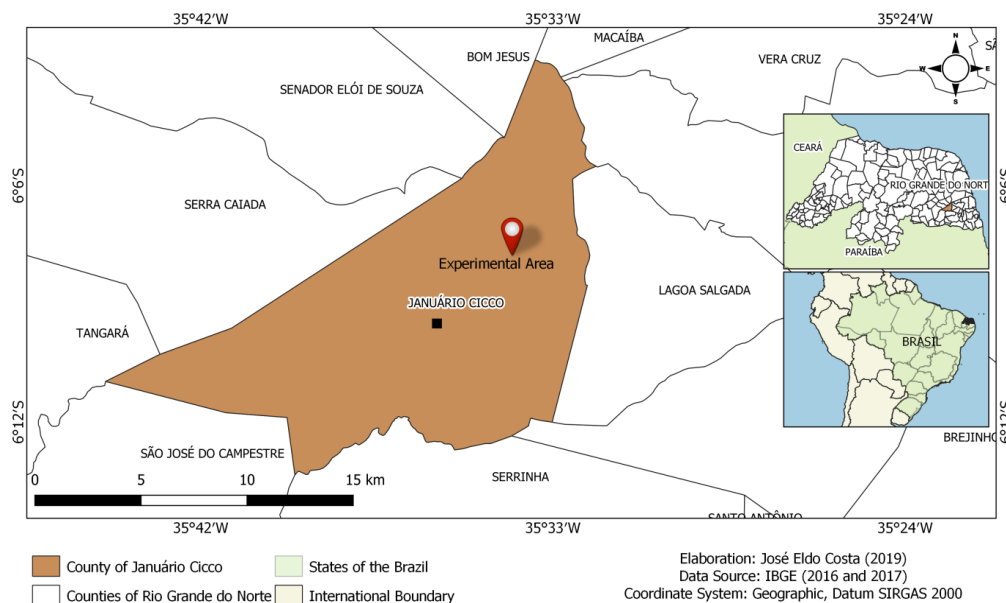


Figura 1. Localização geográfica da área experimental. Boa Saúde, RN, Brasil.

O local apresenta as seguintes características: altitude de 110 m; tipologia climática muito quente e semiárido; pluviosidade média anual de 716 mm, com a precipitação média mensal durante o experimento apresentada na figura 2; temperatura média anual de 28 ° C; insolação média de 2400 h; solo Podzólico Vermelho-Amarelo (Idema, 2008), de textura arenosa (Areia: 910 g kg⁻¹; Silte: 64 g kg⁻¹; Argila: 26 g kg⁻¹); (0-20 cm: pH em H₂O: 5,2; MO: 5,64 g kg⁻¹; P: 3,01 mg dm⁻³; K⁺: 56,15 mg dm⁻³; Na⁺: 0,01; H⁺+Al³⁺: 1,62; Al³⁺: 0,10; Ca²⁺: 0,23; Mg²⁺: 0,15 cmolc dm⁻³, respectivamente; 20-40 cm: pH em H₂O: 5,2; MO: 3,37 g kg⁻¹; P: 2,40 mg dm⁻³; K⁺: 30,13 mg dm⁻³; Na⁺: 0,01; H⁺+Al³⁺: 1,57; Al³⁺: 0,20; Ca²⁺: 0,45; Mg²⁺: 0,00 cmolc dm⁻³.

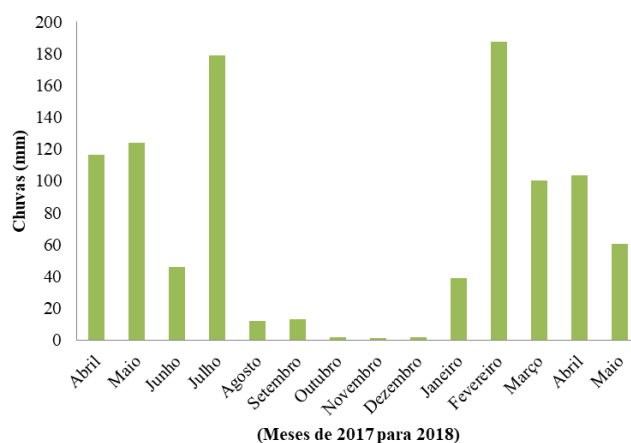


Figura 2. Precipitação pluviométrica na área experimental durante o experimento (Abril 2017 a Maio 2018). Boa Saúde, RN, Brasil.

2.2 Delineamento experimental

O delineamento adotado foi de blocos casualizados, em esquema fatorial 2 x 5, com quatro repetições e três plantas por parcela. Os tratamentos foram constituídos por duas concentrações de hidrogel (0 e 5 g L⁻¹ planta⁻¹) e cinco doses de farinha de ossos (0; 250; 500; 750; e 1000 g planta⁻¹). As características químicas da farinha de ossos foram: C: 27,02%; MO: 46,58%, N: 41,13; P: 28,10; K: 0,14; Ca: 294,35; Mg: 17,81; S: 4,15 g kg⁻¹, respectivamente. O hidrogel foi caracterizado pelo fabricante como copolímero potássico de poliacrilato/ poliacrilamida, em grãos brancos, com partículas de 100 a 800 µm e pH de 5,5 a 6,0.

2.3 Produção das mudas e preparo da área

As mudas enxertadas do clone BRS 226 “Planalto” com altura média de 19 cm, diâmetro médio de caule de 5 mm e 2-3 pares de folhas, foram produzidas em sacos de polietileno (11 x 23 x 0,10 cm) de março a maio de 2017, em viveiro convencional, a partir de sementes do clone Embrapa 51. O substrato utilizado para produzir as mudas foi terra vermelha de subsolo, areia e palha de carnaúba (*Copernicia prunifera*), na proporção 2:1:1. Após limpeza da área experimental, realizou-se o preparo do solo, através de uma gradagem pesada e uma leve. O espaçamento adotado foi 10 m x 10 m (100 plantas ha⁻¹). A abertura das covas (40 x 40 x 40 cm) foi realizada dez dias antes do transplântio das mudas. Em todas as covas foram incorporados 100 g de FTE BR 12[®] e as doses de farinha de ossos. O transplântio foi realizado em 10 de maio de 2017, em covetas centrais nas covas. No momento do transplântio, conforme os tratamentos, utilizou-se o polímero hidratado, envolvendo 50% dos torrões das mudas, seguindo as recomendações do fabricante.

2.4 Tratos culturais

Realizou-se a adubação de cobertura adicionando-se 60 g de N (via sulfato de amônio) e 90 g de potássio (via KCl) por cova, parceladas aos 60 e 90 dias após o transplântio (DAT). Realizaram-se quatro pulverizações como prevenção ao ataque de pragas usando o inseticida Deltametrina e espalhante adesivo, nas dosagens recomendadas pelos fabricantes. O controle

das plantas invasoras foi realizado com gradagens periódicas nas entrelinhas e coroamento com capinas manuais no raio 50 cm.

2.5 Trocas gasosas

Os dados das trocas gasosas foram coletados medindo-se: taxa de fotossíntese (A) ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$); concentração interna de CO_2 (C_i) ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$); transpiração (E) ($\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$); condutância estomática (g_s) ($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$); eficiência instantânea do uso da água (A/E) [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1})/(\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1})$], calculada relacionando a fotossíntese líquida à transpiração; e a eficiência instantânea de carboxilação (A/C_i) [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1})/(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1})$], a partir da relação entre a fotossíntese líquida e a concentração interna de carbono. As medições foram feitas em folhas saudáveis, não marcadas e completamente abertas usando um analisador de carbono infravermelho portátil (IRGA, Licor 6400XL) sob condições atmosféricas naturais. As medidas foram realizadas entre as 9:00 h e 10:00 h, 340 dias após o transplântio (DAT).

A fluorescência da clorofila “a” foi medida e os seguintes parâmetros foram determinados: fluorescência inicial de uma folha adaptada ao escuro (F_0); fluorescência máxima de uma folha adaptada ao escuro (F_m); fluorescência variável ($F_v = F_m - F_0$); eficiência quântica potencial de FSII (F_v / F_m); e a relação F_v / F_0 . As medidas de fluorescência da clorofila foram realizadas em folhas intactas ligadas a planta previamente adaptadas ao escuro por 30 minutos, iniciando-se às 10 horas, aos 340 dias após o transplante, utilizando um fluorímetro [OS-30p + (Optisci)].

2.6 Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e análise de regressão polinomial até o segundo grau, assumindo o coeficiente de determinação (R^2) acima de 50% para avaliar o efeito das doses de farinha de ossos. O teste F foi usado para comparar o efeito da aplicação de hidrogel. O software R Core Team (2018) foi usado para análise estatística.

3. Resultados e Discussão

3.1 Trocas gasosas

As variações na concentração de carbono interno e condutância estomática de plantas de cajueiro anão precoce sob diferentes doses de farinha de ossos com e sem hidrogel estão representadas nas Figuras 3 e 4, respectivamente. Não houve efeito significativo da aplicação de hidrogel isoladamente e nem da interação das diferentes doses de farinha de ossos com e sem hidrogel sobre a concentração do carbono interno das folhas (Figura 3). No entanto, independentemente da presença ou ausência de hidrogel, o aumento das doses de farinha de ossos de 0 até 357 g planta⁻¹ promoveu um aumento do carbono interno de 289,78 para 301,26 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Doses superiores a 357 g planta⁻¹ de farinha de ossos reduziram a concentração de carbono interno, chegando a 264,08 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ na dose de 1000 g planta⁻¹.

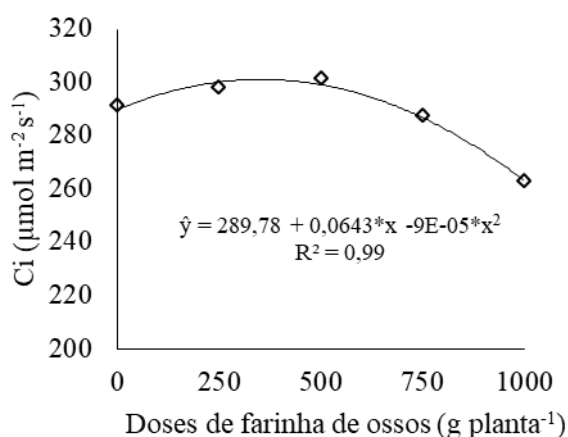


Figura 3. Concentração intercelular de CO₂ de cajueiro anão precoce adubado com farinha de ossos. * = significativo a $p \leq 0,05$; ns = não significativo.

A dose de 625 g planta⁻¹ de farinha de ossos, sem hidrogel, resultou na máxima condutância estomática (0,44 mol de H₂O m⁻² s⁻¹) das folhas de cajueiro anão precoce (Figura 4). Por sua vez, a aplicação de hidrogel combinada com 750 g planta⁻¹ de farinha de ossos promoveu menor condutância estomática em relação a aplicação de apenas 750 g planta⁻¹ de farinha de ossos sem o hidrogel.

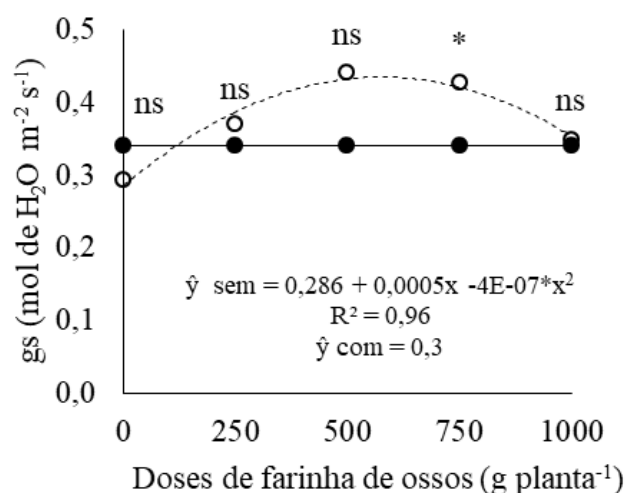


Figura 4. Condutância estomática de cajueiro anão precoce adubado com farinha de ossos, com (●) e sem (○) hidrogel. * = significativo a $p \leq 0,05$; ns = não significativo.

Observou-se valor médio de $12,90 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ para taxa fotossintética (A) com elevado coeficiente de variação (29,02%) (Tabela 1), estando próximo aos valores reportados por Amorim et al. (2011) e Souza et al. (2005). Sabendo que as doses de farinha de ossos e hidrogel não influenciaram na taxa de assimilação de CO_2 , representada por A, a redução de Ci observada nas doses mais elevadas de farinha de ossos é consequência de um menor influxo de CO_2 para a cavidade subestomática, possivelmente devido a uma menor abertura dos estômatos (Machado et al., 2005; Taiz et al., 2017), como observado na Figura 3 através da condutância estomática.

Apesar do decréscimo em Ci com o aumento nas doses de farinha de ossos, enquanto A permanece constante, não houve influência significativa das doses de farinha de ossos ou do hidrogel sobre a relação A/Ci , demonstrando que a eficiência instantânea de carboxilação das plantas de cajueiro anão precoce permaneceu constante, mesmo quando Ci estava reduzido. Dessa forma, sabendo que A/Ci foi constante (valor médio de $0,046 \mu\text{mol mol}^{-1}$), podemos inferir também que a atividade da ribulose-1,5-bisfosfato carboxilase-oxigenase (rubisco) não foi limitada pela menor concentração de CO_2 interno (Stinziano et al., 2018).

Não foram identificadas diferenças significativas na maioria das variáveis fisiológicas avaliadas neste experimento (Tabela 1 e 2), apesar do Semiárido apresentar má distribuição de chuvas e altas temperaturas as quais podem causar desordens morfofisiológicas nas plantas

(Ferraz et al., 2012). Por ser uma planta nativa da região, o cajueiro pode ter inibido uma expressiva mudança nas suas características fisiológicas.

Tabela 1. Taxa fotossintética (A), transpiração (E), eficiência instantânea de carboxilação (A/C_i), eficiência de uso da água (A/E), eficiência intrínseca do uso da água (A/g_s) e temperatura foliar (T_{foliar}) de cajueiro anão precoce adubado com doses de farinha de ossos e concentrações de hidrogel.

	Hidrogel ^{ns}	Doses de farinha de ossos (g planta ⁻¹) ^{ns}					CV(%)
		0	250	500	750	1000	
A ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	com	12.89	15.53	11.18	9.98	13.81	29,02
	sem	10.76	9.42	14.39	14.56	16.47	
E ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	com	9.10	9.22	9.01	5.81	7.79	21,49
	sem	7.19	8.32	9.06	9.29	9.00	
A/C_i ($\mu\text{mol mol}^{-1}$)	com	0.045	0.057	0.037	0.035	0.053	35,68
	sem	0.037	0.030	0.049	0.051	0.063	
A/E ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	com	1.41	1.66	1.22	2.62	1.77	42,48
	sem	1.53	1.15	1.58	1.56	1.83	
A/g_s ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	com	34.19	37.21	26.35	114.21	49.99	96,26
	sem	39.33	26.21	32.64	34.08	47.59	
T_{foliar} ($^{\circ} \text{C}$)	com	31.11	30.69	30.02	32.50	31.20	4,75
	sem	29.84	29.79	29.68	30.39	31.69	

ns = não significativo.

A taxa de transpiração (E) variou de 1,25 a 10,60 $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ nas doses de 750 e 1000 g planta⁻¹ de farinha de ossos, respectivamente, com o uso do hidrogel, sendo o valor médio de 8,38.

Tabela 2. Fluorescência inicial (F_0); fluorescência máxima (F_m); fluorescência variável (F_v); eficiência quântica máxima do FSII (F_v/F_m); razão (F_v/F_0); clorofila *a*, *b* e clorofila total (*a+b*) de cajueiro anão precoce adubado com farinha de ossos e concentrações de hidrogel.

	Hidrogel ^{ns}	Doses de farinha de ossos (g planta ⁻¹) ^{ns}					CV(%)
		0	250	500	750	1000	
F_0	com	64.33	64.00	61.00	62.33	59.67	6,76
	sem	65.00	59.00	61.00	61.67	56.00	
F_m	com	200.00	217.33	234.33	238.00	230.00	18,61
	sem	224.67	240.33	232.33	274.67	223.33	
F_v	com	135.67	153.33	173.33	175.67	170.33	25,31
	sem	159.67	181.33	171.33	213.00	167.33	
F_v/F_m	com	0.73	0.67	0.79	0.73	0.73	8,64
	sem	0.76	0.80	0.74	0.77	0.74	
F_v/F_0	com	2.11	2.39	2.84	2.80	2.85	26,89
	sem	2.44	3.12	2.82	3.47	3.01	
Clorofila <i>a</i> (ICF)	com	30.70	32.47	30.70	32.17	30.60	9,75
	sem	32.53	33.67	34.20	34.13	29.20	
Clorofila <i>b</i> (ICF)	com	10.60	12.97	11.13	12.97	11.40	23,27
	sem	13.03	14.00	13.83	15.10	11.20	
Clorofila total (<i>a+b</i>) (ICF)	com	41.30	45.43	41.83	45.13	42.00	13,40
	sem	45.57	47.67	48.03	49.23	40.40	

ns = não significativo, ICF= Índice de Clorofila Falker

A fluorescência inicial (F_0) variou de 53 a 70 nas doses de 250 e 0 g planta⁻¹ de farinha de ossos na ausência do hidrogel, respectivamente. Também foi verificado o valor máximo de 70 na dose de 250 g planta⁻¹ na presença do hidrogel, sendo constatado um valor médio para todos os tratamentos de 61,4.

A fluorescência máxima (F_m) variou de 127 a 300 nas menores doses de farinha de ossos com presença de hidrogel, sendo a média de 231,5. A fluorescência variável (F_v) variou de 67 a 238 na dose 250 g planta⁻¹ de farinha de ossos com uso do hidrogel, com valor médio de 170,1. A razão F_v/F_m (eficiência quântica máxima do FSII) variou de 0,53 na dose de 250 g planta⁻¹ de farinha de ossos na presença do hidrogel a 0,85 no tratamento sem farinha de ossos e sem hidrogel, com média de 0,75. A razão F_v/F_0 variou de 1,12 na dose de 250 g planta⁻¹ de farinha de ossos em associação com o hidrogel a 4,04 na dose de 250 g planta⁻¹ de farinha de ossos sem aplicação do hidrogel, com média de 2,79, demonstrando que os insumos utilizados não foram eficientes no processo fisiológico da planta (Cavalcante et al., 2020).

A clorofila total variou de 31,4 na dose 1000 g planta⁻¹ sem uso do hidrogel a 56,2 na dose, com média de 43,14 (com hidrogel) e 46,18 (sem hidrogel). É importante observar que quando submetidas a estresses abióticos ou bióticos, os vegetais expressam sinais de mudanças no estado funcional das membranas dos tilacóides dos cloroplastos, que acarretam em transformações nas características dos sinais de fluorescência, quantificados nas folhas pela fluorescência inicial (F_0), máxima (F_m) e variável (F_v) da clorofila *a* e do efeito quântico máximo (F_v/F_m) (Cha-Um; Kirdmanee, 2011; Silva et al., 2011).

Como alternativa para o método de avaliação não invasiva está o estudo da fluorescência da clorofila *a*, que pode indicar detalhes do comportamento da planta a estresses bióticos (Rolfe; Scholes, 2010), o que sugere que os fatores hidrogel e farinha de ossos promoveriam alguma variação no teor de clorofila em plantas de cajueiro, mas não foi demonstrado neste trabalho tais efeitos. Nesse mapeamento do aparato fotoquímico, percebe-se que o comportamento da clorofila *b* e, conseqüentemente, da clorofila total foram semelhantes ao da clorofila *a* (Tabela 2). Essa não alteração pode estar associada à necessidade de N das plantas, uma vez que esse nutriente também participa da constituição da molécula de clorofila e diversos trabalhos evidenciam a correlação da clorofila com doses crescentes de N aplicadas às culturas. Desta forma, mesmo com o indício de aumento do teor de matéria orgânica no solo e conseqüentemente maior disponibilidade de N, não houve alteração do teor de clorofila, provavelmente pela diluição do N na biomassa da planta.

4. Conclusão

A aplicação em cajueiro de farinha de ossos até 357 g planta⁻¹ com hidrogel promove aumento da concentração interna de CO₂ aos 360 dias após o plantio. Sem o polímero, a aplicação de até 625 g planta⁻¹ de farinha de ossos influencia positivamente a condutância estomática do cajueiro.

Há ausência de efeitos na taxa fotossintética, transpiração, eficiência instantânea de carboxilação, eficiência de uso da água, eficiência intrínseca do uso da água, temperatura foliar, fluorescência inicial, fluorescência máxima, fluorescência variável, eficiência quântica máxima do FSII, clorofila a, b e clorofila total (a+b) em função de farinha de ossos e hidrogel.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio da Universidade Federal da Paraíba (UFPB) e da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo suporte financeiro para o desenvolvimento deste experimento.

Referências

- Amorim, A. V., Gomes-Filho, E., Bezerra, M. A., Prisco, J. T., & Lacerda, C. F. (2011). Produção e fisiologia de plantas de cajueiro anão precoce sob condições de sequeiro e irrigado. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 15(10), 1014-1020.
- Cha-um, S., Kirdmanee, C. (2011). Remediation of salt-affected soil by the addition of organic matter: an investigation into improving glutinous rice productivity. *Scientia Agrícola*, 68(4), 406-410. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162011000400003>
- Ferraz, R. L. S., Melo, A. S., Suassuna, J. F., Brito, M. E. B., Fernandes, P. D., Nunes Júnior, E. S. (2012). Trocas gasosas e eficiência fotossintética em ecótipos de feijoeiro cultivados no Semiárido. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 42(2), 181-188.
- Idema – Instituto de Desenvolvimento Econômico e Meio Ambiente do RN. (2008). Perfil do seu Município – Boa Saúde. Retrieved February 15, 2019, from <http://www.idema.rn.gov.br>
- Machado, E. C., Schmidt, P. T., Medina, C. L., & Ribeiro, R. V. (2005). Respostas da fotossíntese de três espécies de citros a fatores ambientais. *Pesquisa agropecuária brasileira*, 40(12), 1161-1170.

- Navroski, M., Araújo, M. M., Reiniger, L. R. S., Muniz, M. F. B., Oliveira, P. M. (2015). Influência do hidrogel no crescimento e no teor de nutrientes das mudas de *Eucalyptus dunnii*. *Floresta*, 45: 315-328.
- R Core Team (2018). *R: A language and environment for statistical computing*. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/>.
- Rolfe, S. A., Scholes, J. D. (2010). Chlorophyll fluorescence imaging of plant–pathogen interactions. *Protoplasma*, 247, 163-175. doi: 10.1007/s00709-010-0203-z
- Silva, E. N., Ribeiro, R. V., Ferreira-Silva, S. L., & Silveira, J. A. G. (2011). Salt stress induced damages on the photosynthesis of physic nut young plants. *Scientia Agricola*, 68(1), 62-68. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162011000100010>
- Silva, V. P. R., Campos, J. H. B. C., Silva, M. T., Azevedo, P. V. Impact of global warming on cowpea bean cultivation in northeastern Brazil. *Agricultural Water Management*, 97, 1760-1768, 2010. doi.org/10.1016/j.agwat.2010.06.006
- Souza, R. P., Ribeiro, R. V., Machado, E. C., Oliveira, R. F., & Silveira, J. A. G. (2005). Photosynthetic responses of young cashew plants to varying environmental conditions. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 40, 735-744.
- Stinziano, J. R., Adamson, R. K., & Hanson, D. T. (2018). Using multirate rapid A/Ci curves as a tool to explore new questions in the photosynthetic physiology of plants. *New Phytologist*. <https://doi.org/10.1111/nph.15657>
- Taiz, L., Zeiger, E., Moller, I. M., & Murphy, A. (Eds.). (2017). *Fisiologia e desenvolvimento vegetal* (6th ed.). Porto Alegre, RS: Artmed.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Demonstramos que a adubação com farinha de ossos e uso de hidrogel no plantio de cajueiro promove alterações no solo, no crescimento das plantas e nos teores foliares de nutrientes.

No solo com a aplicação de farinha de ossos ocorre o aumento do pH e dos teores de Ca, Mg, P e K no solo. Na planta, a altura de planta, o diâmetro de caule e o número de folhas por planta apresentam incrementos, sendo que a dose estimada de $493 \text{ g planta}^{-1}$ de farinha de ossos na ausência de hidrogel aumenta os teores foliares de P, Ca e Mg. Entretanto, simultaneamente ao uso de maiores doses de farinha de ossos há redução nos teores foliares de micronutrientes (Zn e Fe na ausência e Cu e Mn na presença do polímero), que podem atingir níveis críticos na planta, o que pode vir a causar desequilíbrios nutricionais.

Com a aplicação de até $357 \text{ g planta}^{-1}$ de farinha de ossos, com hidrogel aos 360 DAP a planta de cajueiro apresenta fisiologicamente aumento da concentração interna de CO_2 . Na mesma época a condutância estomática do cajueiro é influenciada positivamente até a dose máxima de $625 \text{ g planta}^{-1}$ de farinha de ossos, sem o uso do hidrogel.

No geral, a adubação de plantio da cultura do cajueiro na época chuvosa com farinha de ossos em doses não superiores a $500 \text{ g planta}^{-1}$, com a aplicação de hidrogel, em regime de sequeiro, é uma recomendação agronomicamente prática.