



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA/FITOTECNIA

JOSIVALTER ARAÚJO DE FARIAS

**EFEITO RESIDUAL DA ADUBAÇÃO ORGÂNICA NA FERTILIDADE DO SOLO,
NA NUTRIÇÃO E PRODUÇÃO DE CAJUEIRO-ANÃO**

FORTALEZA

2023

JOSIVALTER ARAÚJO DE FARIAS

EFEITO RESIDUAL DA ADUBAÇÃO ORGÂNICA NA FERTILIDADE DO SOLO, NA
NUTRIÇÃO E PRODUÇÃO DE CAJUEIRO-ANÃO

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia da Universidade Federal do Ceará, como parte das exigências à obtenção do título de Mestre em Agronomia/Fitotecnia. Área de concentração: Horticultura.

Orientador: Prof. Dr. Márcio Cleber de Medeiros Corrêa

Coorientador: Dr. Carlos Alberto Kenji Taniguchi.

FORTALEZA

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

F238 Farias, Josivalter Araújo de.
Efeito residual da adubação orgânica na fertilidade do solo, na nutrição e produção de cajueiro-anão /Josivalter Araújo de Farias. – 2023.
65 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Fitotecnia), Fortaleza, 2023.
Orientação: Prof. Dr. Márcio Cleber de Medeiros
Corrêa.Coorientação: Prof. Dr. Carlos Alberto
Kenji Taniguchi.

1. Anacardium occidentale L. 2. Caju. 3. Estercos. 4. Decomposição. I. Título.

CDD 630

JOSIVALTER ARAÚJO DE FARIAS

EFEITO RESIDUAL DA ADUBAÇÃO ORGÂNICA NA FERTILIDADE DO SOLO, NA
NUTRIÇÃO E PRODUÇÃO DE CAJUEIRO-ANÃO

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia da Universidade Federal do Ceará, como parte das exigências à obtenção do título de Mestre em Agronomia/Fitotecnia.

Aprovado em: 30 /03/2023

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Márcio Cleber de Medeiros Corrêa (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dr. Carlos Alberto Kenji Taniguchi
Embrapa Agroindústria Tropical

Prof. Dr. William Natale
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Antonio João de Lima Neto
Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)

A Deus meu, em quem confio.

Seguido de meus familiares, colegas e amigos pela confiança em mim depositada! Dedico também a todos profissionais, agricultores e pesquisadores da área de Ciências Agrárias.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus na pessoa do Jesus Cristo, Senhor da minha vida, pela boa obra que Ele começou em mim e sendo fiel até o fim. Por esse e outros motivos, Ele cuidou de mim, foi O meu motivador nesses estudos e hoje tenho chegado até aqui.

Gostaria de agradecer também a toda minha família Farias, em especial a minha mãe Josiene Gonçalves de Farias e minha avó Rita Fernando da Silva Farias, ambas pacientes e compreendedoras da minha ausência e deslocamento para estudos. Agradecerei eternamente também a vossas orações que foram ouvidas e me fizeram alcançar tal objetivo e fez trazer-lhes orgulho.

Agradeço também ao meu orientador, professor Dr. Márcio Cleber de Medeiros Corrêa pela orientação, incentivo e inspiração de carreira profissional acadêmica bem sucedida na área de Agronomia. Grato também ao meu coorientador Dr. Carlos Alberto Kenji Taniguchi, pesquisador da Embrapa Agroindústria Tropical. Fui muito feliz pela oportunidade de ter feito minha pesquisa em parceria com este órgão, oportunidades ímpares de conhecimento que contribuíram para minha formação acadêmica e profissional juntamente com as técnicas do Laboratório de Solos, Vanderléia e Lílian.

Agradeço ainda, ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia do Centro de Ciências Agrárias (CCA), por ter feito parte como aluno do mestrado e da instituição Universidade Federal do Ceará (UFC), por me proporcionar essa oportunidade de vir para estudos e conhecer essa cidade linda de Fortaleza/CE.

E por fim, aos meus colegas e amigos que estivemos juntos nesses anos e aos professores, servidores técnicos, administrativos e terceirizados do CCA e Embrapa que direta ou indiretamente contribuíram para a concretização desta conquista e realização pessoal, meu muito Obrigado!

“Há um tempo certo para cada coisa, há um tempo certo para cada propósito debaixo do céu: Tempo para nascer e tempo para morrer; tempo para plantar, e tempo para colher”.
Eclesiastes 3:1-2 (Bíblia, 2010, p. 553).

RESUMO

A região Nordeste é a principal produtora de caju no Brasil, entretanto, a cajucultura ainda carece de informações que permitam sua exploração sustentável em solos pobres em matéria orgânica, situação comumente encontrada na região. Também é comum a recomendação de adubos orgânicos na cova de plantio para frutíferas, porém, para a cultura do cajueiro-anão ainda há lacunas sobre o manejo desse tipo de adubação e seu efeito residual no solo e sobre o desenvolvimento das plantas nos anos subsequentes ao plantio. O objetivo com essa pesquisa foi verificar o efeito residual sobre o solo e sobre o crescimento e desenvolvimento do cajueiro-anão 'BRS 226' em resposta a adubação orgânica, com esterco de bovino e de frango, realizada na cova de plantio. O experimento foi instalado no Campo Experimental de Pacajus/CE, seguindo delineamento em blocos casualizados, em esquema fatorial 2 x 5, sendo duas fontes de esterco (de bovino e de frango), cinco doses (0, 5, 10, 15 e 20 L por cova) e com quatro repetições. No terceiro e quarto anos de cultivo do cajueiro-anão foram coletadas amostras de solos nas profundidades de 0 a 20 cm e de 20 a 40 cm e de folhas para a avaliação do estado nutricional e feitas avaliações de altura de plantas, diâmetro de copa e de caule, volume de copa e produtividade de castanhas do cajueiro-anão 'BRS 226'. Os adubos orgânicos aplicados na cova de plantio influenciaram atributos de solos como a concentração de fósforo e a condutividade elétrica do solo, tanto na profundidade de 0 a 20 quanto na de 20 a 40 cm, sendo os efeitos mais persistentes com a utilização do esterco de frango. Das variáveis de crescimento avaliadas, os esterco influenciaram apenas altura e o volume de copa das plantas e somente no terceiro ano de cultivo de cajueiro-anão. Em relação aos teores de nutrientes e de sódio nas folhas não foram observados efeitos das fontes e doses de esterco, tanto no terceiro quanto no quarto ano de cultivo do cajueiro-anão. No quarto ano de cultivo do cajueiro-anão 'BRS 226', a produtividade de castanhas foi influenciada pelas doses de esterco de frango aplicadas na ocasião do plantio, sendo a máxima produtividade obtida com a aplicação de 11,1 L por cova. Conclui-se que a aplicação dos esterco de animais na cova de plantio, especialmente o de frango, influencia no crescimento das plantas até o terceiro ano e nos atributos de solos até o quarto ano de cultivo do cajueiro-anão 'BRS 226'.

Palavras-chave: *Anacardium occidentale* L.; caju; esterco; decomposição.

ABSTRACT

The Northeast region is the main producer of cashew in Brazil, however, cashew farming still lacks information that allows its sustainable exploitation in soils poor in organic matter, a situation commonly found in the region. It is also common to recommend organic fertilizers in the planting hole for fruit trees, however, for the dwarf cashew crop, there are still gaps on the management of this type of fertilization and its residual effect on the soil and on the development of plants in the years following planting. The objective of this research was to verify the residual effect on the soil and on the growth and development of the dwarf cashew tree 'BRS 226' in response to organic fertilization with cattle and chicken manure carried out in the planting hole. The experiment was carried out in the Experimental Field of Pacajus/CE, in a randomized block design, in a 2 x 5 factorial scheme, with two sources of manure (cattle and chicken), five doses (0, 5, 10, 15 and 20 L per hole) and with four replications. In the third and fourth years of dwarf cashew cultivation, soil samples were collected at depths of 0 to 20 cm and 20 to 40 cm and leaves were collected to evaluate the nutritional status and evaluations of plant height, crown and stem diameter, canopy volume and yield of dwarf cashew nuts 'BRS 226'. The organic fertilizers applied in the planting hole influenced soil attributes such as phosphorus concentration and soil electrical conductivity, both at the depth of 0 to 20 and 20 to 40 cm, with the most persistent effects being with the use of chicken manure. Of the growth variables evaluated, manures influenced only height and canopy volume of the plants and only in the third year of dwarf cashew cultivation. Regarding the nutrient and sodium contents in the leaves, no effects of manure sources and doses were observed, either in the third or fourth year of dwarf cashew cultivation. In the fourth year of cultivation of the dwarf cashew tree 'BRS 226', the nut yield was influenced by the doses of chicken manure applied at the time of planting, and the maximum yield was obtained with the application of 11.1 L per hole. It was concluded that the application of animal manure in the planting hole, especially chicken, influences plant growth up to the third year and soil attributes until the fourth year of cultivation of dwarf cashew 'BRS 226'.

Keywords: *Anacardium occidentale* L.; cashew; manure; decomposition.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – Efeito residual de doses de esterco aplicados na cova de plantio na concentração de matéria orgânica (A) e fósforo (B) do solo, na profundidade de 0 a 20 cm 30
- Figura 2 – Efeito residual de doses de esterco aplicados na cova de plantio na concentração de cálcio (A), magnésio (B) e sódio (C) do solo, na profundidade de 0 a 20 cm 32
- Figura 3 – Efeito residual de doses de esterco de bovino (EB) e de frango (EF) aplicados na cova de plantio na condutividade elétrica (CE) do solo, na profundidade de 0 a 20 cm 34
- Figura 4 – Efeito residual de doses de esterco aplicados na cova de plantio na condutividade elétrica (CE) do solo, na profundidade de 0 a 20 cm, em função da época de amostragem 35
- Figura 5 – Efeito residual de doses de esterco aplicados no plantio na soma de bases (A), capacidade de troca de cátions (B) e saturação por bases (C) do solo, na profundidade de 0 a 20 cm 36
- Figura 6 – Efeito residual de doses de esterco de bovino (EB) e de frango (EF) aplicados na cova de plantio na concentração de zinco (A), cobre (B) e manganês (C) do solo, na profundidade de 0 a 20 cm 37
- Figura 7 – Efeito residual de doses de esterco aplicados na cova de plantio na concentração de ferro do solo, na profundidade de 0 a 20 cm, em função da época de amostragem 38
- Figura 8 – Efeito residual de doses de esterco de bovino (EB) e de frango (EF) aplicados na cova de plantio na concentração de matéria orgânica (A), fósforo (B), cálcio (C) e sódio (D) do solo, na profundidade de 20 a 40 cm 41
- Figura 9 – Efeito residual de doses de esterco de bovino (EB) e de frango (EF) aplicados na cova de plantio na concentração de H+Al (A) e na condutividade elétrica (B) do solo, na profundidade de 20 a 40 cm 43

Figura 10	– Efeito residual de doses de esterco aplicados na cova de plantio na condutividade elétrica (CE) do solo, na profundidade de 20 a 40 cm, em função da época de amostragem	44
Figura 11	– Efeito residual de doses de esterco de bovino (EB) e de frango (EF) aplicados na cova de plantio na soma de bases (A) e capacidade de troca de cátions (B) do solo, na profundidade de 20 a 40 cm	45
Figura 12	– Efeito residual de doses de esterco de bovino (EB) e de frango (EF) aplicados na cova de plantio na concentração de zinco (A), cobre (B) e ferro (C) e manganês (D) do solo, na profundidade de 0 a 20 cm	46
Figura 13	– Efeito residual de doses de esterco aplicados na cova de plantio na concentração de cobre do solo, na profundidade de 20 a 40 cm, em função da época de amostragem	47
Figura 14	– Altura de plantas (A) e volume de copa (B) de cajueiro-anão ‘BRS 226’ no terceiro ano de cultivo, em função doses de esterco aplicados na cova de plantio	53
Figura 15	– Produtividade de castanhas de cajueiro-anão ‘BRS 226’, no quarto ano de cultivo, em função de fontes e doses de esterco de bovino e de frangos aplicados na cova de plantio	54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	– Caracterização química do Argissolo Vermelho-Amarelo da área experimental	24
Tabela 2	– Caracterização química do esterco de bovino e do esterco de frango	24
Tabela 3	– Atributos químicos do solo na profundidade de 0 a 20 cm, em área de cultivo de cajueiro-anão ‘BRS 226’, em função de fontes e doses de esterco aplicados na cova de plantio e épocas de amostragem do solo	28
Tabela 4	– Atributos químicos do solo na profundidade de 0 a 20 cm, em área de cultivo de cajueiro-anão ‘BRS 226’, em função de fontes e doses de esterco aplicados na cova de plantio e épocas de amostragem do solo	29
Tabela 5	– Efeito residual dos esterco de bovino e de frango aplicados na cova de plantio na concentração de matéria orgânica e fósforo do solo, na profundidade de 0 a 20 cm, em função da época de amostragem	30
Tabela 6	– Efeito residual dos esterco de bovino e de frango na acidez potencial (H+Al), condutividade elétrica (CE) e saturação por bases (V) do solo, na profundidade de 0 a 20 cm, em função da época de amostragem	33
Tabela 7	– Efeito residual dos esterco de bovino e de frango na concentração de manganês do solo, na profundidade de 0 a 20 cm, em função da época de amostragem	37
Tabela 8	– Atributos químicos do solo na profundidade de 20 a 40 cm, em área de cultivo de cajueiro-anão ‘BRS 226’, em função de fontes e doses de esterco aplicados na cova de plantio e épocas de avaliação	39
Tabela 9	– Atributos químicos do solo na profundidade de 20 a 40 cm, em área de	

	cultivo de cajueiro-anão ‘BRS 226’, em função de fontes e doses de esterco aplicados na cova de plantio e épocas de avaliação	40
Tabela 10	– Efeito residual dos esterco aplicados na cova de plantio na concentração de fósforo e de cálcio do solo, na profundidade de 20 a 40 cm, em função da época de amostragem	42
Tabela 11	– Efeito residual de doses de esterco de bovino e de frango aplicados na cova de plantio na condutividade elétrica (CE) do solo, na profundidade de 0 a 20 cm, em função da época de amostragem	44
Tabela 12	– Efeito residual dos esterco de bovino e de frango aplicados na cova de plantio na soma de bases do solo (SB) e na saturação por bases (V), na profundidade de 20 a 40 cm, em função da época de amostragem	45
Tabela 13	– Efeito residual dos esterco de bovino e de frango aplicados na cova de plantio na concentração de cobre e manganês do solo, na profundidade de 20 a 40 cm, em função da época de amostragem	47
Tabela 14	– Teores de nutrientes e sódio nas folhas de cajueiro-anão ‘BRS 226’, no terceiro ano de cultivo, em função de fontes e doses de esterco aplicados na cova de plantio	49
Tabela 15	– Teores de nutrientes e sódio nas folhas de cajueiro-anão ‘BRS 226’, no quarto ano de cultivo, em função de fontes e doses de esterco aplicados na cova de plantio	50
Tabela 16	– Crescimento de plantas de cajueiro-anão ‘BRS 226’ no terceiro e produtividade de castanhas no segundo e terceiro anos de cultivo, em função da aplicação de fontes e doses de esterco na cova de plantio	51
Tabela 17	– Crescimento de plantas de cajueiro-anão ‘BRS 226’ e produtividade de castanhas no quarto ano de cultivo, em função da aplicação de fontes e doses de esterco na cova de plantio	52

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	HIPÓTESE	16
3	OBJETIVOS	16
3.1	Objetivo geral	16
3.2	Objetivos específicos	16
4	REVISÃO DE LITERATURA	17
4.1	Botânica e origem do cajueiro	17
4.2	Morfologia do cajueiro	17
4.3	Importância econômica e social	18
4.4	Implantação de pomares e adubação de fundação	19
4.5	Adubação orgânica	20
4.6	Decomposição e mineralização da matéria orgânica	21
5	MATERIAL E MÉTODOS	23
5.1	Caracterização da área e delineamento experimental	23
5.2	Instalação do experimento e segundo ano de cultivo	23
5.3	Terceiro e quarto anos de cultivos	25
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
6.1	Atributos químicos do solo na camada de 0 a 20 cm	27
6.2	Atributos químicos do solo na camada de 20 a 40 cm	38
6.3	Estado nutricional do cajueiro-anão ‘BRS 226’	48
6.4	Crescimento e produtividade de castanhas do cajueiro-anão ‘BRS 226’	51
7	CONCLUSÕES	55
	REFERÊNCIAS	56
	APÊNDICE A – IMAGENS DA CULTURA DO CAJUEIRO-ANÃO NA FAZENDA EXPERIMENTAL EM PACAJUS - CE	60
	APÊNDICE B – IMAGENS SEQUENCIAIS DO PROCEDIMENTO PARA A COLETA E PREPARO DAS AMOSTRAS DE SOLO	61
	APÊNDICE C – IMAGENS DA ANÁLISE DO POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (pH) PELA METODOLOGIA DO pHMÊTRO	62
	APÊNDICE D – IMAGENS DOS PROCEDIMENTO REALIZADOS NO LABORATÓRIO DE SOLOS PARA A ANÁLISE DE MATÉRIA	

ORGÂNICA	63
APÊNDICE E – IMAGENS DA ÉPOCA DE INFLORESCÊNCIA DO CAJUEIRO-ANÃO E FOLHAS COLETADAS PARA ANÁLISE	
QUÍMICA	64

1 INTRODUÇÃO

O setor frutícola do Brasil destaca-se pela diversidade e quantidade de frutas tropicais cultivadas no País. Dentre estas, o cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) é uma espécie já tradicionalmente explorada para fins comerciais e que possui elevada importância econômica na produção agrícola nacional, por oferecer diversos produtos como: a amêndoa (castanha de caju), o pedúnculo (caju), a madeira e outros derivados na agroindústria e na indústria química (KIST *et al.*, 2017).

Especialmente na região Nordeste, o cajueiro-anão tem grande importância socioeconômica, pois, a atividade gera empregos diretos e indiretos no campo e na agroindústria, que beneficiam, sobretudo, aos que vivem no Semiárido, onde a cultura gera oportunidade num período do ano em que, normalmente, são escassas e pontuais outras atividades agrícolas.

O cajueiro, apesar de ser uma espécie adaptada às condições tropicais e subtropicais de todo o mundo, ainda carece de estudos sobre as técnicas de manejo da cultura que proporcionem o aumento da produtividade, pois, o desempenho de uma área comercial depende de vários fatores que influenciam a cultura em campo, e um deles, é fertilidade do solo.

Para tanto, o uso dos fertilizantes orgânicos e ou minerais são essenciais na agricultura porque asseguram a produtividade e a qualidade. Visando ofertar melhores condições de solo às plantas e ao meio ambiente, a aplicação dos adubos de fontes orgânicas tem sido cada vez mais aceita nas propriedades rurais, inclusive naquelas onde geram seu próprio resíduo orgânico, como forma de aproveitamento (SANTOS *et al.*, 2019).

Os efeitos da aplicação da matéria orgânica (MO) no solo são benéficos, dada a sua capacidade de melhorar a fertilidade do solo por meio de mudanças químicas, físicas e biológicas (SILVA *et al.*, 2014). No entanto, materiais orgânicos apresentam composição química variável e, para uso agrícola, é necessário o conhecimento da dinâmica de decomposição dos materiais em questão, para realização de um uso racional e o mais eficiente possível.

Há uma grande diversidade de materiais orgânicos utilizados ou com potencial para utilização agrícola, como condicionadores de solos ou fertilizantes orgânicos. Destacam-se os resíduos e dejetos de atividades agroindustriais, como os esterco de animais criados para alimentação humana. Dentre eles, o esterco de bovino já tem uma ampla utilização na

agricultura, associada a uma relativa maior disponibilidade em todo o território nacional e um custo relativamente mais baixo. O esterco de bovino constitui-se em fonte alternativa de massa microbiana e de nutrientes vegetais, especialmente para o suprimento de nitrogênio e fósforo, melhorando sensivelmente a fertilidade do solo (MALAVOLTA, 1980).

Outro resíduo bastante utilizado como fertilizante orgânico em áreas agrícolas é o esterco de frango. Embora sua oferta seja bem menor em volume, é mais pontual em relação à distribuição geográfica, se trata de uma fonte normalmente mais rica em nutrientes para as plantas, comparativamente ao esterco de bovino, e com potencial para manter ou restaurar a fertilidade do solo.

O cajueiro é altamente responsivo a adubação orgânica e suas respostas podem ser afetadas pela dinâmica de mineralização e imobilização dos nutrientes que compõem cada material orgânico usado como adubo, durante o processo de decomposição.

Considerando que os nutrientes presentes nos adubos orgânicos se encontram, em maior proporção na forma orgânica, é importante conhecer a taxa de decomposição e liberação de nutrientes. Esta informação permite uma melhor gestão dos níveis e tempo para sincronizar os requisitos da planta e liberação de nutrientes do esterco, a fim de evitar qualquer perigo ambiental e usar este tipo de adubo de forma otimizada (SILVA *et al.*, 2014).

Em cultivos de frutíferas perenes, como o cajueiro, os adubos orgânicos podem apresentar taxas de decomposição mais ou menos lentas, podendo afetar a disponibilidade de nutrientes no solo e o desenvolvimento das plantas de forma imediata e ao longo do tempo. Atualmente, pouco se sabe sobre a taxa de decomposição dos esterco de bovino e de frango em cultivos de cajueiro, principalmente sob influência das condições de clima, solo e organismos específicos.

2 HIPÓTESE

O uso de esterco de bovino e de frango como adubos orgânicos em cultivos de cajueiro-anão, aplicados na cova de plantio, apresentam efeito residual na fertilidade do solo e no desenvolvimento do cajueiro anão 'BRS 226' no terceiro e no quarto anos de cultivo após o plantio.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Avaliar o efeito residual da adubação de fundação com esterco de bovino e de frango aplicados na cova de plantio em pomar de cajueiro-anão 'BRS 226'.

3.2 Objetivos específicos

Estudar o efeito residual dos esterco de bovino e de frango na fertilidade do solo, no terceiro e quarto anos após aplicação em cova de plantio;

Avaliar a influência da adubação com esterco de bovino e de frango, em fundação, sobre o estado nutricional e sobre as características morfológicas e de produtividade do cajueiro-anão 'BRS 226', no terceiro e quarto anos de cultivo.

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 Botânica e origem do cajueiro

O cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) pertence à família *Anacardiaceae* que inclui árvores e arbustos nas regiões tropicais e subtropicais do planeta, incluindo também a mangueira (*Mangifera indica* L.), a cajazeira e o umbuzeiro (*Spondias ssp.*). O gênero *Anacardium* é composto aproximadamente por 22 espécies, sendo 21 originárias das Américas do Sul e Central e 1 da Ásia, e de todas as espécies de cajueiro, apenas a mencionada é explorada comercialmente (SERRANO *et al.*, 2018).

O termo *Anacardium* vem do grego e latim, aná ‘voltado para cima’ e kardía ‘coração’ devido ao formato de coração dos frutos, como a castanha de caju e a manga. O cajueiro é uma planta tropical originária do Nordeste do Brasil, daí o termo *occidentale* ou do ocidente, descoberta pelos colonizadores portugueses, e hoje essa espécie está espalhada em todo território nacional e em outros países (SANTOS *et al.*, 2019).

Em função do porte das plantas, os cajueiros podem ser divididos em dois tipos: o cajueiro-comum (gigante), primeira forma explorada comercialmente, e o cajueiro-anão, oriundo de seleções fenotípicas propagadas vegetativamente, cujos primeiros clones comerciais foram lançados nos anos 1980, introduzidos inicialmente no campo experimental de cajueiros em Pacajus/CE, propriedade da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa (SERRANO; OLIVEIRA, 2013).

4.2 Morfologia do cajueiro

O cajueiro-comum é uma planta arbórea perene que pode alcançar 15 m de altura ou mais e tem um tronco grosso e tortuoso. O cajueiro-anão caracteriza-se pelo porte baixo, raramente ultrapassando 5 m de altura e 8 m de diâmetro de copa. Possui ainda, copa mais compacta e homogênea que o cajueiro-comum, apresentando folhas alternas e inflorescência do tipo panícula, caracterizada por um cacho terminal com ramificações que vão crescendo da base para o ápice do ramo. É uma planta andromonoica, ou seja, apresenta numa mesma panícula flores perfeitas ou completas (hermafroditas) e estaminadas (masculinas), pentâmeras, com cinco sépalas e cinco pétalas (ROCHA *et al.*, 2015).

O cajueiro possui sistema radicular principal pivotante bifurcado, com raízes laterais bem distribuídas ao seu redor. Essa frutífera é amplamente cultivada na região

Nordeste do Brasil devido à sua adaptação às condições de estresse hídrico. Grande parte da área explorada pelo sistema radicular encontra-se na área de projeção da copa e apresenta uma profundidade efetiva de 25 a 30 cm (SERRANO; PESSOA, 2016).

O fruto do cajueiro constitui-se de duas partes, sendo a primeira, o fruto verdadeiro (castanha), que é do tipo aquênio reniforme de cor marrom-acinzentado e pendente de um pedúnculo. A segunda parte é o pseudofruto ou pedúnculo (pedicelo da flor hipertrofiado), membro carnoso e aromático de cores variantes do amarelo ao vermelho, muito perecível pós-colheita, e com modelo de respiração do tipo não climatérico (RAMOS *et al.*, 2016).

A castanha é composta pelo pericarpo ou casca e pela semente ou amêndoa. O pericarpo é constituído por três camadas; epicarpo, mesocarpo e endocarpo. É no mesocarpo de aspecto esponjoso, cujos alvéolos são preenchidos pelo líquido da castanha de caju (LCC), de coloração escura quase preta, cáustico e inflamável, produto utilizado pela indústria química (SERRANO; OLIVEIRA, 2013).

No endocarpo se encontra a amêndoa da castanha de caju (ACC), que consiste no óvulo da flor desenvolvido após a fecundação, e representa o principal produto comercializado do cajueiro em todo o mundo, composta por dois cotilédones de coloração branco-amarelada, carnosos e ricos em óleos (SERRANO; PESSOA, 2016).

4.3 Importância econômica e social

A área mundial colhida de castanha de caju está em torno de 6,8 milhões de hectares, dos quais, 428,8 mil hectares estão no Brasil, concentrados, quase que totalmente, na região Nordeste do país (BRAINER; VIDAL, 2020). Segundo estes autores, o Brasil está entre os dez maiores produtores de castanha de caju do mundo, com 141,4 mil toneladas anuais, e é o quinto maior exportador da amêndoa de castanha de caju, comercializando cerca de 17,1 mil toneladas por ano, principalmente para a Europa e Estados Unidos.

O cajueiro-anão é uma das mais importantes frutíferas para cultivos em regiões semiáridas de clima tropical. Dentre os setores do agronegócio brasileiro, a fruticultura nordestina e, especialmente, a cajucultura contribui para o fomento da economia dessa região, com destaque para os estados do Ceará, Piauí e Rio Grande do Norte que, juntos, participam com mais de 98% da produção de castanha de caju brasileira (LIMA *et al.*, 2019).

Além de gerar renda e postos de trabalho vinculados a grandes, médios e, principalmente, pequenos produtores, a planta e o fruto do cajueiro representam uma identidade cultural regional e local (BUAINAIN; BATALHA, 2007).

Muitas das áreas de produção de cajueiro-anão são geridas por agricultores familiares, e os rendimentos poderiam ser maiores se estes pequenos produtores gerenciassem melhor a cadeia produtiva, aprimorando as práticas culturais a fim de obter uma melhor participação no mercado com um produto de maior qualidade e valor agregado, aumentando a rentabilidade e sustentabilidade da atividade (ARAÚJO, 2016).

Por exemplo, nos cultivos comerciais é importante levar em consideração a exportação de nutrientes pelas plantas para estabelecer sua reposição ao solo, de modo a manter ou até aumentar a fertilidade do solo na área de cultivo. Nesse sentido, especificamente em cajueiros, a exportação de nutrientes ocorre através da colheita da castanha e do pedúnculo (OLIVEIRA *et al.*, 2013).

Para manter a capacidade produtiva dos solos, é necessária a reposição de nutrientes ofertada pelo manejo da adubação, mineral e/ou orgânica, a partir do preparo do solo e das covas de plantio, como adubação de fundação, e durante todo o desenvolvimento e exploração da cultura, na forma de adubações de cobertura (ROZANE *et al.*, 2017).

4.4 Implantação de pomares e adubação de fundação

Grande parte das áreas de cultivo de cajueiro no Brasil ainda é constituída por cajueiros comuns com mais de 30 anos de idade, propagados por sementes e com elevada heterogeneidade. Nestes pomares predominam a exploração extensiva, quase extrativista, que tem contribuído para a redução de stand e baixa produtividade e rentabilidade da cajucultura brasileira ao longo das últimas décadas. A recuperação desta atividade agrícola no país passa, necessariamente, pela renovação de pomares antigos ou implantação de novos pomares em bases mais tecnificadas e, prioritariamente, com a utilização de clones de cajueiro-anão (EVANGELISTA, 2017).

No Brasil, já há mais de dez clones de cajueiro registrados e disponíveis aos produtores que desejem cultivar essa frutífera, dentre os quais se podem escolher os mais adequados às diferentes situações ambientais, de manejo e/ou finalidade de uso. Após a escolha, os clones devem ser conduzidos em campo conforme as recomendações técnicas atuais para que possam expressar todo seu potencial produtivo, pois a produtividade final do

material genético é resultado do manejo adequado da cultura, observado desde os cuidados de preparo do solo até a colheita (MELO *et al.*, 2016).

Dentre as técnicas culturais a serem observadas, o manejo da adubação é uma das mais importantes, pois a maioria dos solos brasileiros apresenta baixa fertilidade natural. Mesmo os solos mais férteis possuem limites em suprir a demanda de nutrientes pelas plantas, os quais decrescem ao longo do tempo de cultivo com a exportação de nutrientes pela cultura. Nesse contexto, a adubação é uma prática agrícola indispensável em pomares de frutíferas topicais, incluindo o cajueiro-anão para produção de castanha e pedúnculo (ROZANE *et al.*, 2017).

A oferta de nutrientes em quantidades ideais por meio da fertilização orgânica ou mineral é de suma importância para a cultura durante todo o ciclo do cajueiro-anão e interage com os principais fatores que incidem sobre a produtividade, sendo eles, morfológicos e fisiológicos (SERRANO *et al.*, 2018).

De maneira geral, a absorção de nutrientes pelas plantas de cajueiro-anão em fase inicial apresenta a seguinte ordem decrescente de demanda nutricional: nitrogênio (N) > potássio (K) > fósforo (P) > magnésio (Mg) > cálcio (Ca) > ferro (Fe) > manganês (Mn) > cobre (Cu) > boro (B) > zinco (Zn). Esses elementos essenciais devem estar presentes no solo por ocasião do plantio das mudas, ou ser ofertados via adubação de fundação, para o pleno estabelecimento das plantas em campo nos primeiros meses de crescimento (CAVALCANTE Jr *et al.*, 2019).

No entanto, são comuns áreas de cajueiros em que a adubação de fundação na implantação dos pomares é negligenciada, resultando em desuniformidade das plantas quanto ao seu vigor, produtividade e qualidade dos frutos e pseudofrutos (PINHO, 2018).

4.5 Adubação orgânica

Os adubos podem ser classificados em sintéticos minerais (químicos) e orgânicos, conforme sua composição. O adubo mineral, também conhecido como fertilizante químico, é produzido através da extração de minerais, consistindo em uma mistura de sais dos principais nutrientes necessários às plantas. Por outro lado, os adubos orgânicos são produtos de animais e vegetais em decomposição, resultantes da degradação física, química e da atividade de microrganismos (SOUZA *et al.*, 2018).

Os esterco de bovino e de frango são resíduos orgânicos bastante empregados na agricultura desde a antiguidade para melhorar as propriedades químicas, físicas e biológicas

do solo por causa da sua riqueza em carbono e nutrientes, que contribuem no aumento do teor de matéria orgânica (MO) e na manutenção da microbiota do solo (SILVA *et al.*, 2014). A adição de doses e fontes de esterco no solo contribuem para o desenvolvimento das raízes das plantas, devido ao efeito de condicionador do solo e amplia a área de exploração no solo aumentando a eficiência do sistema radicular (SOARES *et al.*, 2015).

As plantas perenes como o cajueiro-anão, permanecem longos anos explorando praticamente o mesmo volume de solo. Portanto, qualquer aplicação de fertilizante requer maior cuidado devido à falta de informações e a escassez de critérios técnicos estabelecidos por pesquisas científicas, sobre o manejo adequado de nutrientes em condições locais, sobretudo, a aplicação de material orgânico que tem um efeito mais duradouro no solo ou residual (ROZANE *et al.*, 2017).

Portanto, espera-se que esses adubos possam contribuir para o aumento da disponibilidade de nutrientes, capacidade de troca de cátions, aeração e retenção de umidade do solo, com reflexos na uniformidade das plantas e incremento na produtividade.

4.6 Decomposição e mineralização da matéria orgânica

A prática da fertilização orgânica, apesar de ser antiga, sua tecnologia de aplicação de material orgânico no solo ainda pode ser aprimorada. O conhecimento da decomposição e mineralização de material orgânico adicionado ao solo permite o estabelecimento de uma dose correta, visando à manutenção do carbono orgânico do solo e o correto fornecimento de nutrientes, evitando a contaminação e degradação do meio ambiente (PEREIRA *et al.*, 2018).

Decomposição é a quebra do material orgânico, geralmente na forma de polímeros, em compostos solúveis que são absorvidos pelas células microbianas. A decomposição é um processo biocatalítico complexo, que envolve ação de enzimas específicas que atuam na quebra de açúcares, proteínas, celulose, hemiceluloses, lignina, e que podem ter ação mais rápida ou lenta até a mineralização total, dependente também dos fatores climáticos (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

A procura por materiais alternativos de fontes orgânicas de nutrientes, como esterco é contínua, visto que esses resíduos são abundantes nas áreas de criação, especialmente sob condições de confinamento de animais. Sua utilização na agricultura representa uma destinação útil e de menor risco ambiental, comparado ao simples descarte,

além de possibilitar a redução dos custos de produção e da dependência de fertilizantes minerais nos sistemas agrícolas (SILVA *et al.*, 2019).

Dejetos orgânicos de bovino e de frango possuem boas características agronômicas. Diversos estudos têm sido realizados com a utilização desses resíduos na agricultura, no entanto, ainda se faz necessário explorar melhor os resultados sobre o uso continuado, observando seu efeito residual e as necessidades de reaplicações para o estabelecimento de uma metodologia desse tipo de adubação nas culturas (RIBEIRO *et al.*, 2019).

Para tanto, a eficiência desse tipo de adubo orgânico depende da disponibilização de nutrientes, que se encontram principalmente na forma orgânica e que necessitam passar pelo processo de mineralização para absorção pelas plantas, ao contrário dos fertilizantes minerais, que já se encontram prontas para absorção. A composição dos estercos é variável, visto que depende de fatores inerentes ao sistema solo-planta-atmosfera, principalmente os fatores edafoclimáticos que vão condicionar a capacidade de mineralização dos nutrientes (ROGERI *et al.*, 2015).

Isso implica na necessidade de se conhecer a dinâmica de decomposição e liberação dos nutrientes neles contidos, para a melhor recomendação em potencial de utilização desses resíduos nas culturas e da capacidade deles em disponibilizar nutrientes em proporções ideais, desde a implantação até a colheita. Entretanto, os estercos como fonte de nutrientes, também pode ser baixa em razão do manejo inadequado e da ausência de critérios técnicos (SILVA *et al.*, 2014).

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Caracterização da área e delineamento experimental

O estudo foi conduzido no Campo Experimental de Pacajus, Ceará, pertencente a Embrapa Agroindústria Tropical, coordenadas 4°11'05.5"S 38°30'06.3"W. Segundo a classificação de Köppen, revisada por Arnfield (2020), o clima da região é Aw, ou seja, apresenta uma estação seca e outra chuvosa, com chuvas predominantes no primeiro semestre, totalizando 903 mm em média anual. O solo da área experimental é classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo, com baixo teor de matéria orgânica, profundo, horizonte B textural (Bt) não hidromórfico, com cores amarelas e estrutura bem definida com altitude de 60 m em relação ao nível do mar (LIMA *et al.*, 2002).

O experimento foi instalado em campo no mês de fevereiro de 2018 e conduzido até janeiro de 2022, em duas etapas, sendo a primeira de 2018 a 2019 e a segunda de 2020 a 2022. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, em arranjo fatorial 2 × 5, com duas fontes de esterco (de bovino e de frango) e cinco doses (0; 5; 10; 15 e 20 L cova⁻¹ de esterco seco) e quatro repetições, totalizando 40 unidades experimentais. Cada parcela foi composta por seis plantas de cajueiro-anão 'BRS 226'.

A primeira etapa compreendeu a instalação do experimento e avaliações no primeiro e segundo anos de cultivo, com parte dos resultados já abordados por Costa (2019). A segunda etapa do estudo corresponde às avaliações realizadas durante o terceiro e o quarto anos de cultivo, ênfase desse trabalho.

5.2 Instalação do experimento e segundo ano de cultivo

O preparo da área experimental consistiu de uma aração e uma gradagem, seguida de marcação e abertura de covas com um perfurador de solo acoplado a um trator. As covas apresentavam formato circular, com aproximadamente 45 cm de diâmetro e 55 cm de profundidade. O espaçamento empregado foi o de 8 m × 6 m nas entrelinhas e entre as plantas de cajueiro-anão, respectivamente (COSTA, 2019).

Antes do plantio das mudas de cajueiro-anão, foram coletadas amostras de solo na camada de 0 a 20 cm e de 20 a 40 cm de profundidade e encaminhadas para o Laboratório de Solos da Embrapa Agroindústria Tropical para a caracterização química, conforme procedimentos descritos em Silva *et al.* (1998) (TABELA 1).

Tabela 1 – Caracterização química do Argissolo Vermelho-Amarelo da área experimental.

Prof.	pH	M.O.	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H+Al	Al ³⁺
cm		g dm ⁻³	mg dm ⁻³	.....	.....	mmolc dm ⁻³	.....	.....
0-20	6,0	4,7	5,1	1,4	13	7	16	0
20-40	5,4	4,7	3,0	1,1	4	1	16	2

Prof.	SB	CTC	V	m	Zn	Cu	Fe	Mn
cm	.....	mmolc dm ⁻³.....	.....	% .....	.....	.....	mg dm ⁻³	.....
0-20	21	37	56	0	1,9	0,2	2,0	12,9
20-40	6	22	28	19	0,9	0,2	4,5	3,8

P, K, Na, Zn, Cu, Fe e Mn: extrator Mehlich 1; M.O: método Walkley – Black; pH: em água; Ca, Mg e Al: extrator KCl 1 mol L⁻¹; H + Al: extrator Ca(CH₃COO)₂ H₂O 0,5 mol L⁻¹; SB: soma de bases; CTC: capacidade de troca de cátions; V: saturação por bases; m: saturação por alumínio.

Dos esterco de bovino e de frango, provenientes da criação de animais em confinamento, também foram coletadas amostras e submetidas à caracterização química, conforme procedimentos descritos por Brasil (2007) e Carmo *et al.* (2000) (TABELA 2).

Tabela 2 – Caracterização química do esterco de bovino e do esterco de frango.

Fontes	N	P	K	Ca	Mg	S	Na
			.....	.....	.....	.....	g kg ⁻¹
EB	11,0	2,9	9,7	7,9	4,1	1,4	1,8
EF	26,1	24,9	29,9	41,6	14,4	7,3	7,7

Fontes	Cu	Fe	Zn	Mn

EB	17	3.075	78	246
EF	89	41	51	61

EB: esterco de bovinos; EF: esterco de frangos. P, K, Ca, Mg, S, Na, Cu, Fe, Zn e Mn: digestão nitro-perclórica. N: oxidação seca.

A adubação de fundação consistiu na aplicação, por cova, de 300 g de superfosfato simples, 50 g de FTE BR-12 e 50 g de calcário dolomítico. As doses dos esterco e os insumos minerais foram misturados ao solo e devolvidos à cova de plantio. Mudanças de cajueiro-anão 'BRS 226' foram plantadas trinta dias após o fechamento das covas.

Na adubação de cobertura foram aplicados por planta, 100 g de ureia e 85 g de cloreto de potássio, de acordo com as recomendações de Crisóstomo *et al.* (2003). Essas doses foram divididas em duas aplicações, a primeira aos 60 dias após o plantio e, a segunda, 40 dias depois da primeira adubação. No segundo ano de cultivo foram aplicados, por cova, 320 g de 10-28-20, em única aplicação e 85 g de ureia e 43 g de cloreto de potássio, 30 dias após.

Para assegurar a sobrevivência das plantas no primeiro ano de plantio foi instalado um sistema de irrigação por microaspersão. A irrigação era feita pelo menos três vezes por semana, durante 60 minutos no período da manhã, fornecendo uma média de 18 L de água por planta na estação seca, e na estação chuvosa não houve irrigação. Durante a condução do experimento foram feitas capinas mecanizadas, poda de formação e controle de pragas e doenças (SERRANO *et al.*, 2013).

5.3 Terceiro e quarto anos de cultivo

Nos anos de 2020 e de 2021, respectivamente o terceiro e o quarto anos de cultivo do cajueiro-anão, foram feitas avaliações do crescimento das plantas e coletadas amostras de solo. E ainda, as adubações de cobertura foram baseadas nos resultados das análises química do solo, de acordo com as recomendações de Crisóstomo *et al.* (2003). O fósforo foi aplicado em dose única, enquanto as doses de nitrogênio e de potássio foram divididas em, pelo menos, duas vezes e aplicadas durante a estação chuvosa.

Para o crescimento das plantas, foram avaliadas: a altura da planta (A), diâmetro da copa (D copa), volume da copa (V copa) e diâmetro do caule (D caule). A altura foi medida a partir da superfície do solo até o ápice da planta, com o uso de uma trena. O diâmetro da copa foi medido nas posições norte-sul e leste-oeste da planta, também com uma trena. O diâmetro do caule foi medido utilizando-se um paquímetro digital, a 10 centímetros do colo da planta. Para todas essas avaliações morfométricas foram consideradas as três plantas mais homogêneas de cada parcela. O volume de copa foi calculado por meio da equação:

$$V \text{ copa (m}^3\text{)} = 2/3 \pi R^2 A$$

Em que:

R = raio, em metros;

A = altura de planta, em metros.

As amostras de solo foram coletadas na região da cova de plantio, a um raio de até 20 cm do caule da planta. Foram coletadas 10 amostras simples para a formação de uma amostra composta por parcela, nas profundidades de 0 a 20 cm e 20 a 40 cm, com auxílio de uma sonda amostradora. As amostras de solo foram secas e em seguida destorroadas, homogeneizadas e passadas em peneira de 2 mm de abertura de malha para serem utilizadas

nas análises químicas de rotina e de condutividade elétrica, conforme procedimentos descritos em Silva *et al.* (1998).

Para a avaliação do estado nutricional das plantas de cajueiro-anão, no início do florescimento foram coletadas as folhas maduras 5 e 6 de ramos com inflorescência, localizados entre 1,5 a 1,8 m do solo e nas posições norte, sul, leste e oeste de cada planta (MARTINS, 2019).

As amostras de folhas foram identificadas, encaminhadas ao laboratório e submetidas ao processo de lavagem com detergente neutro, água de torneira, ácido clorídrico a 3% (v:v) e água desionizada por duas vezes. Na sequência, foram acondicionadas em sacos de papel e levadas para estufa com circulação forçada de ar a 65 °C, permanecendo até atingirem massa constante. Depois de secas, as amostras foram moídas e submetidas à digestão sulfúrica para a determinação do N-total, nitro-perclórica para P, K, Ca, Mg, S, Na, Cu, Fe, Mn e Zn e incineração em mufla para B, conforme procedimentos descritos em Carmo *et al.* (2000).

A cada ano, entre os meses de setembro e dezembro, foram feitas colheitas das castanhas caídas na superfície do solo e, a partir da soma das produções obtidas no período, foi calculada a produtividade de castanhas de caju, em kg ha⁻¹.

As análises estatística foram realizadas com o auxílio do *software* AgroEstat (BARBOSA; MALDONADO JUNIOR, 2015). Para avaliação do crescimento da planta, do estado nutricional e produtividade de castanhas, os dados foram analisados dentro de cada ano de cultivo (terceiro e quarto anos).

Os dados coletados foram submetidos a análise de variância pelo teste F, incluindo mais um fator no esquema fatorial, o ano de cultivo, com dois níveis, correspondentes ao terceiro e ao quarto anos de cultivos. Quando houve significância para as doses, realizou-se a análise de regressão. Para as fontes de esterco e anos de cultivo, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Atributos químicos do solo na camada de 0 a 20 cm

Os esterco de bovino e de frango, aplicados na cova de plantio, apresentaram efeito residual nos atributos químicos da camada mais superficial do solo (0 a 20 cm de profundidade), no terceiro e quarto anos após a implantação do pomar de cajueiro-anão ‘BRS 226’, com exceção do pH (Tabelas 3 e 4).

No caso do pH, Costa (2019) já havia mencionado o efeito limitado das fontes (esterco de bovino e de frango) e épocas de amostragem (1º e 2º ano de cultivo do cajueiro-anão ‘BRS 226’) nesse atributo do solo, sendo constatado apenas o aumento do pH com o incremento das doses de esterco. Fato semelhante foi relatado por Silva (2018) que observou aumento do pH com a aplicação de esterco de bovino nos dois primeiros anos de cultivo de milho e ausência de efeito nos dois anos subsequentes.

Para a variável matéria orgânica (MO) verificaram-se efeitos das doses de esterco e a interação fontes de esterco e épocas de amostragem do solo (Tabela 3). As doses de esterco promoveram aumento linear na concentração de MO do solo (Figura 1A). Resultados semelhantes foram encontrados por Costa (2019), que verificou aumento de MO no solo no primeiro e segundo ano após aplicação dos esterco na cova de plantio do cajueiro-anão. Tanto no terceiro quanto no quarto ano após a aplicação dos adubos orgânicos não foram verificadas diferenças entre as fontes (Tabela 5), entretanto, no quarto ano, houve diminuição na concentração da MO do solo nas covas que receberam esterco de frangos. Isso indica uma possível estabilização na concentração de MO do solo e fim do efeito residual dos esterco aplicados na cova de plantio do cajueiro-anão para esse atributo.

Assim como observado por Costa (2019), as concentrações de fósforo (P) do solo foram influenciadas pela interação fontes e doses de esterco (Figura 1B). As doses de esterco de frango promoveram aumento linear nas concentrações de P do solo. Por outro lado, as doses de esterco de bovino não se ajustaram aos modelos de regressão de primeiro e segundo graus. Resultado diferente foi encontrado por Silva (2018) que observou aumentos lineares nas concentrações de P do solo com o incremento das doses de esterco de bovino.

Tabela 3 – Atributos químicos do solo na profundidade de 0 a 20 cm, em área de cultivo de cajueiro-anão ‘BRS 226’, em função de fontes e doses de esterco aplicados na cova de plantio e épocas de amostragem do solo.

		pH	MO	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	H+Al
			g dm ⁻³	mg dm ⁻³	mmolc dm ⁻³				
Fontes	EB	6,32 a ¹	6,99 b	29,35 b	1,43 a	14,73 b	9,98 a	0,23 b	14,34 a
	EF	6,32 a	7,48 a	119,86 a	1,38 a	18,56 a	10,05 a	0,28 a	14,04 a
Doses (L cova ⁻¹)	0	6,18	6,35	23,46	1,28	12,59	8,47	0,20	14,48
	5	6,38	6,79	50,51	1,34	14,76	9,76	0,26	14,03
	10	6,33	7,10	80,27	1,44	15,92	9,96	0,25	14,13
	15	6,38	7,63	97,90	1,48	18,11	10,03	0,27	13,84
	20	6,30	8,30	120,88	1,48	21,83	11,84	0,30	14,48
Épocas	3°	6,35 a	7,34 a	89,62 a	1,16 b	17,67 a	10,83 a	0,25 a	12,54 b
	4°	6,29 a	7,13 a	59,59 b	1,64 a	15,61 b	9,19 b	0,26 a	15,84 a
Teste F ²									
Fontes (A)		0,00 ^{NS}	1,84 ^{NS}	228,75**	0,51 ^{NS}	99,88**	0,06 ^{NS}	16,67*	0,45 ^{NS}
Doses (B)		1,91 ^{NS}	11,38**	21,04**	1,49 ^{NS}	20,70**	8,28**	7,66**	0,41 ^{NS}
Épocas (C)		1,34 ^{NS}	1,05 ^{NS}	24,57**	39,42**	18,10**	29,67**	0,11 ^{NS}	149,72**
A × B		1,74 ^{NS}	1,43 ^{NS}	20,27**	3,12*	3,67*	0,61 ^{NS}	9,43**	0,54 ^{NS}
A × C		0,12 ^{NS}	8,13**	10,04**	0,00 ^{NS}	0,68 ^{NS}	1,93 ^{NS}	0,11 ^{NS}	10,61**
B × C		0,29 ^{NS}	1,04 ^{NS}	1,37 ^{NS}	0,40 ^{NS}	1,52 ^{NS}	1,25 ^{NS}	0,44 ^{NS}	0,80 ^{NS}
A × B × C		0,49 ^{NS}	0,87 ^{NS}	1,71 ^{NS}	2,25 ^{NS}	0,61 ^{NS}	0,57 ^{NS}	1,11 ^{NS}	0,87 ^{NS}
C. V. Fontes (%)		4,42	22,70	35,87	20,10	10,31	12,44	21,48	10,25
C. V. Doses (%)		3,05	12,38	44,94	20,85	18,58	16,70	20,56	12,34
C. V. Épocas (%)		3,52	12,19	36,31	24,63	13,01	13,43	26,79	8,51

pH: potencial hidrogeniônico; MO: matéria orgânica; EB: esterco de bovino; EF: esterco de frango.

¹ Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

² NS, ** e *: Não significativo e significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente.

Tabela 4 – Atributos químicos do solo na profundidade de 0 a 20 cm, em área de cultivo de cajueiro-anão ‘BRS 226’, em função de fontes e doses de esterco aplicados na cova de plantio e épocas de amostragem do solo.

		CE	SB	CTC	V	Zn	Cu	Fe	Mn
		mS cm ⁻¹	..... mmol _c dm ⁻³ .....		%	..... mg dm ⁻³			
Fontes	EB	0,29 b ¹	26,36 b	40,71 b	64,50 a	7,37 b	0,31 b	5,16 a	12,03 b
	EF	0,40 a	30,28 a	44,32 a	67,61 a	9,56 a	1,71 a	5,78 a	14,22 a
Doses (L cova ⁻¹)	0	0,24	22,54	37,02	60,91	6,55	0,27	4,25	10,56
	5	0,29	26,11	40,16	64,86	7,66	0,63	5,01	11,30
	10	0,33	27,58	41,70	65,83	8,03	1,14	5,55	13,19
	15	0,37	29,89	43,74	68,01	8,69	1,36	6,12	14,50
	20	0,41	35,45	49,93	70,66	11,41	1,66	6,41	16,08
Épocas	3°	0,42 a	29,92 a	42,46 a	69,82 a	9,31 a	1,09 a	7,96 a	15,53 a
	4°	0,23 b	26,71 b	42,57 a	62,28 b	7,63 b	0,93 a	2,98 b	10,73 b
Teste F ²									
Fontes (A)		57,26**	41,30**	57,25**	5,25 ^{NS}	23,64*	319,68**	2,21 ^{NS}	76,55**
Doses (B)		45,03**	17,98**	13,52**	14,37**	3,87*	27,28**	11,35**	25,90**
Épocas (C)		277,08**	21,28**	0,02 ^{NS}	141,00**	8,54**	3,80 ^{NS}	294,54**	137,05**
A × B		15,58**	1,63 ^{NS}	1,30 ^{NS}	0,96 ^{NS}	2,04 ^{NS}	28,69**	1,64 ^{NS}	3,70*
A × C		65,59**	0,00 ^{NS}	1,43 ^{NS}	7,42*	1,63 ^{NS}	0,50 ^{NS}	0,87 ^{NS}	6,33*
B × C		13,80**	1,65 ^{NS}	1,59 ^{NS}	0,63 ^{NS}	0,90 ^{NS}	0,63 ^{NS}	3,17*	0,97 ^{NS}
A × B × C		10,13**	0,23 ^{NS}	0,48 ^{NS}	0,39 ^{NS}	0,77 ^{NS}	0,54 ^{NS}	1,14 ^{NS}	1,18 ^{NS}
C. V. Fontes (%)		15,25	9,63	5,02	9,19	23,82	34,79	34,42	8,50
C. V. Doses (%)		11,93	15,98	12,34	5,81	43,68	42,33	18,81	13,55
C. V. Épocas (%)		15,52	10,97	7,65	4,30	30,33	37,46	23,73	13,98

CE: condutividade elétrica; SB: soma de bases; CTC: capacidade de troca de cátions; V: saturação por bases; EB: esterco de bovino; EF: esterco de frango.

¹ Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

² ^{NS}, ** e *: Não significativo e significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente.

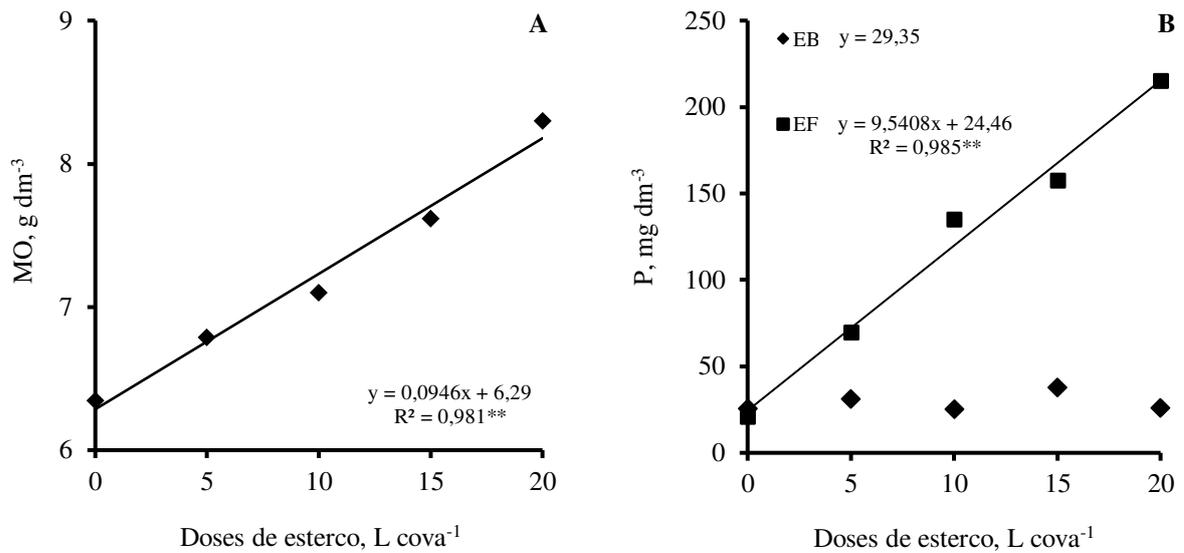


Figura 1 – Efeito residual de doses de esterco aplicados na cova de plantio na concentração de matéria orgânica (A) e fósforo (B) do solo, na profundidade de 0 a 20 cm.

** Significativo a 1% de probabilidade.

Tabela 5 – Efeito residual dos esterco de bovino e de frango aplicados na cova de plantio na concentração de matéria orgânica e fósforo do solo, na profundidade de 0 a 20 cm, em função da época de amostragem.

Épocas	Esterco de bovino	Esterco de frango
	..... MO (g dm ⁻³)	
3º ano	6,81 Aa ¹	7,87 Aa
4º ano	7,17 Aa	7,10 Ba
	..... P (mg dm ⁻³)	
3º ano	34,77 Ab	144,47 Aa
4º ano	23,94 Ab	95,25 Ba

¹ Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha e maiúscula nas colunas, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A aplicação do esterco de frango na cova de plantio resultou em maiores concentrações de P no solo, tanto no terceiro quanto no quarto ano de cultivo do cajueiro-anão (Tabela 5). É possível que as condições de temperatura, umidade do solo e profundidade de incorporação do esterco no solo tenham estimulado a atividade microbiana e aumentado a mineralização do P contido nos resíduos (SILVA *et al.*, 2014). Além disso, teor inicial de P no esterco de frango (Tabela 2), era quase nove vezes maior que o do esterco de bovino, o que explica o efeito residual do esterco de frango até o quarto ano de cultivo do cajueiro-anão.

As concentrações de potássio (K) do solo da camada de 0 a 20 cm foram influenciadas pela interação fontes e doses de esterco (Tabela 3), entretanto, os comportamentos observados não se ajustaram aos modelos de regressão de primeiro e segundo grau. Por outro lado, Costa (2019) verificou que a aplicação de doses de esterco de bovino e de frango promoveram aumentos lineares na concentração de K do solo, indicando efeito residual apenas nos dois primeiros anos de cultivo do cajueiro-anão. Isso pode ser justificado pela dinâmica simplificada de liberação inicial de K, mais rápida nos primeiros 30 dias e, portanto, não tendo efeito residual em longo prazo (SILVA *et al.*, 2014). A concentração de K do solo também foi maior no quarto do que no terceiro ano de cultivo do cajueiro-anão, o que pode ser justificado pelo aumento do fornecimento de potássio na forma mineral, conforme o desenvolvimento das plantas e a recomendação de adubação para a cultura preconizada por Crisóstomo *et al.* (2003).

Para a concentração de cálcio (Ca) no solo observou-se efeito residual tanto do esterco de bovino quanto do esterco de frango aplicado na cova de plantio, os quais promoveram aumentos lineares do elemento no solo à medida que houve incremento nas doses aplicadas (Figura 2A). A aplicação da maior dose de esterco de bovino e de frango na cova de plantio, de 20 L cova⁻¹, proporcionou concentrações de Ca no solo de 17,3 e 24,7 mmol_c dm⁻³, respectivamente. A diferença do efeito residual entre as duas fontes já era esperada, dados os teores iniciais de Ca superiores no esterco de frango (41,6 g kg⁻¹), o que corresponde a cerca de cinco vezes o teor inicial no esterco de bovino (7,9 g kg⁻¹) (Tabela 2). Poucos são os estudos que abordam a dinâmica de liberação do Ca, apesar de ele apresentar maior concentração no compartimento lábil do que P e taxa de liberação semelhante (PITTA *et al.*, 2012). Segundo esses mesmos autores, a taxa de liberação de Ca do compartimento recalcitrante é mais lenta e a meia-vida é de 300 dias. Sua liberação foi mais rápida na fase inicial e tendeu a se estabilizar após 365 dias, período em que 70% do conteúdo inicial de Ca havia sido liberado, o que corrobora com o resultado dos primeiros anos de cultivo apresentados por Costa (2019).

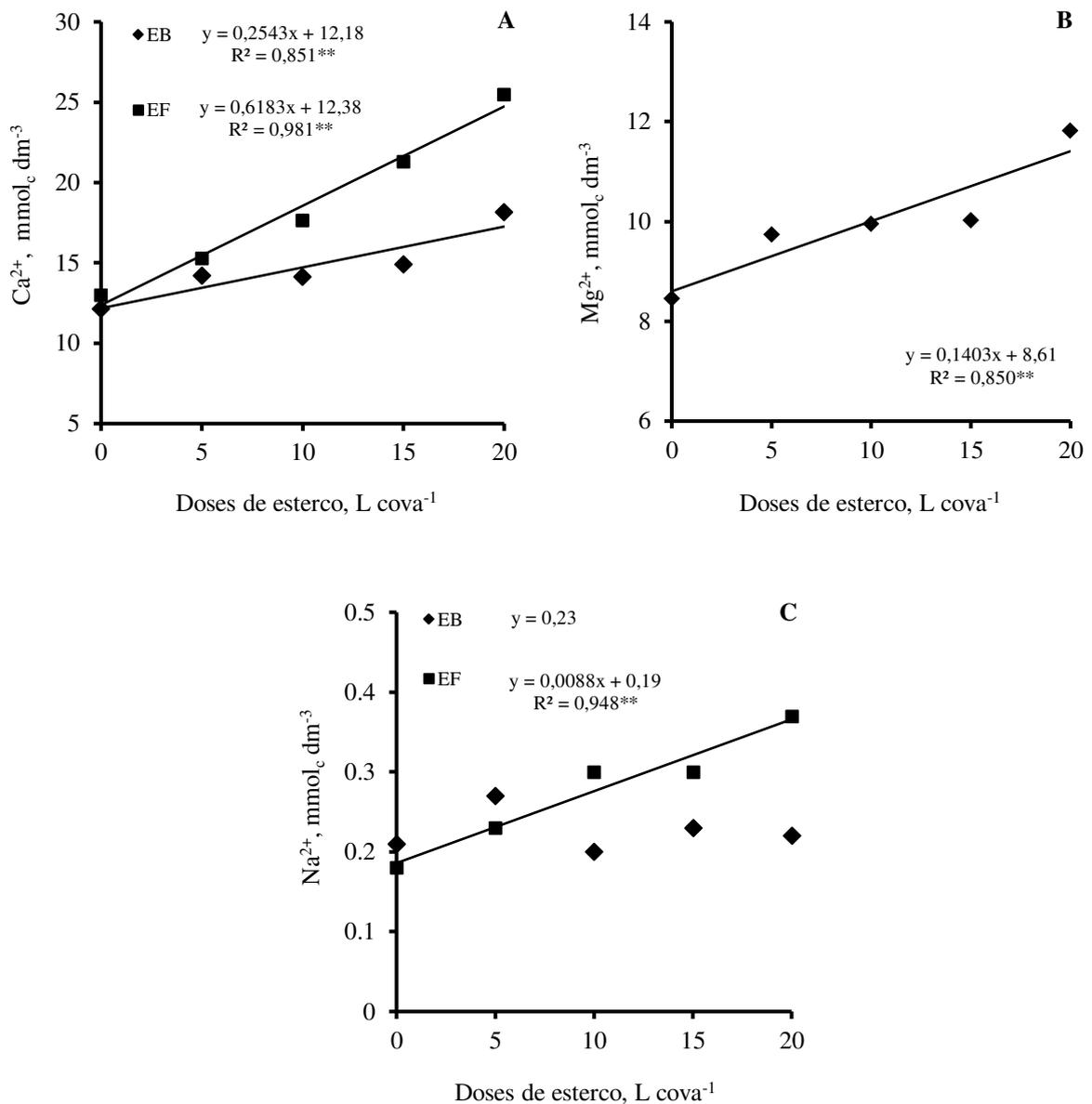


Figura 2 – Efeito residual de doses de esterco aplicados na cova de plantio na concentração de cálcio (A), magnésio (B) e sódio (C) do solo, na profundidade de 0 a 20 cm.

** Significativo a 1% de probabilidade.

Já para o magnésio (Mg) do solo verificou-se apenas o efeito das doses, sendo observado aumento na concentração do elemento com as doses de esterco (Figura 2B). Assim como para o Ca, a concentração de sódio (Na) também foi influenciada pela interação fontes e doses de esterco, entretanto, verificou-se ajuste ao modelo de regressão linear somente com a aplicação do esterco de frango (Figura 2C). Essa diferença de efeito residual entre as duas fontes pode ser explicada pelo teor inicial de Na no esterco de frango, cerca de quatro vezes maior que no de bovino (TABELA 2).

Em relação à época de amostragem do solo, as concentrações de Ca e de Mg no solo foram menores no quarto do que no terceiro ano de cultivo do cajueiro-anão, o que se justifica pela não aplicação de calcário no período, bem como pelo aumento da absorção desses nutrientes pelas plantas.

A acidez potencial (H+Al), assim como o pH do solo, não foi influenciada pelas doses de esterco aplicadas na cova de plantio do cajueiro-anão, entretanto, observou-se o efeito da interação fontes de esterco e épocas de amostragem do solo (Tabela 3). Independentemente da fonte de esterco, houve aumento da acidez potencial do terceiro para o quarto ano de cultivo do cajueiro-anão (Tabela 6), o que pode estar relacionado com processo de mineralização da MO do solo e de absorção de cátions pelas plantas.

Tabela 6 – Efeito residual dos esterco de bovino e de frango na acidez potencial (H+Al), condutividade elétrica (CE) e saturação por bases (V) do solo, na profundidade de 0 a 20 cm, em função da época de amostragem.

Épocas	Esterco de bovino	Esterco de frango
	..... H+Al (mmol _c dm ⁻³)	
3º ano	12,25 Ba ¹	12,83 Ba
4º ano	16,44 Aa	15,25 Aa
	..... CE (mS cm ⁻¹)	
3º ano	0,33 Ab	0,51 Aa
4º ano	0,24 Ba	0,23 Ba
	..... V (%)	
3º ano	69,13 Aa	70,51 Aa
4º ano	59,86 Bb	64,70 Ba

¹ Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha e maiúscula nas colunas, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A aplicação dos esterco de animais na cova de plantio resultou em alterações da condutividade elétrica (CE) da profundidade de 0 a 20 cm solo até o quarto ano de cultivo do cajueiro-anão (Tabela 4). Na interação fontes e doses de esterco verificou-se que, tanto o esterco de bovino quanto o de frango, promoveu aumento linear na CE do solo (Figura 3). O esterco de frango proporcionou valores de CE do solo superiores ao de bovino, mantendo-se assim a tendência verificada por Costa (2019) no primeiro e segundo ano de cultivo do cajueiro-anão. Isso pode ser explicado pelo fato de os esterco de aves possuírem mais sais em sua composição, em consequência de um sistema digestivo menos eficiente (não ruminante) e do emprego rotineiro de rações ricas em nutrientes (MORAIS *et al.*, 2012).

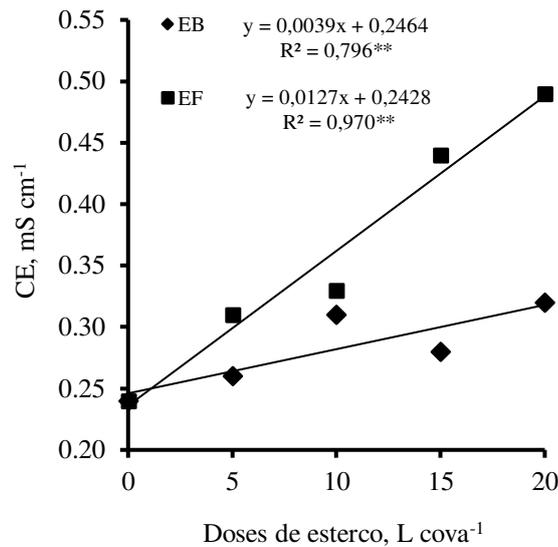


Figura 3 – Efeito residual de doses de esterco de bovino (EB) e de frango (EF) aplicados na cova de plantio na condutividade elétrica (CE) do solo, na profundidade de 0 a 20 cm.

** : Significativo a 1% de probabilidade.

Independentemente do tipo de esterco, a CE do solo foi maior no terceiro do que no quarto ano de cultivo do cajueiro-anão (Tabela 6), o que pode ser atribuída às maiores concentrações de Ca e de Mg no solo já mencionadas anteriormente. No terceiro ano de cultivo, as covas que receberam esterco de frango apresentaram a CE do solo maior que as que receberam a de bovino, entretanto, no quarto ano, não foram encontradas diferenças entre as fontes. As doses de esterco promoveram aumentos lineares na CE do solo nos dois anos avaliados, entretanto, os efeitos foram mais evidentes no terceiro do que no quarto ano de cultivo do cajueiro-anão (figura 4).

A soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions (CTC) e saturação por bases (V) foram influenciadas pela aplicação dos esterco nas covas de plantio do cajueiro-anão (Tabela 4). O esterco de frango promoveu aumento da SB e da CTC do solo em relação ao de bovino. As doses dos esterco, independentemente da fonte, promoveram aumentos lineares da SB, CTC e V (Figura 5), sendo os maiores valores obtidos com a aplicação da maior dose avaliada de 20 L cova⁻¹. Observou-se ainda a diminuição da saturação por bases com o aumento do tempo de cultivo do cajueiro-anão (Tabela 6), o que pode ser justificado pela diminuição da concentração de Ca e de Mg do solo devido à absorção pelas plantas.

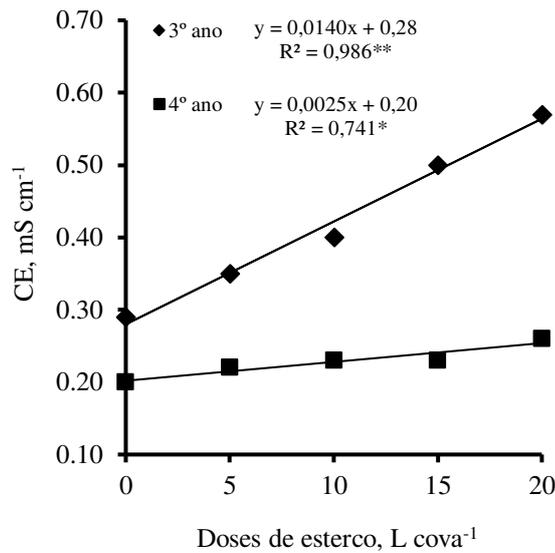


Figura 4 – Efeito residual de doses de esterco aplicados na cova de plantio na condutividade elétrica (CE) do solo, na profundidade de 0 a 20 cm, em função da época de amostragem.

** e *: Significativos a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente.

As concentrações de micronutrientes catiônicos na profundidade de 0 a 20 cm também foram influenciadas pela aplicação dos esterco na cova de plantio do cajueiro-anão (Tabela 4). De modo geral, a aplicação do esterco de frango proporcionou maiores concentrações de zinco (Zn), cobre (Cu), ferro (Fe) e manganês (Mn) do solo, em comparação ao de bovino, entretanto, houve diminuição da disponibilidade desses cátions (exceto do Cu) com o tempo de cultivo do cajueiro-anão.

As doses de esterco, independentemente da fonte, promoveram aumentos lineares das concentrações de zinco (Zn) do solo (Figura 6A). Para a concentração de cobre no solo, observou-se a existência de efeito residual somente com a aplicação do esterco de frango na cova de plantio, mesmo após quatro anos de cultivo do cajueiro-anão (Figura 6B). Tanto a aplicação de esterco de bovino quanto a de frango promoveu aumento linear na concentração de Mn no solo (Figura 6C), entretanto, observou-se a diminuição na disponibilidade do elemento com o tempo de cultivo do cajueiro-anão (TABELA 7).

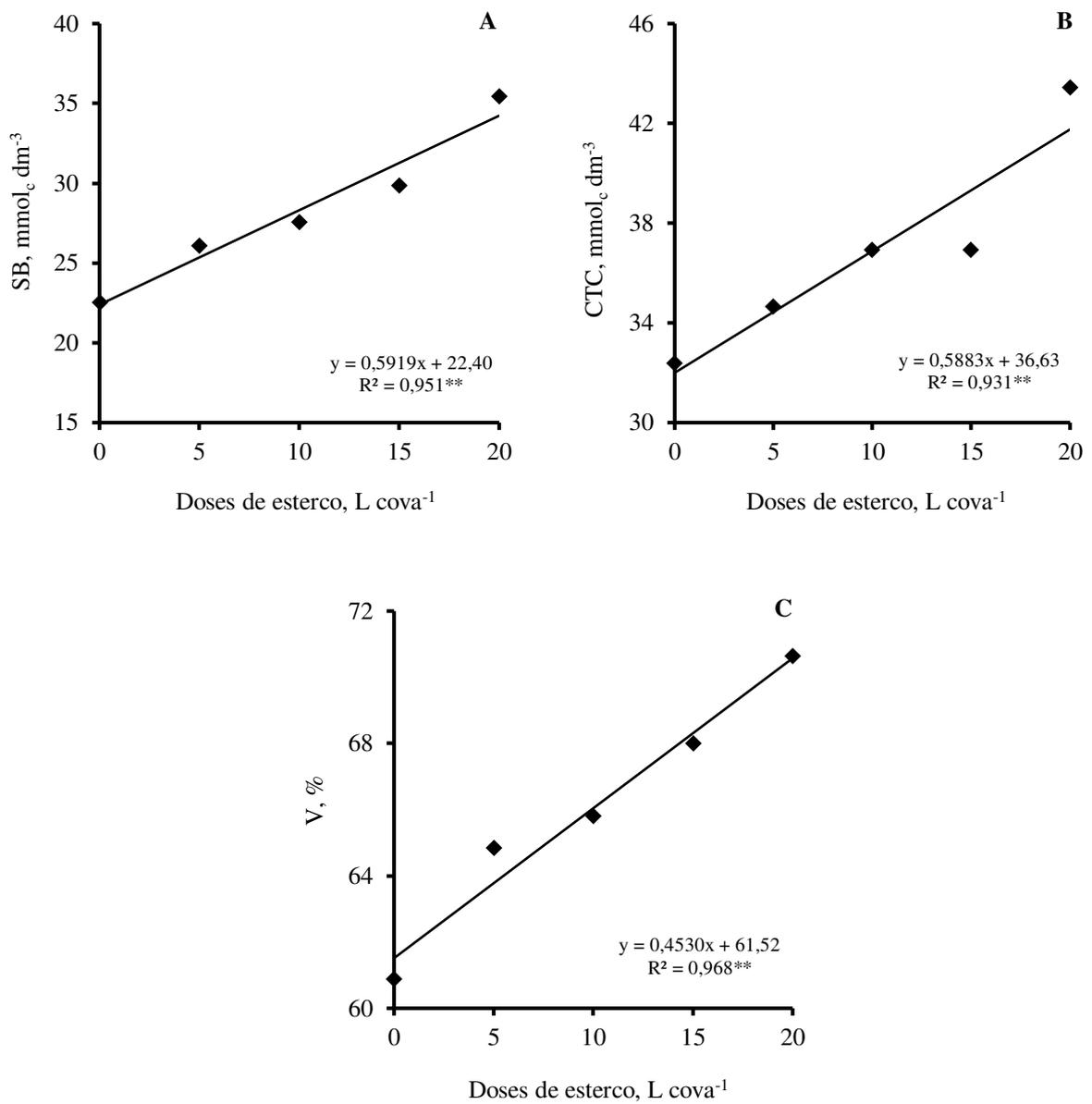


Figura 5 – Efeito residual de doses de esterco aplicados no plantio na soma de bases (A), capacidade de troca de cátions (B) e saturação por bases (C) do solo, na profundidade de 0 a 20 cm.

** : Significativo a 1% de probabilidade.

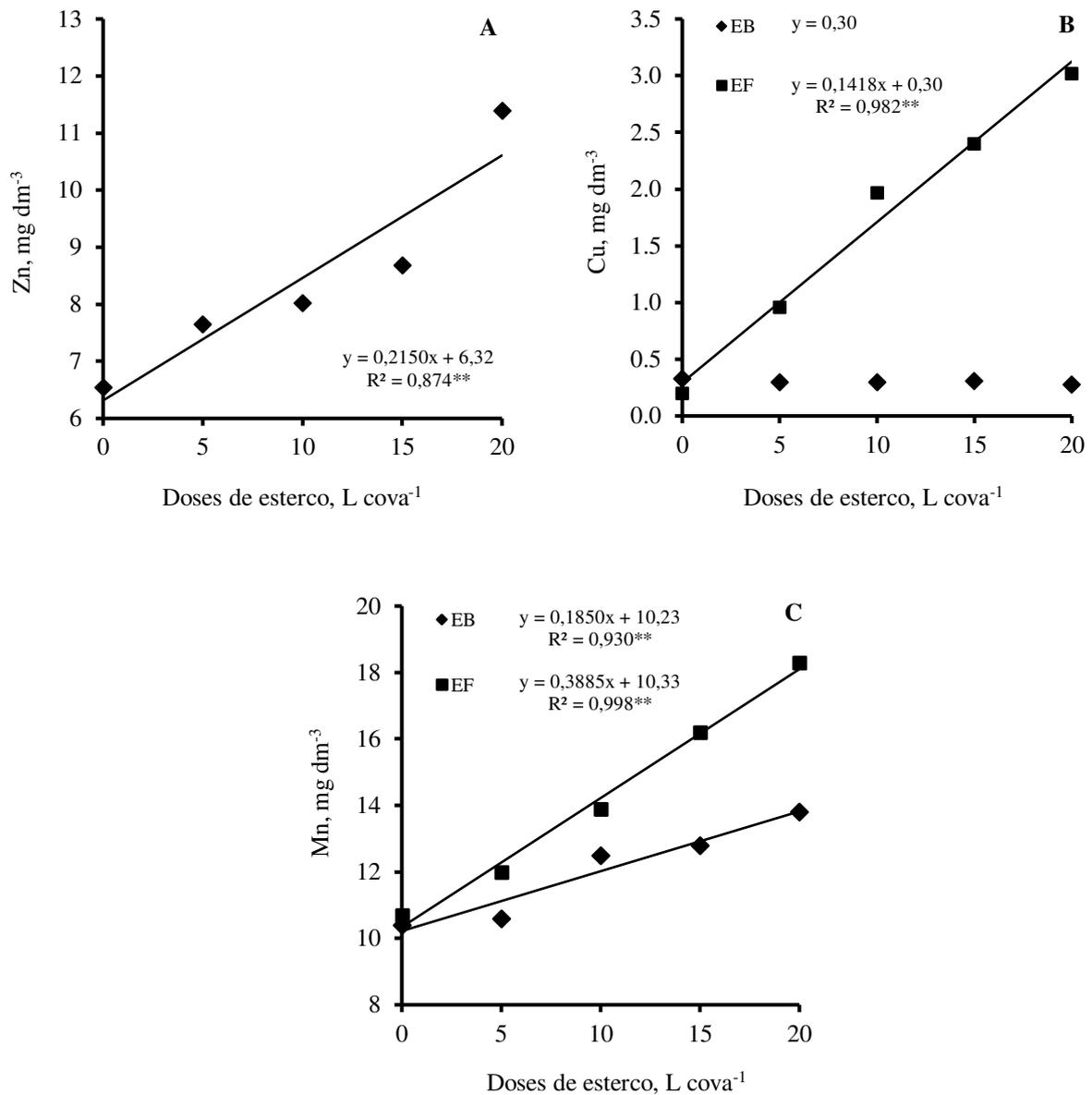


Figura 6 – Efeito residual de doses de esterco de bovino (EB) e de frango (EF) aplicados na cova de plantio na concentração de zinco (A), cobre (B) e manganês (C) do solo, na profundidade de 0 a 20 cm.

** : Significativo a 1% de probabilidade.

Tabela 7 – Efeito residual dos esterco de bovino e de frango na concentração de manganês do solo, na profundidade de 0 a 20 cm, em função da época de amostragem.

Épocas	Esterco de bovino	Esterco de frango
	..... Mn (mg dm ⁻³)	
3º ano	13,92 Ab ¹	17,14 Aa
4º ano	10,15 Bb	11,30 Ba

¹ Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha e maiúscula nas colunas, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A aplicação dos esterco na cova de plantio, especialmente nas doses mais elevadas, aumentou a disponibilidade de Zn, Cu e Mn para valores acima de 2,2; 1,8 e 12 mg dm⁻³, respectivamente, mesmo após quatro anos de cultivo do cajueiro-anão, sendo esses, classificados como altos pela CFSEMG (1999). Apesar das concentrações dos micronutrientes no solo apresentarem valores altos não foram verificados sintomas de toxicidade desses elementos nas plantas de cajueiro-anão.

No terceiro ano de cultivo, a concentração de ferro (Fe) no solo apresentou aumento linear com as doses de esterco aplicados na cova de plantio, entretanto, no quarto ano, os modelos de regressão de primeiro e de segundo grau não se ajustaram ao comportamento observado (Figura 7).

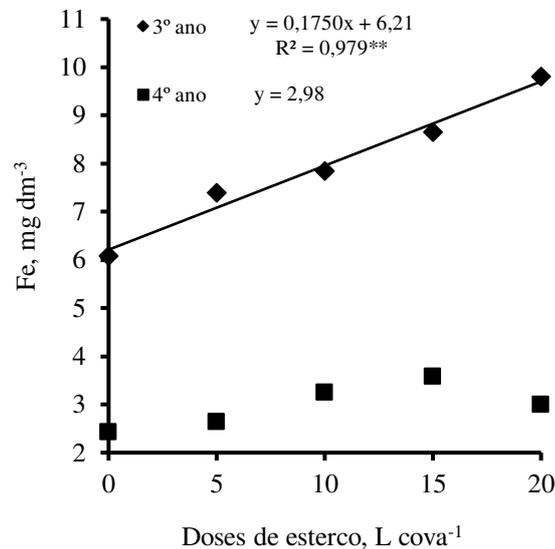


Figura 7 – Efeito residual de doses de esterco aplicados na cova de plantio na concentração de ferro do solo, na profundidade de 0 a 20 cm, em função da época de amostragem.

** : Significativo a 1% de probabilidade.

6.2 Atributos químicos do solo na camada de 20 a 40 cm

Os esterco de bovino e de frango aplicados na cova de plantio também influenciaram nos atributos químicos do solo da profundidade de 20 a 40 cm (Tabelas 8 e 9) após quatro anos de cultivo do cajueiro-anão ‘BRS 226’.

O pH foi influenciado pela época de amostragem do solo e observou-se a diminuição de 0,38 unidade de pH, do terceiro para o quarto ano de cultivo do cajueiro-anão.

Tabela 8 – Atributos químicos do solo na profundidade de 20 a 40 cm, em área de cultivo de cajueiro-anão ‘BRS 226’, em função de fontes e doses de esterco aplicados na cova de plantio e épocas de avaliação.

		pH	MO	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	H+Al
			g dm ⁻³	mg dm ⁻³	mmol _c dm ⁻³				
Fontes	EB	6,33 a ¹	5,31 a	49,43 b	1,21 a	12,61 a	7,81 a	0,63 a	13,33 a
	EF	6,25 a	5,32 a	154,31 a	1,16 a	15,30 a	7,20 a	0,67 a	13,86 a
Doses (L cova ⁻¹)	0	6,20	4,10	24,54	1,29	11,29	7,23	0,49	12,10
	5	6,28	5,27	38,45	1,22	12,56	7,76	0,59	12,54
	10	6,27	5,23	123,56	1,17	13,38	7,23	0,71	14,44
	15	6,30	5,72	95,40	1,14	13,81	6,96	0,66	14,38
	20	6,39	6,26	227,38	1,11	18,73	8,32	0,80	14,51
Épocas	3 ^o	6,48 a	5,42 a	104,82 a	0,96 b	14,26 a	9,10 a	0,39 b	10,46 b
	4 ^o	6,10 b	5,21 a	98,92 a	1,42 a	13,65 a	5,90 b	0,91 a	16,73 a
Teste F ²									
Fontes (A)		1,64 ^{NS}	0,02 ^{NS}	113,34**	6,04 ^{NS}	9,39 ^{NS}	0,89 ^{NS}	0,17 ^{NS}	0,84 ^{NS}
Doses (B)		1,00 ^{NS}	13,70**	49,41**	2,27 ^{NS}	11,70**	1,99 ^{NS}	2,86*	5,77**
Épocas (C)		45,96**	1,72 ^{NS}	0,29 ^{NS}	145,23**	0,86 ^{NS}	76,93**	58,90**	190,80**
A x B		0,49 ^{NS}	1,48 ^{NS}	20,68**	1,92 ^{NS}	5,06**	0,17 ^{NS}	1,49 ^{NS}	1,55 ^{NS}
A x C		0,96 ^{NS}	0,00 ^{NS}	19,12**	0,04 ^{NS}	10,07**	0,01 ^{NS}	1,30 ^{NS}	0,13 ^{NS}
B x C		0,85 ^{NS}	0,55 ^{NS}	0,93 ^{NS}	1,37 ^{NS}	1,34 ^{NS}	0,38 ^{NS}	1,81 ^{NS}	0,74 ^{NS}
A x B x C		1,37 ^{NS}	0,57 ^{NS}	4,80**	3,66*	2,57 ^{NS}	0,45 ^{NS}	1,41 ^{NS}	0,17 ^{NS}
C. V. Fontes (%)		4,44	9,65	43,25	8,05	28,16	38,62	62,21	19,02
C. V. Doses (%)		4,30	16,19	45,26	15,35	23,76	20,41	42,20	14,40
C. V. Épocas (%)		3,99	13,32	47,66	14,47	20,83	21,79	46,75	14,92

pH: potencial hidrogeniônico; MO: matéria orgânica; EB: esterco de bovino; EF: esterco de frango.

¹ Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

² NS, ** e *: Não significativo e significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente.

Tabela 9 – Atributos químicos do solo na profundidade de 20 a 40 cm, em área de cultivo de cajueiro-anão ‘BRS 226’, em função de fontes e doses de esterco aplicados na cova de plantio e épocas de avaliação.

Fontes		CE	SB	CTC	V	Zn	Cu	Fe	Mn
		mS cm ⁻¹ mmol _c dm ⁻³		% mg dm ⁻³			
Fontes	EB	0,24 b ¹	22,24 b	35,58 a	62,40 a	8,74 a	0,41 b	6,64 b	8,04 b
	EF	0,33 a	24,34 a	38,19 a	63,24 a	10,27 a	2,29 a	9,79 a	9,84 a
Doses (L cova ⁻¹)	0	0,18	20,31	32,41	62,34	7,83	0,31	5,65	6,78
	5	0,23	22,13	34,67	63,51	8,08	0,54	7,18	7,63
	10	0,29	22,50	36,94	60,55	8,34	1,74	8,70	9,48
	15	0,32	22,57	36,94	61,29	8,58	1,58	9,16	8,76
	20	0,38	28,95	43,47	66,40	14,69	2,56	10,36	12,04
Épocas	3°	0,33 a	24,70 a	35,17 b	70,09 a	8,97 a	1,02 b	9,87 a	10,12 a
	4°	0,23 b	21,88 b	38,61 a	55,55 b	10,03 a	1,67 a	6,55 b	7,76 b
Teste F ²									
Fontes (A)		10,32*	2,00 ^{NS}	4,28 ^{NS}	0,13 ^{NS}	8,41 ^{NS}	649,49**	32,01*	26,47*
Doses (B)		72,47**	8,78**	11,48**	2,60 ^{NS}	10,95**	81,63**	11,69**	16,00**
Épocas (C)		69,96**	8,77**	8,62**	172,60**	2,11 ^{NS}	57,61**	25,88**	30,17**
A x B		13,33**	3,28*	2,72 ^{NS}	2,74 ^{NS}	4,00*	69,53**	3,28*	6,38**
A x C		20,67**	5,36*	3,02 ^{NS}	4,60*	2,17 ^{NS}	91,84**	2,77 ^{NS}	11,39**
B x C		8,72**	2,21 ^{NS}	1,83 ^{NS}	2,12 ^{NS}	0,71 ^{NS}	12,90**	1,54 ^{NS}	2,05 ^{NS}
A x B x C		2,24 ^{NS}	1,33 ^{NS}	0,91 ^{NS}	1,68 ^{NS}	2,83*	15,09**	1,29 ^{NS}	1,02 ^{NS}
C. V. Fontes (%)		43,78	28,46	15,32	16,52	24,86	24,53	30,30	17,56
C. V. Doses (%)		13,18	19,11	13,23	9,05	37,08	30,44	26,07	22,58
C. V. Épocas (%)		18,43	18,32	14,20	7,88	34,61	28,34	35,57	21,50

CE: condutividade elétrica; SB: soma de bases; CTC: capacidade de troca de cátions; V: saturação por bases; EB: esterco de bovino; EF: esterco de frango.

¹ Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

² ^{NS}, ** e *: Não significativo e significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente.

A concentração de MO do solo na profundidade de 20 a 40 cm foi influenciada apenas pelas doses de esterco (Tabela 8). O aumento na concentração de MO do solo com o incremento das doses de esterco (Figura 8A) indica o efeito residual da adubação orgânica feita na ocasião do plantio do cajueiro-anão nesse atributo do solo.

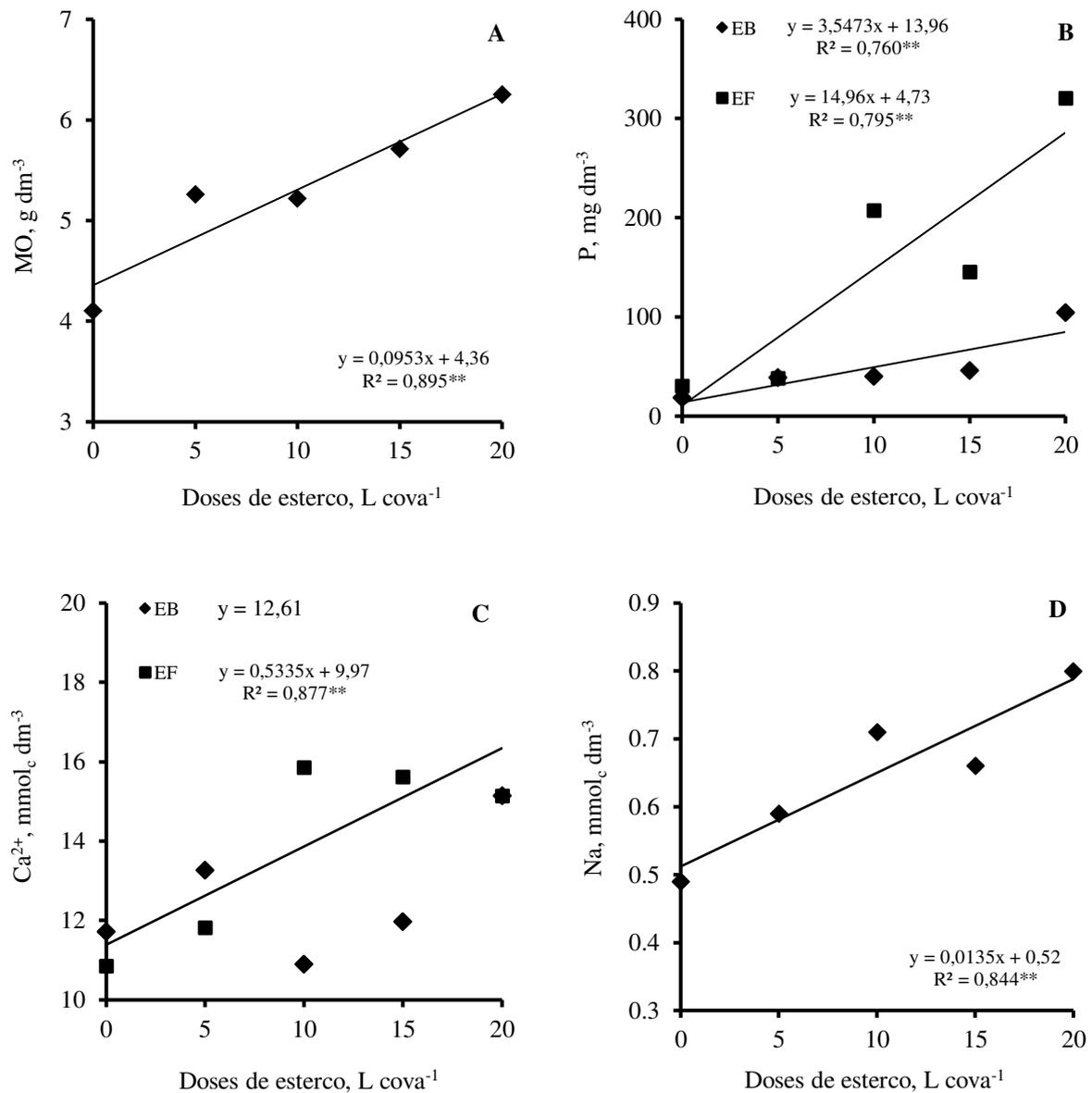


Figura 8 – Efeito residual de doses de esterco de bovino (EB) e de frango (EF) aplicados na cova de plantio na concentração de matéria orgânica (A), fósforo (B), cálcio (C) e sódio (D) do solo, na profundidade de 20 a 40 cm.

** : Significativo a 1% de probabilidade.

Ressalta-se que a aplicação dos esterco foi feita no volume total do solo retirado da cova, que apresentava 45 cm de diâmetro e 55 cm de profundidade (Costa, 2019), o que justifica as alterações nos atributos químicos nessa camada de solo.

As fontes e doses de esterco influenciaram as concentrações de P do solo (Tabela 8). Tanto as doses de esterco de bovino quanto as de frango aumentaram de modo linear a disponibilidade de P (Figura 8B). O esterco de frango proporcionou maiores concentrações de P no solo em relação ao de bovino, tanto no terceiro quanto no quarto ano de cultivo do cajueiro-anão (Tabela 10).

Tabela 10 – Efeito residual dos esterco aplicados na cova de plantio na concentração de fósforo e de cálcio do solo, na profundidade de 20 a 40 cm, em função da época de amostragem.

Épocas	Esterco de bovino	Esterco de frango
	..... P (mg dm ⁻³)	
3º ano	76,12 Ab ¹	133,52 Ba
4º ano	22,75 Bb	175,10 Aa
	..... Ca (mmol _c dm ⁻³)	
3º ano	13,94 Aa	14,57 Aa
4º ano	11,28 Bb	16,03 Aa

¹ Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha e maiúscula nas colunas, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Assim como na profundidade de 0 a 20 cm, a concentração de K também foi maior no quarto do que no terceiro ano de cultivo do cajueiro-anão (Tabela 8), o que poderia ser justificado pela lixiviação do elemento proveniente do adubo potássico aplicado na superfície do solo, para camadas mais profundas.

Para a concentração de Ca no solo, observou-se efeito residual apenas do esterco de frango aplicado na cova de plantio, sendo verificado aumento linear com o incremento nas doses (Figura 8C). Em relação à época de amostragem do solo, a concentração de Ca diminuiu do terceiro para o quarto ano de cultivo somente nas covas que receberam esterco de bovino na ocasião do plantio (Tabela 10).

Em relação às concentrações de Mg na profundidade de 20 a 40 cm do solo, observou-se efeito significativo apenas para a época de amostragem (Tabela 8). No caso do Mg, os maiores valores foram observados no terceiro ano de cultivo do cajueiro-anão, sendo justificado pela absorção do nutriente pela planta. Já para o Na, verificou-se aumento na

concentração do elemento no solo com as doses aplicadas (Figura 8D) e do terceiro para o quarto ano de cultivo, o que ser atribuído, assim como o K, ao processo de lixiviação.

As doses de esterco aplicados na cova de plantio promoveram aumento linear no H+Al do solo da profundidade de 20 a 40 cm (Figura 9A). Observou-se também aumento do H+Al do terceiro para o quarto ano de cultivo do cajueiro-anão (Tabela 8).

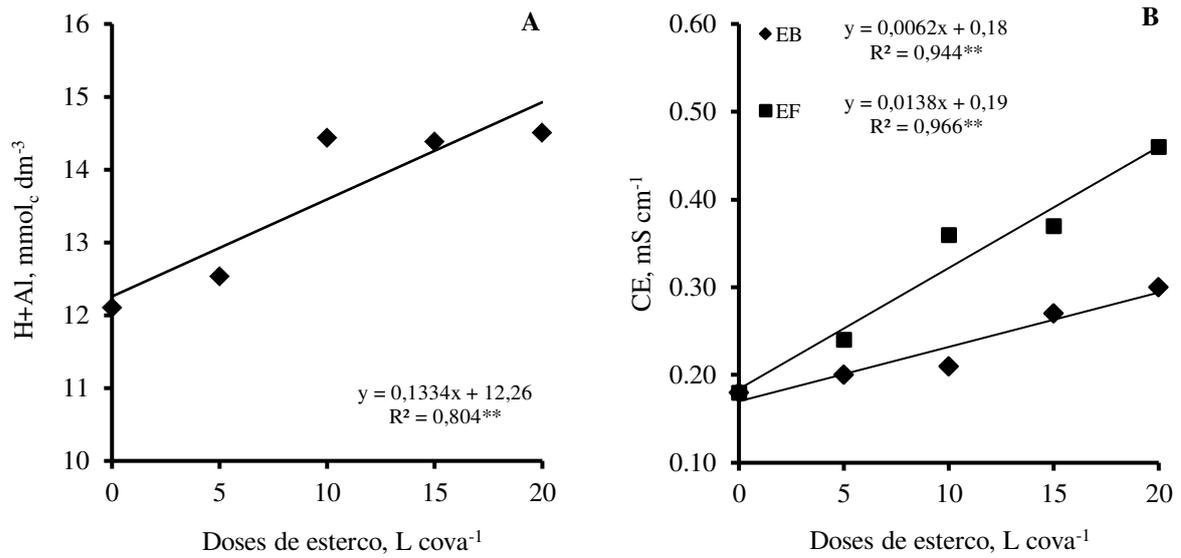


Figura 9 – Efeito residual de doses de esterco de bovino (EB) e de frango (EF) aplicados na cova de plantio na concentração de H+Al (A) e na condutividade elétrica (B) do solo, na profundidade de 20 a 40 cm.

** : Significativo a 1% de probabilidade.

Assim como na camada mais superficial, a CE do solo da profundidade de 20 a 40 cm foi influenciada pelas fontes, doses e épocas de amostragem (Tabela 9). As doses de esterco aplicadas na cova de plantio aumentaram a CE do solo (Figura 9B), entretanto, os valores foram maiores no esterco de frango do que no de bovino (Tabela 11). Tanto no terceiro quanto no quarto ano de cultivo do cajueiro-anão, os esterco promoveram aumentos da CE do solo de forma linear (Figura 10), indicando efeito residual duradouro da adubação orgânica aplicada na cova de plantio.

Tabela 11 – Efeito residual de doses de esterco de bovino e de frango aplicados na cova de plantio na condutividade elétrica (CE) do solo, na profundidade de 0 a 20 cm, em função da época de amostragem.

Épocas	Esterco de bovino	Esterco de frango
	..... CE (mS cm ⁻¹)	
3º ano	0,26 Ab ¹	0,40 Aa
4º ano	0,22 Bb	0,25 Ba

¹ Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha e maiúscula nas colunas, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

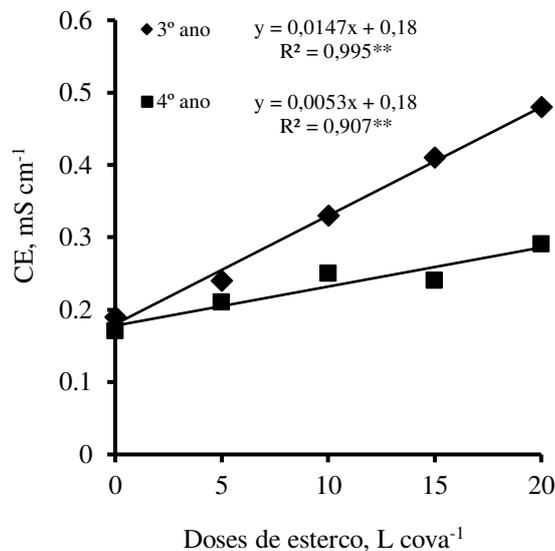


Figura 10 – Efeito residual de doses de esterco aplicados na cova de plantio na condutividade elétrica (CE) do solo, na profundidade de 20 a 40 cm, em função da época de amostragem.

** : Significativo a 1% de probabilidade.

Para a soma de bases (SB) verificou-se efeitos isolados dos fatores, bem como das interações fontes e doses e fontes e tempo (Tabela 9). As doses de esterco de frango aplicados na cova de plantio continuaram a influenciar na SB do solo, ao contrário do que aconteceu quando se aplicaram o de bovino (Figura 11A). Por outro lado, houve diminuição na SB do terceiro para o quarto ano de cultivo de cajueiro-anão com a aplicação do esterco de bovino, enquanto que para o de frango não foi verificada alteração nessa variável (Tabela 12).

A capacidade de troca de cátions (CTC) do solo na profundidade de 20 a 40 cm foi influenciada apenas pelos fatores isolados (Tabela 9). A aplicação do esterco de frango na cova de plantio proporcionou maior valor de CTC do que o de bovino. Independentemente da

fonte, as doses de esterco aumentaram a CTC do solo (Figura 11B). Do terceiro para o quarto ano de cultivo do cajueiro-anão também foi verificado aumento da CTC do solo.

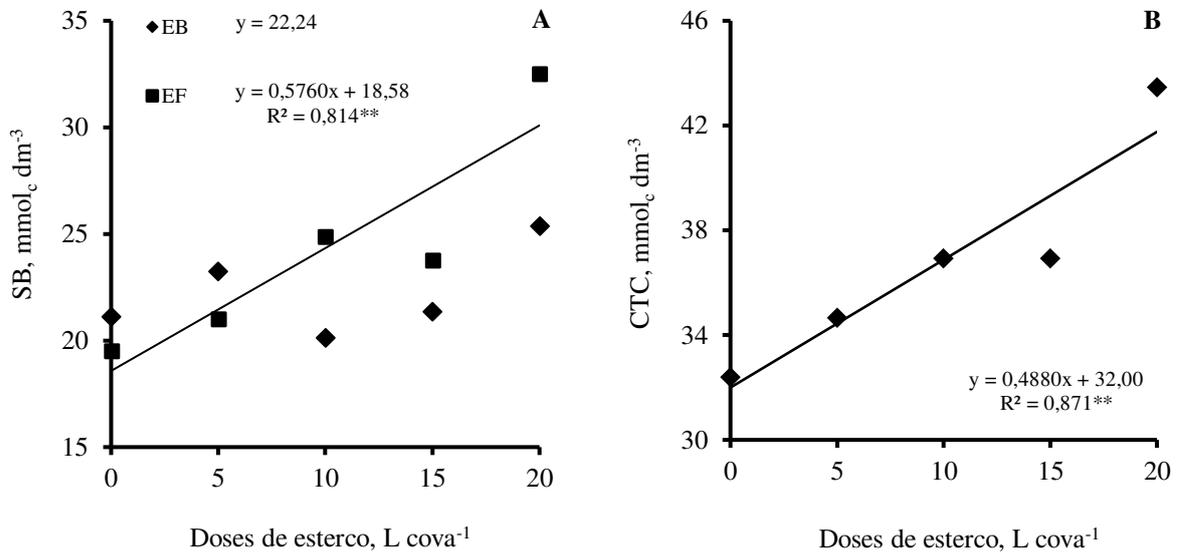


Figura 11 - Efeito residual de doses de esterco de bovino (EB) e de frango (EF) aplicados na cova de plantio na soma de bases (A) e capacidade de troca de cátions (B) do solo, na profundidade de 20 a 40 cm.

** : Significativo a 1% de probabilidade.

Tabela 12 – Efeito residual dos esterco de bovino e de frango aplicados na cova de plantio na soma de bases do solo (SB) e na saturação por bases (V), na profundidade de 20 a 40 cm, em função da época de amostragem.

Épocas	Esterco de bovino	Esterco de frango
	SB (mmol _c dm ⁻³)	
3º ano	24,76 Aa ¹	24,65 Aa
4º ano	19,73 Ba	24,03 Aa
	V (%)	
3º ano	70,86 Aa	69,33 Aa
4º ano	53,95 Ba	57,16 Ba

¹ Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha e maiúscula nas colunas, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na profundidade de 20 a 40 cm, a saturação por bases (V) foi influenciada pela interação fontes e épocas (Tabela 9). Não foram observadas diferenças entre as fontes na saturação por bases, entretanto verificou-se a diminuição do terceiro para o quarto ano de cultivo de cajueiro-anão (Tabela 12).

As concentrações de zinco (Zn), cobre (Cu), ferro (Fe) e manganês (Mn) na camada de 20 a 40 cm foram influenciadas pela aplicação dos esterços na cova de plantio (Tabela 9). O esterco de frango aumentou as concentrações de todos os micronutrientes avaliados, enquanto o de bovino aumentou somente as concentrações de Zn e de Fe nessa camada de solo (Figuras 12A, 12B, 12C e 12D).

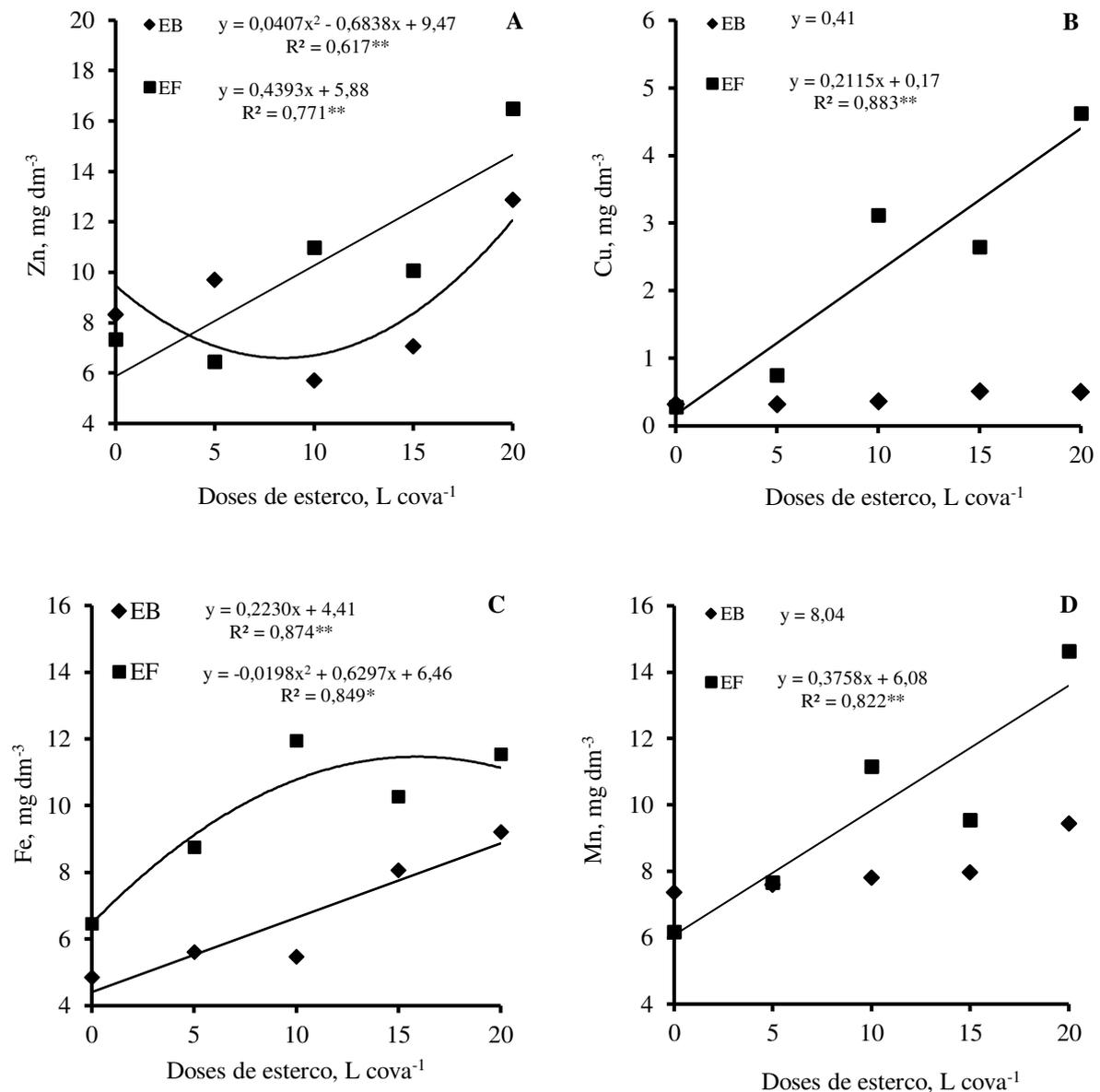


Figura 12 – Efeito residual de doses de esterços de bovino (EB) e de frango (EF) aplicados na cova de plantio na concentração de zinco (A), cobre (B) e ferro (C) e manganês (D) do solo, na profundidade de 0 a 20 cm.

** e *: Significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente.

Tanto a concentração de Cu quanto a de Mn no solo foram influenciadas pela aplicação dos esterco e o tempo de cultivo do cajueiro-anão (Tabela 13). As concentrações de Cu na profundidade de 20 a 40 cm foram maiores nas covas que receberam esterco de frango do que nas de bovino, tanto no terceiro quanto no quarto ano de cultivo do cajueiro-anão. Do terceiro para o quarto de cultivo do cajueiro-anão verificou-se ainda o aumento na disponibilidade de Cu com a aplicação do esterco de frango na cova de plantio.

Tabela 13 – Efeito residual dos esterco de bovino e de frango aplicados na cova de plantio na concentração de cobre e manganês do solo, na profundidade de 20 a 40 cm, em função da época de amostragem.

Épocas	Esterco de bovino	Esterco de frango
		Cu (mg dm ⁻³)
3º ano	0,49 Ab ¹	1,55 Ba
4º ano	0,32 Ab	3,02 Aa
		Mn (mg dm ⁻³)
3º ano	9,94 Aa	10,29 Aa
4º ano	6,13 Bb	9,38 Aa

¹ Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha e maiúscula nas colunas, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

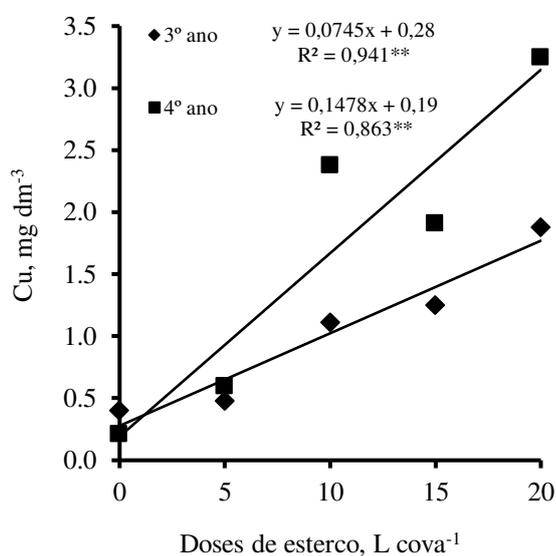


Figura 13 – Efeito residual de doses de esterco aplicados na cova de plantio na concentração de cobre do solo, na profundidade de 20 a 40 cm, em função da época de amostragem.

** : Significativo a 1% de probabilidade.

Já para a concentração de Mn no solo, houve diferença entre as fontes no quarto ano de cultivo do cajueiro-anão, sendo os maiores valores obtidos com a aplicação do esterco

de frango. A concentração de Mn no solo diminuiu do terceiro para o quarto ano, nas covas que receberam esterco de bovinos na ocasião do plantio.

6.3 Estado nutricional do cajueiro-anão ‘BRS 226’

Os teores de nutrientes e de sódio nas folhas do cajueiro-anão, tanto no terceiro quanto no quarto ano de cultivo, apresentaram, para a maioria dos elementos, valores dentro ou um pouco abaixo da faixa de suficiência proposta por Martins (2019) para o clone ‘BRS 226’. Ressalta-se que não era esperada a manifestação de qualquer sintoma de deficiência de nutrientes nas folhas do cajueiro-anão, uma vez que todas as plantas receberam, desde o primeiro ano de cultivo, as adubações químicas recomendadas por Crisóstomo *et al.* (2003).

No terceiro ano de cultivo, a aplicação dos esterco de bovino e de frango na cova de plantio influenciou somente nos teores de fósforo nas folhas do cajueiro-anão ‘BRS 226’ (Tabela 14), entretanto, os modelos de regressão de primeiro e segundo grau não explicaram os comportamentos observados. Já no quarto ano de cultivo não foram verificados efeitos da adubação orgânica realizada na cova de plantio nos teores de nutrientes e de sódio nas folhas do cajueiro-anão (Tabela 15).

Entretanto, conforme observado por Costa (2019), as fontes e doses dos esterco de bovino e frangos influenciaram os teores foliares do cajueiro-anão ‘BRS 226’, no segundo ano de cultivo. Segundo o autor, as fontes de esterco aumentaram os teores de N, Ca, S, Na e Zn e diminuíram o de Mn nas folhas do cajueiro-anão, enquanto as interações fontes e doses foram observados para o P e Mg. Assim, com base nos resultados obtidos presente estudo verifica-se os efeitos da aplicação dos esterco na cova de plantio no estado nutricional restringiu-se ao segundo ano e foram ausentes a partir do terceiro e quarto anos de cultivo do cajueiro-anão.

Tabela 14 – Teores de nutrientes e sódio nas folhas de cajueiro-anão ‘BRS 226’, no terceiro ano de cultivo, em função de fontes e doses de esterco aplicados na cova de plantio.

Fontes	Doses	N	P	K	Ca	Mg	S	Na	Cu	Fe	Zn	Mn	B
	L cova ⁻¹	g kg ⁻¹						mg kg ⁻¹					
EB	0	15,27	0,69	9,01	1,43	1,35	0,81	0,91	5,32	20,32	10,32	37,00	11,42
	5	14,33	0,69	8,85	1,39	1,34	0,75	0,89	5,00	19,50	10,00	35,25	9,00
	10	13,99	0,65	9,00	1,32	1,38	0,73	0,91	4,75	21,50	9,75	39,50	10,57
	15	13,79	0,62	9,08	1,27	1,24	0,71	0,90	4,75	17,25	9,75	30,75	10,25
	20	14,07	0,69	9,08	1,39	1,36	0,75	0,85	5,00	18,00	10,50	32,25	10,22
	Média	14,29 a	0,67 a	9,00 a	1,36 a	1,33 a	0,74 a	0,89 a	4,96 a	19,31 a	10,06 a	34,95 a	10,29 a
EF	0	14,59	0,68	8,84	1,43	1,45	0,78	0,92	5,00	19,75	10,00	45,00	10,32
	5	13,85	0,64	9,04	1,21	1,19	0,71	0,83	5,00	17,25	10,50	33,00	9,97
	10	13,42	0,64	8,78	1,10	1,27	0,71	0,88	4,75	18,75	9,00	24,25	8,95
	15	13,16	0,73	9,20	1,38	1,49	0,74	0,88	4,75	21,75	10,50	36,00	9,72
	20	13,50	0,66	9,00	1,05	1,30	0,70	0,97	4,25	18,50	9,00	20,25	8,12
	Média	13,70 a ¹	0,67 a	8,97 a	1,23 a	1,34 a	0,73 a	0,89 a	4,75 a	19,20 a	9,80 a	31,70 a	9,42 a
Teste F ²													
Fontes (F)		3,24 ^{NS}	0,00 ^{NS}	0,03 ^{NS}	4,05 ^{NS}	0,02 ^{NS}	1,55 ^{NS}	0,00 ^{NS}	3,17 ^{NS}	0,01 ^{NS}	0,75 ^{NS}	0,84 ^{NS}	2,07 ^{NS}
Doses (D)		2,41 ^{NS}	0,70 ^{NS}	0,20 ^{NS}	1,71 ^{NS}	0,96 ^{NS}	2,63 ^{NS}	0,11 ^{NS}	2,61 ^{NS}	0,26 ^{NS}	1,14 ^{NS}	1,78 ^{NS}	0,90 ^{NS}
F x D		0,00 ^{NS}	2,99*	0,16 ^{NS}	1,65 ^{NS}	2,46 ^{NS}	0,60 ^{NS}	0,24 ^{NS}	1,50 ^{NS}	0,68 ^{NS}	1,80 ^{NS}	1,68 ^{NS}	0,77 ^{NS}
C.V. %		7,38	7,53	7,18	15,03	10,94	7,50	21,14	7,86	25,67	9,74	33,57	19,50

EB: esterco de bovino; EF: esterco de frango.

¹ Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

² NS, ** e *: Não significativo e significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente.

Tabela 15 – Teores de nutrientes e sódio nas folhas de cajueiro-anão ‘BRS 226’, no quarto ano de cultivo, em função de fontes e doses de esterco aplicado na cova de plantio.

Fontes	Doses	N	P	K	Ca	Mg	S	Na	Cu	Fe	Zn	Mn	B
	L cova ¹	g kg ⁻¹						mg kg ⁻¹					
EB	0	15,62	0,87	8,32	1,65	1,27	0,77	0,82	6,00	23,25	13,25	50,25	8,75
	5	16,80	0,77	7,45	1,65	1,25	0,75	0,82	5,50	21,50	14,75	51,25	12,50
	10	16,10	0,87	8,47	2,00	1,37	0,80	0,92	6,00	24,50	16,25	58,50	11,50
	15	17,25	0,87	8,07	1,85	1,42	0,82	0,85	6,00	25,75	17,25	49,25	10,75
	20	18,72	0,82	7,60	1,65	1,40	0,80	0,87	5,25	22,75	13,75	43,00	10,75
	Média	16,89 a ¹	0,84 a	7,98 a	1,76 a	1,34 a	0,79 a	0,86 a	5,75 a	23,55 a	15,05 a	50,45 a	10,85 a
EF	0	17,32	0,87	8,02	1,55	1,35	0,80	0,90	6,00	22,50	19,75	50,25	11,50
	5	18,62	0,80	8,02	1,82	1,27	0,80	0,90	5,75	23,75	16,00	53,00	13,00
	10	18,40	0,85	7,87	1,72	1,30	0,77	0,85	5,75	20,25	17,00	52,25	11,25
	15	19,05	0,70	6,35	1,57	1,15	0,67	0,80	4,75	20,75	11,00	50,00	9,50
	20	16,65	0,85	7,57	1,55	1,32	0,72	1,07	5,00	24,00	10,00	28,75	10,25
	Média	18,01 a	0,81 a	7,57 a	1,64 a	1,28 a	0,75 a	0,90 a	5,45 a	22,25 a	14,75 a	46,85 a	11,10 a
Teste F ²													
Fontes (F)		2,75 ^{NS}	0,97 ^{NS}	2,59 ^{NS}	1,17 ^{NS}	0,93 ^{NS}	0,99 ^{NS}	0,61 ^{NS}	1,08 ^{NS}	0,94 ^{NS}	0,04 ^{NS}	0,47 ^{NS}	0,08 ^{NS}
Doses (D)		0,70 ^{NS}	1,45 ^{NS}	2,03 ^{NS}	0,85 ^{NS}	0,27 ^{NS}	0,17 ^{NS}	0,76 ^{NS}	1,22 ^{NS}	0,08 ^{NS}	1,43 ^{NS}	1,62 ^{NS}	1,24 ^{NS}
F x D		1,43 ^{NS}	1,51 ^{NS}	2,18 ^{NS}	0,60 ^{NS}	0,79 ^{NS}	1,04 ^{NS}	0,74 ^{NS}	0,78 ^{NS}	1,17 ^{NS}	2,23 ^{NS}	0,33 ^{NS}	0,59 ^{NS}
C.V. %		12,17	11,61	10,47	19,74	16,25	14,37	20,71	16,33	18,49	31,29	34,20	25,78

EB: esterco de bovino; EF: esterco de frango.

¹ Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

² NS, ** e *: Não significativo e significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente.

6.4 Crescimento e produtividade de castanhas do cajueiro-anão ‘BRS 226’

Se por um lado Costa (2019) constatou a interação fontes e doses de esterco na altura, diâmetro de caule e volume de copa do cajueiro-anão ‘BRS 226’ no segundo ano de cultivo, no terceiro, observou-se apenas efeito das fontes para a altura e de doses para a altura e volume de copa (Tabela 16). Já para o quarto de ano de cultivo, não foram observados efeitos das fontes e doses de esterco aplicados no plantio em nenhuma das variáveis de crescimento do cajueiro-anão (Tabela 17).

Tabela 16 – Crescimento de plantas de cajueiro-anão ‘BRS 226’ no terceiro e produtividade de castanhas no segundo e terceiro anos de cultivo, em função da aplicação de fontes e doses de esterco na cova de plantio.

Fontes ¹	Doses	Altura	D copa	V copa	D caule	PC1	PC2
	L cova ⁻¹	m	m	m ³	mm	kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹
EB	0	1,21	1,92	4,79	53,69	135,00	238,25
	5	1,23	2,01	5,03	60,23	140,00	294,50
	10	1,28	1,86	4,47	62,03	120,75	227,75
	15	1,28	1,76	4,04	61,35	117,50	213,75
	20	1,16	1,75	3,79	56,51	141,00	320,25
	Média	1,23 a ²	1,86 a	4,27 a	58,76 a	130,85 a	258,90 a
EF	0	1,21	1,86	4,36	56,40	122,50	241,50
	5	1,30	1,93	4,90	67,92	163,50	283,50
	10	1,08	1,78	3,59	56,44	143,75	315,50
	15	1,13	1,62	3,07	54,02	127,50	412,25
	20	0,96	1,61	2,53	44,49	59,25	263,75
	Média	1,13 b	1,76 a	3,69 a	55,85 a	123,30 a	303,30 a
Teste F ³							
Fontes (F)		7,82**	2,25 ^{NS}	3,52 ^{NS}	1,01 ^{NS}	0,23 ^{NS}	2,17 ^{NS}
Doses (D)		3,99*	2,72 ^{NS}	2,80*	2,42 ^{NS}	1,13 ^{NS}	0,66 ^{NS}
F x D		2,73 ^{NS}	0,05 ^{NS}	0,27 ^{NS}	1,52 ^{NS}	1,58 ^{NS}	2,23 ^{NS}
C.V. %		9,11	11,99	30,48	15,95	38,89	33,90

¹ EB: esterco de bovino; EF: esterco de frango; D copa: diâmetro da copa; V copa: volume de copa; D caule: diâmetro de caule; PC1: produtividade de castanhas (segundo ano de cultivo); PC2: produtividade de castanhas (terceiro ano de cultivo);

² Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade;

³ NS, ** e *: Não significativo e significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente.

No segundo ano de cultivo, Costa (2019) observou que as plantas que receberam esterco de bovino na cova de plantio apresentaram altura 18,1% maior do que as que receberam a de frango. No terceiro ano de cultivo, essa diferença foi de 8,1% e no quarto ano, não houve diferença na altura das plantas. Independentemente da fonte de esterco utilizada na

cova de plantio, a dose de 5,5 L por cova foi a que promoveu a maior altura de plantas no terceiro ano de cultivo do cajueiro-anão (Figura 14A).

Tabela 17 – Crescimento de plantas de cajueiro-anão ‘BRS 226’ e produtividade de castanhas no quarto ano de cultivo, em função da aplicação de fontes e doses de esterco na cova de plantio.

Fontes ¹	Doses	Altura	D copa ¹	V copa ¹	D caule ¹	PC ¹
	L cova ⁻¹	m	m	m ³	mm	kg ha ⁻¹
EB	0	1,92	3,73	27,58	98,38	538,00
	5	1,99	3,89	30,34	99,65	474,50
	10	1,99	3,97	31,83	102,53	424,25
	15	2,05	3,80	30,10	99,58	335,50
	20	1,96	3,84	30,66	96,47	498,00
	Média	1,98 a ²	3,84 a	30,11 a	99,32 a	454,05 b
EF	0	1,93	3,72	29,75	94,15	458,75
	5	2,05	4,07	34,89	106,07	553,00
	10	1,99	3,56	25,66	97,23	661,00
	15	1,96	3,38	23,39	91,72	684,75
	20	1,89	3,48	23,49	87,96	498,00
	Média	1,97 a	3,64 a	27,44 a	95,43 a	571,10 a
Teste F ³						
Fontes (F)		0,08 ^{NS}	2,18 ^{NS}	1,12 ^{NS}	2,09 ^{NS}	7,16*
Doses (D)		0,72 ^{NS}	0,93 ^{NS}	0,69 ^{NS}	1,85 ^{NS}	0,14 ^{NS}
F x D		0,29 ^{NS}	0,80 ^{NS}	0,98 ^{NS}	1,00 ^{NS}	3,18*
C.V. %		7,76	11,59	27,68	8,75	26,99

¹ EB: esterco de bovino; EF: esterco de frango; D copa: diâmetro da copa; V copa: volume de copa; D caule: diâmetro de caule; PC1: produtividade de castanhas (quarto ano de cultivo);

² Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade;

³ NS, ** e *: Não significativo e significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente.

O diâmetro da copa do cajueiro-anão ‘BRS 226’, tanto no terceiro quanto no quarto ano de cultivo, não foi influenciado pelas fontes e doses de esterco aplicados na ocasião do plantio (Tabelas 16 e 17).

Independentemente da fonte de esterco utilizada na cova de plantio, as doses promoveram a diminuição no volume da copa do cajueiro-anão no terceiro ano de cultivo, (Figura 14B). Ressalta-se que no segundo ano de cultivo, tanto as doses de esterco de bovino quanto as de frango promoveram a diminuição nessa variável, sendo mais acentuada com a utilização da última fonte (Costa, 2019). Já no quarto ano de cultivo, não foram observados os efeitos das fontes e doses de esterco aplicados na cova de plantio do cajueiro-anão (Tabela 16).

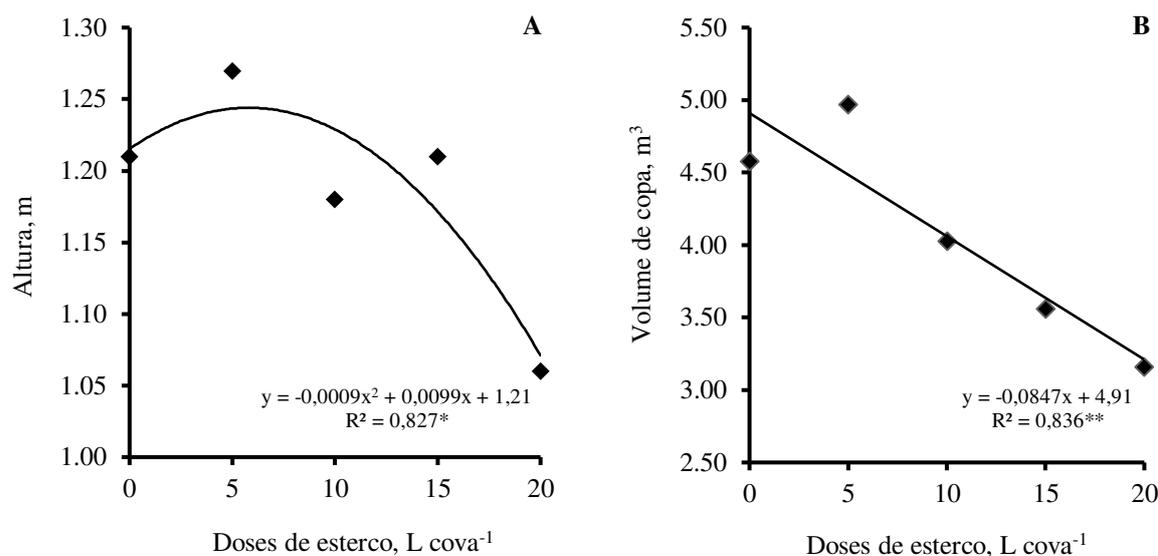


Figura 14 – Altura de plantas (A) e volume de copa (B) de cajueiro-anão ‘BRS 226’ no terceiro ano de cultivo, em função doses de esterco aplicados na cova de plantio.

** e *: Significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente.

O diâmetro do caule do cajueiro-anão, que no segundo ano de cultivo foi influenciada pela interação fontes e doses de esterco (Costa, 2019), já não apresentaram diferenças no terceiro e quarto anos (Tabelas 16 e 17). No segundo ano de cultivo, o máximo diâmetro de caule foi obtido com a aplicação das doses de 8,85 e 2,95 L por cova, dos esterco de bovino e de frango, respectivamente (Costa, 2019).

Ressalta-se que, apesar do efeito da aplicação dos esterco na cova de plantio ainda ser detectado nas amostras de solos das camadas de 0 a 20 cm e de 20 a 40 cm, mesmo no quarto ano de cultivo, as plantas não responderam a essas diferenças encontradas, como pode ser verificado no crescimento (Tabela 17) e no estado nutricional das plantas (Tabela 15).

Apesar das plantas de cajueiro-anão ‘BRS 226’ responderem à aplicação das fontes e doses de esterco aplicados na cova de plantio, principalmente no segundo ano, como observado por Costa (2019) e em menor intensidade no terceiro ano, no presente estudo, a produtividade de castanhas nesses dois anos não foi influenciada pelos tratamentos avaliados (Tabela 16). Entretanto, destacam-se as produtividades de castanhas de 123,30 a 130,85 e de 258,90 a 303,30 kg ha⁻¹ obtidas no segundo e terceiro anos de cultivos, respectivamente, frente à produtividade média brasileira no ano de 2022, de 347 kg ha⁻¹ (IBGE, 2023). No quarto ano de cultivo, a produtividade de castanhas foi influenciada pela interação fontes e doses de esterco (Figura 15). A produtividade de castanhas de 665,81 kg ha⁻¹ foi obtida a

aplicação de 11,1 L por cova de esterco de frango aplicado na ocasião do plantio do cajueiro-anão ‘BRS 226’. Já as doses de esterco de bovino aplicadas na cova de plantio não influenciaram a produtividade de castanhas no quarto ano de cultivo do cajueiro-anão.

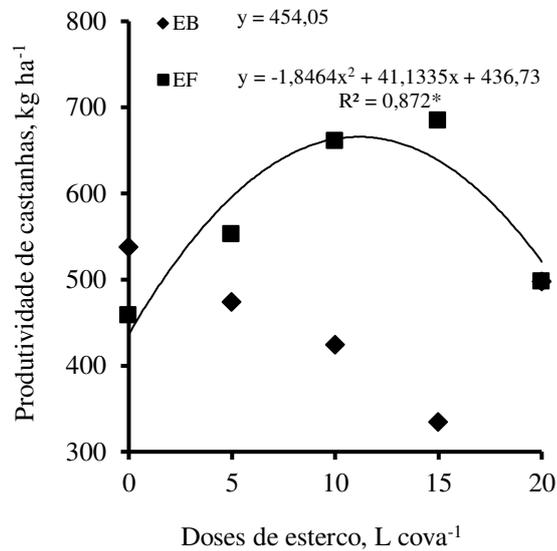


Figura 15 – Produtividade de castanhas de cajueiro-anão ‘BRS 226’, no quarto ano de cultivo, em função de fontes e doses de esterco de bovino e de frangos aplicados na cova de plantio.

*: Significativo a 5% de probabilidade.

7 CONCLUSÕES

Alterações nos atributos químicos de solos, verificadas tanto na profundidade de 0 a 20 cm quanto na de 20 a 40 cm, no terceiro e quarto ano de cultivo, indicaram efeito residual mais prolongado com a aplicação do esterco de frango do que de bovino.

Apesar do efeito residual dos estercos aplicados na cova de plantio no solo, o estado nutricional do cajueiro-anão não foi influenciado pela adubação orgânica e os reflexos no crescimento das plantas foram detectados somente até o terceiro ano de cultivo.

A aplicação do esterco de frango na cova de plantio, apesar de diminuir o crescimento do cajueiro-anão até o terceiro ano de cultivo, no quarto ano, proporcionou a maior produtividade de castanhas com a dose de 11,1 L por cova.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, Karmem Werusca Fortes de. **Posicionamento estratégico da cadeia Produtiva do caju:** influências da produção de castanha e da cajuína no desenvolvimento econômico do estado do Piauí. 79 f. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção – UNIP. São Paulo – SP, 2016.
- ARNFIELD, John. **Classificação climática de Köppen.** Encyclopedia Britannica , 11 de novembro de 2020. Disponível em: <https://www.britannica.com/science/Koppen-climate-classification> . Acesso em: 5 jun. de 2021.
- BARBOSA, José Carlos; MALDONADO JUNIOR, Walter. **Experimentação agrônômica & agroestat.** 1 Ed. Multipress. p. 396. Jaboticabal – SP, 2015.
- BÍBLIA. **Nova bíblia viva.** Mundo cristão. 1ª ed. p. 553. São Paulo – SP, 2010.
- BRAINER, Maria Simone de Castro Pereira; VIDAL, Maria de Fátima. **Cajucultura.** Caderno Setorial EDENE, 16 f. ano 5. n. 114. Maio, 2020.
- BRASIL. Instrução normativa. **Diário oficial da união.** Seção 1, p.11. SDA nº 28, de 27 julho de 2007. Disponível em: <https://sogi8.sogi.com.br/Arquivo/Modulo113.MRID109/Registro10565/documento%201.pdf> Acesso em: 07 jul. de 2021.
- BUAINAIN, Antônio Márcio; BATALHA, Mário Otávio. **Cadeia produtiva de frutas.** Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento, secretaria de política agrícola, instituto interamericano de cooperação para a agricultura. 105 f. v. 7. IICA, MAPA/SPA, Brasília – DF, 2007.
- CAVALCANTE JR, Luiz Francinélcio; SOARES, Ismail; TANIGUCHI, Carlos Alberto Kenji; SERRANO, Luiz Augusto Lopes; MELO, Dheyne Silva. Nutrient accumulation and nutritional efficiencies of cashew genotypes. **Journal of Plant Nutrition**, Fortaleza – CE, 2019.
- CARMO, C. A. F. S.; ARAÚJO, W. S. A.; BERNARDI, A. C. C.; SALDANHA, M. F. C. **Métodos de análise de tecidos vegetais utilizados na Embrapa Solos.** Embrapa Solos, Rio de Janeiro – RJ. (Circular Técnica, n. 6) p. 41, 2000.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS (CFSEMG). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª Aproximação,** Viçosa – MG, EMBRAPA/UFV/SBCS, p. 359. 1999.
- COSTA, Luilson Pinheiro. **Estercos de bovino e de frango no estabelecimento e desenvolvimento do cajueiro-anão.** 2019. 68 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) – Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019.
- CRISÓSTOMO, Lindbergue Araujo; SANTOS, Francisco Jose de Seixas; OLIVEIRA, Vitor Hugo de; RAIJ, Bernado Van; BERNARDI, Alberto Carlos de Campos; SILVA, Carlos Alberto; SOARES, Ismail. **Cultivo do cajueiro anão precoce: aspectos fitotécnicos com**

ênfase na adubação e na irrigação. Embrapa Agroindústria Tropical, p. 8. 1ª ed. (Circular Técnica, n. 8). Fortaleza/CE, 2003.

EVANGELISTA, Jaiane da Silva Barbosa. **Seleção de clones de cajueiro-anão por meio da qualidade de pedúnculos.** 2017. 77 f. Dissertação (Mestrado em agronomia/Fitotecnia) – Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2023. **Tabela 2 - Área, Produção e Rendimento Médio - Confronto das safras de 2022 e das estimativas para 2023.** Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9201-levantamento-sistematico-da-producao-agricola.html?=&t=resultados>. Acesso em: 31 de ago. 2023.

KIST, Benno Bernardo; SANTOS, Cleiton Evandro dos; CARVALHO, Cleonice de; TREICHEL, Michelle; FILTER, Cássio Fernando. **Anuário Brasileiro de Fruticultura 2017.** 49 f. Santa Cruz do Sul - SC, 2017.

LIMA, Antonio Agostinho Cavalcanti; OLIVEIRA, Francisco Nelsieudes Sombra; AQUINO, Antonio Renes Lins de. **Classificação e aptidão agrícola dos solos do campo experimental de Pacajus, Ceará, para agricultura.** 2002. 20 f. Embrapa Agroindústria Tropical. (Documento, n. 53), Fortaleza – CE, 2002.

LIMA, Geovani Soares de; SILVA NETO, Vicente Elias da; GHEYI, Hans Raj; NOBRE, Reginaldo Gomes; DINIZ, Genilson Lima; SOARES, Lauriane Almeida dos Anjos; FERNANDES, Pedro Dantas; ALMEIDA, Fernandes Antonio; PINHEIRO, Francisco Wesley Alves. Photosynthetic pigments and photochemical efficiency of precocious dwarf cashew (*Anacardium occidentale* L.) under salt stress and potassium fertilization. **AIMS Agriculture and Food**, [s.l.], v. 4, p. 1007–1019. 2019.

MALAVOLTA, Euripedes. **Elementos de nutrição mineral de plantas.** 1ª ed. CERES, 251 f. São Paulo – SP, 1980.

MARTINS, Thais da Silva. **Folha diagnóstica para avaliação do estado nutricional de clones de cajueiro-anão.** 2019. 50 f. Dissertação (Mestrado em agronomia/Fitotecnia) – Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza – CE, 2019.

MELO, Dheyne Silva; VIDAL NETO, Francisco das Chagas; BARROS, Levi de Moura. **Cultivares recomendadas de cajueiro.** Embrapa agroindústria tropical, sistema de produção 1. ISSN 1678-8702 1. 2ª ed. p. 33 – 42. Fortaleza – CE, 2016.

MORAIS, Francisco A.; GÓES, Glêidson B. de; COSTA, Maria E. da; MELO, Isabel G. C. e; VERAS, Allan R. R.; CUNHA, Gabriel O. de M. Fontes e proporções de esterco na composição de substratos para produção de mudas de jaqueira. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife – PE, v. 7, p. 784-789. 2012.

MOREIRA, Fátima Maria de Souza; SIQUEIRA, José Oswaldo. **Microbiologia e Bioquímica do Solo**, Lavras – MG, 2 ed. 730 p. ISBN: 85-87692-33-x. 2006.

OLIVEIRA, Vitor Hugo; TANIGUCHI, Carlos Alberto Kenji; CRISOSTOMO, Lindbergue Araujo. **Nutrição mineral do cajueiro.** (Circular técnico) EMBRAPA, 2º ed. ISSN 1677-1915. Fortaleza – CE, 2013.

PEREIRA, Magnum de Sousa; BLUM, Julius; SOUZA, Henrique Antunes de; TANIGUCHI, Carlos Alberto Kenji. Organic carbon decomposition in soil amended with organic compost from slaughterhouse residues. **Journal of Agricultural Science**, [s.l], v. 10, n. 8, 2018.

PINHO, Beatriz Moreira. **Uso de diferentes substratos para a produção de mudas de cajueiro (*Anacardium occidentale* L.)**. 2018, 45 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia), Universidade Federal do Ceará. Fortaleza – CE, 2018.

PITTA, Cristiano Santos Rocha; ADAMI, Paulo Fernando; PELISSARI, Adelino; ASSMANN, Tangriani Simioni; FRANCHIN, Marcia Fernanda; CASSOL, Luíz César; SARTOR, Laércio Ricardo. Year-round Poultry litter decomposition and N, P, K and Ca release. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa – MG, ed. 36: p. 1537-1546, 2012.

RIBEIRO, Diego Oliveira; CASTOLDI, Gustavo; SILVA, Haiany Dias; CALVACANTE, Thomas Jefferson; ALMEIDA JÚNIOR, Joaquim Júlio; LIMA, Lásara Isabella Oliveira; CARBALLAL, Manuel Rodrigues. Atributos físicos de um latossolo após o uso de doses de cama de frango acrescidas à adubação mineral. **Colloquium Agrariae**, [s.l], v. 15, n.2, p. 9-17. 2019.

ROCHA, Leonides Alencar; ROCHA, Amanda Macedo; PACHECO, Ana Carolina Landim; ABREU, Maria Carolina de. Diferenças foliares morfoanatômicas de quatro espécies da família anacardiaceae. **Caderno de Pesquisa, Série Biologia**, Picos – PI, v. 27. n 2, p. 35-48. 2015.

ROGERI, Douglas Antonio; ERNANI, Paulo Roberto; LOURENÇO, Késia Silva; CASSOL, Paulo Cessar; GATIBONI, Luciano Colpo. Mineralização e nitrificação do nitrogênio proveniente da cama de aves aplicada ao solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande – PB, v.19, n.6, p. 534–540. 2015.

ROZANE, Danilo Eduardo; BRUNETTO, Gustavo; NATALE, Willian. **Manejo da fertilidade do solo em pomares de frutíferas**. Informações Agronômicas, UNESP, n. 160. Registro – SP, 2017.

SANTOS, Petrônio Donato dos; BARROS, Evandro de Sousa; RODRIGUES, Rummenigge de Macedo; INÔ, Claudiney Felipe Almeida; MEDEIROS, José George Ferreira; SILVA, José Vinicius Bezerra da. Adubação mineral e orgânica na produção de cajueiro anão precoce. **Revista Craibeira de Agroecologia**, [s.l], v. 4, n. 1, p. 7666. 2019.

SERRANO, Luiz Augusto Lopes; MARTINS, Thais da Silva; TANIGUCHI, Carlos Alberto Kenji; MELO, Dheyne Silva; HAWERROTH, Fernando José. Crescimento e acúmulo de nutrientes de mudas de cajueiro-anão ‘CCP 76’ produzidas em diferentes substratos e doses de adubo de liberação controlada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Embrapa agroindústria tropical. 42 f. n. 154. Fortaleza/CE, 2018.

SERRANO, Luiz Augusto Lopes; OLIVEIRA, Vitor Hugo de. **Aspectos botânicos, fenologia e manejo da cultura do cajueiro**. 86 f. EMBRAPA. Fortaleza – CE, 2013.

SERRANO, Luiz Augusto Lopes; PESSOA, Pedro Felizardo Aldeodato de Paula. **Aspectos econômicos da cultura do cajueiro**. Embrapa agroindústria tropical, sistema de produção, 1. Versão Eletrônica 2ª ed. Fortaleza – CE, 2016.

SILVA, Evandro Morais da; PARREIRA, Mariana Casari; SIEBEICHLER, Susana Cristine; SANTOS, Elonha Rodrigues dos; SOUZA, Clovis Maurílio; VIDAL NETO, Francisco das Chagas; FREITAS, Gilson Araujo de. Produção de mudas de cajueiro anão-precoce em substratos de resíduos orgânicos. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS)**, Tocantis, Brasil v.9, n.1, p.90-96. 2019.

SILVA, Fábio César da; EIRA, Paulo Augusto da; BARRETO, Washington de Oliveira; PÉREZ, Daniel Vidal; SILVA, Carlos Alberto. **Análises químicas para avaliação da fertilidade do solo: métodos usados na Embrapa Solos**. 40 f. (Documento, n. 3). Embrapa Solos, Rio de Janeiro – RJ, 1998.

SILVA, Marcio Silveira da. **Efeitos de esterco bovino em atributos químicos e físicos do solo, produtividade de milho e créditos de nitrogênio**. 2018. 88 f. Tese (Doutorado em agronomia/ciência do solo) – Faculdade de ciências agrárias e veterinárias, Universidade do Estado de São Paulo, Jaboticabal, SP, 2018.

SILVA, V. B.; SILVA, A. P.; DIAS, B. O.; ARAUJO, J. L.; SANTOS, D.; FRANCO, R. P. Decomposição e liberação de N, P e K de esterco bovino e de cama de frango isolados ou misturados. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa – MG, ed. 38:1537-1546. 2014.

SOARES, Géssica Balduino dos Santos; MATIAS, Sammy Sidney Rocha; MORAIS, Denise Batista de; COSTA JUNIOR, Euvaldo de Sousa; NASCIMENTO, Alano Horácio do; SOUSA, Samara Jacobina de Carvalho. **Crescimento de mudas de caju em função da aplicação de fósforo na região sul do Piauí**. Anais do XXXV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. Natal – RN, 2015.

SOUZA, Rafael de; NAILIM, João; MIRANDA, Daniel; ROCHA, Lucas; SILVA, Lucas; CASTRO, Izabela. Utilização de Adubos químicos e adubos orgânicos. **Revista Eletrônica de Educação da UniAraguaia**, [s.l.] v. 7, n. 1, p. 34 – 40. 2018.

**APÊNDICE A – IMAGENS DA CULTURA DO CAJUEIRO-ANÃO NA FAZENDA
EXPERIMENTAL EM PACAJUS - CE**

STAND DE PLANTAS ‘BRS 226’ NA ÁREA EXPERIMENTAL



Fonte: Autor (2023)



Fonte: Autor (2023)

APÊNDICE B – IMAGENS SEQUENCIAIS DO PROCEDIMENTO PARA A COLETA E PREPARO DAS AMOSTRAS DE SOLO

AMOSTRAGEM DE SOLO EM CAMPO, PENEIRAMENTO DO SOLO SECO AO AR E AMOSTRAS PRONTAS PARA ANÁLISES



Fonte: Autor (2023)



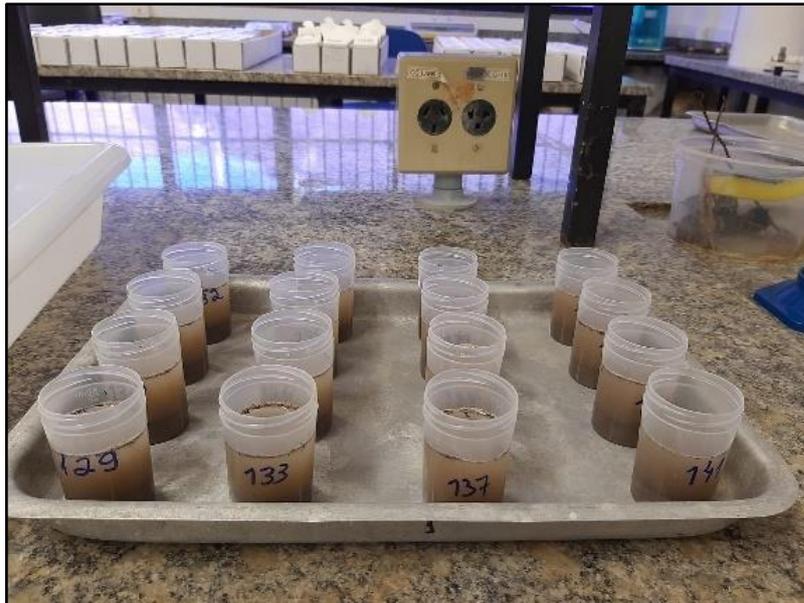
Fonte: Autor (2023)



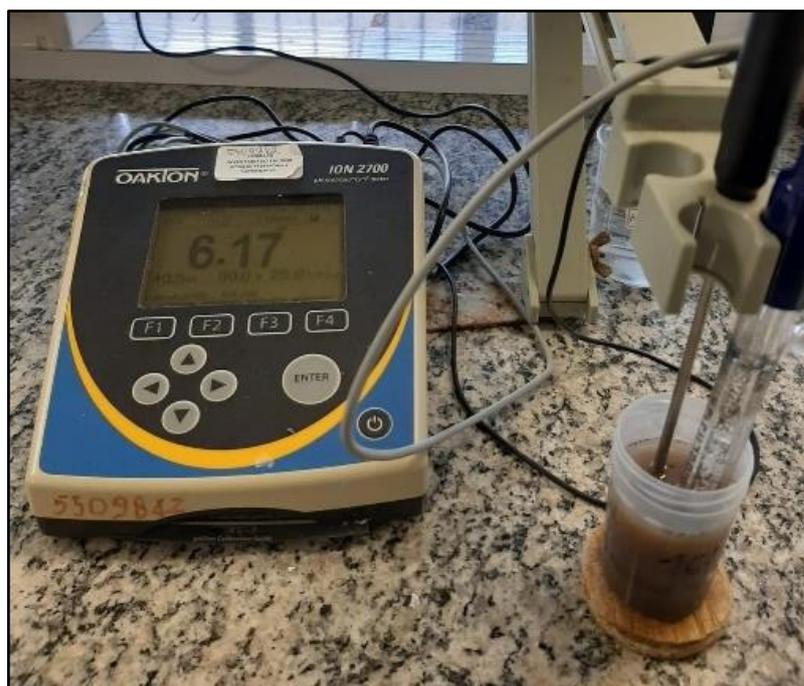
Fonte: Autor (2023)

APÊNDICE C – IMAGENS DA ANÁLISE DO POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (pH) PELA METODOLOGIA DO pHMÊTRO

AMOSTRAS DE SOLO PARA ANÁLISE DE Ph NO LABORATÓRIO DE SOLOS



Fonte: Autor (2023)



Fonte: Autor (2023)

APÊNDICE D – IMAGENS DOS PROCEDIMENTOS REALIZADOS NO LABORATÓRIO DE SOLOS PARA A ANÁLISE DE MATÉRIA ORGÂNICA

ANÁLISE LABORATORIAL DO TEOR DE MATÉRIA ORGÂNICA A PARTIR DAS AMOSTRAS DE SOLO COLETADAS



Fonte: Autor (2023)

**APÊNDICE E – IMAGENS DA ÉPOCA DE INFLORESCÊNCIA DO CAJUEIRO-
ANÃO E FOLHAS COLETADAS PARA ANÁLISE QUÍMICA**

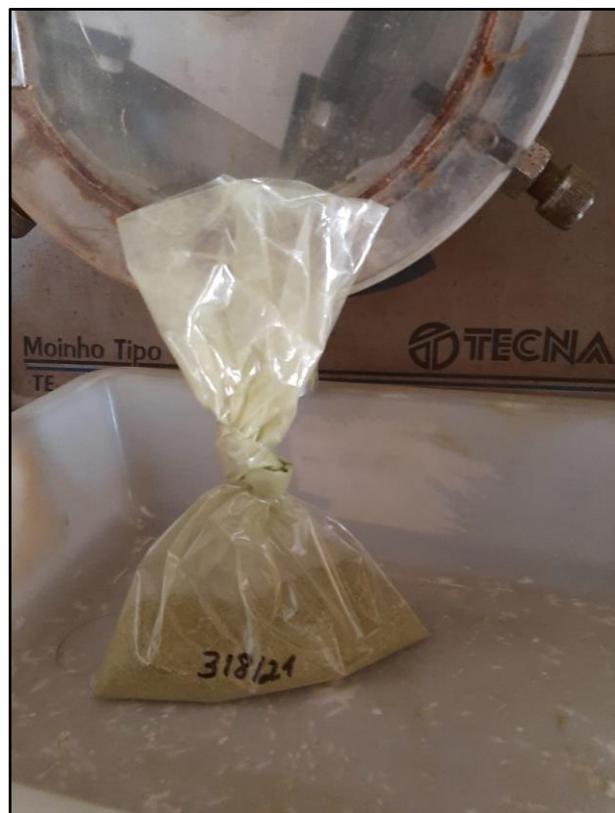
**COLETA DE FOLHAS E PREPARO DAS AMOSTRAS SECAS E TRITURADAS
PARA AVALIAÇÃO NUTRICIONAL DE PLANTAS**



Fonte: Autor (2023)



Fonte: Autor (2023)



Fonte: Autor (2023)