



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS DE CHAPADINHA
COORDENAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

GILDO FERREIRA DA SILVA FILHO

**ADUBAÇÃO MINERAL E ORGÂNICA NA CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR
E SUA INFLUÊNCIA NA PRODUTIVIDADE E NOS PARÂMETROS FÍSICOS
DO SOLO**

CHAPADINHA - MA

26/07/2022

GILDO FERREIRA DA SILVA FILHO

**ADUBAÇÃO MINERAL E ORGÂNICA NA CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR
E SUA INFLUÊNCIA NA PRODUTIVIDADE E NOS PARÂMETROS FÍSICOS
DO SOLO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a banca examinadora na Universidade Federal do Maranhão, Centro de Ciências Agrárias e Ambientais, como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agrícola.

Orientadora: Prof.^a Dra. Francirose Shigaki

CHAPADINHA - MA

2022

**ADUBAÇÃO MINERAL E ORGÂNICA NA CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR
E SUA INFLUÊNCIA NA PRODUTIVIDADE E NOS PARÂMETROS FÍSICOS
DO SOLO**

Aprovada em 26/07/2022

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof^ª. Dr^ª. Francirose Shigaki

CCCh – Biologia – UFMA

Prof. Dr. José Roberto Brito Freitas

CCCh – Agronomia – UFMA

Me. André da Silva Alves

Zootecnia e Mestre em Ciência Animal

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Diretoria Integrada de Bibliotecas/UFMA

SILVA, GILDO FERREIRA DA FILHO.

ADUBAÇÃO MINERAL E ORGÂNICA NA CULTURA DA CANA-DE-
AÇÚCAR E SUA INFLUÊNCIA NA PRODUTIVIDADE E NOS PARÂMETROS
FÍSICOS DO SOLO / GILDO FERREIRA DA FILHO SILVA. - 2022.
36 f.

Orientador(a): Francirose Shigaki.
Monografia (Graduação) - Curso de Engenharia Agrícola,
Universidade Federal do Maranhão, Chapadinha-MA, 2022.

1. Adubação Orgânica. 2. Física do Solo. 3.
Saccharum Officinarum. I. Shigaki, Francirose. II.
Título.

DEDICATÓRIA

A Deus por me abençoar todos os dias da minha vida, aos meus pais que são os pilares da minha vida.

AGRADECIMENTO

Primeiramente, a Deus por todos dias me permitir buscar meus sonhos.

A minha mãe, Maria da Conceição por todo o apoio, conselhos e incentivo para que nunca desistisse de meus sonhos.

A segunda mãe Rosenir e Iolanda, por acreditar que eu conseguiria desde o início de tudo.

A minha amiga e namorada Antônia, por ser a maior incentivadora de todas as minhas realizações.

À minha orientadora, Prof^ª Dr^ª. Francirose Shigaki, pela oportunidade de trabalhar com ela, incrível como pessoa e ainda mais como profissional, que teve grande responsabilidade pelo meu crescimento profissional.

Aos meus amigos da UFMA com quem dividi as salas de aula nesses anos de graduação, em especial o Marcos Douglas, Diego Otávio, Héliida, Maiane e Mayara pelos diversos momentos que passamos e todos os outros que contribuíram para meu sucesso.

A todos os integrantes do grupo de pesquisa, em especial ao André e Alessandro que juntos contribuíram para um enorme aprendizado acadêmico, sem os mesmo não seria capaz minha chegada a essa nova etapa.

A Universidade Federal do Maranhão, e todos os docentes e técnicos, vocês são excelentes profissionais.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
2	OBJETIVOS.....	13
2.1	Objetivo Geral.....	13
2.2	Objetivos Específicos.....	13
3	REFERENCIAL TEÓRICO.....	14
3.1	A cultura da cana-de-açúcar no Brasil.....	14
3.2	Adubação Mineral.....	15
3.3	Adubação Orgânica.....	16
4	METODOLOGIA.....	18
4.1	Localização do experimento e informações climáticas.....	18
4.2	Instalação, condução do experimento, e delineamento experimental.....	19
4.3	Avaliações.....	20
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	21
5.1	Densidade e Porosidade total.....	21
5.2	Decomposição da palhada.....	23
5.3	Produtividade dos colmos.....	26
6	CONCLUSÃO.....	29
	REFERÊNCIAS.....	30

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Teor de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) dos adubos orgânicos e minerais a serem utilizados no experimento.....	19
Tabela 2. Densidade (g m^{-3}) e Porosidade total (%) em função da fonte nitrogenada...	21
Tabela 3. Tempo de meia vida ($T_{1/2}$), Coeficiente de determinação (R^2) e Constante de decomposição (K) da palhada de cana-de-açúcar em função da fonte nitrogenada em solo no cerrado Maranhense.....	26

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização da área experimental.....	18
Figura 2. Temperatura e precipitação média mensal durante o período experimental..	19
Figura 3. Curva de decomposição da palhada de cana-de-açúcar em função da fonte nitrogenada em solo no cerrado Maranhense.....	23
Figura 4. Precipitação média mensal (mm) e Temperatura média (°C) durante o período experimental.....	24
Figura 5. Produtividade das cultivares de cana-de-açúcar para o Ano 1.....	27
Figura 6. Produtividade das cultivares de cana-de-açúcar por tratamento para o Ano 3.....	28

LISTA DE ABREVIÇÕES

CF	CAMA DE FRANGO
DS	DEJETO SUÍNO
URE	UREIA
URER	UREIA REVESTIDA
TEST	TESTEMUNHA
NH ₃	AMÔNIA
NH ₄	AMÔNIO
N-NH ₃	NITROGÊNIO DE AMÔNIA
N	NITROGÊNIO
P	FÓSFORO
K	POTÁSSIO

RESUMO

Este estudo teve como objetivo avaliar as particularidades nos atributos físicos do solo utilizando adubação orgânica, a deგრabilidade da palhada no solo, e produtividade da cultura da cana-de-açúcar. Para tal, foram avaliados três cultivares da cana-de-açúcar (RB 92579, RB 867515 e RB 863129), onde a variedade RB 86312 demonstrou maior eficiência em relação as demais. Os tratamentos utilizados para distinguir a eficiência das cultivares foram dejetos líquido suíno (DS), cama de frango (CF), ureia (URE), ureia revestida (URE R), e tratamento controle (CON) sem aplicação de fertilizantes. Para a determinação dos parâmetros porosidade e densidade do solo, foram utilizadas diferentes profundidades (0-5, 5-10 e 10-20 cm), onde o tratamento utilizando cama de frango apresentou os melhores valores médios para porosidade do solo que inversamente indicam que a aplicação de adubos orgânicos melhorou a porosidade do solo. Os dados de decomposição de palhada indicaram efeito significativo ($p < 0,05$), para $T_{1/2}$ o tratamento com dejetos suíno (DS) apontou a maior taxa diária de decomposição (0,0068 g), seguidamente pelos tratamentos cama de frango (CF: 126,3 e 0,0051), ureia revestida (URE R: 125,7 e 0,0048) e ureia (125,8 e 0,0048). Em relação a produtividade, nota-se que ocorreu maior eficiência quando utilizou-se como fonte nitrogenada a ureia revestida ($70,48 \text{ t ha}^{-1}$), seguida da adubação orgânica cama de frango ($68,59 \text{ t ha}^{-1}$) e dejetos de suíno ($63,94 \text{ t ha}^{-1}$) e, ureia ($60,26 \text{ t ha}^{-1}$). Dessa maneira concluiu-se que a aplicação de adubos orgânicos como fonte de N promove melhorias nas porosidade do solo, acelera a decomposição da palha de cana-de-açúcar mantida sobre a superfície e melhora no rendimento produtivo.

Palavras-chave: Adubação orgânica, Física do solo, *Saccharum officinarum*.

1 INTRODUÇÃO

Em diversos aspectos a cana-de-açúcar é uma das principais fontes para a produção mundial de alimentos energia. O Brasil é uma das grandes potências no agronegócio mundial da cana-de-açúcar, e detém primeiro lugar no ranking mundial de produção. No terceiro levantamento da safra de 2020/2021 a produção total da cana-de-açúcar chegou a 665 milhões de toneladas produzidas em área equivalente de 8.605 milhões de hectares (CONAB, 2021).

A alta produção de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) é voltada ao mercado sucroalcooleiro e tem priorizado a máxima produtividade e expansão territorial, o que mantém o Brasil como o maior produtor no mercado mundial (CARVALHO et al., 2020; NADALETI et al., 2020). Em detrimento das condições edafoclimáticas adversas das áreas voltadas para produção de cana no Brasil, o manejo e a seleção de variedades melhoradas são fatores preponderantes na adaptabilidade e produtividade desta cultura (OLIVEIRA et al., 2020; PINTO et al., 2020).

Com a expansão da cultura canavieira e a incorporação de novas áreas, geralmente de baixa fertilidade, é muito importante que se recupere a fertilidade dos solos para à maximização da produtividade (MIALICHI JÚNIOR et al., 2020). No entanto a maioria das unidades produtoras de açúcar no Brasil utiliza ainda da adubação mineral (SILVA et al., 2017). Entretanto, a preocupação em se obter um novo produto, com maior valor agregado devido ao aumento dos preços dos fertilizantes somada a crescente preocupação com a sustentabilidade agrícola é eminente, desta forma, algumas usinas tem utilizado o sistema de adubação orgânica ou quase totalmente orgânica, que é a junção desses dois tipos de adubação (ANJOS et al., 2007)

A adubação nitrogenada é uma das práticas mais estudadas na maioria das culturas, incluindo a cana-de-açúcar. Tal fato deve se a importância do Nitrogênio (N) no perfilhamento, crescimento e desenvolvimento da cultura, além do valor agregado (BOSCHIERO, 2017). No Brasil, a ureia é a fonte nitrogenada mais utilizada, em razão do seu menor custo em relação aos demais fertilizantes nitrogenados sólidos (VITTI, 2007).

O N é o segundo nutriente em ordem de extração pela cana-de-açúcar e influência a necessidade nutricional da planta pelos demais nutrientes (MARIANO et al., 2016). Somado a isto, tem-se os problemas relacionados ao manejo dos fertilizantes nitrogenados devido às dificuldades encontradas na incorporação do N-fertilizante ao solo. Rocha et

al. (2019) encontrou perdas significativas que variam de 18% a 30% de N total aplicado no solo, que podem extrapolar em até 50%, sendo reflexo do manejo inadequado. Dessa forma adubos orgânicos ricos em nutrientes podem ser usados como um substituto eficaz para redução dos custos de fertilizantes químicos (MASARIRAMBI et al, 2012).

Segundo Anjos et al. (2007), o uso de esterco pode em algumas situações substituir por completo a adubação química de plantio. Além de tornar a produção agrícola mais econômica e sustentável, uma vez que esses resíduos seriam descartados na natureza sem fins. No geral, o efeito da fertilização inorgânica ou orgânica na estrutura do solo é um processo complexo, que pode ser afetado por muitos fatores, dentre eles, o tipo de solo, fertilizantes, safras, duração do experimento, clima, entre outros.

A adoção de técnicas de manejo conservacionistas do solo e da água são essenciais para manter níveis satisfatórios de produtividade, além da importância de garantir esses recursos para as gerações futuras. Os atributos físicos, químicos e biológicos do solo são de extrema importância pois são capazes de mensurar o nível de desequilíbrio ao qual um ambiente está sujeito e os efeitos positivos e negativos sobre a qualidade do mesmo e a sustentabilidade das práticas de manejo (FARIAS 2018; SILVA 2019).

Desse modo o objetivo deste trabalho foi avaliar diferentes fontes de Nitrogênio (minerais e orgânicos) na produtividade da cana-de-açúcar e sua influência na produtividade e nos atributos físicos do solo como um modelo viável de agricultura sustentável e de baixo custo.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Objetivou-se avaliar a influência da adubação nitrogenada, com a utilização fontes orgânicas e minerais, na produtividade da cana e nas propriedades físicas do solo.

2.2 Objetivos Específicos

- Avaliar a influência das fontes de nitrogênio aplicadas na produtividade da cultura;
- Verificar mudanças nas propriedades físicas do solo em função da adubação mineral e orgânica;
- Avaliar a decomposição da palhada em função da fonte nitrogenada utilizada;

- Recomendar agricultores da região sobre a viabilidade da utilização de fontes orgânicas em áreas agrícolas de cana-de-açúcar.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 A cultura da cana-de-açúcar no Brasil

Com produção prevista de 628,1 milhões de toneladas na safra 2021/22, o Brasil lidera o ranking mundial na produção de cana-de-açúcar, seguido da Índia e da China, segundo dados do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (CONAB, 2021). Essa produção deve-se principalmente ao grande avanço em tecnologias com maquinários e melhoramentos genético na busca por cultivares altamente produtivos (BEZERRA et al., 2018).

Em termos de área plantada o estado de São Paulo é o maior produtor da cultura ocupando o primeiro lugar com 4,5 milhões de hectares, em segundo o estado de Goiás com 971,6 mil hectares, Minas Gerais é o terceiro com 854,2 mil hectares e Mato Grosso do Sul é o quarto com 637,2 mil hectares. No Brasil, a produção da cultura da cana-de-açúcar destina-se principalmente para produção de açúcar e etanol, podendo ser obtidos outros produtos, tais como a cachaça artesanal, doces e forragens para tratar animais, sendo estas, realizadas em sua maioria por pequenos agricultores (PEREIRA et al., 2020).

A cana-de-açúcar assumiu importante participação na produção de energia renovável no Brasil com o surgimento do Pro-álcool, programa desenvolvido pelo governo para evitar o aumento da dependência externa de divisas quando dos choques de preço de petróleo, e ainda incentivar a produção do etanol (ARAÚJO; SOBRINHO, 2020). Assume uma importância econômica no país, em detrimento da mobilização do setor industrial, seja na produção de biocombustível renovável ou na exportação de açúcar (SILVA et al., 2017)

De acordo com Silva (2019) a produção de cana-de-açúcar é influenciada por fatores como escolha das variedades, tipo de solo, método de plantio, manejo cultural, condições climáticas, dentre outros. Dessa forma, para manter a qualidade da matéria-prima é necessário que haja o planejamento e monitoramento correto de todas as atividades envolvidas no ciclo da cultura, desde o plantio até a colheita (ARCOVERDE et al., 2019).

Embora sua elevada importância econômica, a área de produção de cana-de-

açúcar representa uma pequena fração quando comparada àquela destinada à produção de grãos. Na safra 19/20 a área destinada a produção de grãos no Brasil superou 79 milhões de hectares, enquanto a área cultivada com cana se aproximou a 9 milhões de hectares (IBGE, 2020).

Carvalho et al. (2017) afirma, que a preocupação ambiental tem sido constante e muitos esforços têm sido feitos para minimizar os impactos ambientais e de saúde humana associados à queima da cultura, quanto se trata da colheita manual. Assim como ao seu manejo de adubação, principalmente no que diz respeito à adubação nitrogenada, uma vez que a cana-de-açúcar é altamente exigente nesse nutriente, sendo a ureia a principal fonte de nitrogênio para a cultura (VITTI et al., 2007).

Com a grande expansão no setor sucroalcooleiro é necessário que haja aumento da eficiência do sistema produtivo para que a produtividade seja efetiva, portanto, é necessário cada vez mais aperfeiçoar as técnicas de manejo e cultivo da cultura, principalmente no que tange a eficiência do aproveitamento de nutrientes, como o nitrogênio (N), fósforo (P) e o potássio (K).

3.2 Adubação Mineral

Na agricultura convencional tem-se lançado mão do uso indiscriminado de substâncias químicas, principalmente os fertilizantes solúveis. Segundo a Anda (2020), durante o ano de 2019, o Brasil consumiu mais de 36 milhões de toneladas de fertilizantes formulados, sendo que destes cerca de 81% foi proveniente de importação, o que demonstra a dependência de outros países.

O nitrogênio é importante na nutrição e fisiologia da cana-de-açúcar, pois, dentre outras funções, é constituinte das proteínas e dos ácidos nucleicos (MALAVOLTA et al., 1989), sendo esse elemento, juntamente com o potássio, absorvido em maiores quantidades pela cultura (OLIVEIRA et al., 2002).

O acúmulo de N pela cana-de-açúcar varia de acordo com a cultivar, a idade da cultura e a disponibilidade do N e de outros elementos na solução do solo e também depende de fatores edafoclimáticos. Para as variedades mais plantadas, trabalhos conduzidos por Oliveira et al. (2002) indicaram que a extração de N oscila em torno de 1,2 kg/t de matéria natural da parte aérea.

A uréia tem sido o fertilizante nitrogenado mais usado na adubação da cana em razão, principalmente, do menor custo por unidade de N, em comparação com outras

fontes (OLIVEIRA et al., 2007). A aplicação de uréia sobre o solo ou sobre a palhada poderá levar a grandes perdas de N por volatilização de amônia, da ordem de 40% (OLIVEIRA et al., 1999).

A maior dose de fósforo deve ser aplicada no fundo do sulco de plantio. Essa aplicação a uma profundidade maior aumenta a absorção do nutriente pela cana, pois a disponibilidade hídrica da subsuperfície varia menos que na superfície. O adubo fosfatado deverá ser aplicado juntamente com o N e o K. Nas grandes lavouras, a adubação N-P-K das rebrotas é realizada simultaneamente com as operações de subsolagem e cultivo da entrelinha (OLIVEIRA et al., 2007).

A adubação potássica da cana é realizada no plantio e após cada corte, em consequência de a cana-planta e as rebrotas responderem bem a essa adubação. O cloreto de potássio tem sido a fonte de K mais utilizada nas adubações. Entretanto, outros resíduos contendo K devem também ser considerados, como, por exemplo, a vinhaça, subproduto da fabricação do álcool (OLIVEIRA et al., 2007).

A adubação mineral, ainda é muito utilizada pelas unidades produtoras de cana-de-açúcar, porque liberam de forma rápida os nutrientes necessários para a produção da cana-de-açúcar (N = Nitrogênio; P = Fósforo e K = Potássio); no entanto, acabam também por terem uma menor durabilidade (EMBRAPA, 2005).

3.3 Adubação Orgânica

Preocupados com as questões ambientais e a de se obter um novo produto, com maior valor agregado, algumas usinas estão utilizando o sistema de adubação orgânica ou quase totalmente orgânica, que é a junção desses dois tipos de adubação (ANJOS et al., 2007).

Dentre os variados tipos de adubos orgânicos que podem ser utilizados no plantio e cultivo da cana-de-açúcar, e que acabam por baratear os custos de produção, destacam-se o esterco de curral (bovino) e a cama de frango (SILVA et al., 2017). Além disso, é comum entre o setor canavieiro o aproveitamento dos resíduos gerados pela indústria do setor como fonte de adubação (GAZOLA et al., 2017). Cada tonelada de cana moída gera em torno de 40 kg de torta de filtro (KORNDÖRFER, 2003), resultado do processo de mistura de clarificação do açúcar (lodo de decantação) com o bagaço moído, e se apresenta como alternativa à substituição da adubação mineral.

A matéria orgânica é fonte de energia e nutrientes para os organismos que

participam de seu ciclo biológico, mantendo o solo em estado dinâmico e exercendo importante papel em sua fertilidade (LANDGRAF et al., 2005). Sua decomposição é lenta e os nutrientes são liberados em menor quantidade para as plantas. Já os esterco líquido liberam maior quantidade de nutrientes para as plantas (BRAGA, 2010).

A adubação orgânica agricultura, como os dejetos líquidos de suínos, é altamente vantajoso, pois apresentam altos teores de nutrientes, com baixo custo, tornando-se economicamente viável. O esterco suíno pode apresentar as seguintes teores de nutrientes: 23,2 de N; 20,6 de P; 16,2 de K; 32,5 de Ca e 7,7 de Mg já a cama de frango: 35,6 de N; 13,3 de P; 19,9 de K; 23,1 de Ca e 5,0 de Mg (Borges et al., 2012).

A utilização de matéria orgânica no solo promove mudanças nas suas características físicas, químicas e biológicas, pois melhora a estrutura do solo, aumenta a capacidade de retenção de água e a aeração, permitindo maior penetração e distribuição das raízes (MALAVOLTA et al., 1997). De acordo com Malavolta et al. (2002) quimicamente, a adubação orgânica é importante fonte de nutrientes, especialmente N, P, K e micronutrientes, sendo a única forma de armazenamento de N que não volatiliza e, ainda, responsável por 80% do fósforo total encontrado no solo. Pois, quimicamente, a matéria orgânica é a principal fonte de macro e micronutrientes, que são importantes no desenvolvimento e produção das plantas (FREITAS et al., 2012).

A produção de matéria-prima alternativa como fertilizantes, vem sendo estudada, principalmente pelo fato desses materiais serem, frequentemente, constituídos de resíduos da atividade agrícola (MIALICHI JÚNIOR et al., 2020). A torta de filtro apresenta altos teores de matéria orgânica, fósforo e cálcio, além de elevada umidade, podendo substituir, ainda que parcialmente, os fertilizantes minerais (SANTOS et al., 2011a; SANTOS et al., 2011b)

Dentre os efeitos da torta de filtro sobre as propriedades químicas do solo, observa-se o aumento sobre disponibilidade de nitrogênio, fósforo e cálcio, a CTC e a diminuição nos teores de Al trocável (KORNDÖRFER; ANDERSON, 1997). Rossetto, Dias e Vitti (2008), afirmam que o uso da torta de filtro em canaviais, eleva a produtividade da cultura, por fornecer matéria orgânica, fósforo e cálcio, entre outros nutrientes.

Segundo Tasso Júnior et al. (2007) a utilização dos resíduos, resulta em concentração de sacarose na planta, nos mesmos níveis daqueles obtidos com a fertilização mineral. Para Giachinie e Ferraz (2009) o uso de vinhaça em áreas agrícola, especialmente em lavoura de cana-de-açúcar, traz benefícios indiscutíveis tanto do ponto

de vista agrônomo quanto do econômico e social. Barros et al. (2010) observaram, estudando a utilização de vinhaça durante 10 anos, a melhoria da disponibilidade dos macronutrientes, diminuindo a dos micros em área com cultivo de cana.

4 METODOLOGIA

4.1 Localização do experimento e informações climáticas

O trabalho foi realizado em área experimental da Universidade Federal do Maranhão, no Centro de Ciências de Chapadina, no município de Chapadina, localizada a 3°44'26" de latitude e 43° 21' 33" de longitude (Figura 1). O clima da região corresponde na classificação de Köppen ao tipo Aw, caracterizado por chuvas no verão e seca no inverno. A temperatura média do período experimental foi de 32°C, e o acúmulo de precipitação média foi de 147,2 mm. Os dados de temperatura e precipitação foram obtidos no Instituto Nacional de Meteorologia – INMET (Figura 2). O solo da área experimental é classificado como Latossolo Amarelo (Manual de Classificação de Solos da Embrapa, 2013), o qual apresenta as seguintes características: pH = 5,09 (em água); Ca = 1,22; Mg = 0,77; Na = 0,01; K = 0,01; Al = 0,25; H+Al = 2,49 (todos em cmolc dm⁻³, exceto o pH), P = 0,36 mg kg⁻¹, Areia = 84,5; Argila = 8,0 e Silte = 7,5 (granulometria em %).

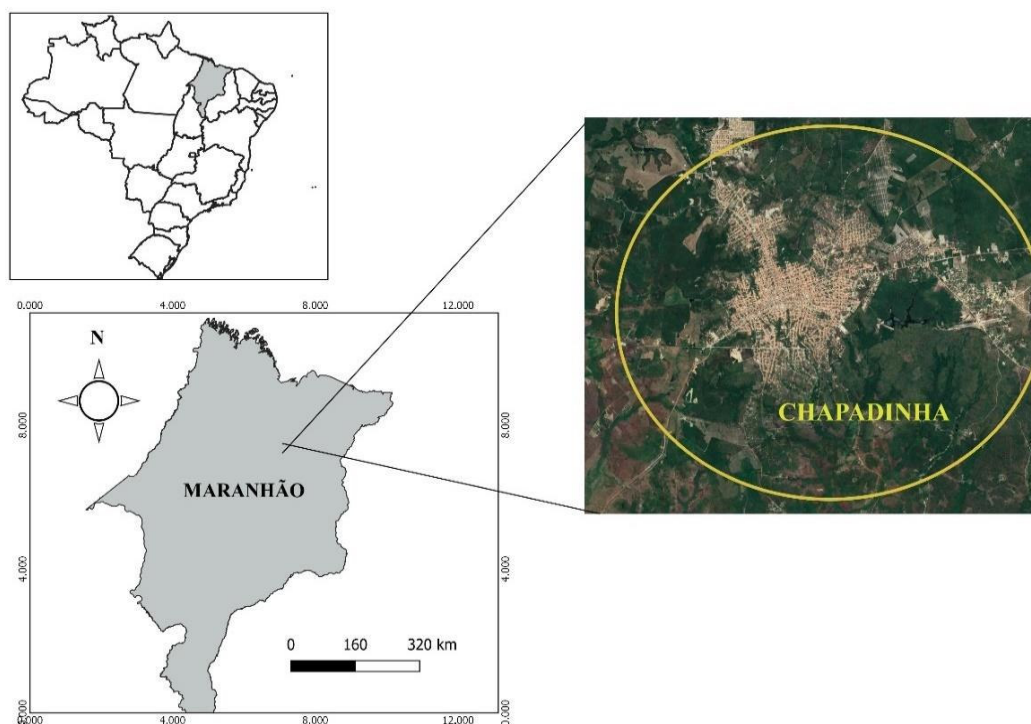


Figura 1: Localização da área experimental (Fonte: Autor).

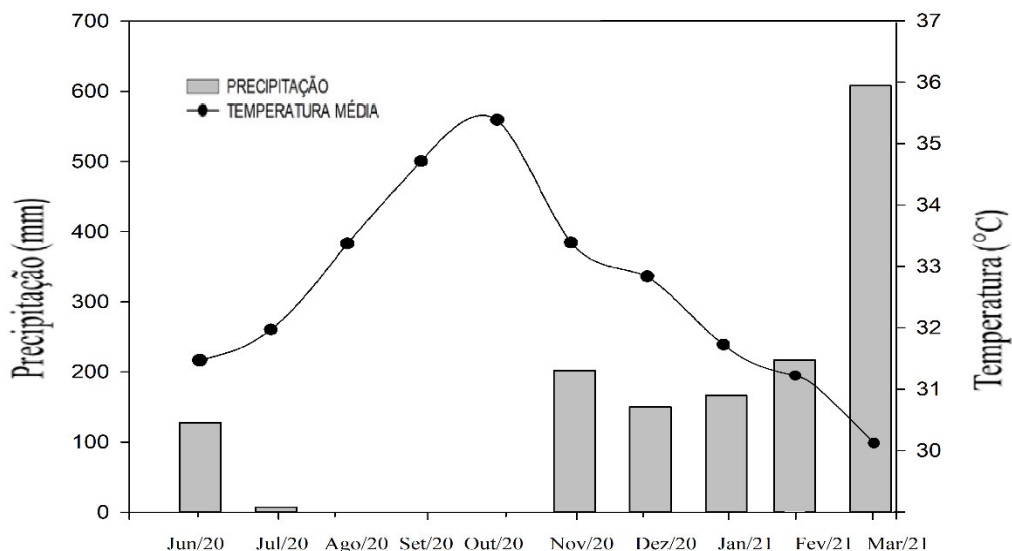


Figura 2: Temperatura e precipitação média mensal durante o período experimental.

4.2 Instalação, condução do experimento, e delineamento experimental

O estudo teve início com a aplicação das fontes nitrogenadas minerais (ureia e ureia revestida), e orgânicas (cama de frango e dejetos suíno). Todas as fontes nitrogenadas atenderam aos requisitos necessários, e foram padronizadas para atingir uma dose de 100 kg ha⁻¹ K₂O em todas as parcelas experimentais com a aplicação do cloreto de potássio. As cultivares de cana-de-açúcar utilizadas para determinar a produtividade foram a RB 867515, RB 863129 e RB 92579.

Para o terceiro ano de avaliação, a área experimental passou por aplicação de dois adubos orgânicos (dejetos suíno e cama de aves) e minerais (ureia e ureia revestida com H₃BO₃ e CuSO₄), e somente a variedade RB 867515 foi escolhida para demais análises por apresentar rendimento superior em relação às outras cultivares.

Tabela 1: Teor de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) dos adubos orgânicos e minerais a serem utilizados no experimento.

Adubos	MS	MO	N	P	K
	%			g kg ⁻¹	
Cama de Frango	85,90	50,98	40,54	15,86	19,90
Dejeto Suíno	2,54	74,34	16,67	6,64	7,46
Ureia	---	---	45,67	---	---
Ureia revestida	---	---	45,83	---	---

Para os parâmetros de decomposição da palhada, o delineamento utilizado foi em blocos ao acaso, onde os blocos foram os períodos de incubação (15, 30, 60, 90, 120, 150 e 180 dias), e as parcelas foram os tratamentos (ureia, ureia revestida, cama de frango e dejetos suíno).

4.3 Avaliações

Com o intuito de verificar a dinâmica da decomposição da palhada durante o ciclo da cultura, antes da adubação nitrogenada os resíduos vegetais (palhada) da cana-de-açúcar, foram coletados manualmente e submetidos à secagem. Após secagem, pesou-se 25 g do resíduo, o qual foi acondicionado em litter bags confeccionados em nylon com malha de 2 mm, nas dimensões de 40 cm largura x 40 cm de altura. Em seguida os litter bags foram distribuídos nas áreas úteis das parcelas experimentais. As amostras foram colocadas no campo após a adubação, e as coletas ocorreram aos 15, 30, 60, 90, 120, 150 e 180 dias após a acomodação dos litter bags, totalizando sete coletas. Em cada coleta foi retirada uma repetição (um litter bag) de cada parcela, totalizando 20 amostras por coleta. Após retirado do campo, o material seguiu para laboratório onde foi seco e pesado, seguindo a metodologia de Fortes (2010). O cálculo das porcentagens de decomposição foi realizado pelas diferenças entre as massas, utilizou-se a seguinte fórmula:

$$f = a * \exp(-b * x); \%d=(d*100)/Z_i$$

Onde: f = equação exponencial de decaimento; a = estimativa da média do conteúdo orgânico inicial; exp = fator de correção médio; b = conteúdo final de cada amostra; d = decomposição Zi = matéria seca final de cada amostra.

Os dados obtidos foram ajustados ao modelo exponencial, com a taxa de resíduos remanescentes em função do tempo ($TR=100.e^{-k \cdot (t)}$), da qual se extraiu a constante (k) para o cálculo de meia vida ($T^{1/2} = \ln 2 / k$) e tempo de reciclagem ($r = 1 / k$) do material vegetal.

Os dados para densidade e porosidade total foram obtidos por meio do método proposto pela Embrapa, (1997). Foram realizadas coletas de amostras indeformadas com o auxílio de um amostrador de Uhland. As amostras foram acomodadas em bandeja de plástico com 50% da sua capacidade preenchida por água, afim de favorecer a saturação

das amostras. Após saturadas, as amostras foram secas em estufa a 105°C por 24 horas e tiveram seus pesos aferidos. Por diferença entre o peso saturado e o insaturado, determinou-se os teores de densidade e porosidade total do solo.

Para verificar o rendimento da cana-de-açúcar, foi realizada a estimativa da produtividade de colmos em uma área de 3 m² em cada parcela experimental. Para tal, foi feita a pesagem do material presente dentro da área amostral (3m²), sendo posteriormente esses dados extrapolados para tonelada por hectare.

Os resultados obtidos foram analisados por meio do procedimento MIXED, do programa SAS, (2015). As médias foram obtidas pelo comando LSMEANS com ajuste para o teste Tukey para fornecer as comparações múltiplas.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Densidade e Porosidade total

Para os parâmetros densidade do solo (Ds) e porosidade total não houve diferença significativa (Tabela 2). Os maiores valores médios absolutos mostraram que as camadas subsuperficiais obtiveram menores densidades, observa-se que quanto maior a profundidade maior é a densidade, tal fato pode ser justificado pelo alto teor de matéria orgânica presente nas camadas superficiais do solo, em detrimento da aplicação dos resíduos orgânicos e/ou da decomposição da palhada no solo proporcionado pelo aumento da atividade microbiana do solo. Segundo Burak et al. (2010) a densidade não é influenciada pelo teor de matéria orgânica encontrada em sua composição.

Tabela 2. Densidade (g m⁻³) e Porosidade total (%) em função da fonte nitrogenada.

Profundidade	Densidade		Porosidade	
	-----(g cm ³)-----		-----(%)-----	
	Ano 1	Ano 3	Ano1	Ano 3
----- Ureia -----				
0 – 5	1,50Aa	1,39A	43Aa	40Aa
5 – 10	1,52Aa	1,58A	47Aa	42Aa
10 – 20	1,54Aa	1,61A	47Aa	37Aa
----- Ureia Revestida -----				
0 – 5	1,49Aa	1,42Aa	44Aa	44Aa
5 – 10	1,51Aa	1,53Aa	44Aa	36Aa
10 – 20	1,54Aa	1,53Aa	47Aa	41Aa
----- Cama de frango-----				
0 – 5	1,52Aa	1,38Aa	43Aa	41Aa
5 – 10	1,52Aa	1,49Aa	43Aa	48Aa
10 – 20	1,55Aa	1,49Aa	45Aa	43Aa

----- Dejeito suíno-----				
0 – 5	1,49Aa	1,45Aa	44Aa	47Aa
5 – 10	1,53Aa	1,51Aa	46Aa	45Aa
10 – 20	1,52Aa	1,59Aa	45Aa	40Aa
----- Controle-----				
0 – 5	1,44Aa	1,46Aa	43Aa	45Aa
5 – 10	1,48Aa	1,56Aa	45Aa	43Aa
10 – 20	1,50Aa	1,63Aa	43Aa	42Aa

Letras maiúsculas diferentes entre os anos de avaliação, e minúsculas diferentes dentro do tratamento para as profundidades apresentaram diferença significativa a 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

Embora não tenha sido observado efeito significativo o tratamento utilizando cama de frango apresentou os melhores valores médios para esta variável até nas camadas mais profundas do solo. Valadão et al. (2011) também não encontrou efeito da cama de frango na redução da densidade e atribui à baixa dose de material orgânico utilizada, que não foi suficiente para reduzir a densidade superficial. A densidade é crucial no desenvolvimento das plantas, sua elevação ocasiona aumento da resistência mecânica à penetração de raízes, altera a movimentação de água e nutrientes, a difusão de oxigênio e outros gases, levando ao acúmulo de gás carbônico na área radicular (ISHAQ et al., 2001; MALTA et al., 2019).

No estudo da densidade em profundidade, observa-se que no tratamento controle essa propriedade tende a ser maior na camada de 10 a 20 cm, enquanto nos tratamentos com a adição de N orgânico ou mineral, ocorre o inverso, ou seja, a densidade tende a ser menor em subsuperfície. Segundo Souza e Alves (2003) isso ocorre devido ao adensamento natural dos solos do Cerrado, que apresenta diminuição da matéria orgânica em profundidade e está submetida ao peso das camadas subjacentes.

Os resultados indicaram que a aplicação de adubos orgânicos melhorou a estrutura dos poros do solo, mas não apresentou efeito significativo com a aplicação de fertilizante inorgânico (Tabela 2). A porosidade total apresenta uma relação inversamente proporcional a densidade do solo, ou seja, quanto a maior quantidade de poros apresenta a menor densidade (WENDLING et al., 2012). Ocorre que, o conteúdo de carbono orgânico do solo e a estabilidade de agregados diminui a densidade do solo e aumentar a porosidade do solo (DAL FERRO et al., 2013).

De acordo com Valadão (2011) a adição de adubos orgânicos em cultivos agrícolas contribui para o aumento dos estoques de matéria orgânica no solo. Logo, essa matéria assume um papel importante por apresentar baixa densidade e capacidade de aumentar a estabilidade de agregados (CASTRO FILHO et al., 1998), o que eleva a

porosidade e melhoria da estrutura do solo, favorecendo a maior disponibilidade e retenção de água no solo e menor resistência à penetração das raízes.

5.2 Decomposição da palhada

A taxa de decomposição da palhada ajustou-se significativamente pela equação de cinética de primeira ordem, independentemente dos tratamentos (Figura 3). Um dos indicativos para que o processo de decomposição tenha sido semelhante entre os tratamentos de interesse pode estar relacionado as condições edáficas da região do experimento, quente e úmido, condições favoráveis a decomposição.

Ainda, sob condições não limitantes de temperatura e umidade no solo, a decomposição da palha de cana-de-açúcar também é influenciada pela sua composição, principalmente relação C/N, teores de lignina, celulose, hemicelulose e polifenóis do resíduo (FORTES et al. 2012; SANTOS et al. 2012). A disponibilidade de N também desempenha papel-chave no processo de decomposição da palha (POTRICH et al. 2014).

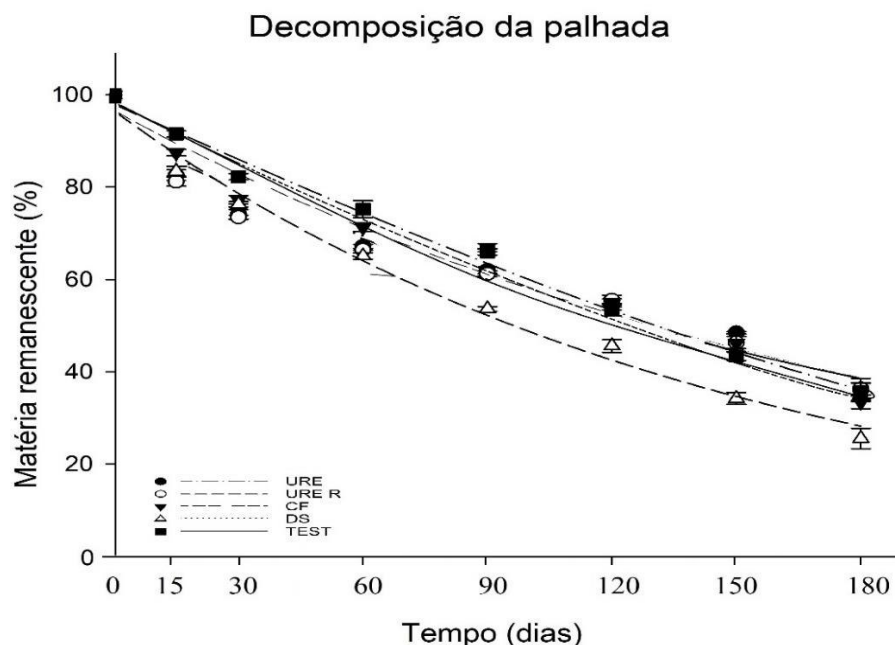


Figura 3: Curva de decomposição da palhada de cana-de-açúcar em função da fonte nitrogenada em solo no cerrado Maranhense.

De acordo com Robertson e Thorburn (2007) também encontraram correlação positiva entre a intensidade de chuvas e decomposição da biomassa da cana-de-açúcar. Fortes et al. (2012) e Benedetti (2014) além das condições climáticas favoráveis,

atribuíram os resultados de perda de massa, também à queda acentuada de açúcares e proteínas presentes nesta biomassa.

A quantidade e a distribuição das chuvas é um fator catalizador de todas as reações que envolvem a degradação do material vegetal no solo. Assim, as altas precipitações durante o início e final do experimento (Figura 4) pode ter sido fundamental para elevar o conteúdo de água no solo, permitindo a motilidade dos microrganismos, além de estimular o desempenho da comunidade decompositora. Além de ter contribuído para que o fertilizante mineral, aplicado após instalação, reagisse satisfatoriamente no solo.

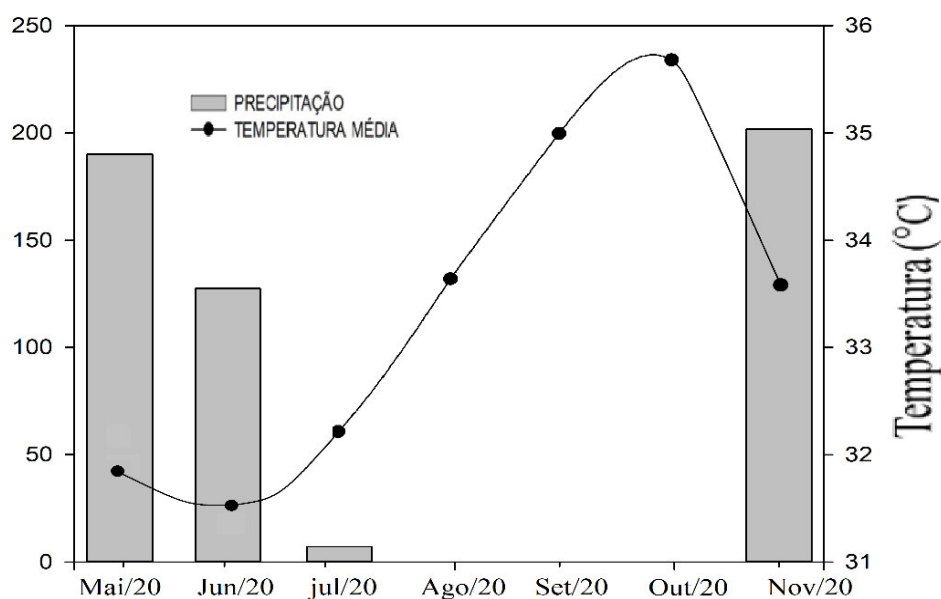


Figura 4: Precipitação média mensal (mm) e Temperatura média (°C) durante o período experimental. Chapadinha–Ma. Fonte: INMET.

Segundo Santana et al. (2011), a decomposição é resultante não apenas temperatura e umidade, é possível que a quantidade de material tenha relação nesse processo, condição com menos palha, a decomposição tende a ser mais acentuada, pelo maior contato deste resíduo com o solo e pela aeração, o que pode ter ocorrido nesse experimento, no qual é limitado a parcelas experimentais.

Observa-se uma taxa de decomposição decrescente e tende a ser maior ao longo do tempo, no período inicial a decomposição se comporta lentamente, já aos 180 dias é mais acentuada, ainda nota-se que essa taxa de decomposição foi superior ao final do experimento, quando ocorreu a aplicação de dejetos. Para Alves (2020) essa tendência estar relacionada à adaptação dos microrganismos decompositores presentes no solo. A microbiota inicialmente atua na decomposição de compostos menos recalcitrantes

(materiais menos fibrosos presentes no solo), e à medida que se adapta, ela inicia a atuação em substratos mais recalcitrantes, como a palhada da cana (YAMAGUCHI et al., 2012).

O tempo de meia vida ($t^{1/2}$, tempo requerido em meses para decompor 50% da MS inicial), demorou em média 130 dias para redução do material. Entretanto, a dinâmica da decomposição ocorre principalmente em função da qualidade do material (GARCÍAPALACIOS et al., 2013), o que envolve a relação C:N e o conteúdo de celulose, hemicelulose e lignina presente no resíduo (SANTOS et al., 2012). A composição média desses carboidratos estruturais na palha de cana-de-açúcar é de 30-40% celulose, 25-29% hemicelulose e 18-24% lignina e uma pequena quantidade de cinzas, com variações entre as diferentes variedades (SANTOS et al., 2012; MENANDRO et al., 2017). Esses materiais apresentam composição química elevada e dificultam a degradação da palhada.

Os tratamentos utilizando adubos orgânicos se comportaram de maneira antagônica. O DS apresentou o menor $T^{1/2}$ (115,4), enquanto o CF apresentou o maior $T^{1/2}$ (126,3) em relação aos adubos inorgânicos (Tabela 3), tal fato deve estar ligado a relação C:N dos materiais. Segundo Potrich et al. (2014) a eficiência como fonte de imobilização de N é maior quando se usa DS em relação a CF, devido sua menor relação C/N. A mineralização da palhada nos cerrados ocorre de forma acelerada e pode chegar a 10 vezes mais em regiões tropicais e subtropicais, quando comparadas as regiões temperadas (LAL; LOGAN, 1995).

Segundo Trivelin et al. (1995) a palhada de cana-de-açúcar possui em média 390 a 450 g kh^{-1} de C e 4,6 a 6,5 g kg^{-1} de N, o que caracteriza uma razão C:N em torno de 100. Dessa forma se espera uma intensa imobilização do N no solo, já que para a mineralização do material pela massa microbiana, relação C:N seria um valor abaixo de 20. Portanto, a microbiota necessita imobilizar N de outras fontes para favorecer a decomposição (COSTA et al., 2014).

Tabela 2: Tempo de meia vida ($T_{1/2}$), Coeficiente de determinação (R^2) e Constante de decomposição (K) da palhada de cana-de-açúcar em função da fonte nitrogenada em solo no cerrado Maranhense.

Tratamentos	Parâmetros		
	$T^{1/2}$	R^2	K
Ure	125,8	0,9755	0,0048
Ure R	125,7	0,9728	0,0048
CF	126,3	0,9828	0,0051
DS	115,4	0,9944	0,0068
CON	132,6	0,9952	0,0053

Ure: Ureia comum; Ure R: Ureia Revestida; CF: Cama de Frango; DS: Dejeito suíno e Con: Controle.

Para Potrich et al. (2014) e Vitti et al. (2008) a adubação nitrogenada é de suma importância sobre a palhada da cultura quando é necessário decomposição mais rápida do material vegetal presente sobre o solo, no qual ao estudarem a mineralização da palhada de cana-de-açúcar submetida a diferentes doses de N, observaram que na ausência da adubação nitrogenada houve menor decomposição do resíduo.

Resultados semelhantes aos deste estudo foram encontrados por Alves (2020), no qual a adubação orgânica promoveu um menor $T^{1/2}$, logo, afirmou que essa característica está relacionada ao fato de os adubos orgânicos promovem a disponibilização do nutriente de forma gradual e com menores perdas, estimulando a maior decomposição do material.

5.3 Produtividade dos colmos

Para os dados de produtividade, observou efeito significativo ($p < 0,05$) (Figura 5). No qual a cultivar RB 867515 apresentou o melhor rendimento médio de 101 t colmos $há^{-1}$, seguida pela RB 92579 e RB 863129, com produtividade média de 91 t colmos h^{-1} e 72 t colmos $há^{-1}$, respectivamente. O crescimento da cultura dura quase o ano todo, sendo uma das plantas mais eficientes em produção de biomassa, sua produção está intimamente ligada a diversos fatores, entre eles, a genética da cultivar e as condições edáficas no qual a cultura é inserida.

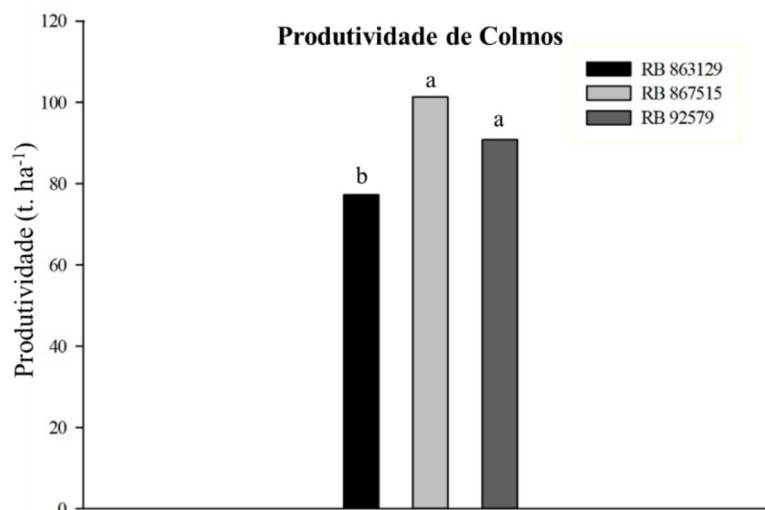


Figura 5. Produtividade das cultivares de cana-de-açúcar para o Ano 1 (cana-planta). Fonte: ALVES, A.S (2020). Letras diferentes apresentam diferença significativa a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

A produtividade de colmos no primeiro ano é maior do que nos anos subsequentes, varia de 150 a 200 t ha⁻¹, e nos anos seguintes gira em torno de 70 t ha⁻¹ (CANTARELLA, 2010). Desta maneira, a cultivar escolhida para continuidade do ano 3 foi a RB 867515

Com relação à produtividade, após adubação nitrogenada com fontes orgânicas e minerais não houve diferença significativa, todavia, o uso de N (orgânico e mineral) apresentou efeito significativo quando comparado com o controle (Figura 6). A produtividade da cana-de-açúcar não se restringe apenas a luminosidade, temperatura, ou disponibilidade de água, mas aos teores adequados de nutrientes essenciais a planta, com destaque para o nitrogênio (N) (TRIVELIN; VITTI, 2006). Apesar deste elemento representar apenas 1% da matéria seca da cana e ser o segundo nutriente mais extraído pela cultura (CASTRO, 2016).

Resultados semelhantes a este estudo foram encontrados por Nolla et al. (2015), no qual não observaram diferenças significativas na produtividade da cana-de-açúcar entre tratamentos submetidos às adubações orgânicas e minerais. Em contrapartida Mariano et al. (2016) e Cusciol et al. (2020) avaliaram a aplicação de N organomineral na cana-de-açúcar observaram biomassa e conteúdo de nutrientes comparáveis ou superiores em relação aos fertilizantes de N mineral. Ramos et al. (2017) também consta o maior rendimento de colmos com aplicação de fertilizante organomineral em comparação com cama de frango e fertilizantes mineral na cana-planta.

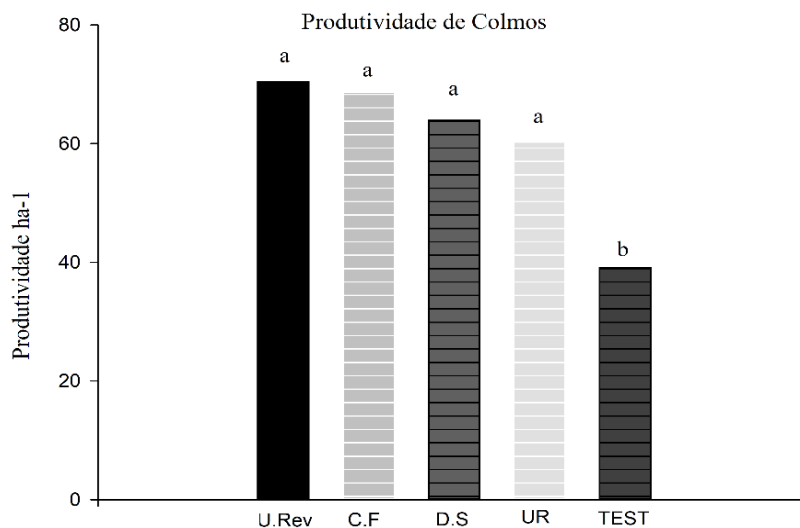


Figura 6: Produtividade das cultivares de cana-de-açúcar por tratamento para o Ano 3. Letras diferentes apresentam diferença significativa a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Embora não tenha observado efeito significativo nota-se que a maior produtividade quando se aplicou ureia revestida ($70,48 \text{ t ha}^{-1}$), seguida da adubação orgânica, cama de frango ($68,59 \text{ t ha}^{-1}$) e dejetos de suíno ($63,94 \text{ t ha}^{-1}$) e, ureia ($60,26 \text{ t ha}^{-1}$). A utilização de fertilizantes de liberação controlada tem demonstrado eficiência agrônômica, diminui perdas, sincroniza a liberação de nutrientes com a demanda das culturas (CAHILL et al. 2010) e possibilitar o aumento da eficiência de recuperação do nutriente aplicado ao solo (MOTAVALLI et al. 2008)

A ureia revestida é um fertilizante de liberação controlada composto por grânulos de uma ou mais camadas protetoras (MARTINS et al., 2014). Como proteção, dentre outras substâncias, têm sido utilizados polímeros ou resinas permeáveis à água, aplicados em camadas, que, supostamente, regulam o processo de liberação do nutriente contido no interior das camadas protetoras (SILVA et al. 2012).

A aplicação das fontes orgânicas a produtividade foi superior com a cama de frango, proporcionou uma maior produtividade da cana-de-açúcar, em relação ao dejetos de suínos. Esses resultados podem ser explicados pelas perdas de N, quantidade de material e tempo. Assis (2007), avaliando a influência da fertilização com cama de aviário na produtividade, observou que a influência da fertilização na produtividade ocorreu apenas na segunda safra e foi mais significativa com doses maiores de cama de frango.

Matsuoka et al. (2002) afirmam que a fertilização com resíduos orgânicos é viável, com rendimentos agrícolas semelhantes aos obtidos com fertilizantes minerais na

produção de cana-de-açúcar. Anjos et al. (2007) concluíram que é possível substituir os minerais por fertilizantes orgânicos sem perda de produtividade de colmos e açúcar.

Os resultados mostram que a adoção de novas práticas agrícolas, como o uso de fertilizantes orgânicos, depende de sua eficiência e viabilidade, que podem apoiar os produtores na maximização de rendimentos produtivos e tem se mostrado como uma alternativa sustentável e economicamente na produção agrícola mundial.

6 CONCLUSÃO

- A aplicação de adubos orgânicos como fonte de N promoveu melhorias nas frações física do solo.
- Acelerou a decomposição da palha de cana-de-açúcar mantida sobre a superfície e promoveu melhorias no rendimento produtivo.
- Fertilizantes de eficiência aprimorada, como fontes de liberação controlada, são estratégias promissoras para diminuir as taxas de N e proporcionar maior sustentabilidade aos sistemas de produção de cana-de-açúcar.
- Recomenda-se o uso de fertilizante orgânico, como estratégia na redução de custos operacionais e na busca por uma agricultura sustentável.

REFERÊNCIAS

- ALVES, A. S. **Adubação orgânica e manutenção da palhada na cana-de-açúcar: efeitos na volatilização de amônia, parâmetros químicos e físicos do solo e produtividade.** Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Federal do Maranhão, Chapadina-MA, 2020.
- ANDA - Associação Nacional para Difusão de Adubos. Pesquisa Setorial. Disponível em: www.anda.org.br. Acesso em 20 out de 2020.
- ANJOS, I.A.; ANDRADE, J.C.G.; FIGUEIREDO, P.A.M.; CARVALHO, G. J. Efeitos da adubação orgânica e da época da colheita na qualidade da matéria-prima e nos rendimentos agrícola e de açúcar mascavo artesanal de duas cultivares de cana-de-açúcar (cana-planta). **Ciências Agrotécnicas**, v.31, n.1, p.59-63, 2007.
- ARAÚJO, D. F. C.; SOBRINHO, F. L. A. A cultura agrícola da cana-de-açúcar no Brasil: contribuição ao estudo dos territórios rurais e suas contradições e conflitos. **GEOPAUTA**, v. 4, n. 1, p. 162-183, 2020.
- ARCOVERDE, S. N. S.; SOUZA, C. M. A.; ORLANDO, R. C.; SILVA, M. M.; NASCIMENTO, J. M. Crescimento inicial de cultivares de cana-de-açúcar em plantio de inverno sob preparos conservacionistas do solo. **Revista Engenharia na Agricultura**, v. 27, n. 2, p. 142-156, 2019.
- ASSIS D. F. **Produtividade composição bromatológica de Brachiaria decumbens após segundo ano de aplicação de dejetos de aves e suínos.** Uberlândia: 101 p. 2007. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) -Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2007.
- ASSIS, P. C., STONE, L. F., MEDEIROS, J. C., MADARI, B. E., OLIVEIRA, J. D. M., & WRUCK, F. J. Atributos físicos do solo em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, p. 309-316, 2015.
- BARROS, R. P. DE; VIÉGAS, P. R. A.; SILVA, T. L. DA; SOUZA, R. M. DE; BARBOSA. L.; VIÉGAS, R. A.; BARRETTO, M. C. DE V.; MELO, A. S. DE. Alterações em atributos químicos de solo cultivado com cana-de-açúcar e adição de vinhaça, **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.40, p.341-346, 2010.
- BENEDETTI, M. M. **Palha de cana-de-açúcar em condição de cerrado: decomposição e disponibilidade de nutrientes.** 2014. 78f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade de Uberlândia, Uberlândia-MG, 2014.
- BEZERRA, J. D. C.; FERREIRA, G. D. G.; OLIVEIRA, M. W. de.; CAMPOS, J. M. de. S.; ANDRADE, A. P. de.; NASCIMENTO JÚNIOR, J. R. S. do. Cana-de-açúcar: Melhoramento genético e suas finalidades forrageiras. **Nucleus Animalium**, v.10, n.2, p. 131-147, 2018.
- BORGES, A. L.; SILVA, T. O.; CALDAS, R. C.; ALMEIDA, I. E. Adubação nitrogenada para bananeira “terra” (Musa sp. AAB, subgrupo Terra). **Revista Brasileira**

de **Fruticultura**, v.24, p.189-193, 2012.

BOSCHIERO, B. N. **Adubação nitrogenada em soqueiras de cana-de-açúcar: influência do uso em longo prazo de fontes e/ou doses de nitrogênio**. 2017. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

BRAGA, G. N. M. A Importância e o manejo da Adubação Orgânica. Disponível em: <https://agronomiacomgismonti.blogspot.com/2010/10/importancia-e-o-manejo-da-adubacao.html>. Acesso em: 08 set. 2019.

BURAK, D. L.; PASSOS, R. R.; SARNAGLIA, S. A. Utilização de análise multivariada na avaliação de parâmetros geomorfológicos e atributos físicos do solo. **Enciclopédia Biosfera**, v. 6, n. 9, p. 1-11, 2010.

CAHILL, S. Et al. Evaluation of alternative nitrogen fertilizers for corn and winter wheat production. **Agronomy Journal**, v. 102, n. 4, p. 1226-1236, 2010.

CARVALHO, I. R.; SZARESKI, J. V.; SILVA, J. A. G.; NUNES, A. C. P.; ROSA, T. C.; BARBOSA, M. H.; MAGANO, D. A.; CONTE, G. G.; CARON, B. O.; SOUZA, V. Q. Multivariate best linear unbiased predictor as a tool to improve multi-trait selection in sugarcane **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v.55, e00518.

CARVALHO, J. L. N.; NOGUEIROL, R. C.; MENANDRO, L. M. S.; BORDONAL, R. D. O.; BORGES, C. D.; CANTARELLA, H.; FRANCO, H. C. J. Agronomic and environmental implications of sugarcane straw removal: a major review. **Gcb Bioenergy**, v.9, p.1181-1195, 2017.

CASTRO FILHO, C.; MUZILLI, O.; PODANOSCHI, A. L. Estabilidade dos agregados e sua relação com o teor de carbono orgânico num LATOSSOLO ROXO distrófico, em função de sistemas de plantio, rotações de culturas e métodos de preparo das amostras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, n. 3, p. 527 – 538, 1998.

CASTRO, A. M. C.; SANTOS, K. H.; MIGLIORANZA, E.; GOMES, C. J. A.; MARCHIONE, M. S. Avaliação de atributos físicos do solo em diferentes anos de cultivo de cana-de-açúcar. **Revista Agrarian**, v. 6, n. 22, p. 415-422, 2013.

CASTRO, P. R. C. **Fisiologia Aplicada à Cana-de-açúcar**. 1. Ed. Piracicaba: STAB, 2016. V. 1. 208p.

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da safra brasileira, v. 8 – Safra 2021-22, n. 2- Segundo levantamento, p. 1-62, 2021.

CONAB. (2021). Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira: Cana-de-açúcar. Safra 2020/2021. Quarto levantamento. N. 4.

COSTA, M.; SHIGAKI, F.; ALVES, B.; KLEINMAN, P.; PEREIRA, M. Swine manure application methods effects on ammonia volatilization, forage quality, and yield in the Pre-Amazon Region of Brazil. **Chilean journal of agricultural research**, v.74, n.3, p.311-318, 2014.

CRUSCIOL, C. A. C.; CAMPOS, M. D.; MARTELLO, J. M.; ALVES, C. J.; NASCIMENTO, C. A. C.; PEREIRA, J. C. R.; CANTARELLA, H. Organomineral Fertilizer as Source of P and K for Sugarcane. **Scientific Reports**, v.10, n.5398, 2020.

DUTRA FILHO, J. A.; CALSA JÚNIOR, T.; SIMÕES NETO, D. E.; SOUTO, L. S.; LUNA, R. G.; SOUZA, A. S.; OLIVEIRA, O. H.; SILVA, F. A. C. Sugarcane genotypes selection in three harvest times. **Research, Society and Development**, v.9, n.9, e461997187, 2020.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Definição e notação de horizontes e camadas do solo. Rio de Janeiro, **EMBRAPA/SNLCS**, 2005. 54p.

FARIAS, F. J. **Atributos físicos, químicos e microbiológicos do solo em sistema agroecológico de produção**. São Cristóvão, Sergipe. 2018. 41 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Tecnologia em Agroecologia) – Instituto Federal de Sergipe, Sergipe. 2018.

FORTES, C.; TRIVELIN, P. C. O; AND VITTI, A. C. Long-term decomposition of sugarcane harvest residues in Sao Paulo state, Brazil. **Biomass and Bioenergy**, 42, 189-198, 2012.

FREITAS, D. A. F.; SILVA, M. L. N.; CARDOSO, E. L.; CURTI, N. Índices de qualidade do solo sob diferentes sistemas de uso e manejo florestal e cerrado nativo adjacente. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 43, n. 3, p. 417-428, jul-set, 2012.

FREITAS, G. A. et al. Adubação orgânica no sulco de plantio e sua influência no desenvolvimento do sorgo. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 3, n. 1, p. 61-67, 2012.

GARCÍA-PALACIOS, P.; MAESTRE, F.T.; KATTGE, J.; WALL, D.H. Climate and litter quality differently modulate the effects of soil fauna on litter decomposition across biomes. **Ecology Letters**, v. 16, p. 1045–1053, 2013.

GAZOLA, T.; CIPOLA FILHO, M. L.; JÚNIOR, N. C, F. Avaliação de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar provenientes de substratos elaborados a adubação química e orgânica. **Científica**, v.45, p.300 – 306, 2017.

GIACHINI, C. F.; FERRAZ, M. V. Benefícios da utilização de vinhaça em terras de plantio de cana-de-açúcar - revisão de literatura. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, v.3, 1-15, 2009.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) Levantamento Sistemático da Produção Agrícola; Brasil, 2020.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. (2020). Banco de dados meteorológicos para educação e pesquisa.

JÚNIOR, A. J. M.; ALVES, A. B.; BAZELA, C.; FARIA, F. A. Torta de filtro e micronutrientes no plantio de cana-de-açúcar. **Ciência & Tecnologia**, v.12, n.1, p. 110-124, 2020.

KORNDÖRFER, G. H.; ANDERSON, D. L. Use and impact of sugarcane residues vinasse and filter on sugarcane production in Brazil. **Sugar y azucar, Englewood Cliffs**, v. 3, p.26-35, 1997.

KORNDÖRFER, G.H. Resposta da cultura da cana-de-açúcar à adubação fosfatada. **Informações Agronômicas**, v.102, p.7, jun. 2003.

LAL, R.; LOGAN, T. J. Agricultural activities and greenhouse gas emissions from soils of the tropics. In: LAL, R.; KIMBLE, J. M.; LEVINE, E.; STEWART, B. A. (Ed.). **Soil management greenhouse effect. Boca Raton: CRC Press**, 1995. p. 293-307.

LANDGRAF, M.D.; MESSIAS, R.A.; REZENDE, M.O.O. A Importância Ambiental da Vermicompostagem: Vantagens e Aplicação. São Carlos: Ed. **Rima**,2005. 106p.

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

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas: Princípios e aplicações. 2 Ed., Piracicaba: **Potafos**, 1997, 201p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. de. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Piracicaba: **Potafos**, 1989. 201p.

MALTA, A. O.; PEREIRA, W. E.; TORRES, M. N. N.; DE MALTA, A. O.; DA SILVA, E. S.; DA SILVA, S. I. A. Atributos físicos e químicos do solo cultivado com graviola, sob adubação orgânica e mineral. **PesquisAgro**, v.2, n.1, p. 11-23, 2019.

MARIANO, E.; LEITE, J. M.; VIEIRA- MEGDA, M. X.; CIAMPITTI, I. A.; VITTI, A. C.; FARONI, C. E.; TRIVELIN, P. C. Biomass and nutrient content by sugarcane as affected by fertilizer nitrogen sources. **Crop science**, v. 56, n. 3, p. 1234-1244, 2016.

MARTINS, I. S.; CAZETTA, J. O.; FUKUDA, A. J. F. Condições, modos de aplicação e doses de ureia revestida por polímeros na cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 44, p. 271-279, 2014.

MASARIRAMBI, M. T., MANDISODZA, F. C., MASHINGAIDZE, A. B., & BHEBHE, E. Influence of Plant Population and Seed Tuber Size on Growth and Yield Components of Potato (*Solanum tuberosum*). **International Journal of Agriculture & Biology**, v. 14, n. 4, 2012.

MATSUOKA S.; MARGARIDO L. A. C.; LAVORENTI N. A.; ELIAS JÚNIOR, PINELL D. M. Comportamento de variedades de cana-de-açúcar em um sistema orgânico de produção. In: congresso nacional da stab, 8. **Anais...** Recife: STAB. p. 301-308, 2002.

MENANDRO, L.M.S; CANTARELLA, H.; FRANCO, H.C.J; KÖLLN, O.T.; PIMENTA, M.T.B; SANCHES, G.M.; RABELO, S.C.; CARVALHO, JLN.

Comprehensive assessment of sugarcane straw: implications for biomass and bioenergy production. **Biofuels, Bioproducts & Biorefining**, v. 11, p. 488-504, 2017.

MIALICHI JÚNIOR, A. J.; BATISTA ALVES, A.; BAZELA, C. .; FARIA, F. A. TORTA DE FILTRO E MICRONUTRIENTES NO PLANTIO DE CANA-DE-AÇÚCAR. **Ciência & Tecnologia**, v. 12, n. 1, p. 110-124, 2020.

MOTAVALLI, P. P.; GOYNE, K. W.; UDAWATTA, R. Environmental impacts of enhanced-efficiency nitrogen fertilizers. **Crop Management**, v. 7, n. 1, 2008.

NADALETI, W.C.; LOURENCO, V. A.; FILHO, P.B.; SANTOS, G. B.; PRZYBYLA, G. National potential production of methane and electrical energy from sugarcane vinasse in Brazil: a thermo-economic analysis, **Journal of Environmental Chemical Engineering**, 2019.

NOLLA, T. C. C.; MEDEIROS, F. W. B. Volatilização de N-NH₃ na cultura de cana-de-açúcar submetida a adubação organomineral. **PUBVET**, v.2, p.44-57, 2015.

OLIVEIRA, M. W.; FREIRE, F. M.; MACÊDO, G. A. R.; FERREIRA, J. J. Nutrição mineral e adubação da cana-de-açúcar. **Informe Agropecuário, Belo Horizonte**, v. 28, n. 239, p. 30-43, 2007.

OLIVEIRA, M.W.; BARBOSA, M.H.P; MENDES, L.C., DAMASCENO, C.M. Nutrientes na palhada de dez cultivares de cana-de-açúcar. STAB: açúcar, álcool e subprodutos, **Piracicaba**, v.21, n.3, p.6-7, 2002.

OLIVEIRA, M.W.; TRIVELIN, P.C.O.; PENATTI, C.P.; PICCOLO, M. de C. Decomposição e liberação de nutrientes da palhada de cana-de-açúcar em campo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v.34, n.12, p.2359-2362, dez. 1999.

OLIVEIRA, O. H.; PINTO, M. C.; BARBOZA, J. B.; NETO, D. E. S.; DUTRA FILHO, J. A.; SOUTO, L. S.; LUNA, R. G.; SOUZA, A. S. Produção de biomassa de cana-de-açúcar em fase de estabelecimento. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v.7, n.17, p.1379-1389, 2020.

PEREIRA, M. J.; SANTOS, R. L. dos; SILVA, C. J. C. da; ATAIDE, L. dos S. C.; SANTOS, R. V. de S.; MONTE, I. R. do; SILVA, I. C. da; SANTOS, J. A. dos; SANTOS, M. B. da. C. Development of sugarcane varieties under foliar application of Nitrogen. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 8, p. 1-18, 2020.

POTRICH, D. C.; MARCHETTI, M. E.; POTRICH, D. C.; ENSINAS, S. C.; SERRA, A. P.; SILVA, E. F.; SOUZA, N. H. Decomposição de resíduos culturais de cana-de-açúcar submetidos a diferentes doses de nitrogênio. **Semina: Ciências Agrárias**, v.35, p.1751-1760, 2014.

ROBERTSON, F.A.; THORBURN, P.J. Decomposition of sugarcane harvest residue in different climatic zones. **Australian Journal of Soil Research**, v.45, p.1-11, 2007.

SANTANA, J. A.S.; DE ALMEIDA VIEIRA, F.; DA SILVA SOUTO, J.; GONDIM, S. C.; DA FONSECA, F. D. C. E. Decomposição da biomassa foliar de cana-de-açúcar em

um Neossolo na região de Areia-PB. **Revista Caatinga**, v. 24, n. 3, p. 28-32, 2011.

SANTOS, F. A.; DE QUEIRÓZ, J. H.; COLODETTE, J. L.; FERNANDES, S. A.; GUIMARÃES, V. M.; REZENDE, S. T. Potencial da palha de cana-de-açúcar para produção de etanol. **Química Nova**, 35, 1004-1010, 2012.

SILVA, A. A. et al. Aplicação de diferentes fontes de ureia de liberação gradual na cultura do milho. **Bioscience Journal**, v. 28, supl., p. 104-111, 2012.

SILVA, C. T. C. B. **Efeito da cobertura do solo sobre atributos físicos e microbiológicos**. São Cristóvão, Sergipe. 2019. 19 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Tecnologia em Agroecologia) – Instituto Federal de Sergipe, Sergipe. 2019.

SILVA, E. S. **Calagem em genótipos de cana-de-açúcar na primeira soca**. 2019. 40 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia)-Universidade Federal da Paraíba, Areia, PB, 2019.

SILVA, F. C.; BARBIERI, V.; CASTRO, A. Desenvolvimento de modelo computacional para estimar a produtividade potencial de cana de açúcar. In: **Embrapa Informática Agropecuária-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: MAGNONI JÚNIOR, L.; STEVENS, D.; SILVA, WTL da; VALE, JMF do; PURINI, SR de M.; MAGNONI, M. da GM; SEBASTIÃO, E.; BRANCO JÚNIOR, G.; ADORNO FILHO, EF; FIGUEIREDO, W. dos S.; SEBASTIÃO, I.(Org.). JC na Escola Ciência, Tecnologia e Sociedade: mobilizar o conhecimento para alimentar o Brasil. 2. ed. São Paulo: Centro Paula Souza, 2017., 2017.

SILVA, T. M. D.; RUIZ, J. G. C. L.; MARTINELLI, P. P.; COSTA, R. S. S. Adubação orgânica e mineral na produtividade e qualidade industrial da cana-de-açúcar. **Science and Technology Innovation in Agronomy**, v.1, n.1, p. 54-62, 2017.

SILVA, T. M. D.; RUIZ, J. G. C. L.; MARTINELLI, P. P.; COSTA, R. S. S. Adubação orgânica e mineral na produtividade e qualidade industrial da cana-de-açúcar. **Science and Technology Innovation in Agronomy**, v.1, n.1, p. 54-62, 2017.

SOUZA, Z. M.; ALVES, M. C. Propriedades físicas e teor de matéria orgânica em um Latossolo Vermelho de Cerrado sob diferentes usos e manejos. **Acta Science**, v.25, p.27-34, 2003.

TASSO JÚNIOR, L. C.; MARQUES, M. O.; FRANCO, A; NOGUEIRA, G. DE A.; NOBILE, F. O. DE; CAMILOTTI, F.; SILVA, A. R. Produtividade e Qualidade de Cana-de-açúcar cultivada em solo tratado com lodo de esgoto, vinhaça e adubos minerais. **Revista Engenharia Agrícola**, v.27, p.276-283, 2007

TRIVELIN, P. C. O.; VICTORIA, Reynaldo L.; RODRIGUES, J. C. S. Aproveitamento por soqueira de cana-de-açúcar de final de safra do nitrogênio da aquamônia-15N e uréia-15N aplicado ao solo em complemento à vinhaça. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 30, n. 12, p. 1375-1385, 1995.

TRIVELIN, P. C. O.; VITTI A. C. **Manejo do Nitrogênio e Enxofre na nutrição e**

adubação da cana-de-açúcar. CENA/USP, 2006. 47 p.

VALADÃO, F. C. D. A.; MAAS, K. D. B.; WEBER, O. L. D. S.; VALADÃO JÚNIOR, D. D.; SILVA, T. J. D. Variação nos atributos do solo em sistemas de manejo com adição de cama de frango. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 2073-2082, 2011.

VITTI, A. C.; TRIVELIN, P. C. O.; CANTARELLA, H.; FRANCO, H. C. J.; FARONI, C. E.; OTTO, R.; TRIVELIN, M. O.; TOVAJAR, J. G. Mineralização da palhada e crescimento de raízes de cana-de-açúcar relacionados com a adubação nitrogenada de plantio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 2757-2762, 2008.

VITTI, A. C.; TRIVELIN, P. C. O.; GAVA, G. J. D. C.; FRANCO, H. C. J.; BOLOGNA, I. R.; FARONI, C. E. Produtividade da cana-de-açúcar relacionada à localização de adubos nitrogenados aplicados sobre os resíduos culturais em canavial sem queima. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 3, p. 491-498, 2007.

VITTI, A. C., TRIVELIN, P. C. O., GAVA, G. J. D. C., FRANCO, H. C. J., BOLOGNA, I. R., & FARONI, C. E. Produtividade da cana-de-açúcar relacionada à localização de adubos nitrogenados aplicados sobre os resíduos culturais em canavial sem queima. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 3, p. 491-498, 2007.

WENDLING, B., VINHAL-FREITAS, I. C., DE OLIVEIRA, R. C., BABATA, M. M., & BORGES, E. N. Soil density, aggregation and porosity in cerrado conversion areas in the pine forest, pasture and plant direto. **Bioscience Journal**, v.28, n.1, 2012.

YAMAGUCHI, C., RAMOS, N., PACKER, A., de ANDRADE, C. A., & HIRANO, R. Dinâmica de decomposição de palhada de cana-de-açúcar. In Embrapa Meio Ambiente Artigo, Jaguariúna: **Embrapa Meio Ambiente**, 23, 56-43, 2012.