



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
UNIDADE ACADÊMICA DE SERRA TALHADA
COORDENAÇÃO DO CURSO DE AGRONOMIA**

**RENDIMENTO DO GERGELIM ADUBADO COM CINZAS DO BAGAÇO DA
CANA-DE-AÇÚCAR E IRRIGADO COM ÁGUA SALINA**

EDIMIR XAVIER LEAL FERRAZ

SERRA TALHADA – PE

2023

EDIMIR XAVIER LEAL FERRAZ

**RENDIMENTO DO GERGELIM ADUBADO COM CINZAS DO BAGAÇO DA
CANA-DE-AÇÚCAR IRRIGADO COM ÁGUA SALINA**

Monografia apresentada ao curso de Agronomia da Universidade Federal Rural de Pernambuco – Unidade Acadêmica de Serra Talhada, como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Raquele Mendes de Lira

Serra Talhada – PE

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

F381r

Ferraz, Edimir Xavier Leal

RENDIMENTO DO GERGELIM ADUBADO COM CINZAS DO BAGAÇO DA CANA-DE-AÇÚCAR E
IRRIGADO COM ÁGUA SALINA / Edimir Xavier Leal Ferraz. - 2023.
49 f. : il.

Orientadora: Raquele Mendes de Lira.
Inclui referências.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal Rural de Pernambuco,
Bacharelado em Agronomia, Serra Talhada, 2023.

1. Sesamum indicum L.. 2. Salinidade na irrigação. 3. Silício. I. Lira, Raquele Mendes de, orient. II. Título

CDD 630

EDIMIR XAVIER LEAL FERRAZ

**RENDIMENTO DO GERGELIM ADUBADO COM CINZAS DO BAGAÇO DA
CANA-DE-AÇÚCAR IRRIGADO COM ÁGUA SALINA**

Monografia apresentada ao curso de Agronomia da Universidade Federal Rural de Pernambuco – Unidade Acadêmica de Serra Talhada, como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Aprovada em: __/__/__

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dra. Raquele Mendes de Lira - UFRPE/UAST
Orientadora

Prof. Dr. Antônio Henrique Cardoso do Nascimento - UFRPE/UAST
1º Avaliador

MSc José Raliuson Inácio Silva – UFRPE/UAST
2º Avaliador

Aos meus pais Heraldo Ferraz e Antônia Gracileide Xavier Leal Ferraz, por todo carinho, amor, esperança e incentivo nas minhas decisões.

Ao meu padrinho Osvaldo de Souza Leal (in memoriam), por seu carinho e exemplo de caráter e dignidade.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pelo dom da vida e pela luz que guia meus passos e minhas decisões em todos os momentos da minha vida.

Agradeço a meus pais (Heraldo e Gracileide) que com amor e dedicação, me apoiaram sempre.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco – Unidade Acadêmica de Serra Talhada pela infraestrutura oferecida e oportunidade de realização dos estudos.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo auxílio financeiro.

À EMBRAPA algodão pelo fornecimento das sementes de gergelim utilizadas no presente trabalho.

Ao Grupo de Estudos e Tecnologias de Convivência com o Semiárido – GETECS, pela oportunidade de poder contar com o apoio da equipe durante os trabalhos desenvolvidos.

À Professora Dra. Raquele Mendes de Lira, pela orientação, confiança, direção, incentivo, dedicação e conhecimentos repassados durante a graduação. Admiro bastante a senhora, sempre será uma referência de pessoa e profissional.

Ao professor Dr. Ênio Farias de França e Silva por todo apoio e dúvidas tiradas durante este trabalho.

Ao mestrando Elizeu Matos pela colaboração no planejamento e execução do estudo.

Aos colegas e amigos que o GETECS me proporcionou – Bianca; Carlos André; Elizeu; Isaac; Irlândio; Luís Carlos; Roberto Elias, Priscyla, Paloma e João vitor.

Aos colegas de turma – Carla; Wilma; Juliana; Paulo Álvaro; Jailson; Júlio Teles; Danilo; Rafael, Ericks, Carlos André - pela amizade e pelos bons momentos vivenciados durante a graduação.

Ao Prof. Dr. Antônio Henrique Cardoso do Nascimento por permitir meu ingresso no GETECS e pelas contribuições repassadas através deste trabalho.

Ao MSc. José Raliuson Inácio Silva pelas contribuições durante a execução e finalização do presente trabalho.

*“O êxito na vida não se mede pelo que
você conquistou, mas sim pelas
dificuldades que superou no caminho”*

(Abraham Lincoln)

*“A essência do conhecimento científico
é sua prática”*

(Confúcio)

RESUMO

Acredita-se, que o uso de cinzas do bagaço da Cana-de-açúcar possibilite o aumento da produtividade do Gergelim assim como viabilize o uso de águas salinas nessa cultura, tendo em vista seu potencial como atenuador. Diante do exposto, o objetivo desse trabalho foi avaliar a influência de diferentes doses de cinzas do bagaço da cana-de-açúcar em água salobra e não-salobra, como alternativa de melhorar a produção do gergelim no sertão pernambucano. O estudo foi conduzido na Universidade Federal Rural de Pernambuco na Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE/UAST), utilizando o delineamento experimental em blocos casualizados em esquema fatorial ((5 x 2) +2), com 4 repetições totalizando 48 unidades experimentais. Os tratamentos consistiram em cinco doses de cinzas do bagaço da Cana-de-açúcar (0, 30, 60, 90 e 120 g planta⁻¹), duas qualidades de água (A1= Água do abastecimento (0,5 dS m⁻¹); A2 = Água de poço artesiano (4,1 dS m⁻¹)) e duas testemunhas adicionais (T1 = Adubação recomendada + água do abastecimento (0,5 dS m⁻¹); e T2 = Adubação recomendada + Água do poço artesiano (4,1 dS m⁻¹)). No momento da colheita, foi determinado o número de frutos por planta, o peso de mil sementes, a produtividade de grãos, matéria verde e seca por planta e teor de óleo. Além disso, foi verificado o impacto dos tratamentos no pH e condutividade elétrica do extrato de saturação do solo. Não foi constatado efeito significativo das doses de cinzas do bagaço da cana, verificou-se apenas efeitos positivos dos tratamentos testemunhas, nos quais, apresentavam adubação mineral nitrogenada.

Palavras-chaves: *Sesamum indicum* L.; Salinidade na irrigação; Silício

ABSTRACT

It has been proven that the use of sugarcane bagasse shears makes it possible to increase the productivity of sesame, as well as the use of saline water in this culture, in view of its potential as an attenuator. In view of the exposure, the objective of this work was to evaluate the influence of different doses of sugarcane bagasse ash in salt and non-salt water, as an alternative to improve sesame production in the hinterland of Pernambuco. The study was carried out at the Universidade Federal Rural de Pernambuco at the Serra Talhada

Academic Unit (UFRPE/UAST), using the experimental design in randomized blocks in the factorial scheme ((5 x 2) +2), with 4 repetitions totaling 48 experiments units. The treatments will consist of five doses of ash sugarcane bagasse (0, 30, 60, 90 and 120 g plant⁻¹), two water qualities (A1= Supply water (0.5 dS m⁻¹); A2 = Water from an artesian well (4.1 dS m⁻¹)) and two additional outlets (T1 = Recommended supply + Supply water (0.5 dS m⁻¹); and T2 = Recommended supply + Water from the small artesian (4.1 dS m⁻¹)). At the time of harvest, the number of fruits per plant or weight of a thousand seeds, grain production, green and dry matter per plant and oil content were determined. In addition, two treatments verified or impacted the pH and electrical conductivity of the saturation extract alone. There was no significant effect of the doses of sugarcane bagasse grass, only positive effects were verified by two test treatments, which presented mineral nitrogen fertilization.

Keywords: *Sesamum indicum* L.; Irrigation salinity; Silicon

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização da área experimental	20
Figura 2 – Croqui das parcelas experimentais	22
Figura 3 – Preparo do solo (A), montagem do sistema de irrigação (B).....	23
Figura 4 – Detalhamento do sistema de irrigação	23
Figura 5 – Local de coleta das cinzas (A), cinzas sendo peneiradas (B), aplicação das cinzas (C)	25
Figura 6 – Germinação do gergelim (A), plantas após o desbaste (B).....	26
Figura 7 – Pesagem para avaliação de peso de mil sementes	29
Figura 8 – Sementes de gergelim utilizadas para determinar a produtividade (A), estrutura utilizada para realizar a extração do óleo de gergelim (B) e óleo de gergelim extraído das sementes (C).....	30
Figura 9 – Precipitação (Prec.) e evapotranspiração de referência (ET _o) durante o ciclo do gergelim	31

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Análise química do solo e cinzas do bagaço da cana-de-açúcar...	24
Tabela 2 – Caracterização das sementes de gergelim	26
Tabela 3 – Coeficiente de cultivo (kc) para o gergelim	27
Tabela 4 – Resumo de análise de variância para as variáveis potencial hidrogeniônico (pH) e condutividade elétrica do extrato de saturação do solo (ce_{es})	32
Tabela 5 – Potencial hidrogeniônico (ph) e condutividade elétrica do extrato de saturação do solo (ce_{es}) nas diferentes qualidades de água e relação com testemunhas adicionais.....	32
Tabela 6 – Resumo de análise de variância para as variáveis número de frutos (NF), peso de mil sementes (PMS), produtividade (Prod), teor de óleo (TO), matéria fresca (MF) e matéria seca (MS).....	34
Tabela 7 – Número de frutos (NF), peso de mil sementes (PMS), produtividade (Prod), matéria fresca (MF) e matéria seca (MS) nas diferentes qualidades de água e relação com testemunhas adicionais	35

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	12
2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1.	A cultura do gergelim.....	13
2.2.	Salinidade na água de irrigação.....	15
2.3.	Utilização de resíduos na nutrição de plantas.....	16
2.4.	Silício como atenuador de estresse salino.....	17
2.5.	Cinzas do bagaço da Cana-de-açúcar.....	18
3.	OBJETIVOS	19
3.1.	Geral.....	19
3.2.	Específicos	19
4.	METODOLOGIA	20
4.1.	Localização e caracterização da área experimental.....	20
4.2.	Delineamento experimental e tratamentos.....	21
4.3.	Preparo da área.....	22
4.4.	Adubação	24
4.5.	Material vegetal e condições de plantio	25
4.6.	Manejo da irrigação	26
4.7.	Colheita e variáveis analisadas.....	29
4.8.	Análise estatística dos dados	30
5.	RESULTADOS E DISCUSSÕES	31
6.	CONCLUSÃO	37
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37

1. INTRODUÇÃO

O gergelim (*Sesamum indicum* L.), é uma planta herbácea originária da África, onde a maioria das espécies do gênero *Sesamum* se encontram (LIMA et al., 2013). Suas sementes apresentam características de excelente qualidade como o óleo, que se destaca por conter propriedades antioxidantes (EMBRAPA, 2014; FERREIRA, 2017). Apesar de pouca expressividade na produção, em detrimento a outras oleaginosas, no Brasil, na safra de 21/22 dessa cultura ficou na ordem de 80,2 mil toneladas em uma área plantada de 149,9 mil hectares, destacando-se na região centro oeste (CONAB, 2022).

Devido a adaptação do gergelim as condições edafoclimáticas do semiárido brasileiro, essa região apresenta grande potencial para a cultura. No entanto, apesar de apresentar adaptações, a sua produtividade é afetada devido ao estresse hídrico dependendo da duração (COOPER et al., 2014; WANG et al., 2014).

Nesse sentido, uma forma de melhorar a produtividade do gergelim na região semiárida é utilizando a irrigação, visto que o rendimento médio de grãos na cultura aumenta de 650 kg ha⁻¹, em situação de sequeiro, para 1500 kg ha⁻¹ quando irrigado (EUBA NETO et al., 2016; CRUZ et al., 2019). Apesar desse aumento da produtividade, na região semiárida, muitas vezes a água utilizada nas irrigações são provenientes de poços artesianos que comumente apresentam alto teor de sais, o que diversas vezes impossibilita a produção agrícola (HOLANDA et al., 1997; DIAS et al., 2018). A cultura do gergelim é sensível à salinidade (GRILO JÚNIOR; AZEVEDO, 2013), o que acaba comprometendo sua produtividade ao utilizar irrigação com águas salobras ou salinas.

Para tanto existem alguns trabalhos que visam melhorar a tolerância do gergelim aos sais, principalmente com a utilização de adubação (DIAS et al., 2018; RIBEIRO et al., 2020). Com isso, o uso de fertilizantes organominerais a base de cinza vegetal pode ser uma alternativa, pois esse material possui propriedades que podem reduzir a acidez e melhorar a fertilidade do solo, principalmente nos teores de magnésio, fósforo e potássio (FERREIRA et al., 2012).

Nesse aspecto, a cinza do bagaço da cana-de-açúcar apresenta um grande potencial, haja vista sua composição nutricional e a grande produção dessa cultura e conseqüentemente resíduo (CONAB, 2022). Segundo Korndörfer e Datnoff (1995), a cultura da cana é caracterizada por ser acumuladora de silício, apresentando concentrações elevadas nas suas cinzas. O silício apresenta importância para funções como a manutenção da taxa fotossintética, aumento da condutância estomática da planta e diminuição da taxa de transpiração (GONG et al., 2005; HATTORI et al., 2005). Existem alguns trabalhos que mostram efeitos positivos do uso do silício para atenuar o estresse salino (SOUSA, 2020; MACHADO, 2020).

Sabendo que, o uso da adubação silicatada pode atenuar os efeitos da salinidade e que a cinza do bagaço da Cana-de-açúcar é acumuladora de silício e apresenta minerais essenciais para as culturas, acredita-se que a utilização destas cinzas no cultivo do gergelim possibilite um aumento na tolerância a salinidade assim como uma maior produção.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. A cultura do gergelim

O gergelim, *Sesamum indicum* L. pertencente à família Pedaliacea e gênero *Sesamum*, apresenta altura entre 0,5 m e 3,0 m, caule ereto, folhas de forma alternadas e opostas, flores completas e axilares com corola branca ou rosada, fruto do tipo cápsula deiscente e sementes com a cor variando do branco ao preto. Além disso, as sementes são pequenas com um peso de mil sementes de 2 a 4 g variando de acordo com a cultivar e o ambiente (ARRIEL et al., 2009).

A cultura do gergelim é uma das mais antigas oleaginosas cultivadas nas áreas tropicais e subtropicais do mundo (KHADEMIAN et al., 2019). Existem indícios que essa espécie teve sua origem na África e em seguida foi espalhada para Índia, China e Japão, contudo, isso ainda é bastante discutido, visto que no continente africano existe a maioria das espécies silvestre do gênero *Sesamum*, e na Ásia se encontra um grande número das formas e variedades cultivadas (ZENAWI & MIZAN, 2019).

As suas sementes podem ser utilizadas in natura assim como em produtos da indústria alimentícia e de panificação (QUEIROGA et al., 2008). Essas sementes apresentam características de excelente qualidade como o óleo, que se destaca por conter propriedades antioxidantes, devido à presença de substâncias como a sesamolina, o sesamol e a sesamina (EMBRAPA, 2014; FERREIRA, 2017).

Como característica, esta cultura tem a capacidade de resistir aos estresses bióticos e abióticos, apresentando desenvolvimento elevado em solos drenados e adaptação a diferentes rotações culturais (KABI et al., 2019). Devido a sua resistência e sua qualidade, o gergelim desempenha um grande papel na preservação da segurança alimentar e nutricional nas regiões em desenvolvimento do mundo, sendo cada vez mais valorizada (DOSSA et al., 2017).

No ano de 2020, a área total colhida de gergelim no mundo foi de 13,9 milhões de hectares, atingindo uma produção anual de 6,8 milhões de toneladas e produtividade média de 470 kg ha⁻¹ (FAO, 2022). No Brasil, na safra 21/22, foi estimado uma área cultivada em torno de 149,9 mil hectares, produção de 80,2 mil toneladas e uma produtividade de 547 kg ha⁻¹ de gergelim (CONAB, 2022). Destas áreas, grande parte está localizada na região do Centro-Oeste, com destaque para o estado do Mato Grosso (EMBRAPA, 2014). Na região norte e nordeste sua produção ainda é modesta, representando cerca de 20% da área plantada do Brasil, no entanto, sua produtividade média é superior as demais regiões, atingindo um valor de 629 kg ha⁻¹ na safra 21/22 (CONAB, 2022).

Grilo Jr & Azevedo (2013) e Lima et al. (2018), relatam que devido a adaptação do gergelim as condições edafoclimáticas do semiárido do nordeste brasileiro, essa região apresenta grande potencial para a cultura. No entanto, apesar de apresentar adaptações, a sua produtividade é afetada devido ao estresse hídrico dependendo da duração (COOPER et al., 2014; WANG et al., 2014). Por isso, o cultivo do gergelim na região nordeste se dá principalmente nos períodos chuvosos. Ademais, nas primeiras fases, o gergelim apresenta tolerância à salinidade, porém, nos demais estádios de crescimento, é extremamente sensível, se tornando inviável em algumas situações (LIMA et al., 2009; GRILO JÚNIOR; AZEVEDO, 2013).

2.2. Salinidade na água de irrigação

A água é um dos fatores mais importantes para o desenvolvimento de qualquer espécie e cuja sua falta, caracteriza uma das principais restrições ao crescimento e desenvolvimento das plantas (LOPES et al., 2011). As águas utilizadas para irrigação normalmente são de origem superficial ou subterrânea (ALMEIDA, 2010). Quando se fala em qualidade de água de irrigação certamente se trata de qualidade em relação com a salinidade no sentido amplo do termo.

Segundo Costa et al. (2005), a água destinada a irrigação deve ser avaliada sob três aspectos, sendo eles: salinidade, sodicidade e toxicidade de íons. A salinidade diz respeito ao resultado da acumulação de sais na dissolução do solo, a sodicidade se refere ao acúmulo de íons de sódio (Na) presentes na água de irrigação e que eleva a percentagem de sódio trocável no solo, e a toxicidade, corresponde ao efeito de alguns íons (cloreto, sódio e boro) sobre as plantas (PIZARRO, 1985; HOLANDA & AMORIM, 1997).

Na região semiárida do Nordeste brasileiro existe a deficiência de recursos hídricos de boa qualidade para irrigação, uma vez que a água disponível apresenta em sua maioria concentração moderada ou alta de sais resultando no acúmulo de íons no solo, que promovem conseqüentemente restrições para as culturas submetidas a essas condições (LIMA et al., 2017). Além disso, como a região semiárida apresenta um clima quente e seco, a evapotranspiração potencial excede a precipitação durante a maior parte do ano, promovendo a ocorrência de águas salinas que muitas vezes impossibilita a produção agrícola (HOLANDA et al., 1997; DIAS et al., 2018).

Ao expor uma planta à um estresse salino, a tendência é que o metabolismo assim como as atividades metabólicas da planta seja atingido de forma negativa, proporcionando alterações no crescimento, desenvolvimento e produção devido ao excesso de íons e déficit hídrico (SEIDO et al., 2019). Isso ocorre, pelo fato que o estresse salino nas plantas provoca desnaturação proteica, desestabilização de membranas, redução do potencial osmótico e hídrico, e conseqüentemente diminuição da disponibilidade de água e nutrientes (ALVES et al., 2011; TAIZ et al., 2017).

Nesse sentido, o estresse salino em plantas é visto como de grande relevância para vários autores no que diz respeito as atividades agrícolas em todo mundo, especialmente em regiões áridas e semiáridas (MUNNS, 2011). Nessa região, segundo Holanda (2010), os principais sais solúveis presentes nos solos e águas são o cloreto de sódio (NaCl), o cloreto de cálcio (CaCl₂), o sulfato de magnésio (MgSO₄), o sulfato de sódio (Na₂SO₄), o cloreto de magnésio (MgCl₂), o carbonato de sódio (Na₂CO₃), bicarbonato (HCO₃), borato (BO₃) e nitrato (NO₃). Ademais, predomina-se nos mananciais das regiões semiáridas do Nordeste, as concentrações de cátions na proporção 7:2:1 no que diz respeito sódio, cálcio e magnésio, respectivamente (MEDEIROS, 1992).

Sabendo-se da predominância de águas com elevados teores de sais, no semiárido, e a influência desses sais no controle osmótico e na absorção de outros nutrientes essenciais para as plantas, é de fundamental importância estudos com a aplicação de fertilizantes, principalmente orgânicos, em plantas irrigadas com água de elevada concentração de sais.

2.3. Utilização de resíduos na nutrição de plantas

Com o aumento da população e a crescente demanda por alimento, se faz necessário altas produtividades, que está atrelada a fertilização com nutrientes minerais, principalmente nitrogênio, fósforo e potássio (BRISKIN; BLOOM, 2013). Contudo, é importante que essa utilização seja feita forma consciente, pois o uso exacerbado pode comprometer o solo e a lucratividade das lavouras, já que os adubos minerais têm alto potencial de contaminação do ambiente, alto custo de utilização e baixa eficiência, havendo a necessidade de buscar novas opções (MARTIN et al., 2022).

Nesse aspecto, a utilização de adubos alternativos como adubos orgânicos, exemplificando o esterco, compostos orgânicos, vermicompostos, biofertilizantes e cinzas vegetais se tornam importante, um vez que o aumento da utilização dos adubos orgânicos em relação aos fertilizantes minerais proporcionam maior sustentabilidade do agroecossistema, devido ao favorecimento dos fatores físicos, químicos e biológicos do solo com

consequente redução dos efeitos negativos gerados ao meio ambiente pelas práticas agrícolas intensivas (OLIVEIRA FILHO, 2014).

Materiais como a cinza de biomassa, apresentam grandes vantagens para a agricultura, pois esse resíduo possui a capacidade de corrigir a acidez do solo e disponibilizar nutrientes essenciais podendo substituir calcários agrícolas, sendo uma alternativa para diminuir custos (SOUZA et al., 2013). Estudos mostram que a adição de cinzas, de resíduos vegetais e de esterco de animais podem propiciar a redução do alumínio tóxico, melhoria significativa de algumas propriedades químicas como pH, potássio e magnésio favorecendo o crescimento das culturas (NKANA et al., 2002; FERREIRA et al., 2012)

Além disso, devido a elevada quantidade de cinzas produzidas, a utilização desse material na agricultura pode ser considerada duplamente benéfica, por melhorar a produtividade das culturas e por minimizar o efeito poluente (GUARIZ et al., 2009). Demonstrando assim, a importância de estudos aprofundados para viabilizar os usos de insumos alternativos como a cinza vegetal em diversas culturas.

2.4. Silício como atenuador de estresse salino

Como alternativa de atenuar estresses hídricos às plantas cada dia mais vem sendo empregados insumos de origem mineral e/ou orgânica, que vem mostrando estimular crescimento, desenvolvimento e produção (SEMIDA et al., 2014; LIMA NETO et al., 2016).

Nesse sentido, o silício (Si) é um elemento que vem sendo bastante estudado como um potencial atenuador dos efeitos de estresses abióticos e bióticos, sendo considerado um elemento benéfico, apesar de não essencial (TEODORO et al., 2015). Existem estudos que já verificaram resultados promissores da disponibilização de Si na atenuação de estresses, seja por aplicações foliares ou via solo (MORO et al., 2015; TEODORO et al., 2015).

Rodrigues et al. (2011) ressaltam, que plantas desenvolvidas em ambiente rico em silício, diferem daqueles presentes em condições de deficiência, sobretudo quanto à tolerância a fatores bióticos e abióticos. Isso se dá pelo fato desse elemento potencializar a síntese de enzimas antioxidantes

relacionadas ao mecanismo de defesa das plantas (EPSTEIN e BLOOM, 2006). Pesquisas têm evidenciado que diferentes concentrações de silício potencializam a atividade de enzimas antioxidantes como a catalase, ascorbato peroxidase e superóxido dismutase (KHOSHGOFTARMANESH et al., 2014; IMTIAZ et al., 2016), assim como promove ajustamento osmótico (PILON et al., 2014).

Para Heckman (2013), esse nutriente torna as células epidérmicas das folhas mais eretas, o que induz maior absorção de CO₂, em decorrência disso, há um aumento na eficiência fotossintética e no teor de clorofila. Provavelmente isto ocorre pelo acúmulo de Si na superfície foliar, servindo como barreira física e tendo um importante papel na regulação osmótica, diminuindo assim o estresse causado pelo déficit hídrico (CANTUÁRIO et al., 2014).

Embora seus efeitos benéficos, este elemento pode estar pouco disponível às plantas, em consequência dos elevados teores de sesquióxidos de Al e Fe, que adsorvem intensamente o Si (MALAVOLTA, 2006). Existindo assim, a necessidade de disponibilizar esse elemento, de forma complementar, para as culturas. Uma das culturas que apresentam uma grande quantidade de silício em seu resíduo é a cana-de-açúcar, cultura esta que ainda há poucos estudos relacionados a disponibilização do silício.

2.5. Cinzas do bagaço da Cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar é uma cultura de grande importância para o Brasil devido a sua alta produtividade e aproveitamento em diversos setores. De acordo com a CONAB (2022) a produção brasileira na safra 2022/2023 foi de 572,87 milhões de toneladas e segundo Santos et al. (2012) para cada tonelada de cana processada gera-se 140 kg de bagaço. O bagaço da cana-de-açúcar pode ser empregado em diversas atividades como a produção de energia através da queima desse material, onde se produz uma grande quantidade de cinzas, que segundo Paula et al. (2009) fica entorno de 25 kg por tonelada de bagaço. Dessa forma, o Brasil tem o potencial de produzir 2,01 milhões de toneladas de cinzas do bagaço da cana por ano.

A cinza do bagaço da cana-de-açúcar é fonte de macro e micronutrientes essenciais para a produção agrícola, sendo o potássio o principal elemento. Além disso, tem elevado poder de neutralizar a acidez do solo devido à elevada concentração de carbonatos de cálcio e magnésio (THOMAZ, 2018). Outrossim, se trata de um produto ambientalmente seguro, pois as quantidades de metais pesados, dioxinas, furanos não são suficientes para provocar danos ao solo e ao lençol freático (BEGA, 2014).

Segundo Korndörfer e Datnoff (1995), a cultura da Cana-de-açúcar é caracterizada por ser acumuladora de silício, apresentando concentrações elevadas nas suas cinzas, que mostram efeitos positivos para atenuar o estresse salino (SOUSA, 2020; MACHADO, 2020).

Dessa forma, a utilização de cinzas vegetais na agricultura apresenta grande importância, pois é destinado um grande volume desse resíduo, que representa um problema ambiental e, se reduz o uso de fertilizantes devido sua composição, amenizando assim a dependência de rochas calcárias, fosfatadas ou mesmo do petróleo, que possuem longo ciclo geológico e são utilizados em larga escala na indústria de fertilizantes químicos (BONFIM-SILVA et al., 2013). Além de possibilitar a amenização dos efeitos da salinidade.

3. OBJETIVOS

3.1. Geral

Avaliar o rendimento do Gergelim submetido a diferentes doses de cinzas do bagaço da Cana-de-açúcar e irrigado com água salina.

3.2. Específicos

- Verificar o impacto das doses de cinzas do bagaço da cana no pH e condutividade elétrica do solo, número de frutos, peso de mil sementes, produção de matéria verde e seca, produtividade de grãos e teor de óleo.

- Verificar o efeito das diferentes qualidades de água no pH, condutividade elétrica do solo, número de frutos, peso de mil sementes, produção de matéria verde e seca, produtividade de grãos e teor de óleo.

- Constatar se as cinzas do bagaço da cana proporcionam aumento de rendimento e tolerância do Gergelim a salinidade.

4. METODOLOGIA

4.1. Localização e caracterização da área experimental

O estudo foi conduzido na Universidade Federal Rural de Pernambuco na Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE/UAST) situada na porção setentrional da microrregião do Vale do Pajeú, distante 407,3 km da capital Recife-Pernambuco. A área experimental está situada a 07° 59' 31" de latitude Sul e 38° 17' 54" de longitude Oeste, estando a uma altitude média de 435 m (Figura 1).

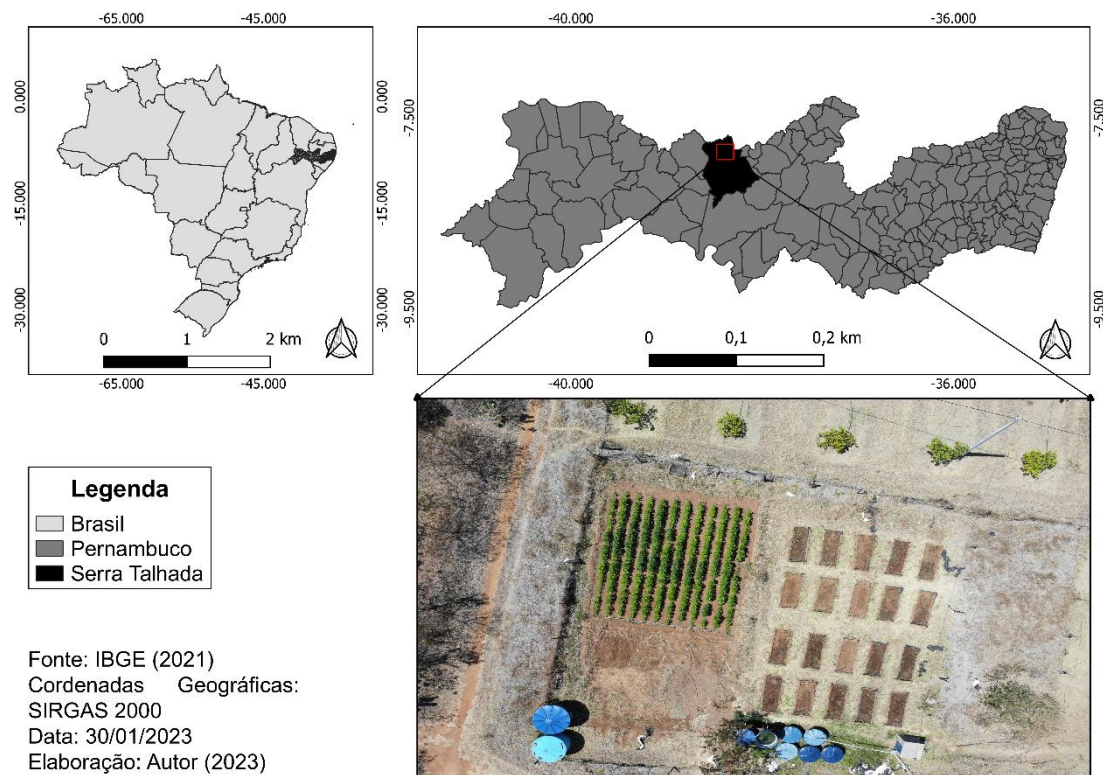


Figura 1 – Localização da área experimental

O clima da região é classificado como BSh conforme Köppen, com temperatura média do ar de 24,8 °C, apresentando irregularidade na distribuição espaço-temporal das chuvas, com média de 642,1 mm ano⁻¹, umidade relativa do ar aproximadamente de 62,5% e demanda atmosférica acima de 1.800 mm ano⁻¹ (ARAÚJO, 2011; SILVA et al., 2015).

4.2. Delineamento experimental e tratamentos

Foi utilizado o delineamento experimental em blocos casualizados em esquema fatorial ((5 x 2) + 2), com 4 repetições totalizando 48 unidades experimentais. Os tratamentos consistiram em cinco doses de cinzas de bagaço da cana-de-açúcar (0, 30, 60, 90 e 120 g planta⁻¹), duas qualidades de água (A1= Água do abastecimento (0,5 dS m⁻¹); A2 = Água de poço artesiano (4,1 dS m⁻¹)) e duas testemunhas adicionais (T1 = Adubação recomendada + água do abastecimento (0,5 dS m⁻¹); e T2 = Adubação recomendada + Água do poço artesiano (4,1 dS m⁻¹)).

Cada bloco foi representando por três linhas de plantio, sendo considerado apenas para análise a linha do meio, as demais linhas foram consideradas como bordaduras. A unidade experimental foi representada por nove plantas sendo destas avaliadas apenas cinco, enquanto as outras plantas utilizadas como bordas entre os tratamentos (Figura 2).

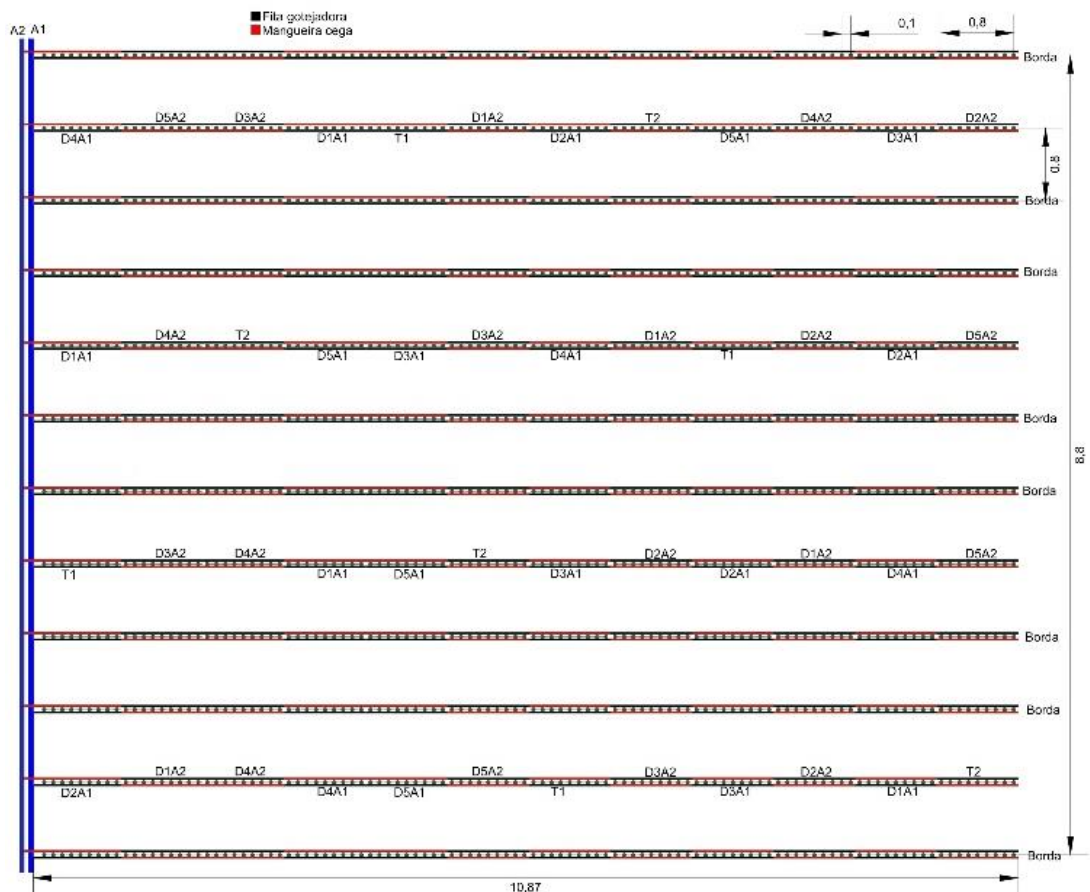


Figura 2 - Croqui das parcelas experimentais

4.3. Preparo da área

A instalação do experimento foi realizada no mês de agosto de 2022, onde inicialmente foi efetuado o preparo do solo que consistiu em uma aração e duas gradagens (Figura 3A) na profundidade de 0,20 a 0,30 m. Em seguida, foi realizada a instalação do sistema de irrigação (Figura 3B), onde utilizou-se o gotejamento, empregando-se gotejadores do tipo PCJ/CNL Netafim™, espaçado a 0,3 metros e com vazão média unitária de 2,1 L h⁻¹.

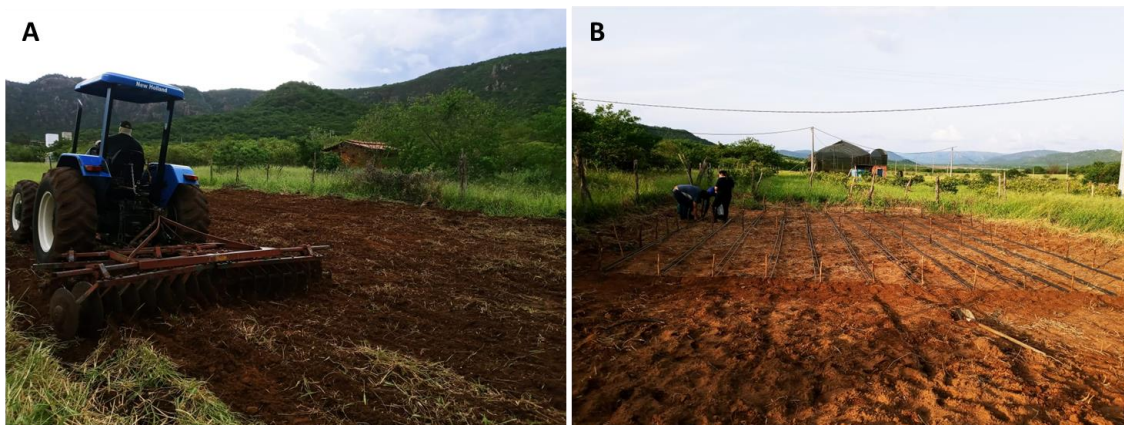


Figura 3 – Preparo do solo (A), montagem do sistema de irrigação (B)

Para realizar o armazenamento das águas de diferentes qualidades, foram utilizados dois reservatórios de PVC de 500 litros, a partir dos quais eram bombeadas as diferentes águas por bombas individualizadas e duas linhas principais e de derivação de PVC (35 mm). Cada linha de plantio recebeu duas fitas gotejadoras, sendo uma conectada na tubulação da água salina e outra na tubulação da água do abastecimento (Figura 4).

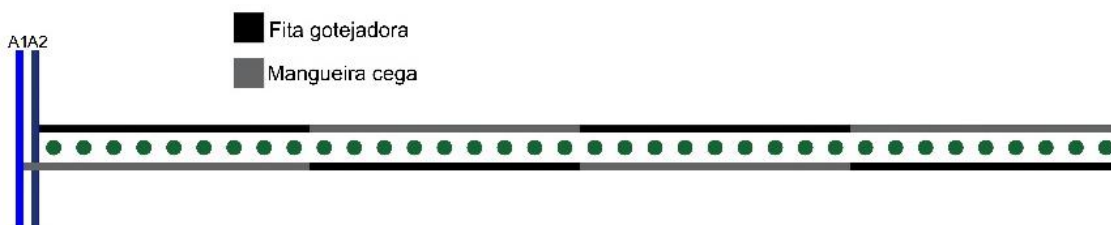


Figura 4 - Detalhamento do sistema de irrigação

Após a montagem do sistema de irrigação, foi realizada a determinação da eficiência e uniformidade do sistema de irrigação, obtida através da metodologia proposta por Keller & Karmeli (1975), a qual consiste em analisar as 4 linhas de cultivo (primeira linha, linha situada a 1/3 da origem, linha situada a 2/3 da origem e última linha) e quatro emissores por linha (primeiro emissor; emissor a 1/3, 2/3 e último emissor), totalizando assim 16 emissores. Foram calculados o Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD) e Eficiência do Sistema de Irrigação

(EA), obtendo-se valores de 98,6%, 98%, e 93%, respectivamente (Equações 1, 2 e 3).

$$CUC = 100 \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^n |xi - \bar{x}|}{\sum_{i=1}^n xi} \right) \quad eq. (1)$$

$$CUD = 100 \left(\frac{x25\%}{x} \right) \quad eq. (2)$$

$$EA = 0,95 * CUD \quad eq. (3)$$

4.4. Adubação

Para realizar a adubação, inicialmente foi analisado quimicamente o solo (Tabela 1) e em seguida realizado a recomendação de adubação. Para os tratamentos testemunha foi utilizada a adubação recomendada para a cultura conforme a Embrapa (2013), que indica 50, 14 e 60 kg ha⁻¹ de N-P₂O₅-K₂O para uma produção de 1000 kg ha⁻¹ de sementes de gergelim. Na adubação de fundação foi realizada apenas a aplicação de nitrogênio, tendo em vista que o teor dos demais nutrientes no solo era satisfatório para o pleno desenvolvimento da cultura.

Tabela 1 – Análise química do solo e cinzas do bagaço da Cana-de-açúcar

Solo												
MO	K	Ca	Mg	Na	Al ³⁺	P	Fe	Mn	Zn	Cu	CE	PH
g. kg ⁻¹	----- Cmoc dm ⁻³ -----				----- mg dm ⁻³ -----				dS m ⁻¹			
11	0,87	4,45	2,27	0,08	0	515,4	15	14,4	1,9	0,7	0,36	6,7
Cinza do bagaço da Cana												
N	P	K	Ca	Mg	Si	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Na	PH
----- g kg ⁻¹ -----					----- mg Kg ⁻¹ -----							
1,74	8,89	39	13,75	6,7	100,7	24,2	45	2105	931	46	380	10,3

MO = Matéria orgânica; CE = Condutividade elétrica; PH = Potencial hidrogeniônico

Quanto aos demais tratamentos, a adubação foi baseada apenas nas doses de cinzas do bagaço da cana-de-açúcar testadas. A cinza do bagaço utilizada foi obtida nos fornos do Engenho Santa Luzia em Triunfo-PE, no qual, o bagaço da cana-de-açúcar é utilizado como combustível para a produção de

rapadura (Figura 5A). Essas cinzas foram analisadas quimicamente, avaliando-se os macros e micronutrientes além do teor de silício (Tabela 1).

A aplicação da cinza vegetal foi realizada anteriormente ao semeio, durante a saturação do solo. Previamente à aplicação, a cinza passou por uma peneira para fazer a retirada das impurezas (pedras, restos vegetais não carbonizados) presentes nas cinzas (Figura 5B). A aplicação da cinza foi realizada em sulcos paralelos as linhas de plantio (Figura 5C).



Figura 5 – Local de coleta das cinzas (A), Cinzas sendo peneiradas (B), aplicação das cinzas (C)

4.5. Material vegetal e condições de plantio

No presente trabalho foi utilizado a cultivar “BRS Seda” caracterizada por altas produtividades e precocidade, ciclo de em média 90 dias, apresenta um fruto por axila, sementes de cor branca e possui teor de óleo superior a 52%. Além disso, mostra-se tolerante á murcha-de-macrophomina, mancha-angular e cercosporiose e é indicado para região nordeste do Brasil (EMBRAPA, 2013).

A fim de verificar a qualidade do material de propagação, foi realizada a caracterização das sementes (Tabela 2), através da determinação do teor de água, peso de mil sementes e porcentagem de germinação de acordo com as regras para análises de sementes preconizadas pelo MAPA (BRASIL, 2009). Os valores obtidos das sementes utilizadas nesse trabalho são semelhantes aos encontrados por Silva et al. (2014), sendo consideradas adequadas para realizar o semeio.

Tabela 2 – Caracterização das sementes de gergelim

Peso de mil sementes (g)	Teor de água (%)	Germinação (%)
3,53	4,8	85

Posteriormente ao preparo da área foi conduzida a semeadura do gergelim no espaçamento 0,8 x 0,1 m entre linhas e entre plantas, respectivamente, semeando-se 4 sementes por cova (Figura 6A). Quando as plantas emergiram foi realizado o desbaste deixando apenas uma planta por cova (Figura 6B).

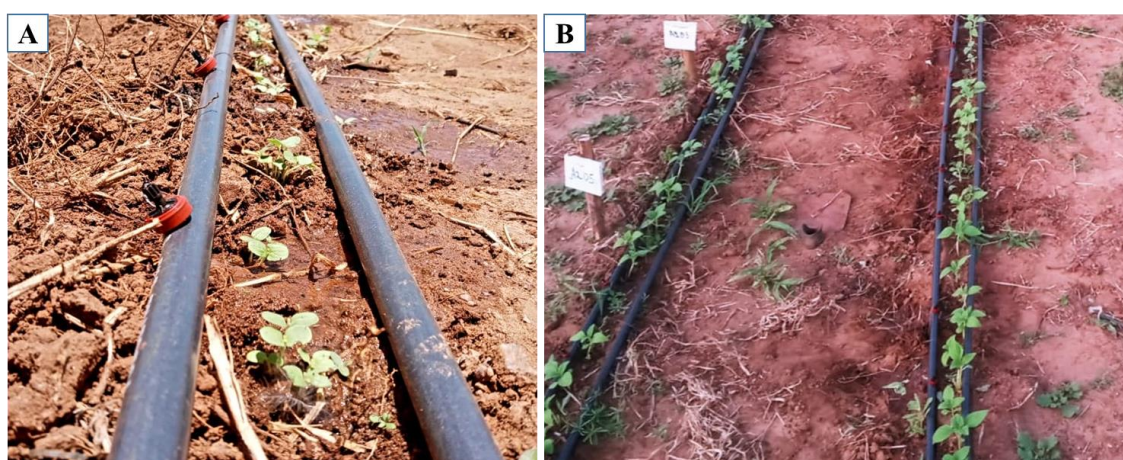


Figura 6 – Germinação do gergelim (A); Plantas após o desbaste (B)

4.6. Manejo da irrigação

A irrigação foi realizada diariamente com base na evapotranspiração da cultura (ETc) com os dados da ETo, Kc e Klméd. conforme a equação 4.

$$ETc = ETo * Kc Klméd \quad \text{eq. (4)}$$

em que:

ETc - evapotranspiração da cultura, mm dia⁻¹;

ETo - evapotranspiração de referência de Penman-Monteith, mm dia⁻¹;

Kc - coeficiente de cultivo, adimensional e;

Klméd. - Coeficiente de localização médio, adimensional.

A ETo foi calculada por meio do modelo de Penman-Monteith (ALLEN et al., 1998) (Equação 5) e o coeficientes de cultivo (Kc) utilizado foi o proposto por Lourenço et al. (2018) (Tabela 3). Os dados climáticos foram obtidos da estação agrometeorológica de aquisição automática de dados (HOBO RX Station - RX3000) instalada nas proximidades da área experimental.

$$ET_o = \frac{0,408(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T_2 + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34u_2)} \quad \text{eq. (5)}$$

Em que:

ET_o – evapotranspiração de referência, mm dia⁻¹;

R_n – radiação líquida na superfície da cultura, MJ m⁻² dia⁻¹;

G – densidade de fluxo de calor no solo, MJ m⁻² dia⁻¹;

T₂ – temperatura do ar a 2 m de altura, °C;

u₂ – velocidade do vento a 2 m de altura, m s⁻¹;

e_s – pressão de saturação de vapor, KPa;

e_a – pressão atual de vapor, KPa;

(e_s - e_a) – déficit de pressão de saturação de vapor, KPa;

Δ – declividade da curva de pressão vapor de saturação versus temperatura, KPa °C⁻¹;

γ – constante psicrométrica, KPa °C⁻¹;

Tabela 3 - Coeficiente de cultivo (Kc) para o Gergelim

Estádios de desenvolvimento	Coeficiente de cultivo (Kc)*
I – Inicial (13 dias)	0,51
II – Médio (22 dias)	0,73
II – Médio (33 dias)	1,03
V – Final (32 dias)	0,59

Fonte: Lourenço et al. (2018)

Para determinação do Klmédio, foi utilizado a média de três valores de coeficiente de localização (Kl) para culturas adensadas, segundo diversos autores descritos por Pizarro (1996), que dependem do valor da fração de área sombreada pelo cultivo (Equações 3, 4 e 5).

$$Kl = 1,34 \times (\text{PAM ou PAS}) \quad (\text{ALJIBURY et al, 1974}) \quad \text{eq. (6)}$$

$$Kl = 0,1 + (\text{PAM ou PAS}) \quad (\text{DECROIX, 1978}) \quad \text{eq. (7)}$$

$$Kl = (\text{PAM ou PAS}) + 0,15 \times (1 - (\text{PAM ou PAS})) \quad (\text{KELLER, 1978}) \quad \text{eq. (8)}$$

Em que:

Kl - coeficiente de localização, adimensional; e,

PAM ou PAS – Porcentagem de área molhada ou sombreada.

Depois de determinada a evapotranspiração da cultura, foi calculada a irrigação real necessária (IRN), pela subtração da precipitação diária da ETc. Em seguida, estimado o tempo de irrigação, em minutos, de acordo com a equação 9.

$$Ti = \frac{IRN * E_{LL} * E_g}{q_g * E_a} * 60 \quad \text{eq. (9)}$$

Em que:

Ti – tempo de irrigação, min;

IRN – Irrigação real necessária, mm dia-1;

ELL – Espaçamento entre as linhas laterais;

Eg – espaçamento entre gotejadores na linha lateral, m;

qg – vazão do emissor, L h-1;

Ea – eficiência do sistema de irrigação, decimal.

Durante o experimento foi realizado o monitoramento da condutividade elétrica da água, e ao verificar que a salinidade da água do poço artesiano estava abaixo da estipulada pelo presente trabalho (4,1 dS m-1), foi realizado um acréscimo de sais a água do poço, utilizando NaCl e CaCl₂ na proporção de 2:1

molar, de acordo com a metodologia proposta por Rhoades et al. (1992). No que se refere a água do abastecimento a condutividade elétrica permaneceu próxima a determinada pelo trabalho ($0,5 \text{ dS m}^{-1}$).

4.7. Colheita e variáveis analisadas

No momento da colheita foi determinado o número de frutos por planta. Foi determinado também, o peso de mil sementes de cada parcela (Figura 7), através da pesagem de quatro amostras de 100 sementes e em seguida realizada uma extrapolação.



Figura 7 – Pesagem para avaliação de peso de mil sementes

Para observar o efeito dos tratamentos em relação a produtividade (ton ha^{-1}) do gergelim, no ato da colheita foi realizada a pesagem das sementes (Figura 8A) em uma balança analítica. Após a pesagem das sementes, foi determinado o teor de óleo (Figura 8B e 8C) em cada tratamento através da utilização da metodologia descrita por Silva (2015).

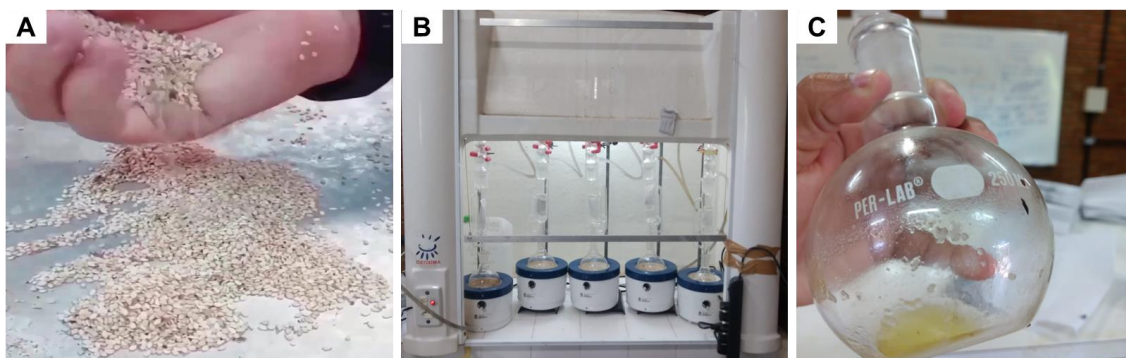


Figura 8 – Sementes de gergelim utilizadas para determinar a produtividade (A), Estrutura utilizada para realizar a extração do óleo de gergelim (B) e óleo de gergelim extraído das sementes (C)

Ademais, no momento da colheita, foi verificada a matéria fresca através da pesagem da planta, que em seguida foi levada para estufa á 65°C, por um período mínimo de 48 horas, até obter peso constante, obtendo-se a matéria seca das plantas com o auxílio de uma balança analítica com 0,0001g de precisão (MIRANDA & YOGUI, 2012).

Além dessas determinações, foi verificado o pH e condutividade elétrica do extrato de saturação do solo de amostras coletadas em cada parcela experimental. Para isso, com esse solo coletado, preparou-se uma pasta através da adição de água destilada. Com 24 horas após o preparo da pasta, foi retirada a solução do solo e realizada as medições.

4.8. Análise estatística dos dados

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F a 1 e 5% de probabilidade utilizando o software R, usando o pacote Trattamento.ad (R Development Core Team, 2020). Quando significativo, as qualidades de água foram analisadas por meio do teste Tukey a 5% de probabilidade utilizando o mesmo pacote estatístico presente no software R. Para comparar as testemunhas com os outros tratamentos foi utilizado o teste Dunnett ($p > 0,05$).

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Figura 9 está descrito o comportamento de variáveis meteorológicas durante a condução do experimento. Percebe-se uma baixa ocorrência de chuvas, que totalizou um acumulado de 76 mm, além disso, uma evapotranspiração de referência acumulada de 550 mm, denotando ser imprescindível o uso da irrigação, uma vez que é necessário um regime hídrico de 500 mm para a cultura completar o ciclo adequadamente (LOURENÇO et al., 2018).

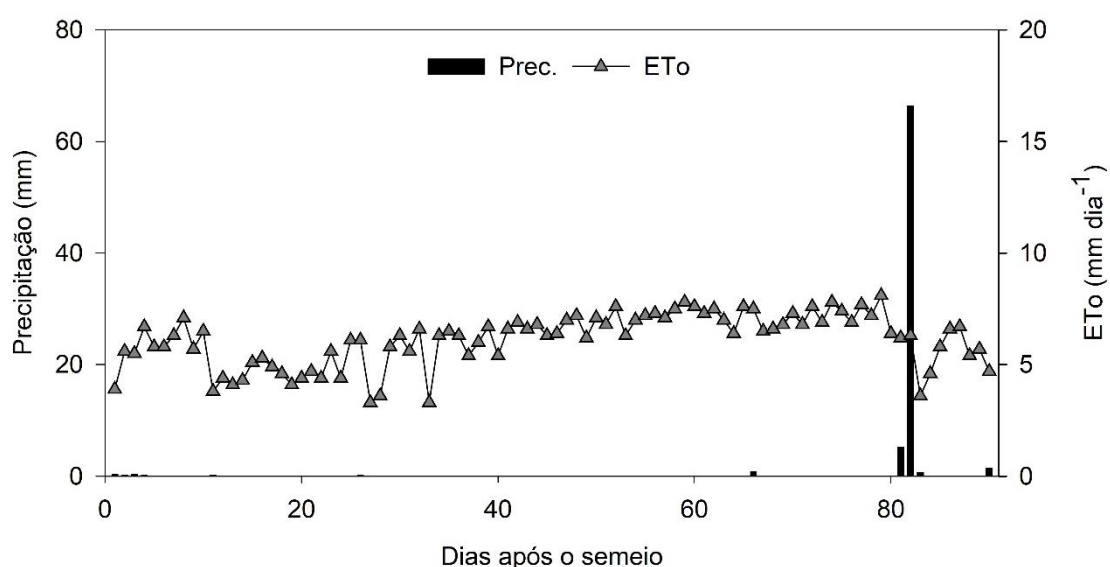


Figura 9 – Precipitação (Prec.) e evapotranspiração de referência (ETo) durante o ciclo do Gergelim

Com a análise de variância (Tabela 4) foi possível constatar que para o pH, somente as diferentes qualidades de água e a comparação das testemunhas com os demais tratamentos diferiram significativamente. Já para a CE_{es} observou-se efeito das diferentes águas, testemunhas isoladamente e quando comparadas com os demais tratamentos.

Tabela 4 – Resumo de análise de variância para as variáveis potencial hidrogeniônico (pH) e condutividade elétrica do extrato de saturação do solo (CE_{es})

FV	GL	pH		CE _{es}	
		----- Pr>Fc -----		----- Pr>Fc -----	
Água (A)	4	0,00**		0,00**	
Doses (D)	1	0,72 ^{ns}		0,15 ^{ns}	
A x D	4	0,61 ^{ns}		0,12 ^{ns}	
Testemunhas (T)	1	0,88 ^{ns}		0,00**	
T X (A +D)	1	0,00**		0,01*	
Bloco	3	0,04*		0,08 ^{ns}	
CV (%)	-	2,57		31,89	

^{ns} – não significativo, ** e * significativo a 1% e 5% de probabilidade, pelo teste F, respectivamente; GL – Grau de liberdade; CV – Coeficiente de variação.

Com o teste Tukey, apresentado na Tabela 5, verificou-se que o solo irrigado com água salina apresentou maior pH, sendo estatisticamente superior ao do solo irrigado com água de abastecimento local. Ao comparar as testemunhas, observa-se o mesmo comportamento, contudo, não sendo estatisticamente diferente. Pelo teste Dunnett ($P > 0,05$), somente o pH das parcelas irrigadas com água salina diferiu das testemunhas.

Tabela 5 – Potencial hidrogeniônico (pH) e condutividade elétrica do extrato de saturação do solo (CE_{es}) nas diferentes qualidades de água e relação com testemunhas adicionais

Tratamentos	pH	CE _{es} (dS m ⁻¹)
A1	7,33b	0,40b ⁺
A2	7,52a ^{*+}	0,70a ^{*+}
T1	7,10A	0,38B
T2	7,12A	0,94A

Médias seguidas da mesma letra minúscula, para o fator água (A1 e A2), e maiúscula, para as testemunhas (T1 e T2), não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p > 0,05$). Médias seguidas de * e/ou + se diferenciam da testemunha 1 (T1) e testemunha 2 (T2), respectivamente, pelo teste de Dunnett ($p < 0,05$). A1 - Água com 0,5 dS m⁻¹; A2 - Água com 4,1 dS m⁻¹; T1 - Adubação recomendada + água com 0,5 dS m⁻¹; T2 - Adubação recomendada + água com 4,1 dS m⁻¹.

Acredita-se que os valores inferiores observados nas testemunhas em relação aos demais tratamentos é resultado da adubação nitrogenada aplicada, que propiciou o aumento da acidez do solo, reduzindo o pH. Segundo Rajj (1991), a ureia apresenta forte efeito acidificante residual decorrente das reações de nitrificação e hidrólise do adubo. Bono et al. (2019) e Cecagno et al. (2019), ao testarem adubos nitrogenados também verificaram aumento da acidificação do solo e conseqüente redução do pH.

Ao comparar o pH do solo antes (Tabela 1) e após a realização do experimento, observa-se um incremento. Isso se dá pelo fato da água utilizada para irrigação, apresentar pH neutro em sua composição tanto na água salina quanto do abastecimento. Além disto, a maioria dos nutrientes aplicados via adubação (cinzas) apresentam comportamento alcalino.

Quanto a condutividade elétrica (Tabela 5), observou-se, maiores valores nos tratamentos que receberam água salina (A2 e T2) diferindo dos solos que receberam água do abastecimento. A testemunha 2 apresentou o maior valor, se diferindo dos outros tratamentos pelo teste Dunnett ($P > 0,05$).

O maior aporte salino devido a irrigação, associado a baixa precipitação e elevada evapotranspiração propiciou aumento da condutividade elétrica do solo. No que diz respeito ao valor superior da testemunha com água salina, isso se deu pelo uso da ureia, que apesar de possuir baixo índice salino (BORGES E SILVA, 2011), possibilitou uma pequena elevação da salinidade, além de que a irrigação com água salina proporciona um acúmulo de sais no solo que não são consumidos pelas plantas, e nem lixiviados, ocasionando um aumento na condutividade elétrica.

Com a análise de variância (Tabela 6), verifica-se que as diferentes qualidades de água influenciaram somente o peso de mil sementes. As doses de cinzas e a sua interação com as qualidades de água, não influenciaram significativamente as demais variáveis estudadas. Ao analisar as testemunhas, percebeu-se diferença significativa nas variáveis matéria fresca e matéria seca. No que diz respeito a comparação das testemunhas com os outros tratamentos, observou-se diferença significativa em todas as variáveis, exceto no peso de mil sementes e teor de óleo.

Tabela 6 – Resumo de análise de variância para as variáveis número de frutos (NF), peso de mil sementes (PMS), produtividade (Prod), teor de óleo (TO), matéria fresca (MF) e matéria seca (MS)

FV	GL	NF	PMS	Prod	TO	MF	MS
		Pr>F _c					
Água (A)	4	0,22 ^{ns}	0,01*	0,16 ^{ns}	0,15 ^{ns}	0,13 ^{ns}	0,32 ^{ns}
Doses (D)	1	0,36 ^{ns}	0,58 ^{ns}	0,41 ^{ns}	0,59 ^{ns}	0,49 ^{ns}	0,40 ^{ns}
A x D	4	0,54 ^{ns}	0,53 ^{ns}	0,53 ^{ns}	0,50 ^{ns}	0,34 ^{ns}	0,26 ^{ns}
Testemunhas (T)	1	0,14 ^{ns}	0,29 ^{ns}	0,19 ^{ns}	0,37 ^{ns}	0,02*	0,00*
T X (A + B)	1	0,00**	0,66 ^{ns}	0,00**	0,12 ^{ns}	0,00**	0,00*
Bloco	3	0,12 ^{ns}	0,82 ^{ns}	0,30 ^{ns}	0,05*	0,21 ^{ns}	0,08 ^{ns}
CV (%)	-	33,51	9,35	20,56	13,02	30,01	20,79

^{ns} – não significativo, ** e * significativo a 1% e 5% de probabilidade, pelo teste F, respectivamente; GL – Grau de liberdade; CV – Coeficiente de variação.

A falta de efeito significativo das doses de cinzas sobre as variáveis estudadas pode ter sido propiciada pela pelo baixo teor de nitrogênio nas cinzas utilizadas (Tabela 1) que pode ter limitado o crescimento da planta, assim como, a absorção de outros nutrientes essenciais. De acordo com a lei do mínimo, estabelecida por Liebig, um rendimento de uma cultura é limitado pelo nutriente que se encontra em menor disponibilidade, mesmo que os demais estejam em quantidades adequadas. Da mesma forma, é importante mencionar que a insuficiência de um nutriente reduz a eficiência de outros (VASCONCELOS et al., 2001).

Além disso, com o potencial das cinzas no que se refere a correção de solo, possivelmente, em solos mais ácidos esse material possibilitaria efeitos significativos. Como o solo do local do experimento apresenta pH próximo do neutro, o efeito das cinzas não foi maximizado. Silva et al. (2020), ao testarem doses de cinza vegetal em solos ácidos, observaram aumento do pH do solo e consequentemente incrementos nas variáveis biométricas do amendoim. De maneira similar, Alves et al. (2017) e Mercl et al. (2020), observaram incremento significativo do pH do solo ao testarem doses de cinza de biomassa.

Esperava-se que o silício presente nas cinzas do bagaço da cana propiciasse uma melhora significativa no rendimento ou maior tolerância a

estresses abióticos, como encontrado por outros trabalhos (LESHARADEVI, PARTHASARATHI e MUNNER, 2021; VERMA et al., 2021). Manaf et al. (2020), ao testar diferentes doses de silício em genótipos de gergelim, observaram efeito significativo, contudo, com respostas diferentes em função dos genótipos. Com isso, é possível que o gergelim seja influenciado pela aplicação do silício, no entanto, pode não ser tão responsivo como outras culturas acumuladoras desse elemento (LIANG et al., 2015). Além disso, como a forma de silício disponibilizada a planta era orgânica, pode ser que esse nutriente não conseguiu ser mineralizado em um tempo adequado para ser absorvido suficientemente pela planta.

O teste tukey (Tabela 7) para o fator água, mostrou superioridade nas variáveis do tratamento com água de 0,5 dS m⁻¹, similarmente aos resultados obtidos ao comparar as testemunhas. Com o teste Dunnett (p>0,05) verificou-se diferença significativa da testemunha irrigada com água de 0,5 dS m⁻¹, nas variáveis número de frutos, produtividade, matéria fresca e seca, para a água do abastecimento, da mesma forma para o tratamento da água salina, com exceção do número de frutos. No que se refere a testemunha com água salina, apenas observou-se diferença, ao comparar com o tratamento com água do abastecimento, na variável produtividade.

Tabela 7 – Número de frutos (NF), peso de mil sementes (PMS), produtividade (Prod), matéria fresca (MF) e matéria seca (MS) nas diferentes qualidades de água e relação com testemunhas adicionais

FV	NF	PMS (g)	Prod (T ha ⁻¹)	MF (g)	MS (g)
A1	37,26a*	3,04a	0,59a**	135,03a*	34,82a*
A2	43,02a	2,73b	0,63a*	115,08a*	32,41a*
T1	68,27A	3,01A	1,03A	231,06A	63,51A
T2	52,68A	2,83A	0,91A	159,26B	41,06B

Médias seguidas da mesma letra minúscula, para o fator água (A1 e A2), e maiúscula, para as testemunhas (T1 e T2), não diferem significativamente pelo teste de Tukey (p>0,05). Médias seguidas de * e/ou + se diferenciam da testemunha 1 (T1) e testemunha 2 (T2), respectivamente, pelo teste de Dunnett (p<0,05). FV – Fator de variação. A1 - Água com 0,5 dS m⁻¹; A2 - Água com 4,1 dS m⁻¹; T1 - Adubação recomendada + água com 0,5 dS m⁻¹; T2 - Adubação recomendada + água com 4,1 dS m⁻¹.

O número de frutos observados no presente trabalho é semelhante ao encontrado por Riberto, Ariel e Fernandes (2020) ao testarem doses de biofertilizantes e lâminas de irrigação na cultivar de gergelim BRS seda. Da mesma forma o PMS, que foi semelhante ao observado por Lucena et al. (2013), com valor inferior somente nos tratamentos irrigados com água salina.

Com relação a matéria fresca e seca (Tabela 7), nas testemunhas, ao utilizar a água salina, foi observado uma redução de 32% e 35% para matéria fresca e matéria seca respectivamente. Segundo Silva et al. (2021), a salinidade de água superior a 2,7 dS m⁻¹ aplicada de forma contínua nas fases vegetativa e de floração prejudicam o acúmulo de fitomassa das plantas de gergelim. Dessa forma, ao irrigar com água salina o desenvolvimento do gergelim é comprometido e conseqüentemente o seu rendimento.

Em plantas sob estresse salino ocorre um maior gasto de energia para regulação das atividades metabólicas, interferindo diretamente no crescimento das plantas e conseqüente rendimento (KUMAR et al., 2017). Isso também é observado no PMS, que ocorreu uma redução de 10% do seu peso ao usar água salina.

No tratamento testemunha com água do abastecimento constatou-se uma produtividade de 1,03 ton. ha⁻¹, inferior a estimada pela EMBRAPA (2013) e a encontrada por Santos et al. (2021) ao utilizar a mesma dose de nitrogênio na variedade BRS Seda (1,4 ton ha⁻¹). Apesar disso, essa produtividade ainda é considerada superior à média nacional, que fica em torno de 0,54 ton ha⁻¹ (CONAB, 2022). O teor de óleo médio foi de 48%, similar ao estimado para a cultivar de gergelim BRS Seda (EMBRAPA, 2013).

O aumento da produtividade com uso do nitrogênio nas testemunhas ocorre pelo fato de ser um dos elementos que possui papel fundamental no crescimento e desenvolvimento das culturas (DIAS et al., 2012). Mesmo utilizando água salina, o uso do nitrogênio na testemunha possibilitou uma produtividade superior aos outros tratamento.

Essa superioridade das testemunhas, possivelmente, pode ter sido promovida pelo fato de as doses de cinzas não serem complementadas com o nitrogênio, haja vista que o resíduo da cana apresenta baixos teores desse nutriente (CACURO & WALDMAN, 2015). Nesse sentido, a falta de nitrogênio

pode ter limitado os efeitos das cinzas, já que o nitrogênio atua auxiliando no crescimento das plantas; e no caso do gergelim Perin et al. (2009) e Dias (2017) verificaram incrementos nas variáveis biométricas, com a incorporação desse nutriente na adubação.

Dessa forma, ao incorporar a adubação nitrogenada nas cinzas do bagaço da cana é possível que se observe efeito significativo com o aumento das doses. Ademais, isso pode ser maximizado se o cultivo do gergelim foi realizado em solos que necessitam de um condicionamento prévio.

6. CONCLUSÃO

As cinzas do bagaço da cana-açúcar não promoveram efeito significativo no rendimento produtivo do gergelim.

Mesmo utilizando água salina, quando o manejo de adubação foi correto, a produtividade do gergelim não foi afetada.

Recomenda-se em próximos trabalhos emprego da adubação nitrogenada como suplementação das cinzas do bagaço da cana, assim como a realização de experimentos em solo mais ácidos.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements. **Rome: FAO**, (FAO – Irrigation and Drainage Paper, 56), p. 300, 1998.

ALMEIDA, O. A. **Qualidade de água de irrigação**. Cruz das Almas: EMBRAPA Mandioca e Fruticultura, p.234, 2010.

ALVES, F. A.; FERREIRA-SILVA, S. L.; DA SILVEIRA, J. A.; PEREIRA, V. L. Efeito do Ca^{2+} externo no conteúdo de Na^+ e K^+ em cajueiros expostos a salinidade. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.6, n.4, p.602-608, 2011.

ALVES, M. V.; NESI, C. N.; NAIBO, G.; SPRICIGO, J. G.; BENDER, A. C.; ANTUNES DA CRUZ, D. C.; CHAGAS, A.; CURTI, G. L. Comportamento químico do solo e satisfação dos produtores rurais após o uso de cinza. **Scientia Agraria**, v. 18, n. 1, p. 76, 2017.

ARAÚJO, S. M. S. Região Semiárida do Nordeste do Brasil: questões ambientais e possibilidades de uso sustentável dos recursos. **Rios Eletrônica-Revista Científica da FASETE**, v. 5, n. 5, p. 89-98, 2011.

ARRIEL, N. H. C.; GONDIM, T. M. de S.; FIRMINO, P. de T.; BELTRAO, N. E. de M.; VASCONCELOS, R. A. de; COSTA, I. L. da; SILVEIRA, N. A. da; SOUSA, S. L. de; DANTAS, E. S. B.; PEREIRA, J. R. **Gergelim BRS Seda**. 3 ed. Campina Grande: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2009.

BEGA, R.M. **Aplicação de cinza do bagaço de cana-de-açúcar em latossolo cultivado com cana-de-açúcar**. 2014. Dissertação da UNESP. Jaboticabal, 2014.

BONFIM-SILVA, E. M.; CABRAL, C. E. A.; SILVA, T. J. A.; MOREIRA, J. C. F. & CARVALHO, J. C. S. Cinza vegetal: Características produtivas e teor de clorofila do Capim-Marandu. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 5, p. 1215-1225, 2013.

BONO, J.A.M.; SANTOS, R.R.; GONÇALVES, R.C. Fertilizantes Nitrogenados em Cobertura para Pastagem Marandu (*Brachiaria brizantha*) no Mato Grosso do Sul. **UNICIÊNCIAS**, v. 23, n. 2, p. 127-132, 2019.

BORGES, A.L.; SILVA, D.J. Fertilizantes para fertirrigação. In: BORGES, A.L.; COELHO, E.F.; TRINDADE, A.V. (Org.). **Fertirrigação em fruteiras tropicais**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, p.15-27, 2002.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF: MAPA/ACS, 2009. 395 p.

BRISKIN, D. P.; BLOOM, A. Nutrição Mineral. In: TAIZ, Lincoln; ZEIGER, Eduardo. **Fisiologia vegetal**. 5. Ed. Porto Alegre: Artmed, p. 108-130, 2013.

CACURO, T. A., & WALDMAN, W. R. Cinzas da queima de biomassa: aplicações e potencialidades. **Revista virtual de Química**, v. 7, n. 6, p. 2154-2165, 2015.

CANTUÁRIO, F.S.; LUZ, J.M.Q.; PEREIRA A.I.A.; SALOMÃO L.C.; REBOUÇAS, T.N.H. Podridão apical e escaldadura em frutos de pimentão submetidos a estresse hídrico e doses de silício. **Horticultura Brasileira**, v.32, n.2, p.215-219, 2014.

CECAGNO, D.; COSTA, S. E. V. G. de A.; ANGHINONI, I.; BRAMBILLA, D. M.; NABINGER, C. Acidificação do solo sob fertilização nitrogenada de longo prazo em campo nativo com introdução de azevém. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 18, n. 2, p. 263-267, 2019.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira: cana**, v. 9 - Safra 2022/23, n. 2 - Segundo levantamento, Brasília, p. 1-59, agosto de 2022. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cana/boletim-da-safra-de-cana-de-acucar>. Acesso em: 17 de outubro de 2022.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos**. v. 9 – Safra 2021/22, n. 15 – 12º levantamento, Brasília, p. 1-75, setembro de 2022. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>. Acesso em: 17 de outubro de 2022.

COOPER, M.; MESSINA, C.D.; PODLICH, D.; TOTIR, L.R.; BAUMGARTEN, A.; HAUSMANN, N.J.; WRIGHT, D.; GRAHAM, G. Predicting the future of plant breeding: complementing empirical evaluation with genetic prediction. **Crop and Pasture Science**, v. 65, n. 4, p. 311-336, 2014.

COSTA, C. P. M., ELOI, W. M., de CARVALHO, C. M., JÚNIOR, M. V., & da SILVA, M. A. N. **Caracterização qualitativa da água de irrigação na cultura da videira no município de Brejo Santo**, Ceará. 2005.

CRUZ, N. F. F. S.; NASCIMENTO, L. F. J.; SANTOS, R. F.; ZANÃO JÚNIOR, C. A.; CUNHA, E.; ROCHA, E. O. Características e tratos culturais do gergelim

(*Sesamum indicum* L.). **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, Botucatu, v. 8, n. 4, p. 665-675, 2019.

DIAS, A. S., DE LIMA, G. S., GHEYI, H. R., NOBRE, R. G., FERNANDES, P. D., & DA SILVA, F. A. Trocas gasosas e eficiência fotoquímica do gergelim sob estresse salino e adubação com nitrato-amônio. **Irriga**, v. 23, n. 2, p. 220-234, 2018.

DIAS, A.S. **Proporções de nitrato e amônio no cultivo de gergelim sob irrigação com águas salinas**. 2017. 76 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, Brasil, 2017.

DIAS, M. J. T., SOUZA, H. A., NATALE, W., MODESTO, C. V., ROZANE, D. E. Adubação com nitrogênio e potássio em mudas de goiabeira em viveiro comercial. **Ciências Agrárias**, v.33, suplemento 1, p.2837-2848, 2012.

DOSSA, K., DIOUF, D., WANG, L., WEI, X., ZHANG, Y., NIANG, M., FONCEKA, D., YU, J., MMADI, M. A., YEHOUESSI, L. W., LIAO, B., ZHANG, X., CISSE, N. The Emerging Oilseed Crop *Sesamum indicum* Enters the “Omics”. **Frontiers in plant science**, v. 8, p. 11-54, 2017.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa agropecuária. **Cultivo do Gergelim**. 2a ed. Brasília, DF: Embrapa sistema de produção, 2013. Disponível em: <https://www.spo.cnptia.embrapa.br>. Acesso em: 17 de outubro de 2022.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa agropecuária. **Potencial econômico e nutricional do gergelim mobiliza pesquisa**. 2014. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/2202864/potencial-economico-e-nutricional-do-gergelim-mobiliza-pesquisa>. Acesso em: 17 de outubro de 2022.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A.J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**, Editora Planta, p. 403, 2006.

EUBA NETO, M.; PEREIRA, W. E.; SOUTO, J. S.; ARRIEL, N. H. Crescimento e produtividade do gergelim em Neossolo Flúvico em função da adubação orgânica. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 63, n. 4, p. 568-575, 2016.

FAO - Food and Agriculture Organization. **FAOSTAT Crops**. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize>. Acesso: 17 de outubro de 2022.

FERREIRA, E. P. B.; FAGERIA, N. K.; DIDONET, A. D. Chemical properties of an Oxisol under organic management as influenced by application of sugarcane bagasse ash. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 43, n. 2, p. 228-236, 2012.

FERREIRA, M. D. (Ed.técnico). **Instrumentação pós-colheita em frutas e hortaliças**, São Carlos: Embrapa Instrumentação, p. 209-220, 2017.

GONG, H.; ZHU, X.; CHEN, K.; WANG, S. Silicon alleviates oxidative damage of wheat plants in pots under drought. **Plant Science**, Clare, v.169, n.2, p.313-321, 2005.

GRILO JR, J.A.S.; AZEVEDO, P.V. Crescimento, desenvolvimento e produtividade do gergelim BRS Seda na Agrovila de Canudos, em Ceará Mirim (RN). **Holos**, v.29, p.19-32, 2013.

GUARIZ, H. R.; PICOLI, M. H. S.; CAMPANHARO, W. A.; RODRIGUES, B. P. Uso de cinzas de fornos de cerâmica como fonte de nutrientes para aproveitamento na agricultura. In: **Congresso brasileiro de resíduos orgânicos**, 2009.

HATTORI, T.; INANAGA, S.; ARAKI, H.; AN, P.; MORITA, S.; LUXOVÁ, M. Application of silicon enhanced drought tolerance in Sorghum bicolor. **Physiologia Plantarum**, Kobenhavn, v.123, n.4, p.459-466, 2005.

HECKMAN. Silicon: a beneficial substance. **Better Crops**,v.97,n.4,p. 14-16. 2013.

HOLANDA, J. S.; AMORIM, J. R. A.; FERREIRA NETO, M.; HOLANDA, A. C.; SÁ, F, V.S. **Qualidade da água para irrigação. Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada.** Campina Grande: UFPB, p. 137-169, 1997.

HOLANDA, J. S.; AMORIM, J. R. A.; NETO, M. F.; HOLANDA, A. C. Qualidade da água para irrigação. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. (ed.) **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados.** Fortaleza: INCT Sal, 2010. 472p.

IMTIAZ, M.; RIZWAN, M.S.; MUSHTAQ, M.A.; ASHRAF, M; SHAHZAD, S.M.; YOUSAF, B.; SA EED, D.A.; RIZWAN, M.; NAWAZ, A.; MEHMOOD, S.; TU, S. Silicon occurrence, uptake, transport and mechanisms of heavy metals, minerals and salinity enhanced tolerance in plants with future prospects: A review. **Journal of Environmental Management**, v.183, p. 521- 529,2016.

IPA – Instituto Agrônomo de Pernambuco. **Recomendações de adubação para o Estado de Pernambuco: 2ª aproximação.** 3.ed. revisada. Recife: IPA, p.212, 2008.

KABI, M., BAISAKH, B., DASH, M., and TRIPATHY, S. K. Phenotyping of sesame (*Sesamum indicum* L.) genotypes for powdery mildew resistance. **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, v. 8, n. 3, p. 1865-1867, 2019.

KELLER, J.; KARMELI, D. Trickle irrigation design parameters. **Transactions of the ASAE**, v.17, p.678-684, 1974.

KHADEMIAN, R., ASGHARI, B., SEDAGHATI, B., & YAGHOUBIAN, Y. Plant beneficial rhizospheric microorganisms (PBRMs) mitigate deleterious effects of salinity in sesame (*Sesamum indicum* L.): Physio-biochemical properties, fatty acids composition and secondary metabolites content. **Industrial Crops and Products**, v. 136, n. 15, p. 129-139, 2019.

KHOSHGOFTARMANESH, A.H.; KHODARAHMI, S.; HAGHIGHI, M. Effect of silicon nutrition on lipid peroxidation and antioxidant response of cucumber plants

exposed to salinity stress. **Archives of Agronomy and Soil Science**, v. 60, n.5, p.639–653, 2014.

KORNDÖRFER, G. H.; DATNOFF, L. E. Adubação com silício: uma alternativa no controle de doenças da cana de açúcar e do arroz. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, v.70, p.1-5, 1995.

KUMAR, D., AL HASSAN, M., NARANJO, M. A., AGRAWAL, V., BOSCAIU, M., & VICENTE, O. Effects of salinity and drought on growth, ionic relations, compatible solutes and activation of antioxidant Systems in oleander (*Nerium oleander*L.). **Plos One**, 12: 1-22, 2017.

LESHARADEVI, K.; PARTHASARATHI, T.; MUNEEER, S. Biologia do silício em culturas sob estresse abiótico: uma mudança de paradigma e uma conversa cruzada entre genômica e proteômica. **Journal of Biotechnology**, v. 333, p.21-38, 2021.

LIANG, Y.; NIKOLIC, M.; BÉLANGER, R.; GONG, H.; SONG, A. Effect of silicon on crop growth, yield and quality. Silicon in **Agriculture: From Theory to Practice**, p. 209-223, 2015.

LIMA NETO, A.J.; CAVALCANTE, L.F.; MESQUITA, F.O.; SOUTO, A.G.L.; SANTOS, G.P.; SANTOS, J.Z.; MESQUITA, E.F. Irrigação de mudas de mamoeiro com água salina em solo com biofertilizante bovino. **Revista Chilena de Pesquisa Agropecuária**, v. 76, n. 2, pág. 236-242, 2016.

LIMA, F. A.; SOUSA, G. G. de; VIANA, T. V. DE A.; PINHEIRO NETO, L. G.; AZEVEDO, B. M. de; DE CARVALHO, C. M. Irrigação da cultura do gergelim em solo com biofertilizante bovino. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.7, p.102-111, 2013.

LIMA, G. S. DE; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G.; SOARES, L. A. A.; FERNANDES, P. D.; FREITAS, G. F. Trocas gasosas, pigmentos cloroplastídicos e dano celular na mamoneira sob diferentes composições catiônica da água. **Irriga**, v. 22, n. 4, p. 757-774, 2017.

LIMA, M.S.R.; ROCHA, M. do S.; MELO, A.S. de; DUTRA, W.F. Physiological, biochemical and productive changes in sesame genotypes subjected to different rates of water replenishment. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.22, p.176-182, 2018.

LIMA, S.R.; BELTRÃO, N. E. M.; OLIVEIRA, M. I. P.; ROCHA, M. S.; AMORIM, M. L. C. M. Potencial germinativo de sementes de gergelim BRS seda submetidas ao estresse salino. **IV Encontro de Produção Científica da Embrapa Algodão - EPC 2009**, Campina Grande, PB, 2009.

LOPES, O.D.; KOBAYASHI, M.K.; OLIVEIRA, F.G.; ALVARENGA, I.C.A.; MARTINS, E.R. & CORSATO, CE. (2011) Determinação do coeficiente de cultura (Kc) e eficiência do uso de água do alecrim-pimenta irrigado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, p. 548-553, 2011.

LOURENÇO, E., de AZEVEDO, P. V., PEREIRA, A., BEZERRA, J., SABOYA, L., & ZONTA, J. **Necessidades hídricas da cultura do gergelim na região da Chapada do Apodi, Rio Grande do Norte**. Embrapa Algodão-Artigo em periódico indexado (ALICE), 2018.

LUCENA, A.M.A.; CAVALCANTI, N.T.F.; FARIAS, A.L.; SANTOS, K.S.; ARRIEL, N.H.C.; ALBUQUERQUE, F.A. Qualidade de sementes de gergelim colhidas de frutos em diferentes estádios de maturação. **Scientia Plena**, v.9, n.6, p.1-7, 2013.

MACHADO, M. S. **Aplicação de silicato de potássio em coentro e cebolinha sobre estresse salino da solução nutritiva**. 2020. Tese de Doutorado, UFC, Fortaleza, 2020.

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

MANAF, A., SHOUKAT, M., SHER, A., QAYYUM, A., & NAWAZ, A. Seed yield and fatty acid composition in sesame (*Sesamum indicum* L.) as affected by silicon application under a semi-arid climate. **Agrociencia**, v. 54, n. 3, p. 367-376, 2020.

MARTIN, T. N.; CORRÊA, A. R.; LUDWIG, R. L.; VEY, R. T. Fontes alternativas de adubação na cultura da soja. **Vivências**, v. 18, n. 37, p. 245-261, 2022.

MEDEIROS, J. F. DE. **Qualidade da água de irrigação e evolução da salinidade nas propriedades assistidas pelo GAT nos estados do RN, PB e CE**. 1992. 196 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 1992.

MERCL, F.; GARCÍA-SÁNCHEZ, M.; KULHÁNEK, M.; KOŠNÁŘ, Z.; SZÁKOVÁ, J.; TLUSTOŠ, P. Improved phosphorus fertilisation efficiency of wood ash by fungal strains *Penicillium* sp. PK112 and *Trichoderma harzianum* OMG08 on acidic soil. **Applied Soil Ecology**, v. 147, p. 103360, 2020.

MIRANDA, D.A.; YOGUI, G.T. **Determinação gravimétrica de peso seco em amostras de sedimento e tecido biológico**. Procedimento Operacional Padrão OrganoMAR 2012-02, Revisão nº 1. Laboratório de Compostos Orgânicos em Ecossistemas costeiros e Marinhos, Departamento de Oceanografia, Universidade Federal de Pernambuco. 7p. 2012.

MORO, A.L.; BROETO, F.; MORO, E. Antioxidative responses, physiological and productive of rice grown under water deficit and silicon fertilization. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 5, p. 3013-3028, 2015

MUNNS, R. Plant Adaptations to Salt and Water Stress: Differences and Commonalities. **Advances in Botanical Research**, New York, v.57, p.1-32, 2011.

NKANA, J.C.V.; DEMEYER, A; VERLOO, M.G. Effect of wood ash application on soil solution chemistry of tropical acid soils: incubation study. **Bioresource Technology**, Essex, v.85, p.323-325, 2002.

OLIVEIRA FILHO, F. S. **Adubação orgânica e mineral na cultura da melancia no semiárido paraibano**. 2014. 76f. Dissertação (Mestrado em Horticultura Tropical) – CCTA, UFCG, Pombal-PB

PAULA, M.O.; TINÔCO, I. D. F. F.; RODRIGUES, C. de S.; SILVA, E.N.D.; SOUZA, C.D.F. Avaliação de atividade pozolânica da cinza do bagaço de Cana-de-açúcar. **Revista Engenharia na Agricultura**, V.17, n. 1, p 15-20, 2009.

PERIN, A.; CRUVINEL, D. J.; SILVA, J. W. DA. Desempenho do gergelim em função da adubação NPK e do nível de fertilidade do solo. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 32, n. 1, p. 93-98, 4 nov. 2009.

PILON, C.; SORATTO, R.P.; BROETTO, F.; FERNANDES, A.M. Foliar or soil application of silicon alleviate water-deficit stress of potato plants. **Agronomy Journal**, v.106, n.6, p.2325- 2334, 2014.

PIZARRO, F. **Drenaje agrícola y recuperación de suelos salinos**. Madrid: Editorial Agrícola, Española, p.521, 1985.

PIZARRO, F. RIEGOS. **Localizados de Alta Frecuencia (RLAF): goteo, microaspersión, exudación**. 3ª Edición. Madrid, España. Ediciones Mundi-Prensa, p.511, 1996.

QUEIROGA, V. P.; SILVA, O. R. R. F. Tecnologias utilizadas no cultivo do gergelim mecanizado. **Embrapa Algodão-Documentos (INFOTECA-E)**, 2008.

R Core Team. R: **A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2020. Disponível em: <<http://www.r-project.org/index.html>>. Acesso em: 17 de outubro de 2022.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba, Ceres,1991. 343p.

RHOADES, J. D. KANDIAH, A. MASSHAL, A.M. The use of saline water for crop production. Rome. FAO, 1992. 133p. **FAO – Irrigations and drainage Paper 48**.

RIBEIRO, V. H. De A; ARRIEL, N. H. C.; FERNANDES, P. D. Tolerância de genótipos de gergelim ao estresse hídrico em cultivo com biofertilizante. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 9, p. 64637-64660, 2020.

RODRIGUES, F. A.; OLIVEIRA, L. A.; KORNDÖRFER, A. P. Silício: um elemento benéfico e importante para as plantas. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 134, p. 14-20, 2011.

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

SANTOS, M.G.D., SOUZA, Ê. G.F., SOUZA, L.V.D., PEREIRA, L.A.F., SOUZA, A.R.E.D., BARROS JÚNIOR, A.P., ... & SILVEIRA, L.M.D. Adubação nitrogenada no desempenho agroecônômico do gergelim no semiárido brasileiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 56, (2021).

SEIDO, S. L.; SOUSA, L. P.; SILVA, M. J.; DONZELI, V. P.; QUEIROZ, S. O. P. Rizobactérias promotoras de crescimento em melão sob estresse salino. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 14, n. 1, p. 5623, 2019.

SEMIDA, W.M.; EL-MAGEED, T.A.; HOWLADAR, S.M. A novel organo-mineral fertilizer can alleviate negative effects of salinity stress for eggplant production on reclaimed saline calcareous soil. **Acta Horticulturae**, The Hague, v.1034, n.1, p.493-499, 2014.

SILVA, A. A. R. da .; LACERDA, C. N. de .; LIMA, G. S. de .; SOARES, L. A. dos A.; GHEYI, H. R. .; FERNANDES, P. D. . Morfofisiologia de genótipos de gergelim submetidos a diferentes estratégias de uso de água salina. **IRRIGA**, [S. l.], v. 1, n. 1, p. 42–55, 2021.

SILVA, D. R. S. **Processamento do gergelim: extração de óleo e aproveitamento dos resíduos para produção de alimentos**. 2015. Tese (Doutorado em Engenharia de processos) - Universidade Federal de Campina Grande, 2015.

SILVA, E. M. B., DE BRITO GOMES, N. C., DE SOUZA ALVES, R. D., GUIMARÃES, S. L., & DA SILVA, T. J. A. Características fitométricas e índice de

clorofila de cultivares de amendoim adubado com cinza vegetal. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 3, p. 13468-13482, 2020.

SILVA, E., DE OLIVEIRA, H. M., ARAÚJO, L. N. C., DE SOUZA GUILHERME, M. D. F., & MARACAJÁ, P. B. Caracterização morfológica e qualidade fisiológica de cultivares de sementes de gergelim. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 9, n. 4, p. 149-156, 2014.

SILVA, T. G. F.; PRIMO, J. T. A.; MOURA, M. S. B.; SILVA, S. M. S.; MORAIS, J. E. F.; PEREIRA, P. C.; SOUZA, C. A. A. Soil water dynamics and evapotranspiration of forage cactos clones under rainfed conditions. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 50, n. 7, p. 515-525, 2015.

SOUSA, V. F. De O. Efeito da adubação silicatada em pimenteira sob estresse salino. **Meio Ambiente (Brasil)**, v. 1, n. 2, 2020.

SOUZA, R. A.; MONÇÃO, O. P.; SOUZA, H. B.; OLIVEIRA, J. S.; REIS, T. C. Efeito da cinza de caldeira sobre as características químicas de um solo do Cerrado baiano e produtividade da alface. **Revista Cultivando o Saber**, v. 6, n. 4, p. 60-73, 2013.

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

TEODORO, P.E.; RIBEIRO, L.P.; OLIVEIRA, E. P. de; CORRÊA, C.C.G.; TORRES, F.E. Acúmulo de massa seca na soja em resposta a aplicação foliar com sício sob condições de deficit hídrico. **Bioscience Journal**, v. 31, n. 1, p. 161-170, 2015.

THOMAZ, E. L. Interaction between ash and soil microaggregates reduces runoff and soil loss. **Science of the Total Environment**, vol.625, p.1257-1263.

VASCONCELLOS, C.A.; ALVES, V.M.C.; PEREIRA FILHO, I.A.; PITTA; G.V.E. **Nutrição e adubação do milho visando a obtenção do minimilho**. Sete Lagoas, Embrapa. p.10, 2001. (Comunicado Técnico, 09).

VERMA, K.K.; SONG, X.P.; LIN, B.; GUO, D.J.; SINGH, M.; RAJPUT, V.D.; SINGH, R.K.; SINGH, P.; SHARMA, A.; MALVIYA, M.K., CHEN, G.L., LI, Y.R. Silicon induced drought tolerance in crop plants: physiological adaptation strategies. **SILICON**. Vol.14, p.2473–2487, 2021.

WANG, L.; HAN, X.; ZHANG, Y.; LI, D.; WEI, X.; DING, X.; ZHANG, X. Deep resequencing reveals allelic variation in *Sesamum indicum*. **BMC Plant Biol**, v.14, p. 1-11, 2014.

ZENAWI, G; MIZAN, A. Effect of Nitrogen Fertilization on the Growth and Seed Yield of Sesame (*Sesamum indicum* L.). **International Journal of Agronomy**, v. 2019, p. 1-7, 2019.