



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO-UFRPE  
UNIDADE ACADÊMICA DE SERRA TALHADA - UAST  
CURSO DE BACHARELADO EM AGRONOMIA**

**Trocas gasosas, massa fresca e qualidade de água no cultivo do  
gergelim associando cinzas do bagaço de cana-de-açúcar e água salina**

**David Gleidson Moreira Ramos**

Serra Talhada-PE  
2022

David Gleidson Moreira Ramos

**Trocas gasosas, massa fresca e qualidade de água no cultivo do  
gergelim associando cinzas do bagaço de cana-de-açúcar e água salina**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
Universidade Federal Rural de  
Pernambuco/Unidade Acadêmica de Serra  
Talhada, como parte das exigências do Curso  
de Bacharelado em Agronomia para obtenção  
do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Raquele Mendes de Lira

Serra Talhada-PE  
2022

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)

---

- R175t Ramos, David  
Trocas gasosas, massa fresca e qualidade de água no cultivo do gergelim associando cinzas do bagaço de cana-de-açúcar e água salina / David Ramos. - 2022.  
40 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, 2022.
1. Sesamum indicum L. 2. salinidade. 3. cinza vegetal. 4. tolerância. 5. trocas gasosas . I. Lira, Raquele Mendes de, orient. II. Título

CDD 630

---

DAVID GLEIDSON MOREIRA RAMOS

**TROCAS GASOSAS, MASSA FRESCA E QUALIDADE DE ÁGUA NO  
CULTIVO DO GERGELIM ASSOCIANDO CINZA DE BAGAÇO DE CANA-  
DE-AÇÚCAR E ÁGUA SALINA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
Universidade Federal Rural de  
Pernambuco/Unidade Acadêmica de Serra  
Talhada, como parte das exigências do Curso  
de Bacharelado em Agronomia para obtenção  
do título de Engenheiro Agrônomo.

Aprovado em: 25 /05 / 2022

**BANCA EXAMINADORA**

---

**Profa. Dra. Raquele Mendes de Lira**  
**Orientadora**

---

**Prof. Dr. Antônio Henrique Cardoso do Nascimento – UFRPE/UAST**  
**1º avaliador**

---

**Prof. Dr. Adriano do Nascimento Simões – UFRPE/UAST**  
**2º avaliador**

*A Deus por seu eterno e imenso amor e por me proporcionar resiliência e inspiração. Aos meus avós Maria José e Sebastião Roque e minha amada mãe Leonice Moreira por toda demonstração de amor, comprometimento e dedicação.*

***Dedico.***

## AGRADECIMENTOS

A Deus, inicialmente por me presentear com o dom da vida, por me proporcionar uma caminhada leve com muita saúde e sabedoria, pelos momentos importantes e por me fazer enxergar as oportunidades. Obrigado, Senhor, por todas às vezes que tocasse o meu coração, por sempre proporcionar momentos de aprendizados e de carinho. Sem Teus ensinamentos diários eu nada seria. Desejo sentir o Teu amor em cada manhã que eu abrir meus olhos.

Aos meus familiares por sempre aquecer meu coração com palavras e atitudes de carinho, empatia e amor. Em especial a minha mãe, avó e avô. Por me ensinarem sempre com atitudes a confiar em mim, a procurar o meu lugar, a sair e entrar dos cantos sendo eu mesmo. Sou grato por me ensinaram a ser forte, a nunca precisar que alguém me forneça algo que eu sei que posso me fornecer. Por me ensinar que somos todos conectados, a pedir ajuda e a ajudar. Por toda dedicação e abdicção...

Deixo minha gratidão à família Serravôlei por ser minha família aqui em Serra Talhada, pelo o acolhimento, demonstração de carinho e afeto, por nunca medir esforços para me deixar o mais confortável possível, por ser minha terapia e meu ponto de referência. Por todo ensino de disciplina, dedicação e comprometimento. Minha segunda família.

A Daniela Alves, Jamiles Carvalho, Eliane Nunes, Rodrigo Hemerson, Jaynara Maria e Agda Raiane por nunca soltarem a minha mão, por todos os momentos felizes e tristes, por sempre terem uma palavra de conforto e de fortalecimento.

Ao Grupo de Estudos e Tecnologias de Convivência com o Semiárido (GETECS), em especial a Bianca, Edimir, Elizeu e Luis por todas às vezes que tiraram um pouco do seu tempo para me ajudar a realizar o meu sonho. Obrigado por compartilhar seus conhecimentos comigo.

A José Raliusson Inácio Silva por tirar um pouco de seu tempo e nos ajudar na coleta de dados com o equipamento IRGA.

Sou muito grato de coração a minha orientadora, Professora Raquele Mendes de Lira, que sempre me auxiliou, aconselhou, ensinou, incentivou, confiou e apoiou, que sempre se mostrou disponível a me ouvir e atirar minhas dúvidas, que sempre me mostrou o melhor caminho a seguir. Sou grato a sua empatia e dedicação.

Obrigado a banca examinadora Prof. Adriano Simões e Prof. Antônio Henrique pela contribuição na escrita deste trabalho.

Serei para sempre imensamente grato por ter feito parte da família Rural – Universidade Federal Rural de Pernambuco/Unidade Acadêmica de Serra Talhada em minha caminhada universitária. A vida acadêmica é a melhor parte da minha história, por me proporcionar crescer em todas as áreas da minha vida, por me fazer me conhecer melhor, por me tornar uma pessoa melhor, por me construir um profissional melhor, por me fazer errar, enxergar o meu erro e ter consciência de concertá-lo. Obrigado pela humanização e comprometimento com a sociedade. Espero compartilhar meus conhecimentos para um bem coletivo e para as pessoas que mais necessitam.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	12
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	13
2.1 A cultura do gergelim .....	13
2.2 Qualidade da água.....	15
2.3 Respostas fisiológicas das plantas à salinidade .....	16
2.4 Trocas gasosas .....	17
2.5 Usos de bagaço de cana-de-açúcar na tolerância de estresse salino .....	18
2.6 Silício: elemento valioso e importante para as plantas .....	19
3. OBJETIVOS .....	19
3.1 Geral .....	19
3.2 Específicos .....	20
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	20
4.1 Localização, caracterização da área experimental e análise do solo .....	20
4.2 Delineamento experimental e Tratamentos .....	21
4.3 Preparo do solo, material vegetal e irrigação.....	22
4.4. Adubação .....	24
4.5 Manejo da irrigação .....	25
4.6 Determinação da CE e pH do extrato de saturação .....	27
4.7 Trocas Gasosas .....	28
4.8 Determinação da matéria fresca do Gergelim.....	29
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	29
6. CONCLUSÃO.....	34
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	34

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. - Análise química do solo da área experimental.....	21
Tabela 2. - Análise química dos compostos orgânicos.....	24
Tabela 3. - Coeficiente de cultivo (KC) para o Gergelim .....	26
Tabela 4. - Resumo da análise de variância para as variáveis Assimilação líquida de CO <sub>2</sub> (A), condutância estomática (gs), Concentração interna de CO <sub>2</sub> (Ci), transpiração (E), eficiência no uso de água (EUA) e a eficiência instantânea da carboxilação (EiC).30	
Tabela 5. - Resumo da análise de variância para as variáveis condutividade elétrica (CE), Potencial hidrogeniônico (pH) e Matéria fresca (MF).....	32

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização da área experimental .....	21
Figura 2. Delineamento experimental .....	22
Figura 3. Preparo do solo (A), montagem do sistema de irrigação (B) e avaliação do sistema de irrigação (C).....	23
Figura 4. Visualização do sistema de irrigação .....	23
Figura 5. Local da coleta da cinza (A), a cinza sendo peneirada (B) e introdução da cinza no solo (C).....	25
Figura 6. Analisador de gás infravermelho .....	29
Figura 7. Variáveis meteorológicas do período de execução do experimento até o momento da coleta com o IRGA. ....	31
Figura 8. Teste Tukey para as variáveis matéria fresca, pH e condutividade elétrica...	33

## RESUMO

Os perímetros irrigados tem o intuito de minimizar os problemas relacionados à seca. No Nordeste, em consonância com a disponibilidade de água, há fatores que afetam sua qualidade no que se refere à irrigação, como a salinização, que comumente ocorre em águas provenientes de poços localizados em solo sedimentar do semiárido. Devido ao clima e as características dos aquíferos, as águas salobras ou salinas afetam não só as partes físicas e químicas do solo, mas também o crescimento e desenvolvimento da planta, seus aspectos nutricionais e fisiológicos. Portanto, se faz necessário introduzir técnicas inovadoras de manejo objetivando maximizar a produção agrícola e simultaneamente diminuir os efeitos da salinização. Todavia, a utilização de adubos organominerais como a cinza vegetal pode reduzir a acidez e proporcionar melhor fertilidade ao solo. O gergelim é considerado uma cultura sensível à salinidade, por outro lado o clima da região semiárida favorece sua produção tornando-o uma fonte de renda para os agricultores. Nesse sentido, objetivou-se avaliar os efeitos das diferentes dosagens de cinzas do bagaço de cana-de-açúcar e irrigação com água salina avaliando as trocas gasosas, matéria seca e a qualidade de água do gergelim no semiárido 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 de bagaço da Cana-de-açúcar (0, 30, 60, 90 e 120 g.planta<sup>-1</sup>), duas qualidades de água (A1= Água do abastecimento público (0,5 dS m<sup>-1</sup>); A2 = Água de poço artesiano (4,1 dS m<sup>-1</sup>) e duas testemunhas adicionais (T1 = Adubação recomendada + água do abastecimento público; e T2 = Adubação recomendada + Água do poço artesiano. A unidade experimental foi representada por nove plantas, porém para análise fisiológica, foi utilizada apenas uma planta. Analisou-se a assimilação líquida de CO<sub>2</sub>(A), a condutância estomática(gs), concentração interna de CO<sub>2</sub> (Ci), transpiração (E), sendo as leituras realizadas aos 70 dias após a semeadura. Além disto foi determinado a eficiência do uso da água (EUA) e eficiência de carboxilação. Aos 90 DAS realizou-se a colheita e foi medido a matéria fresca de planta. Também realizou-se a medição de pH e de condutividade elétrica do extrato de saturação do solo. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F a 1 e 5% de probabilidade. Devido as chuvas durante o experimento, não foi possível afirmar se as dosagens de cinzas poderiam atuar os efeitos da salinização sob as trocas gasosas no gergelim. As maiores CEs foram encontradas no solo irrigado com água salobra e a utilização de adubo mineral proporcionou maior rendimento de matéria fresca do que os tratamentos que receberam apenas cinzas do bagaço da cana-de-açúcar como fonte de adubação.

**Palavras-chaves:** *Sesamum indicum* L., salinidade; cinza vegetal; tolerância; trocas gasosas

## ABSTRACT

Irrigated perimeters are intended to minimize problems related to drought. In the Northeast, in line with the availability of water, some factors affect the quality of irrigation, such as salinization, which commonly occurs in water from wells located in sedimentary soil in the semi-arid region. Due to the climate and the characteristics of the aquifers, brackish or saline waters affect not only the physical and chemical parts of the soil but also the growth and development of the plant, its nutritional and physiological aspects. Therefore, it is necessary to introduce innovative management techniques aiming to maximize agricultural production and simultaneously reduce the effects of salinization. However, the use of organometallic fertilizers such as vegetable ash can reduce acidity and provide better soil fertility. Sesame is considered a salinity-sensitive crop, on the other hand, the climate of the semi-arid region favors its production, making it a source of income for farmers. In this sense, the objective was to evaluate the effects of different dosages of ash from sugarcane bagasse and irrigation with saline water, evaluating gas exchange, dry matter, and water quality of sesame in the semi-arid region of Pernambuco. The study was conducted at the Federal Rural University of Pernambuco at the Serra Talhada Academic Unit (UFRPE/UAST), using the experimental design in randomized blocks in a factorial scheme ((5 x 2) + 2), with 4 replications totaling 48 experimental units. The treatments consisted of five doses of sugarcane bagasse ash (0, 30, 60, 90 and 120 g.plant<sup>-1</sup>), two water qualities (A1= Public supply water (0.5 dS m<sup>-1</sup>); A2 = Artesian well water (4.1 dS m<sup>-1</sup>) and two additional controls (T1 = Recommended fertilization + public supply water; and T2 = Recommended fertilization + artesian well water. The experimental unit was represented by nine plants, but for physiological analysis, only one plant was used. The net assimilation of CO<sub>2</sub>(A), stomatal conductance (gs), the internal concentration of CO<sub>2</sub> (Ci), and transpiration (E) were analyzed, and the readings were carried out 70 days after sowing. In addition, the water use efficiency (USA) and carboxylation efficiency were determined. At 90 DAS, the harvest was carried out and the fresh plant matter was measured. pH and electrical conductivity of the soil saturation extract. The data were submitted for analysis of variance by site F at 1 and 5% probability. Due to the rains during the experiment, it was not possible to state whether the ash dosages could affect the effects of salinization on gas exchange in sesame. The highest ECs were found in soil irrigated with brackish water and the use of mineral fertilizer provided a higher yield of fresh matter than treatments that received only ash from sugarcane bagasse as a source of fertilization.

**Keywords:** *Sesamum indicum* L., salinity, vegetable ash, tolerance, gas exchange

## 1. INTRODUÇÃO

O gergelim (*Sesamum indicum L.*) é uma planta que produz sementes com um alto teor de óleo e se caracteriza como uma das dez principais plantas oleaginosas do mundo, tem como principal produto um alto teor nutricional na sua semente e um valor medicinal extraordinário (CRUZ et al., 2009). Perin et al. (2010) afirmam que cerca de 70% da produção de grãos tem o objetivo de ser processado para a obtenção de óleo e produtos alimentícios.

Quanto a produção no Brasil, há uma maior concentração na região do Centro-Oeste, Sudeste e Nordeste. A cultura do gergelim vem se fortalecendo no mercado nacional por sua adaptação e a facilidade de se cultivar. Mostra ser tolerante à seca e o potencial produtivo é alto, também pode ser produzido no mecanismo de rotação e em consórcio com outras culturas. É uma planta rústica, não tem alta exigência de solos bem fertilizados e úmidos (AVILA, GRATEROL, 2005).

Apesar disto, Queiroga e Silva (2008) afirmam que, o Nordeste não possui uma importância econômica, visto que sua exploração não é significativa por ser cultivada majoritariamente por pequenos produtores com técnicas de manejos simples e auxílio de mão-de-obra familiar no período da semeadura e colheita. Por outro lado, sabe-se que uma técnica para melhorar a produtividade agrícola é a utilização do sistema de irrigação, no qual, a produção de grãos na cultura do gergelim está em torno de 650 kg.ha<sup>-1</sup> em situação de sequeiro, e quando se utiliza irrigação essa produtividade cresce significativamente para 1500 kg.ha<sup>-1</sup> (EUBA NETO et al., 2016; CRUZ et al., 2019).

Um grande problema das águas utilizadas para irrigação no semiárido é a sua qualidade, no qual, os poços artesianos apresentam boa qualidade sanitária, mas devido ao contato com o material de origem comumente possuem em sua composição química elevadas concentrações de sais (CABRAL & SANTOS, 2007). O estresse salino acarreta como consequência desnaturação proteica, desestabilização das membranas, diminuição do potencial osmótico e hídrico e conseqüentemente diminuição da disponibilidade de nutrientes (ALVES et al., 2011; TAIZ et al., 2017).

Silva et al. (2010) afirmam que, altos teores de sais proporcionam o fechamento estomático, limitação da transpiração e como consequência a baixa taxa fotossintética. O estresse osmótico faz com que aconteça uma redução na disponibilidade de água para

as culturas que pode afetar as trocas gasosas e o crescimento das plantas (BEZERRA et al., 2013). Uma opção para aumentar as qualidades físicas e químicas do solo são insumos orgânicos, no qual, espera-se que simultaneamente aumente a capacidade de retenção de água e favoreça a absorção de nutrientes e melhore o desenvolvimento e respostas fisiológicas das plantas.

O bagaço da cana-de-açúcar apresenta elementos essenciais como o potássio, e a aplicação das cinzas do bagaço no solo é uma maneira direta de reciclar macros e micronutrientes, ajudando na fertilidade do solo e corretivos (BEGA, 2014). Nas suas cinzas tem altas concentrações de silício, onde, o mesmo apesar de não ser um nutriente essencial apresenta outras funções que podem torná-lo importante como a manutenção da taxa fotossintética, aumento da condutância estomática da planta e o processo de transpiração (GONG et al., 2005; HATTORI et al., 2005).

É possível encontrar alguns trabalhos que mostram os efeitos positivos do uso do silício para diminuir o estresse salino (LIMA et al., 2013; SOUSA, 2020; MACHADO, 2020). Diante do exposto, acredita-se que o uso da cinza do bagaço da cana-de-açúcar possa minimizar os efeitos nocivos da salinidade já que a mesma tem alta concentração de silício e também proporcionar melhor desenvolvimento da planta por conter minerais essenciais para as culturas.

Partiu-se da hipótese que as trocas gasosas e a matéria fresca no cultivo do gergelim teriam impactos negativos quando submetidas à água salina e que a cinza de bagaço de cana-de-açúcar iria diminuir significativamente a influência que a água salina causa no cultivo.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 A cultura do gergelim**

O gergelim (*Sesamum indicum L.*) pertence a família Pedaliaceae. É uma espécie nativa do continente africano (ARRIEL e DANTAS, 2000), mas foi introduzido, no Brasil, pelos portugueses. Atualmente apresenta um grande potencial econômico devido às suas características adaptativas e aos vários setores que o qual podem ser utilizados na indústria de alimentos, indústrias químicas e farmacêuticas (BARROS, et al., 2002). De acordo com Barros e Santos (2000), a planta do gergelim pode ser cultivada em

diversos países, já que tem uma capacidade de adaptação e um alto potencial econômico.

Segundo a FAOSTAT (2019), a produção mundial de gergelim é da ordem de 5,5 milhões de toneladas, em uma área cultivada de 9,9 milhões de hectares, e produtividade média de 554,1 kg ha<sup>-1</sup>. O maior produtor é a Índia, seguido Myanmar e a China responsáveis por 51,96% da produção mundial. No Brasil, na safra de 2020 a produção dessa cultura ficou na ordem de 547 mil toneladas em uma área plantada de 175 mil hectares, destacando-se na região centro oeste (CONAB, 2020).

Barros et al. (2011) afirmam que no território brasileiro a produção do gergelim concentra-se no Mato Grosso, Goiás, São Paulo, na região do Nordeste e no Triângulo Mineiro (BARROS et al., 2011). De acordo com o censo agropecuário do IBGE (2006), na região Nordeste o estado maior produtor é o Ceará, seguido do Piauí e Bahia. Pernambuco ocupa a sétima colocação com 82 estabelecimentos agropecuários que realizam seu cultivo e destes 78 estabelecimentos estão localizados no semiárido.

Mesmo com sua produção considerada baixa comparada com outras oleaginosas cultivadas como amendoim, girassol e mamona, o cultivo do gergelim é uma alternativa agrícola para pequenos e médios produtores, devido as exigências práticas serem simples e de fácil realização (EMBRAPA, 2007). O gergelim é uma oleaginosa bem vista no exterior, se mantiver a produtividade em alto nível pode ampliar a área cultivada e conquistar o mercado internacional. Assim, é mais uma fonte de renda para o pequeno e médio produtor e mais uma forma de desenvolver sua região.

No que se refere ao clima ideal, os principais fatores climáticos que determinam seu melhor desenvolvimento é a temperatura, precipitação, luminosidade e altitude (EMBRAPA, 2009). Fora das condições climáticas favoráveis, em altitudes desfavoráveis a cultura do gergelim pode não desenvolver bem, podendo ficar raquítico, pouco ramificado e com baixa produção (EMBRAPA, 2014).

A região semiárida possui fatores climáticos que favorecem sua produção possuindo com mais impacto a umidade relativa do ar em torno de 60%, e o mínimo de 2600 horas de radiação solar, fatores esses que diminuem o índice de doenças e tem um maior desenvolvimento das plantas (AMORIN NETO et al., 2001).

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.

## 2.2 Qualidade da água

Diversos parâmetros são utilizados para caracterizar a água, os quais representam as suas características físicas, químicas e biológicas. Esses parâmetros são indicadores da qualidade da água e constituem impurezas quando alcançam valores superiores aos estabelecidos para um determinado uso, como por exemplo, abastecimento humano, irrigação, dessedentação de animais, etc. (UFV, 2010).

A agricultura necessita de água em quantidade e em qualidade adequada para produção. Em termos de qualidade a salinidade é um parâmetro bastante importante a ser observado. Ayers e Westcot (1998) afirmam que, as águas salinas apresentam riscos para as culturas e são diversos os efeitos da salinidade não só nas plantas como também no solo. A salinidade tem a capacidade de diminuir o potencial osmótico de água diminuindo também sua disponibilidade para as plantas chegando a reduzir cerca de 50% da produção agrícola (SANTANA et al., 2007).

De acordo com o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) em sua resolução 357/2005, as águas do território nacional são classificadas em função da sua salinidade, como por exemplo, águas doces (salinidade inferior ou igual a 0,5%); águas salobras (salinidade superior a 0,5% e inferior a 30%) e águas salinas (salinidade igual ou superior a 30%). Rebouças (1999) expressa esses valores no Sistema Internacional de Unidades em,  $500 \text{ mg L}^{-1}$  para águas doces, valores superior a  $500 \text{ mg L}^{-1}$  e inferior à  $30.000 \text{ mg L}^{-1}$  são consideradas águas salobras, e acima de  $30.000 \text{ mg L}^{-1}$  águas salinas.

Para o consumo humano, de acordo com o Ministério da Saúde (MS) em sua portaria de número 36 de 19 de janeiro de 1990, a quantidade de sólidos totais dissolvidos permitido é de até  $1000 \text{ mg L}^{-1}$ ; já para produção agrícola Ayers e Westcot (1999), afirmam que águas com até  $450 \text{ mg L}^{-1}$  de sólidos totais dissolvidos não há restrição de utilização, se a concentração for entre 450 a  $2000 \text{ mg L}^{-1}$  há restrição moderada, e acima deste valor ( $2000 \text{ mg L}^{-1}$ ) a restrição é severa.

Geralmente, o primeiro efeito da salinidade no desenvolvimento das plantas é a redução no crescimento (TAIZ; ZEIGER 2017), mas são várias as consequências dos sais sobre as culturas. A resposta das plantas ao excesso de sal é complexa e envolve alterações na sua morfologia, fisiologia, metabolismo e anatomia.

### 2.3 Respostas fisiológicas das plantas à salinidade

De maneira geral, águas salinas derivadas de atividades de irrigação afetam o sistema de produção, desde da germinação de sementes, a parte inicial do crescimento das plantas e conseqüentemente sua produtividade (COELHO et al., 2014; SILVA et al., 2013). Durante a fase de germinação, o efeito da exposição prolongada das sementes à salinidade compromete os processos fisiológicos e a resposta das sementes é menor quanto maior for o nível salino exposto (ESPINAR et al., 2005). Mesmo plantas halófitas, capazes de tolerar elevadas quantidades de sais na rizosfera sem afetar seu crescimento, demonstram em seu estágio de germinação e de plântula certa sensibilidade aos sais (DEBEZ et al., 2004).

Como consequência do acúmulo de sais no solo há a salinização, portanto, haverá diminuição osmótica dificultando ou impedindo não só a captação da água como também dará origem a alterações na absorção não seletiva de nutrientes (MORAIS, 2020). Os efeitos negativos da salinidade atuam em todas as fases das plantas, visto que é um dos mais sérios fatores que limitam o crescimento e a produção das culturas, levando a modificações morfológicas, estruturais e metabólicos (BETONI, 2009).

Munns (2006) corrobora com Medeiros et al., (1998) afirmando que, devido à diminuição do potencial osmótico, juntamente com o potencial mátrico, as raízes das plantas tem que vencer as resistências de absorção de água no solo; ainda segundo estes autores, o aumento da pressão osmótica pode atingir um nível tal, em que as plantas não terão forças de sucção suficiente para superar esse potencial e, conseqüentemente, não conseguirão absorver água, mesmo em um solo aparentemente úmido, fenômeno conhecido por seca fisiológica.

Os danos negativos dos sais sobre às plantas têm conseqüências no efeito osmótico e específico de íons que entram no fluxo da transpiração e eventualmente causam danos nas folhas influenciando negativamente na absorção de água pelas raízes (DIAS et al., 2018). A consequência da elevada concentração de sais na zona radicular interfere nos processos fisiológicos em consonância com o metabolismo das culturas, por causa dos efeitos tóxicos dos íons e por dificultar a absorção de água (LACERDA, 2016). O déficit hídrico nas culturas causa, além do fechamento estomático, a limitação da assimilação de CO<sub>2</sub> e a transpiração (SILVA et al., 2010). Esteves & Suzuki (2008) afirmam que, durante o estresse salino, a fotossíntese é inibida devido à desidratação das membranas celulares, há também redução na abertura dos estômatos para que sejam diminuídas as taxas de transpiração durante este período de estresse.

Sabe-se que as plantas sobrevivem ao estresse de acordo com suas habilidades em se adaptar, ressaltando que o estresse atua como uma pressão seletiva. Logo, as estratégias que as plantas desenvolvem para sobreviver permitem a capacidade que as mesmas têm de fazer todas as suas atividades. Resistência e adaptação mostram alterações no metabolismo da célula vegetal (PINHEIRO et al., 1999). As espécies variam suas respostas, como também dentro de uma mesma espécie, nos seus diferentes estádios de desenvolvimento da planta.

#### **2.4 Trocas gasosas**

Segundo Floss (2004), aproximadamente 90% da produção biológica das plantas acontece por causa da atividade fotossintética. Salientando que o aumento das taxas fotossintéticas necessita não só do elevado aproveitamento de luz disponível adquirido através do estágio fenológico das folhas como também por tratos culturais, manejos e outros fatores (SILVA et al., 2010). De acordo com o processo, as plantas assimilam o CO<sub>2</sub> derivado da atmosfera e o reduz a triose-fosfato, onde pode ser utilizado para a produção de carboidrato, sendo os principais sacarose e amido. A produção de fitomassa e formação da arquitetura do vegetal dependem majoritariamente da atividade fotossintética segundo Dalalstra et al. (2009).

As trocas gasosas constitui-se fundamental ferramenta na determinação da adaptabilidade e estabilidade das plantas, sabe-se que a redução do crescimento tem como consequência à redução da produtividade das plantas podendo está diretamente ligada à limitação da atividade fotossintética, portanto, limitada por fatores abióticos no local de cultivo (PEIXOTO et al., PAIVA et al., 2005). Sabendo disso, as trocas gasosas realizadas nas folhas, relacionada à assimilação líquida de CO<sub>2</sub>, transpiração, condutância estomática, concentração interna de CO<sub>2</sub>, eficiência do uso da água, estão diretamente relacionado ao estado hídrico da planta, somado com o seu desenvolvimento (NOGUEIRA et al. 2000). Simultaneamente, a qualidade e a intensidade da luz são fatores importantes que pode influenciar as trocas gasosas (COSTA e MARENCO, 2007).

A radiação solar, temperatura e umidade do ar, velocidade do vento e outros diversos fatores interferem na regulação da abertura dos estômatos e consequentemente com a condutância estomática ao vapor de água. É possível notar, que fatores das plantas também exercem influência destacando a taxa de assimilação de CO<sub>2</sub>, reguladores de crescimento e o estado hídrico da planta (NASSIF, 2015). De acordo

com o mesmo autor, as respostas estomáticas em resposta às variáveis ambientais são de difíceis interpretações e a quantificação dos efeitos dos fatores é de complexa estimativa. Em condições favoráveis de água no solo, as trocas gasosas são limitadas pela abertura estomática. A deficiência hídrica faz com que as trocas gasosas tenham alterações atípicas o que pode causar depleção na eficiência fotossintética, muito comum em regiões semiáridas já que existe uma relação negativa entre a transpiração da água e a precipitação pluviométrica (GOMES et al., 2012).

## **2.5 Usos de bagaço de cana-de-açúcar na tolerância de estresse salino**

A cultura da cana-de-açúcar sempre foi muito importante para a economia brasileira. O processo de moagem para a cogeração de energia passou a ser comum na maioria das unidades industriais, esse processo trouxe um grande volume de cinza de bagaço de necessitando assim a destinação rápida e adequada. Bega (2014) pondera que boa parte dos resíduos agroindustriais compartilha de elementos essenciais às plantas em sua composição e a introdução dos resíduos no solo é uma prática importante de reciclar os nutrientes, ajudando na fertilidade, proporcionando condições físicas favoráveis e diminuindo significativamente a utilização de fertilizantes e corretivos.

Os benefícios das cinzas estão de acordo com as características de cada tipo de cinza, os efeitos benéficos no solo variam de acordo com o material queimado, em consonância com a dose introduzida e a cultura explorada (BEGA, 2014). Cinzas são fontes de macro e micronutrientes, as mesmas também são capazes de diminuir a acidez do solo (BRUNELLI e PISANI JR., 2006). De acordo com Brunelli e Pisani Jr. (2006) as cinzas podem ser aproveitadas também em solos com baixa fertilidade natural, fazendo com que suas características físicas e químicas, tendo como consequência um papel importante na reciclagem de nutrientes, salientando assim, que introduzir a cinza na agricultura é ecologicamente viável e com uma importância econômica trazendo benefícios com melhoramento na capacidade de retenção de umidade, corrigem parcialmente a acidez do solo e proporciona melhoria no crescimento das culturas.

De acordo com Bonossa (2017) a cinza de bagaço de cana-de-açúcar tem características alcalinas provenientes do dióxido de silício, óxido de cálcio e óxido de

magnésio, sendo o dióxido de silício ( $\text{SiO}_2$ ) correspondendo cerca de 60 % da sua composição derivado do cultivo e manejo da cana-de-açúcar.

O silício apesar de não ser um nutriente essencial 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 (LIMA et al., 2011, SOUSA, 2020; MACHADO, 2020).

## **2.6 Silício: elemento valioso e importante para as plantas**

O silício (Si) é um elemento que em muitos países também pode ser usado em forma de fertilizante. No Brasil, de acordo com a legislação, pode ser incluído para Produção e Comercialização de Fertilizantes sendo que o mesmo é um micronutriente que traz benefícios para as plantas, se almejado pode ser comercializado isoladamente ou misturado com outros elementos. Esse elemento benéfico de acordo com a literatura comprova não só a melhoria de aspectos relacionados à morfologia e estruturação como também ao longo do ciclo de desenvolvimento (MANEGALE, 2015).

De acordo com Manegale et al. (2015) pode relacionar o elemento à maior resistência ao acamamento, maior resistência a condições adversas provenientes de situações de estresses bióticos e abióticos.

Por ser um dos principais constituintes dos argilo-minerais no processo de formação do solo, o silício pode impactar de forma positiva a nutrição da planta. O elemento é absorvido de forma ativa por proteínas de membranas sintetizadoras a partir do gene específico (MA e TAKAHASHI, 2002). Portanto, é possível afirmar que a planta absorve ao longo de todo o ciclo, já que não segue um gradiente de concentração. O Si está também em atividades metabólicas e fisiológicas das plantas sob estresse salino (GUNES et al., 2008)

## **3. OBJETIVOS**

### **3.1 Geral**

- Avaliar as trocas gasosas na cultura do gergelim (*Sesamum indicum L.*) submetido a diferentes doses de cinzas provenientes do bagaço da cana-de-açúcar irrigada com água salina e não salina.

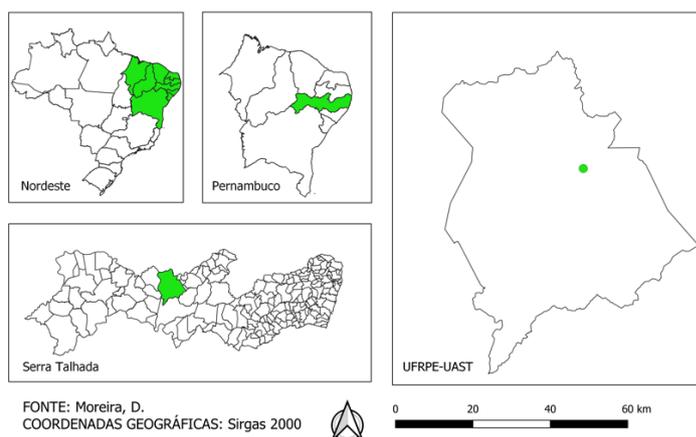
### 3.2 Específicos

- Avaliar a assimilação líquida de CO<sub>2</sub> realizada pelas plantas de gergelim, quando submetidas a diferentes doses de cinzas do bagaço da cana-de-açúcar irrigada com água salina e não salina;
- Analisar a resposta da condutância estomática nas plantas de gergelim ao se utilizar diferentes doses de cinzas do bagaço da cana-de-açúcar associada com duas qualidades de água;
- Avaliar a transpiração das plantas de gergelim submetidas a diferentes doses de cinzas do bagaço da cana-de-açúcar irrigada com água salina e não salina;
- Avaliar a massa fresca das plantas de gergelim submetidas a diferentes doses de cinzas do bagaço da cana-de-açúcar irrigada com água salina e não salina;
- Avaliar o Potencial hidrogeniônico (pH) e a Condutividade elétrica do extrato de saturação do solo (CE) irrigado com água salina e não salina;

## 4. MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1 Localização, caracterização da área experimental e análise do solo

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<sup>-1</sup>, umidade relativa do ar aproximadamente de 62,5% e demanda atmosférica acima de 1.800 mm ano<sup>-1</sup> (ARAÚJO, 2011; SILVA et al., 2015).

O solo do local foi classificado como Franco arenoso e sua análise química encontra-se na Tabela 1.

**Tabela 1. - Análise química do solo da área experimental.**

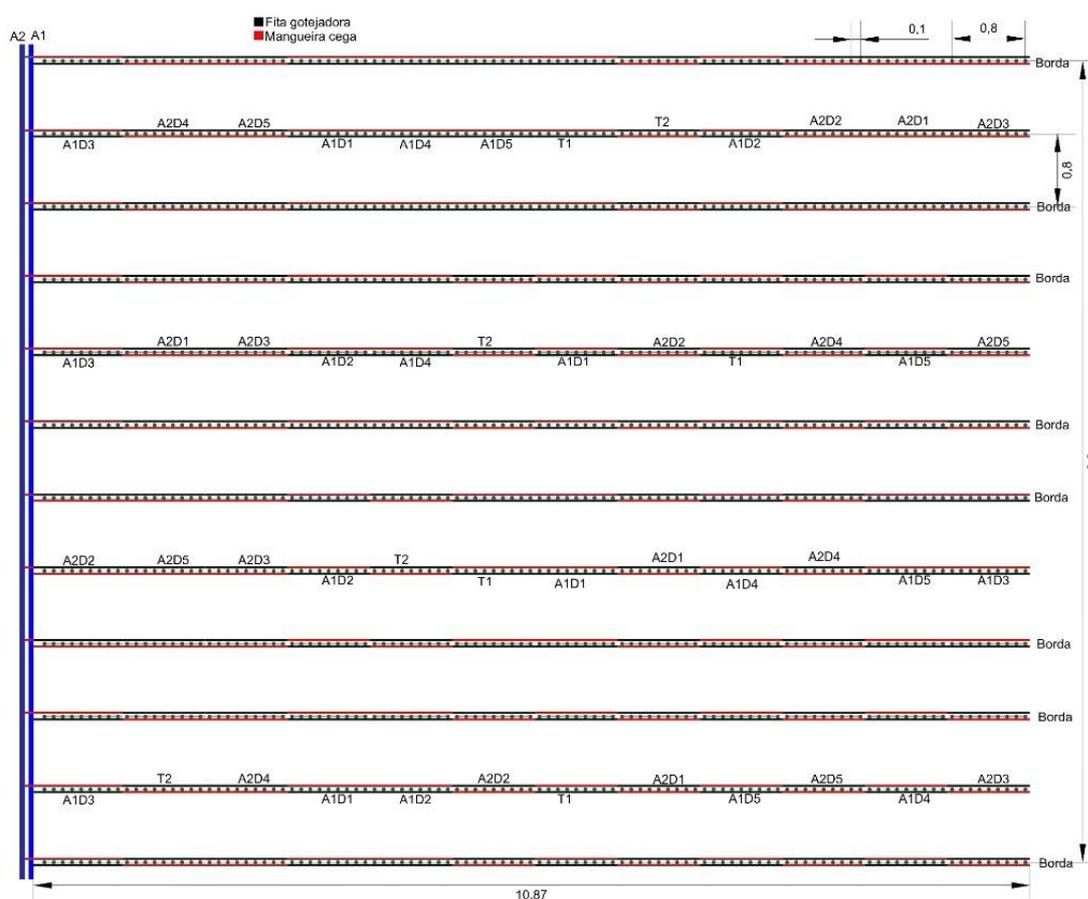
Prof.	pH	M.O.	C	P	K	Ca	Mg	Na	SB	Al	H+Al	CTC	V	CE	
													Efetiva		
(cm)		---g kg <sup>-1</sup> ---	mg dm <sup>-3</sup>	-----Cmolc dm <sup>-3</sup> -----										%	dS m <sup>-1</sup>
0-20	6,7	11	6,4	515,4	0,87	4,45	2,27	0,08	7,66	0	2,4	7,66	76	0,36	

MO-Matéria orgânica; SB-Soma de bases (Ca<sup>2+</sup> + Mg<sup>2+</sup> + K<sup>+</sup> + Na<sup>+</sup>); CTC<sub>Efetiva</sub>-(SB + Al<sup>3+</sup>); CEes - Condutividade elétrica do extrato de saturação.

## 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 (Figura 2). Os tratamentos consistiram em cinco doses de cinzas de bagaço da cana-de-açúcar (0, 30, 60, 90 e 120 g planta<sup>-1</sup>), duas qualidades de água (A1= Água do abastecimento público (0,5 dS m<sup>-1</sup>); A2 = Água de poço artesiano (4,1 dS m<sup>-1</sup>)) e duas testemunhas adicionais (T1 = Adubação recomendada + água do abastecimento público (0,5 dS m<sup>-1</sup>)).

<sup>1</sup>); e T2 = Adubação recomendada + Água do poço artesiano ( $4,1 \text{ dS m}^{-1}$ ). Cada bloco foi representando por três linhas de plantio, sendo considerada apenas para análise a linha do meio, as demais linhas foram consideradas bordaduras. A unidade experimental foi representada por nove plantas sendo destas avaliadas apenas uma planta para obtenção das respostas das trocas gasosas.



**Figura 2. - Delineamento experimental**

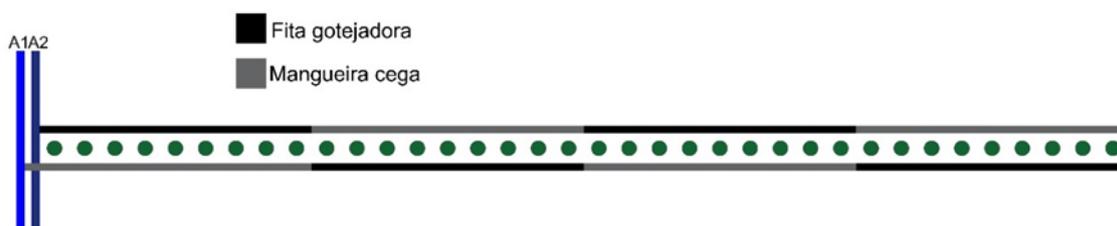
### 4.3 Preparo do solo, material vegetal e irrigação

O preparo do solo (Figura 3A) consistiu na aração e duas gradagens na profundidade de 0,20 a 0,30 m (Figura 3B). Logo após foi realizado a montagem do sistema de irrigação (Figura 3C). Utilizou-se o sistema de irrigação por gotejamento, introduzindo gotejadores do tipo autocompensante. O armazenamento das distintas qualidades de água foram utilizados dois reservatórios de PVC 500 litros, visto que dos mesmos eram bombeadas as diferentes qualidades de água através de bombas individualizadas e duas linhas principais e de derivação de PVC (35mm). De acordo

com a linha de plantio foi inserida duas fitas gotejadoras, uma delas conectadas a tubulação de água salina e a outra ligada a tubulação de água do abastecimento público (Figura 4).



**Figura 3.** - Preparo do solo (A), montagem do sistema de irrigação (B) e avaliação do sistema de irrigação (C)



**Figura 4** - Visualização do sistema de irrigação

De acordo com a instalação do sistema de irrigação, foi realizado a determinação da eficiência e uniformidade do sistema de irrigação (Figura 3C), adquirida pela metodologia proposta por Keller & Karmeli (1975) consistindo 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; emissores a 1/3, 2/3 e último emissor), totalizando assim 16 emissores. Foi calculado 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).

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

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

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

Posteriormente ao preparo do solo foi realizada a semeadura do gergelim no espaçamento 0,8 x 0,1 m entre linhas e entre plantas, respectivamente, semeando-se 4 sementes por cova. Quando as plantas emergiram realizou-se o desbaste deixando apenas uma planta por cova. Utilizou-se a cultivar de gergelim “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 a murchade-macrophomina, mancha-angular e cercosporiose e é indicado para região nordeste do Brasil (EMBRAPA, 2012).

#### 4.4. Adubação

Para os tratamentos testemunhas foi utilizada a adubação recomendada para a cultura conforme a Embrapa (2012), que indica 50, 14 e 60 kg ha<sup>-1</sup> de N-P<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-K<sub>2</sub>O para uma produção de 1000 kg ha<sup>-1</sup> de sementes de gergelim. Quanto aos demais tratamentos a adubação foi baseada apenas nas doses de cinzas do bagaço da cana-de-açúcar testado. A cinza do bagaço 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 macro e micro nutrientes (Tabela 2), além do teor de silício.

**Tabela 2.** - Análise química dos compostos orgânicos.

Cinza do bagaço da Cana												
N	P	K	Ca	Mg	Si	B	Cu	Fe	Mg	Zn	Na	PH
-----g. kg <sup>-1</sup> -----						----- mg. Kg <sup>-1</sup> -----						
1,74	8,89	39,0	13,75	6,7	100,76	24,2	45,0	2105	931	46,0	380	10,3

PH = Potencial hidrogeniônico.

A aplicação desse material ocorreu anterior ao semeio, durante a saturação do solo. Antes da introdução, a cinza passou por uma peneira, visto que era necessário

retirar impurezas (pedras, restos vegetais não carbonizados) presentes na mesma (Figura 5B). A aplicação da cinza foi realizada em sucos paralelos as linhas de plantio (Figura 5C).



**Figura 5** - Local da coleta da cinza (A), a cinza sendo peneirada (B) e introdução da cinza no solo (C)

#### 4.5 Manejo da irrigação

A irrigação foi realizada diariamente com base na evapotranspiração da cultura ( $ET_c$ ) com os dados da  $ET_o$ ,  $K_c$  e  $K_{lméd}$ . conforme a equação 1.

$$ETC = ET_o * K_c * K_{lméd} \quad \text{eq. (1)}$$

em que:

$ET_c$  - evapotranspiração da cultura, mm dia-1 ;

$ET_o$  - evapotranspiração de referência de Penman-Monteith, mm dia-1 ;

$K_c$  - coeficiente de cultivo, adimensional e;

$K_{lméd}$ . - coeficiente de localização médio, adimensional.

A  $ET_o$  foi calculada por meio do modelo de Penman-Monteith (ALLEN et al., 1998) (Equação 2) e coeficientes de cultivo ( $K_c$ ) tomado para cada fase fenológica da cultura do Gergelim, de acordo com a Lourenço et al. (2018) (Tabela 2). Segundo Grilo e Azevedo (2013), os estádios de desenvolvimento do gergelim cultivar BRS seda são: germinação e início do crescimento vegetativo (0-15 dias após a emergência -DAE); Crescimento vegetativo até a floração (15-35 DAE); Floração até a formação das vagens (35-75 DAE) e Maturação dos frutos (75-90 DAE).

Os dados climáticos foram obtidos da estação agrometeorológica de aquisição automática de dados (Campbell Scientific modelo CR1000/CFM100/OS100) instalada nas proximidades da área experimental.

$$ET_o = 0,408(R_n - G) + \gamma \frac{900 T_2 + 273}{T_2 + 273} \frac{(e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34u_2)} \quad \text{eq. (2)}$$

Em que:

ET<sub>o</sub> – evapotranspiração de referência, mm dia<sup>-1</sup> ;

R<sub>n</sub> – radiação líquida na superfície da cultura, MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup> ;

G – densidade de fluxo de calor no solo, MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup> ;

T<sub>2</sub> – temperatura do ar a 2 m de altura, °C;

u<sub>2</sub> – velocidade do vento a 2 m de altura, m s<sup>-1</sup> ;

e<sub>s</sub> – pressão de saturação de vapor, KPa;

e<sub>a</sub> – pressão atual de vapor, KPa;

(e<sub>s</sub> - e<sub>a</sub>) – déficit de pressão de saturação de vapor, KPa;

Δ – declividade da curva de pressão vapor de saturação versus temperatura, KPa °C<sup>-1</sup> ;

γ – constante psicrométrica, KPa °C<sup>-1</sup> ;

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

Estádios de desenvolvimento	Coeficiente de cultivo (Kc)*
I – Inicial (0-13 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 K<sub>lmédio</sub>, foi utilizada a média de três valores de coeficiente de localização (K<sub>l</sub>) 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).

$$Kl = 1,34 \times (\text{PAM ou PAS}) \quad (\text{ALJIBURY et al, 1974}) \quad \text{eq. (3)}$$

$$Kl = 0,1 + (\text{PAM ou PAS}) \quad (\text{DECROIX, 1978}) \quad \text{eq. (4)}$$

$$Kl = (\text{PAM ou PAS}) + 0,15 \times (1 - (\text{PAM ou PAS})) \quad (\text{KELLER, 1978}) \quad \text{eq. (5)}$$

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 6:

$$Ti = \text{IRN} * \text{ELL} * \text{Eg} * \text{qg} * \text{Ea} * 60 \quad \text{eq.}$$

(6)

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.

#### 4.6 Determinação da CE e pH do extrato de saturação

Para determinar a condutividade do extrato de saturação, inicialmente foi coletado uma amostra de solo de cada parcela experimental, na profundidade de 0-20 m. Posteriormente, cada amostra foi preparada para realizar a extração da solução do solo, onde primeiramente foi realizado o preparo de uma pasta de solo pela adição de água destilada. Após 24 horas do preparo da pasta a solução do solo foi succionada utilizando uma bomba de vácuo. Com a solução de solo, foi realizada a medição do pH e CE

utilizando um pHmêtro e condutivímetro de mesa, respectivamente, isso tudo seguindo a metodologia proposta por Teixeira et al. (2017).

#### **4.7 Trocas Gasosas**

As tocas gasosas das plantas aos tratamentos foram analisadas com o analisador de gás infravermelho (IRGA LI-6200) (Figura 6). Foi analisada a assimilação líquida de CO<sub>2</sub>, a condutância estomática e a transpiração, sendo as leituras realizadas aos 70 dias após a semeadura. Foram realizadas leituras na região mediana de uma folha completamente expandida na parte apical da copa, por planta de cada tratamento e repetição, entre as 10 e 13 horas, horário de brilho de sol intenso e elevada demanda evapotranspirométrica, em dia típico sem nebulosidade, para evitar instabilidades causadas por variações rápidas da radiação solar.

Posteriormente a obtenção dos dados das trocas gasosas ainda foi determinada a eficiência do uso da água (EUA), obtida através da relação da assimilação líquida de CO<sub>2</sub> pela transpiração. Por fim, foi determinada a eficiência de carboxilação, encontrada pela relação da assimilação líquida de CO<sub>2</sub> com a concentração de carbono interno.



**Figura 6. - Analisador de gás infravermelho**

#### **4.8 Determinação da matéria fresca do Gergelim**

A fim de verificar a influência dos tratamentos sobre a produção de matéria fresca do Gergelim, no momento da colheita, foi realizada a coleta das plantas de gergelim de cada parcela efetivando-se a pesagem. Para determinação da matéria fresca total considerou-se todas as partes da planta (Caule, folha e frutos).

### **5. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

De acordo com a análise de variância (Tabela 4), não houve efeitos significativos dos tratamentos para as características de assimilação líquida de  $\text{CO}_2$  (A), condutância estomática (gs), concentração interna de  $\text{CO}_2$  ( $\text{C}_i$ ), Transpiração (E), eficiência no uso de água (EUA) e a eficiência instantânea de carboxilação (EiC), ou seja, em todas as variáveis das trocas gasosas estudadas. Isso pode ter ocorrido devido à presença de chuva no período que o trabalho foi executado (Figura 7).

Correa et al. (2006) e Phillips & Burton (2005) demonstraram que, com o aumento da precipitação ou a disponibilização de elevadas quantidades de água, ocorre a lixiviação dos nutrientes e isso é intensificado em solos de textura arenosa. Nesse sentido, como ocorreu a lixiviação dos nutrientes disponibilizados pelas cinzas as plantas não responderam significativamente a elevação das doses em relação as trocas gasosas. Da mesma forma a qualidade da água, que durante o período de execução do trabalho não proporcionou salinização suficiente para afetar significativamente as trocas gasosas, sendo amenizada principalmente pela precipitação no período de avaliação.

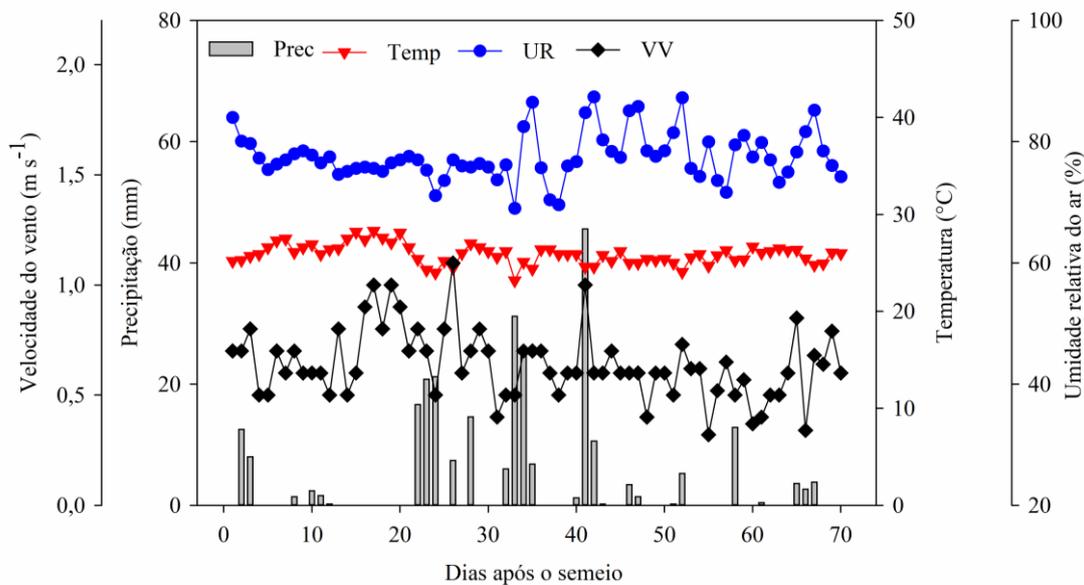
Como as trocas gasosas não foram influenciadas pela presença de sais, não é possível afirmar que as dosagens da cinza de bagaço de cana-de-açúcar poderiam atuar como atenuador dos efeitos da salinização no gergelim.

**Tabela 4.** - Resumo da análise de variância para as variáveis Assimilação líquida de CO<sub>2</sub> (A), condutância estomática (gs), Concentração interna de CO<sub>2</sub> (Ci), transpiração (E), eficiência no uso de água (EUA) e a eficiência instantânea da carboxilação (EiC).

FV	GL	A	gs	Ci	E	EUA	EiC
-----QM-----							
Água (A)	1	18,92 <sup>ns</sup>	0,004 <sup>ns</sup>	61,7 <sup>ns</sup>	3,8 <sup>ns</sup>	0,006 <sup>ns</sup>	0,0003 <sup>ns</sup>
Dose (D)	4	16,9 <sup>ns</sup>	0,005 <sup>ns</sup>	680,1 <sup>ns</sup>	3,13 <sup>ns</sup>	0,007 <sup>ns</sup>	0,0004 <sup>ns</sup>
A x D	4	6,08 <sup>ns</sup>	0,001 <sup>ns</sup>	185,8 <sup>ns</sup>	3,61 <sup>ns</sup>	0,003 <sup>ns</sup>	0,0002 <sup>ns</sup>
Testemunhas	1	1,44 <sup>ns</sup>	0,007 <sup>ns</sup>	1431,1 <sup>ns</sup>	1,18 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>ns</sup>	0,0001 <sup>ns</sup>
T x (A+ D)	1	31,47 <sup>ns</sup>	0,016 <sup>ns</sup>	1513,4 <sup>ns</sup>	7,85 <sup>ns</sup>	0,004 <sup>ns</sup>	0,0001 <sup>ns</sup>
Bloco	3	32,91 <sup>ns</sup>	0,016 <sup>ns</sup>	213,1 <sup>ns</sup>	2,53 <sup>ns</sup>	0,033 <sup>ns</sup>	0,0005 <sup>ns</sup>
Resíduo	33	16,23	0,007	578,8	3,93	0,022	0,0004
CV (%)	-	31,88	42,42	10,19	27,24	24,58	35,89

ns - não significativo, pelo teste F; GL – Grau de liberdade; CV – Coeficiente de variação

Como podemos verificar na Figura 7, os maiores índices pluviométricos ficaram concentrados até os 50 dias após o semeio, não havendo necessidade de irrigação nesse período, ou mesmo, havendo necessidade apenas de uma irrigação suplementar não aplicando a quantidade máxima de sais que seria depositado caso a irrigação fosse realizada diariamente.



**Figura 7.** - Variáveis meteorológicas do período de execução do experimento até o momento da coleta com o IRGA.

De acordo com Dias (2017) ao analisar distintos níveis de salinidade no gergelim, verificou-se impacto negativamente na taxa transpiratória, na eficiência instantânea, na condutância estomática e taxa de assimilação de  $\text{CO}_2$ . Nesse sentido, sabendo que o gergelim é sensível ao estresse abiótico se houvesse aumento significativo na salinidade do solo seria possível observar influência negativa nos estômatos e conseqüentemente nas trocas gasosas afetando diretamente na redução do seu desenvolvimento, como afirma Ayres & Westcot (1991) que constatou que se a água utilizada para irrigar a cultura do gergelim se tiver altos teores de sais diminui seu desenvolvimento.

Ao analisar a condutividade elétrica do extrato de saturação do solo (CE) observou-se que o fator água influenciou significativamente esta variável, da mesma forma que as testemunhas se diferenciaram entre si (Tabela 5). Ademais, é possível constatar que houve uma interação entre a testemunha e as qualidades de água para o potencial hidrogeniônico (pH) e massa fresca da planta (MF) (Tabela 5).

**Tabela 5.** - Resumo da análise de variância para as variáveis condutividade elétrica (CE), Potencial hidrogeniônico (pH) e Matéria fresca (MF)

FV	GL	CE	pH	MF
		-----QM -----		
-----				
Água (A)	1	4,65**	0,045ns	0,0065ns
Dose (D)	4	0,0026ns	0,029ns	0,0063ns
A x D	4	0,0027ns	0,054ns	0,007ns
Testemunhas	1	1,17**	0,056ns	0,02ns
T x (A+ D)	1	0,011ns	0,37*	0,077**
Bloco	3	0,029ns	0,0287ns	0,015ns
Resíduo	33	0,028	0,058	0,009
CV (%)	-	38,47	3,08	40,19

<sup>ns</sup> - não significativo, \* significativo a 5%, \*\* significativo a 1% pelo teste F; GL – Grau de liberdade; CV – Coeficiente de variação.

Na Figura 8 verifica-se o teste Tukey para as variáveis matéria fresca (A), pH (B) e CE (C e D), onde pode-se constatar que as testemunhas proporcionaram maior quantidade de matéria fresca (Figura 1A) se diferenciando significativamente dos resultados dos tratamentos referentes a água. Ademais, percebeu-se um maior valor do pH no solo (Figura 1B) que foi irrigado pela água doce se diferenciando significativamente dos demais tratamentos. No que se refere a condutividade elétrica do extrato de saturação (Figura 8C e D) água salina proporcionou maior salinidade do solo assim como a testemunha irrigada com água salina.

O aumento da quantidade de matéria fresca nos tratamentos testemunhas pode ser justificado pela utilização do nitrogênio na adubação, proporcionando assim melhores rendimentos. Souza et al. (2016), ao testar a omissão do uso de nitrogênio na cultura do Gergelim percebeu redução significativa no desenvolvimento do gergelim que refletiu diretamente no seu rendimento. Da mesma forma que foi verificada no presente trabalho, que apesar do nitrogênio estar presente nas cinzas do bagaço da cana, essa quantidade é pequena em relação a necessidade da cultura, explicando assim o melhor rendimento das plantas localizadas nas parcelas testemunhas.

A falta do efeito isolado da água para a produção da matéria fresca pode ser evidenciada pela CE do solo, em que apesar da diferença significativa das

condutividades proporcionadas pela irrigação com as duas águas, esse aumento da CE não foi suficiente para afetar a cultura. De acordo com Lacerda (2019), pode-se afirmar que condutividades elétricas acima de  $2,7 \text{ dS m}^{-1}$  nas fases vegetativas/floração e vegetativa/frutificação ocasiona impacto negativo à produção de culturas do gergelim.

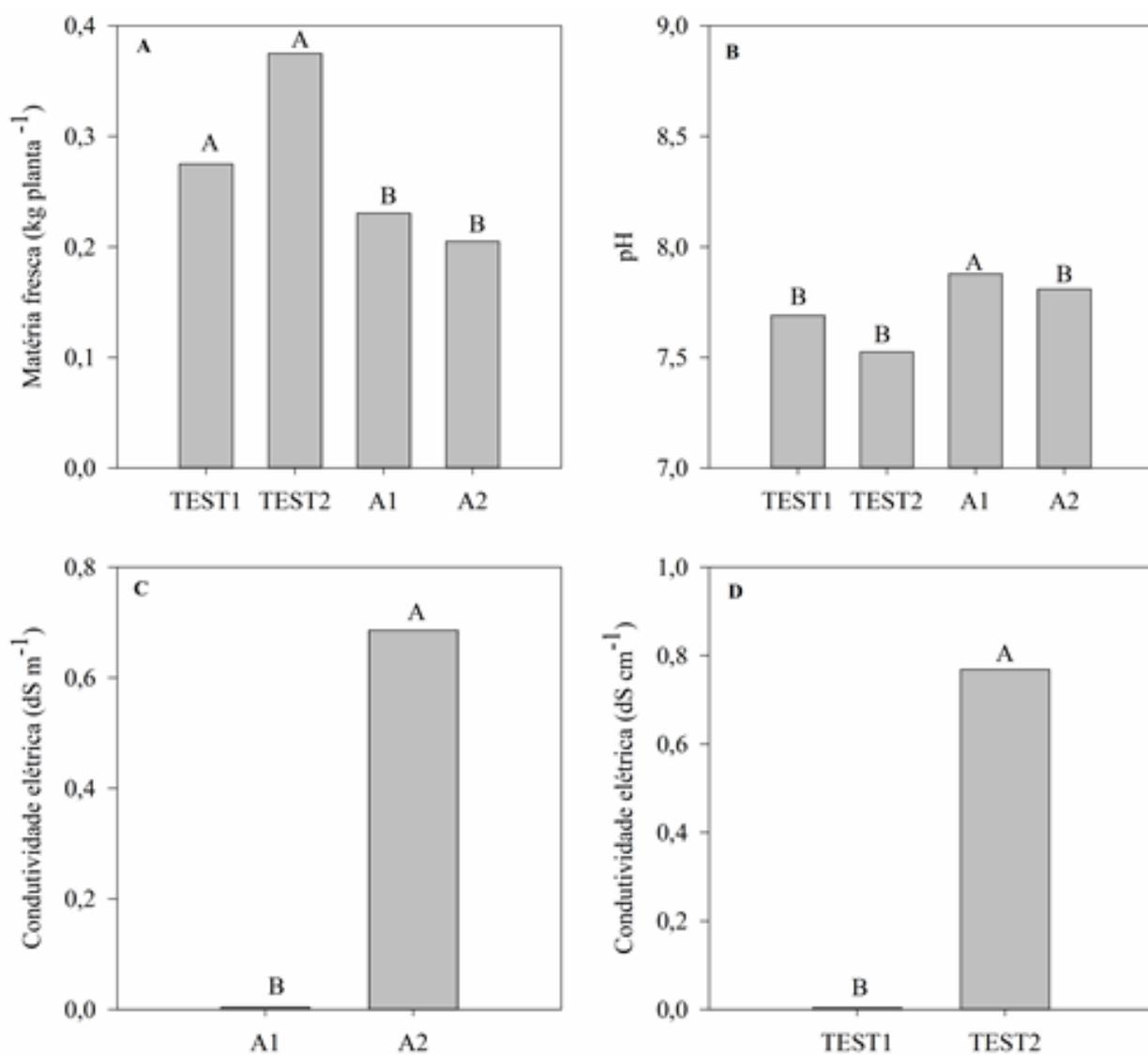


Figura 8. - Teste Tukey para as variáveis matéria fresca, pH e condutividade elétrica.

## 6. CONCLUSÃO

Devido à intensidade das chuvas durante o período do experimento, não foi possível afirmar se as dosagens da cinza de bagaço de cana-de-açúcar poderiam atuar os efeitos da salinização sob as trocas gasosas no gergelim;

A utilização de água salina para irrigação proporcionou maior condutividade elétrica no extrato de saturação do solo quando comparado à utilização de água de abastecimento público;

A utilização de adubo mineral proporcionou maior rendimento de matéria fresca do que os tratamentos que receberam apenas cinzas do bagaço da cana-de-açúcar como fonte de adubação.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMORIM NETO, M.; ARAÚJO A.E.; BELTRÃO, N.E.M. Clima e solo. In: BELTRÃO, N.E.M.; VIEIRA, D. J. O agronegócio do gergelim no Brasil. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2001. 348p.

ARRIEL, N. H. C., DANTAS, E. S. B., Avaliação de Cultivares de Gergelim no Seridó Paraibano. Comunicado Técnico. Campina Grande, PB, 2000.

ARRIEL, N.H.C.; FIRMINO, P.T.; BELTRÃO, N.E.M.; SOARES, J.J.V.; ARAÚJO, A.E.; SILVA, A.C.; FERREIRA, G.B. A cultura do gergelim. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, p. 72, 2007.

ÁVILA, J. M.; GRATEROL, Y. E. Planting date, row spacing and fertilizer effects on growth and yield of sesame (*Sesamum indicum* L.). *Bioagro*, v. 17, n. 1, p. 35-40, 2005.

AYRES, R. S.; WESTCOT, D. W. A qualidade da água na agricultura. Campina Grande: UFPB, 1999. 218p.

BARROS, M. A. L.; SANTOS, R. B.; BENATI, T.; FIRMINO, P. T. Importância econômica e social. In: BELTRÃO, N. M.; VIEIRA, D. J. (Ed.). O agronegócio do gergelim no Brasil. Brasília: Embrapa, p. 21-35, 2011.

BEGA, R. M. Aplicação de cinza do bagaço de cana-de-açúcar em latossolo cultivado com cana-de-açúcar. Jaboticabal: Curso de Produção Vegetal, Centro de Ciências Agrárias, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2014 . Tese Doutorado

BELTRÃO, N.E. de M. Importância da cultura do gergelim para região Nordeste. CNPA Informa. Gergelim nova alternativa para o semi-árido nordestino. n. 19, p.5, dez. 1995.

BETONI, R. Salinidade e temperatura na resposta fisiológica de semente e anatomia radicular de plântulas de *Guazuma ulmifoliar* LAM. (Sterculiaceae) e *Caesalpinia férra* MART. (Fabaceae). Dourados: UFGD, 2009. 102p. Dissertação

BONOSSA, G. Aplicação das cinzas de bagaço de cana-de-açúcar como material adsorvente na purificação de óleo residual. UNIOESTE, 2017. 107p. Dissertação

BRITO, R. A. L.; ANDRADE, C. de L. T. Qualidade da água na agricultura e no meio ambiente. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 31, n. 259 p. 50-57, nov. 2010.

BRUNELLI, A. M. M. P.; PISANI JUNIOR, R. Proposta de disposição de resíduo gerado a partir da queima de bagaço de cana em caldeiras como fonte de nutriente e corretivo de solo. In: Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental, 30, 2006, Punta del Este. Anais ... Punta del Est, 2006. CD Rom.

CABRAL, J.J.S.P.; SANTOS, S.M. Água Subterrânea no Nordeste Brasileiro. In: CABRAL, J.J.S.P (Cord.). O Uso Sustentável dos Recursos Hídricos em Regiões Semi-Áridas. Recife,2007: Ed. Universitária da UFPE, cap .3, p 40-63.

CORREA, R .S.; WHITE, R. E.; WEATHERLEY, A. J. Risk of nitrate leaching from two soils amended with biosolids. Water Resources, v.33, p.453- 462, 2006.

COSTA, G.F.; MARENCO, R.A. Fotossíntese, condutância estomática e potencial hídrico foliar em árvores jovens de andiroba (*Carapa guianensis*). Acta Amazonica, Manaus, v.37, n.2, p.229-234, 2007.

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.

CARACTERÍSTICAS E TRATOS CULTURAIS DO GERGELIM (*SESAMUM INDICUM* L.). Cascavel: Revista Brasileira de Energias Renováveis, v. 8, n. 4, 2019.

CIANCIO, N.H.R. Produção de grãos, matéria seca e acúmulo de nutrientes em culturas submetidas à adubação orgânica e mineral. Santa Maria, 2010. 85f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal de Santa Maria.

COELHO, D. S. Influência da salinidade nos aspectos nutricionais e morfológicos de genótipos de forgo forrageiro. Juazeiro: Universidade Federal do Vale do São Francisco, p. 85. 2013. Tese mestrado

COELHO, D. S.; SIMÕES, W. L.; MENDES, A. M. S.; DANTAS, B. F.; RODRIGUES, J. A. S.; SOUZA, M. A. Germinação e crescimento inicial de variedades de sorgo forrageiro submetidas ao estresse salino. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.18, n.1, p.25-30, 2014.

CRUZ, N. F. F. da S.; NASCIMENTO, L. F. J. do; SANTOS, R. F.; JÚNIOR, L. A. Z.; CUNHA, A.; ROCHA, E. O. Características e tratos culturais do gergelim (*Sesamum indicum* L.). *Revista Brasileira de Energias Renováveis*, v. 8, n. 4, p. 665-675, 2009.

DALASTRA, I. M.; PIO, R.; COMPAGNOLO, M. A.; DALASTRAS, G. M.; CHAGA, E. A.; GUIMARÃES, V. F. Épocas de poda na produção de figos verdes 'Roxo de Valinhos' em sistema orgânico na região oeste do Paraná. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.31, p.447-453, 2009.

DEBEZ, A.; HAMED, K. B.; GRIGNON, C.; ABDELLY, C. Salinity effects on germination, growth, and seed production of the halophyte *Cakile maritime*. *Plant and Soil*, v. 262, n 1-2, p. 179 - 189, 2004.

DE SOUZA, F. G.; CHAVES, L. H. G.; ALVES, A. N. Diagnóstico por subtração para deficiências de nitrogênio e potássio em gergelim cultivado com solução nutritiva. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v. 11, n. 3, p. 171-176, 2016.

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.; LIMA, G.; SÁ, F. V. S.; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. A.; PEDRO D. FERNANDES, P. D. Gas exchanges and photochemical efficiency of West Indian cherry cultivated with saline water and potassium fertilization. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.22, n.9, p.628-633, 2018.

DIAS, A. S. Proporções de nitrato e amônio no cultivo de gergelim sob irrigação com águas salinas. Campina Grande: UFCG, 2017. 76p. Dissertação Mestrado.

EMBRAPA- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. A cultura do gergelim. Embrapa Informação Tecnológica, 1º Ed, 82p. Brasília, DF 2007

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Gergelim, o produtor pergunta, a EMBRAPA responde. Embrapa Informação Tecnológica, 1º Ed. 215p. Brasília, DF 2009

EMBRAPA- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 3a ed.. Brasília, DF: Embrapa Solos. 2013.

ESPINAR, J. L.; GARCIA, L. V.; CLEMENTE, L. Seed storage conditions change the germination pattern of clonal growth plants in mediterranean salt marshes. *American Journal of Botany*, v. 92, n. 7, p. 1094 - 1101, 2005.

ESTEVEZ, B. S.; SUZUKI, M. S. Efeito da salinidade sobre as plantas. *Oecologia brasiliensis*, v.12, n.4, p.662-679, 2008.

EUBA NETO, M.; PEREIRA, W. E.; SOUTOS, 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.

FAOSTAT - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF UNITED NATIONS. Crops. 2019. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>>. Acesso em: 29 Abr. 2022.

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

FLOSS, E. L. Fisiologia das plantas cultivadas. Passo Fundo: Ed. da UPF, 2004.

GOMES, M. T. G. et al. Tolerância à seca de plantas de maracujazeiro avaliada pela clorofila OJIP um transiente de fluorescência. *Scientia Horticulturae*, 142: P.49-56, 2012.

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. 2, p. 19-33, 2013.

GUNES, A.; PILBEAH, D. J.; INAL, A.; COBON, S. Influence of silican na sunflower cultivars under drought stress, in growth, antioxidation mechanisms, and lipid peroxidation. *Communication in Soil Science and Plant Analysis*, v.39, n 13-14, p.1885-1903, 2008.

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.

LARCERDA, C. N. de. Estratégias de manejo da salinidade da água no cultivo de genótipos de gergelim. Pombal: UFCG, 2019. 44p. Dissertação Mestrado.

LACERDA, J. de J. Estresse salino e seus efeitos no crescimento inicial de clones de *Eucalyptus* spp. Vitória da Conquista: UESBH, 2016. 123p. Dissertação Mestrado.

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.

MA, J. F.; TAKAHASHI, E. Soil fertilizer and plant silicon research in japan. *Kyoto University Technical Conferences*, v.5, p.112, 2002.

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

MANEGALE, M. L de C.; CASTRO, G. S. A.; MANCUSO, M. A. C. Silício: interação com o sistema solo-planta. *Revista de ciência agrônômicas*, v.4, p. 435-454, 2015.

MORAIS, J. E. F. de. Uso de águas salobras e fração de lixiviação no cultivo da cana-de-açúcar. Recife: UFRPE, 2020. 159p. Tese Doutorado

MUNNS, R., R.A., JAMES AND A. LAUCHLI. Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. *Journal of Experimental Botany*. v. 57, p. 1025-1043. 2006.

NASCIMENTO, V. C. do. Avaliação da qualidade de sementes de duas cultivares de gergelim em diferentes configurações de plantio. Areia:Universidade Federal da Paraíba, , 2019. p40.

NASSIF, D. S. P. Evapotranspiração, transpiração e trocas gasosas em canavial irrigado. Piracicaba: USP, 2015. 124p. Tese Doutorado

NEVES, A. L. R.; LACERDA C. F. de; GUIMARÃES, F. V. A.; FILHO, E. G. Trocas gasosas e teores de minerais no feijão-de-corda irrigado com água salina em diferentes estádios. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. v. 13, n. 2009, p. 874-881. 2009.

NOGUEIRA, R. J. M. C.; SILVA, J. F.; BEZERRA, J. E. F.; LEDERMAN, I. E.; BURITY, H. A.; SANTOS, V. F. Comportamiento estomático y tensión de agua en el xilema de dos genotipos de pitanga (*Eugenia uniflora* L.) cultivados bajo estrés hídrico. *Revista de Investigación Agrária Série Produção e Proteção Vegetal*, v.15, p.213-225, 2000.

PAIVA, A. S.; FERNANDES, E. J.; RODRIGUES, T. J. D.; TURCO, J. E. P. Condutância estomática em folhas de feijoeiro submetido a diferentes regimes de irrigação. *Engenharia Agrícola*, Piracicaba, v. 25, p. 161-169, 2005.

PEIXOTO, P, H. O.; MATTA, F. M. da; CABRAIA, J. Responses of the photosynthetic apparatus to aluminum stress in tro sorghum cultivars. *Revista de Produção de Plantas*, v.25, p. 821-832, 2002.

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*. Maringá, v. 32, n. 1, p. 93-98, 2010.

PHILLIPS, I.; BURTON, E. Nutrient leaching in undisturbed cores of an acidic sandy Podosol following simultaneous potassium chloride and di-ammonium phosphate application. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, v.73, p.1-14, 2005.

PINHEIRO, M.M.; SANDRONI, M.; LUMMERZHEIM, M.; OLIVEIRA D. E. A defesa das plantas contra as doenças. Revista Ciência Hoje v. 147, p. ,1999

QUEIROGA, V. de P., SILVA, O. R. R. F. da. Tecnologias Utilizadas no Cultivo do Gergelim Mecanizado. EMBRAPA algodão. Campina Grande, PB. 2008.

REBOUÇAS, A.C. Águas subterrâneas. In: REBOUÇAS, A.C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J.G. (Ed.). Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação. São Paulo: Escrituras, 1999. cap. 4, p. 117-151.

SANTANA, M. J.; CARVALHO, J. A.; SOUZA, K. J.; SOUSA, A. M. G.; VASCONCELOS, C. L.; ANDRADE, L. A. B. Efeitos da salinidade da água de irrigação na brotação e desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) e em solos com diferentes níveis texturais. Revista Ciência Agrotécnica, v.31, n. 5 p. 1470-1476, 2007

SANTOS, Saint-Clear S. e. Crescimento, fisiologia e produção de genótipos de gergelim sob níveis de adubação orgâmineral. Paraíba: Universidade Estadual da Paraíba, p 78. 2016. Dissertação mestrado

SILVA, A. C.; LEONEL, S.; SOUZA, A. P.; DOMINGOS, J. R.; DUCATTI, C. Trocas gasosas e ciclo fotossintético da figueira 'Roxo de Valinhos'. Ciência Rural, v.40, p.1270-1276, 20120.

SILVA, C. D. S.; SANTOS, P. A. A.; LIRA, J. M. S.; SANTANA, M. C.; SILVA JÚNIOR, C. D. Curso diário das trocas gasosas em plantas de feijão-caupi submetidas à deficiência hídrica. Revista Caatinga, v.23, n. 4, p.7-13, 2010.

SILVA, F. L. B.; LACERDA, C. F.;NEVES, A. L. R.; SOUSA, G. G.; SOUSA, C. H. C.;FERREIRA, F. J. Irrigação com águas salinas e uso de biofertilizante bovino nas trocas gasosas e produtividade de feijão-de-corda. Irriga, Botucatu, v. 18, n. 2, p. 304-317, 2013.

SILVA, G. B. Elaboração e análise de extrato hidrossolúvel de gergelim (*Sesamum indicum L.*). Alegre: Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, p 62. 2015.

SILVA, L. D. Faixas de condutividade elétrica e características físico-químicas de pimentão pé-franco e enxertado. Botucatu: FCAU. 77p. 2017. Dissertação Mestrado.

SILVA, M. V. T.; LIMA, R. M. S.; MEDEIROS, J. F.; MEDEIROS, A. M. A.; SILVA, N. K. C. Evolução da salinidade do solo em função de diferentes doses de nitrogênio e salinidade da água de irrigação. Revista ACSA- Agropecuária Científica no Semiárido, v. 9, n. 2, p. 126 – 136, 2013.

SOUZA, W. C. O. de; FERREIRA, L. L.; BELTRÃO, N. E. de M. Aspectos socioeconomicos associados à cultura do gergelim. In: BELTRÃO, N. E. de M. et al. O GERGELIM E SEU CULTIVO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO. Natal: Ifrn, 2013. Cap. 1. p. 11-21.

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

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. .; MURPHY, A. Fisiologia e desenvolvimento vegetal. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 736p.

TEIXEIRA, P. C.; DE CAMPOS, D. V. B.; PIRES, L. Sais solúveis. Embrapa Solos- Capítulo em livro técnico (INFOTECA-E), 2017.

UFV. UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA. Qualidade da água – 2010. Disponível em: <http://www.ufv.br/dea/lqa/qualidade.htm>. Acesso: 20 de Maio de 2022.