

UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL - UFFS
CAMPUS LARANJEIRAS DO SUL
MESTRADO EM AGROECOLOGIA E DESENVOLVIMENTO RURAL

GIULIA GENTILINI

LARANJEIRAS DO SUL
2024

GIULIA GENTILINI

**MECANISMOS FISIOLÓGICOS E BIOQUÍMICOS DO MILHO CRIOULO
PIXURUM 05 EM REGIME DE DÉFICIT HÍDRICO SOB APLICAÇÃO DE
BIOINSUMOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agroecologia e Desenvolvimento Rural da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), como requisito para obtenção do título de Mestre em Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Denise Cargnelutti

LARANJEIRAS DO SUL

2024

Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS

Gentilini, Giulia

MECANISMOS FISIOLÓGICOS E BIOQUÍMICOS DO MILHO CRIOULO PIXURUM 05 EM REGIME DE DÉFICIT HÍDRICO SOB APLICAÇÃO DE BIOINSUMOS / Giulia Gentilini. -- 2024. 74 f.

Orientadora: Dr^a Denise Cargnelutt

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal da Fronteira Sul, Programa de Pós-Graduação em Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável, Laranjeiras do Sul, PR, 2024.

1. Agroecologia. 2. Bioinsumos. 3. Crescimento. 4. Trocas Gasosas. 5. Estresse Oxidativo. I. Cargnelutt, Denise, orient. II. Universidade Federal da Fronteira Sul. III. Título.

GIULIA GENTILINI


**MECANISMOS FISIOLÓGICOS E BIOQUÍMICOS DO MILHO CRIOULO
PIXURUM 05 EM REGIME DE DÉFICIT HÍDRICO SOB APLICAÇÃO DE
BIOINSUMOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agroecologia e Desenvolvimento Rural da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), como requisito para obtenção do título de Mestre em Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável.


Este trabalho foi defendido e aprovado pela banca em 29/02/2024.

BANCA EXAMINADORA

BANCA EXAMINADORA


Documento assinado digitalmente
 DENISE CARGNELUTTI
Data: 29/02/2024 17:18:04-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof.^a Dr.^a Denise Cargnelutti – UFFS

Documento assinado digitalmente
 LUCIANE ALMERI TABALDI
Data: 01/03/2024 07:08:47-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof.^a Dra. Luciane Almeri Tabaldi – UFSM

1º membro

Documento assinado digitalmente
 GILMAR FRANZENER
Data: 01/03/2024 09:21:46-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof. Dr. Gilmar Franzener – UFFS

2º membro

“Em virtude da realização de banca on-line, este documento foi assinado pela Presidente como representante dos membros que participaram virtualmente”.

Dedico aos meus pais Dirceu Gentilini e
Fatima Dezorzi Gentilini, porque sem o
esforço deles o sonho de estudar não seria
possível, por tudo o que fizeram e toda
confiança que depositaram em mim ao
longo desses anos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus por sempre cuidar de mim e minha família em todos os momentos. Obrigada por me dar forças todos os dias.

Aos meus pais Dirceu e Fátima, que são minha verdadeira fonte de inspiração, sem eles eu com certeza não estaria aqui. Eu amo vocês!

Ao meu irmão Frederico, que é o melhor irmão do mundo.

A toda minha família, por cuidar e zelar por mim todo esse tempo.

À Universidade Federal da Fronteira Sul, Universidade pública, gratuita e de qualidade, obrigada por me receber e proporcionar oportunidades de viver, conhecer novas realidades, aprender e me moldar como pessoa. E principalmente por proporcionar a realização desta pesquisa, ser parte deste PPG sempre foi um sonho, pois a Agroecologia significa muito para mim.

A CAPES e a UFFS, pelo apoio financeiro com a manutenção de bolsas de auxílio.

A Prof^a Dr^a Denise Cargnelutti, pela orientação, pelo acolhimento em Erechim, cuidado e paciência junto ao Laboratório.

Aos professores membros da banca, por aceitarem fazer parte deste desafio, pelas excelentes contribuições e apontamentos para construção deste trabalho.

A todo corpo de técnicos da UFFS, especialmente do PPGADR Laranjeiras do Sul e laboratoriais em Erechim, pela paciência, troca e aprendizados.

Aos meus colegas de laboratório, por dividirem o trabalho, aprendizado, angústias, alegrias, cafés, lanches e muitos momentos felizes que guardarei no meu coração. Em especial: Bruna, Eyko, Samuel, Kathy, Lucas e Raquel (Amo vocês).

Aos meus colegas de PPGADR, de disciplinas, aulas, comissões, obrigada por tudo que vivemos e aprendemos juntos. Em especial: Vanessa, Pablo, Pedro, Débora, Ricardo, Lidiane e Elizabete.

A todos os meus professores do PPGADR, admiro vocês. Sou fã de carteirinha de cada um, cada um à sua maneira desenvolve um trabalho incrível e contribui de maneira significativa para a Agroecologia, sendo uma referência para todos nós. Em especial: Prof^a Josy e Prof^a Líria.

A todo mundo que me acolheu e todos os amigos que eu fiz nas duas cidades em que fiz morada, primeiramente em Laranjeiras do Sul/PR. Em especial Karine, Dona Josefa, Débora, Ana, Líria, Ronaldo, Lupi, Guilherme, Matheus e Yuri. Em Erechim/RS, em especial a Natiele, que se transformou em minha irmã do coração.

Aos meus amigos fiéis que me fortaleceram todo esse tempo, meus companheiros de trincheiras e caminhadas. AMO VOCÊS, todos, cada um à sua forma. Em especial: Tati e Juli.

Ao MPA - Movimento dos Pequenos Agricultores, pela doação do Bokashi e sementes utilizadas na pesquisa, por toda sua contribuição para o avanço e construção da agroecologia. Nominalmente agradeço a Cooperfumos pelas sementes, um agradecimento especial ao

Companheiro Josuan Schiavon que sempre me auxiliou durante toda minha pesquisa. Também e MUITO importante, um agradecimento a Cooperbio, pela cedência do Bokashi utilizado. Meu muito obrigada de coração aos meus companheiros: Viviane, Marcelo, Frank, Marcos Joni, Cleiton, Bernardete, Leonardo, Débora e Luiza.

Aos meus camaradas do Movimento dos Pequenos Agricultores (MPA), do Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra (MST), do Movimento de Mulheres Camponesas (MMC), de Juventude Socialista PDT, da Agroecologia, ao meu gatinho Mel, e ao meu companheiro do coração Felipe, obrigada por dividirem a luta comigo sempre, na coletividade avançamos mais. Amo vocês.

A todos que estiveram comigo durante esta caminhada, dividiram comigo meus sonhos, minhas lágrimas e alegrias, piadas e estresses, amores e paixões, meus mais sinceros e honrosos agradecimentos. Hasta la victoria siempre.

Desconfiai do mais trivial, na aparência do singelo.
E examinai, sobretudo, o que parece habitual.
Suplicamos expressamente: não aceiteis o que é de
hábito como coisa natural, pois em tempo de
desordem sangrenta, de confusão organizada, de
arbitrariedade consciente, de humanidade
desumanizada, nada deve parecer natural, nada deve
parecer impossível de mudar.
Nada é impossível de mudar.

Bertolt Brecht

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

APX Ascorbato Peroxidase

BK Bokashi

CO₂ Dióxido de Carbono

CP Capacidade de Pote

DAG Dias Após a Germinação

DAS Dias Após a Semeadura

DIC Delineamento Inteiramente Casualizado

DH Déficit Hídrico

ERO Espécies reativas de Oxigênio

H₂O₂ Peróxido de Hidrogênio

IAF Índice de Área Foliar

IRGA Infrared Gas Analyser

LPO Peroxidação lipídica

SOD Superóxido Dismutase

ME Microrganismos Eficientes

RESUMO

O milho crioulo cultivado sob aplicação de bioinsumos pode ser uma alternativa sustentável para a atenuação do estresse hídrico. Nesse sentido, o presente estudo teve como objetivo avaliar a utilização de bioinsumos nas respostas fisiológicas, bioquímicas e de crescimento de plantas de milho crioulo Pixurum 05, cultivadas sob regime de déficit hídrico. Com isso, determinar o comportamento dos teores de clorofilas, das trocas gasosas, do sistema antioxidante e os níveis de estresse oxidativo do milho crioulo submetido a diferentes doses de Microrganismos Eficientes, Bokashi e déficit hídrico. Por fim, avaliar se os tratamentos com bioinsumos aumentam a resistência ao déficit hídrico do milho crioulo Pixurum 05. O estudo foi realizado em casa de vegetação, localizada na área experimental do campus da UFFS de Erechim/RS, durante o período de fevereiro a abril de 2023. As análises bioquímicas foram realizadas no Laboratório de Bioquímica e Entomologia da UFFS de Erechim/RS, e as análises fisiológicas e de crescimento foram realizadas *in loco*. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC) em um esquema fatorial de 2x6 – dois regimes hídricos (70 E 100% da capacidade de pote - CP) e seis tratamentos distintos (TC; BK; ME1; ME2. ME1+BK. ME2+BK). Os dados experimentais foram submetidos aos testes de Shapiro-Wilks e Levene à 95% de significância. Realizou-se análise de variância, na qual procedeu-se aos desdobramentos que se mostraram significativos. Os resultados demonstraram que em regime de Capacidade de Pote 70% os parâmetros alterações nos parâmetros de crescimento, os metabolismos bioquímicos e fisiológicos das plantas são alterados. Os resultados mostram que as plantas tratadas com bioinsumos têm uma resposta bioquímica que suporta melhor crescimento comparado às plantas controle, especialmente em condições de estresse hídrico, no entanto mais pesquisas com diferentes dosagens e bioinsumos na área devem ser realizadas a fim de ampliar a discussão com os dados obtidos.

Palavras-chave Bokashi; Déficit Hídrico; Espécies Reativas de Oxigênio (ERO); Fotossíntese; Microrganismos eficientes.

ABSTRACT

Creole corn grown under the application of bioinputs can be a sustainable alternative for mitigating water stress. In this sense, the present study aimed to evaluate the use of bioinputs in the physiological, biochemical and growth responses of Pixurum 05 creole corn plants, cultivated under a water deficit regime. With this, determine the behavior of chlorophyll content, gas exchange, antioxidant system and oxidative stress levels of creole corn subjected to different doses of Efficient Microorganisms, Bokashi and water deficit. Finally, evaluate whether treatments with bioinputs increase the resistance to water deficit of Pixurum 05 creole corn. The study was carried out in a greenhouse, located in the experimental area of the UFFS campus in Erechim/RS, during the period from February to April 2023. Biochemical analyzes were carried out at the Biochemistry and Entomology Laboratory at UFFS in Erechim/RS, and physiological and growth analyzes were carried out on site. The experimental design was entirely randomized (DIC) in a 2x6 factorial scheme – two water regimes (70 and 100% of pot capacity - CP) and six different treatments (TC; BK; ME1; ME2. ME1+BK. ME2+ BK). The experimental data were subjected to the Shapiro-Wilks and Levene tests at 95% significance. Analysis of variance was carried out, in which the developments that proved to be significant were analyzed. The results demonstrated that in a 70% Pot Capacity regime, changes in growth parameters, biochemical and physiological metabolisms of plants are altered. The results show that plants treated with bioinputs have a biochemical response that supports better growth compared to control plants, especially under water stress conditions, however more research with different dosages and bioinputs in the area must be carried out in order to expand the discussion with the data obtained.

Keywords: Bokashi; Efficient microorganisms; Photosynthesis; Reactive Oxygen Species (ROS); Water Deficit.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Delineamento experimental	19
Tabela 2 - Resumo da ANOVA para a quantificação do teor de clorofilas em folhas de <i>Zea mays</i> .	34
Tabela 3 - Concentração de Clorofila a, Clorofila b e Clorofila Total de folhas de <i>Zea mays</i> tratado com bioinsumos (bokashi, microrganismos eficientes) e cultivado na presença (Capacidade de pote 70%) ou não (CP 100%) de restrição hídrica.	36
Tabela 4 - Resumo da análise de variância ANOVA para as variáveis: Ci - Concentração interna de CO ₂ , E - taxa de transpiração, Gs - condutância estomática, A - Taxa de fotossíntese líquida, EUA - Eficiência do uso de água das folhas <i>Zea mays</i> tratado com bioinsumos.	37
Tabela 5 - Resumo da análise de variância ANOVA para as variáveis: Eref - Pressão do vapor de água, Cref - Concentração de CO ₂ atmosférico, Tleaf - Temperatura instantânea foliar, EIUA - Eficiência intrínseca do uso da água (A/Gs), EiCi - Eficiência instantânea de carboxilação das folhas <i>Zea mays</i> tratado com bioinsumos (bokashi, microrganismos eficientes) e cultivado na presença (Capacidade de pote 70%) ou não (CP 100%) de restrição hídrica.	38
Tabela 6 - Efeito de interação entre as médias as variáveis, Ci - Concentração interna de CO ₂ , E - taxa de transpiração, Gs - condutância estomática, A - Taxa de fotossíntese líquida, EUA - Eficiência do uso de água de folhas de <i>Zea mays</i> tratado com bioinsumos (bokashi, microrganismos eficientes) e cultivado na presença (Capacidade de pote 70%) ou não (CP 100%) de restrição hídrica.	40
Tabela 7 - Trocas gasosas para as variáveis: Eref -, Cref - Concentração de CO ₂ atmosférico, Tleaf - Temperatura instantânea foliar, EIUA - Eficiência intrínseca do uso da água (A/Gs), EiCi - Eficiência instantânea de carboxilação, das folhas <i>Zea mays</i> tratado com bioinsumos (bokashi, microrganismos eficientes) e cultivado na presença (Capacidade de pote 70%) ou não (CP 100%) de restrição hídrica.	42
Tabela 8 - Resumo da ANOVA para as análises bioquímicas da parte aérea e raízes de <i>Zea mays</i> .	43
Tabela 9 - Conteúdo de peróxido de hidrogênio da parte aérea e raiz de <i>Zea mays</i> tratado com bioinsumos (bokashi, microrganismos eficientes) e cultivado na presença (Capacidade de pote 70%) ou não (CP 100%) de restrição hídrica.	45
Tabela 10 - Concentração e proteínas solúveis da parte aérea e raiz de <i>Zea mays</i> tratado com bioinsumos (bokashi, microrganismos eficientes) e cultivado na presença (Capacidade de pote 70%) ou não (CP 100%) de restrição hídrica.	46
Tabela 11 - Atividade da enzima peroxidase (POD) da parte aérea e raiz de <i>Zea mays</i> tratado com bioinsumos (bokashi, microrganismos eficientes) e cultivado na presença (Capacidade de pote 70%) ou não (CP 100%) de restrição hídrica.	47
Tabela 12 - Concentração de prolina livre da parte aérea e raiz de <i>Zea mays</i> tratado com bioinsumos (bokashi, microrganismos eficientes) e cultivado na presença (Capacidade de pote 70%) ou não (CP 100%) de restrição hídrica.	49
Tabela 13 - Concentração de malondialdeído (MDA) da parte aérea e raiz de <i>Zea mays</i> tratado com bioinsumos (bokashi, microrganismos eficientes) e cultivado na presença (Capacidade de pote 70%) ou não (CP 100%) de restrição hídrica.	50

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização da área experimental.	18
Figura 2 - Disposição dos vasos na área experimental.	20
Figura 3 - Inoculação das sementes.	22
Figura 4 - Tripes encontrada no Milho.	23
Figura 5 - Medições com IRGA.	24
Figura 6 - Medições com uso do ClorofiLog	26
Figura 7 - Área foliar (mm ²) e Número de folhas (NFP) de <i>Zea mays</i> L. tratadas com diferentes doses de microrganismos eficientes (EM 1:100 e 1:500) e/ou adubo orgânico Bokashi. As barras representam as médias (n = 4) ± EP. Médias seguidas da mesma letra	31
Figura 8 - Altura (cm) e Diâmetro (mm) do caule de <i>Zea mays</i> L. tratadas com diferentes doses de microrganismos eficientes (EM 1:100 e 1:500) e/ou adubo orgânico Bokashi. As barras representam as médias (n = 4) ± EP. Médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem pelo teste de Tukey (p < 0,05).	32
Figura 9 - Massa seca da parte aérea, MSPA(g) e Massa seca das raízes, MSR (g) de <i>Zea mays</i> L. tratadas com diferentes doses de microrganismos eficientes (EM 1:100 e 1:500) e/ou adubo orgânico Bokashi. As barras representam as médias (n = 4) ± EP. Médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem pelo teste de Tukey (p < 0,05).	33

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	5
2 REFERENCIAL TEÓRICO	7
2.1 A CULTURA DO MILHO	7
2.2 ESTRESSE ABIÓTICO: DÉFICIT HÍDRICO	9
2.4 BIOINSUMOS	13
3 MATERIAIS E MÉTODOS	17
	18
3.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL	18
3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	19
	19
3.3 DESCRIÇÃO DO EXPERIMENTO	19
3.4 MANEJO DE PRAGAS - TRIPES (<i>Thysanoptera</i>)	22
3.5 ANÁLISES DE CRESCIMENTO	23
3.6 ANÁLISES FISIOLÓGICAS	24
3.7 ANÁLISES BIOQUÍMICAS	26
	26
3.7.1 Peroxidação lipídica (TBARS)	26
3.7.2 Quantificação das proteínas	27
3.7.3 Atividade enzimática guaiacol peroxidase (POD)	27
3.7.4 Conteúdo de peróxido de hidrogênio (H₂O₂)	28
3.7.5 Conteúdo de prolina livre	28
3.8 ANÁLISES ESTATÍSTICAS	29
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
4.1 ANÁLISES DE CRESCIMENTO	30
4.2 ANÁLISES FISIOLÓGICAS	33
4.2.1 Teor de clorofilas (a, b e total)	33
4.2.2 Trocas gasosas	37
4.4 ANÁLISES BIOQUÍMICAS	43
CONCLUSÃO	51
REFERÊNCIAS	52

1 INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays*) é um cereal que pertence à família Poaceae (Silveira *et al.*, 2015), e tem importância na economia dos brasileiros, uma vez que é fonte de carboidrato na alimentação humana e animal (Borém; Galvão; Pimentel, 2017; Contini *et al.*, 2020). A relação com a alimentação humana e este cereal é marcada desde a ancestralidade, como base alimentar dos indígenas, cultivado desde a Argentina até o Canadá (Canecchio Filho; Almeida, 1973). Sua importância é evidenciada pela relevância econômica, nas diversas formas de sua utilização, como a alimentação animal, humana e na indústria, sendo considerado um dos grãos mais cultivados do mundo (Contini *et al.*, 2020; Silveira *et al.*, 2015).

Quanto a sua fisiologia, o milho é uma das culturas que apresenta maior eficiência no uso da radiação solar, caracterizado dentro dos grupos das plantas com metabolismo fotossintético C₄, no entanto, apesar da grande eficiência fotossintética também se apresenta sensível ao déficit hídrico, sendo uma das culturas bastante impactada pela variação no regime pluviométrico (Borém; Galvão; Pimentel, 2017). O déficit hídrico pode induzir o estresse nas plantas, desencadeado pelo aumento de espécies reativas de oxigênio (ERO), a presença das ERO em excesso condiciona o estresse oxidativo nas plantas, causando danos às proteínas, lipídios, DNA ou até a morte celular e a do vegetal, além de modificar e alterar as estruturas fisiológicas das plantas (Taiz *et al.*, 2021).

As células das plantas naturalmente produzem antioxidantes enzimáticos e não-enzimáticos, os quais mantêm as ERO em equilíbrio, ou seja, à medida que são produzidas, também são removidas do metabolismo (Nelson; Cox, 2022). Porém, quando expostas a um estresse abiótico, como o déficit hídrico, as plantas aumentam a produção de ERO e o sistema de defesa antioxidante não remove eficientemente tais espécies, levando a planta a uma situação de estresse oxidativo, que pode levar ao dano permanente ou senescência da mesma (Campbell, 2001). Sendo assim, entende-se que o metabolismo fisiológico também pode vir a sofrer modificações, quando ocorrem situações de estresse. Matos *et al.*, (2019) e Taiz *et al.*, (2021) indicam que, quando em déficit hídrico, ocorre o fechamento dos estômatos, redução das taxas de fotossíntese, e aumento da temperatura da planta. Ademais, aspectos como a taxa de crescimento, desenvolvimento celular, turgor e desenvolvimento radicular também são afetados pelo déficit hídrico (Matos *et al.*, 2019; Taiz *et al.*, 2021).

Com isto, alternativas têm sido pesquisadas, como o uso das sementes crioulas e aplicação de bioinsumos e utilização de adubos orgânicos, no intuito de promover um atenuante a este tipo de estresse nas plantas. Estudos têm mostrado que variedades de milho crioulo possuem maior tolerância ao déficit hídrico e podem ser uma alternativa a adaptação às condições especiais e a estresses ambientais (Paterniani; Nass; Santos, 2000).

A adesão de bioinsumos e pesquisas sobre as práticas mais sustentáveis tem crescido no Brasil. Os bioinsumos são insumos agrícolas derivados de organismos vivos, produtos biológicos e substâncias naturais, que incluem biofertilizantes, biopesticidas, biopotencializadores e outros produtos que visam promover o crescimento, saúde e produtividade das plantas de forma sustentável (Vidal; Dias, 2023; Souza; Castilho; Macedo, 2022).

Além disso, o manejo da cultura do milho com microrganismos pode auxiliar as plantas no enfrentamento do estresse causado pela seca, especialmente os microrganismos eficientes (ME), os quais têm demonstrado aumentar a tolerância das plantas em situações de estresse, visto que, a aplicação de ME pode fornecer os nutrientes necessários para garantir o pleno desenvolvimento da cultura (Aragão; Mallmann; Silva, 2020). Segundo Guareschi *et al.*, (2013).

A adubação orgânica torna-se uma alternativa é um complemento a aplicação de microrganismos eficientes, uma vez que, é fonte de nutrientes, auxilia na manutenção da umidade do solo, promove melhoria nos aspectos da qualidade do solo, maior aeração, aumento no estímulo aos processos biológicos e desenvolvimento da microbiota. O Bokashi, por exemplo, é um biofertilizante com altos teores de nutrientes, pode ser utilizado com e sem a associação de ME, é recomendado para cultivos anuais, aplicado no plantio ou em sua cobertura (Penteado, 2010).

A dissertação possui sua estrutura dividida em seções, na qual a primeira é a introdução, na sequência a revisão bibliográfica, onde foi realizado um aprofundamento acerca dos principais conceitos sobre o milho, os principais fatores de estresses bióticos dessa cultura, os bioinsumos utilizados no estudo, os Microrganismos Eficientes (ME) e a adubação orgânica fermentada tipo Bokashi (BK). Na sequência, a seção de Materiais e métodos explicou as metodologias utilizadas, de acordo com cada referência, para cada variável analisada, iniciando com uma caracterização da área experimental do estudo, o delineamento experimental, o detalhamento do experimento e as metodologias utilizadas nas análises fisiológicas, nutricionais, crescimento e bioquímicas. Por fim, os resultados e discussões descreveram os

resultados significativos desta pesquisa, bem como os discutiram com os dados da literatura encontrados. Para concluir, a seção das conclusões e das referências utilizadas neste trabalho.

Deste modo, esta pesquisa teve como objetivo avaliar a aplicação de bioinsumos, nas respostas fisiológicas, bioquímicas e de crescimento de plantas de milho crioulo Pixurum 05, cultivadas sob regime de déficit hídrico. Para isso, buscou-se determinar o comportamento dos teores de clorofilas, das trocas gasosas, do sistema antioxidante e os níveis de estresse oxidativo do milho crioulo submetido a diferentes doses de ME e BK em plantas expostas a déficit hídrico. Por fim, buscou-se avaliar se os tratamentos com bioinsumos aumentam a resistência ao déficit hídrico do milho crioulo Pixurum 05.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A CULTURA DO MILHO

O milho (*Zea mays*) é uma planta de cultivo milenar na América Latina, um elemento essencial na alimentação e cultural dos povos latinos, que se expandiu para todo o globo terrestre, não apenas um produto comercial, mas também nas relações socioambientais das mais diversas regiões do mundo e do Brasil (Contini *et al.*, 2019). É uma planta pertencente à família Poaceae, classe *Monocotiledônea*, ordem *Poales* (Silveira, 2015; Doebley, 1990). Caracteriza-se por ser uma planta de colmo ereto, folhas, flores e raízes, que possui uma grande capacidade de adaptação ao ambiente e estresses (Magalhães; Durães; Gomide, 2002).

Considerado um cereal importante na mesa dos brasileiros, o milho é rico em carboidrato, e por isso faz parte da dieta humana e animal há milhares de anos (Silveira *et al.*, 2015; Borém; Galvão; Pimentel, 2017). O cereal é originário do México e a sua produção foi se espalhando e avançando por toda América, até chegar ao nível de escala mundial (Contini *et al.*, 2019). Quando Cristóvão Colombo desembarcou na América, o milho servia como a principal fonte alimentar para os indígenas locais (Canecchio Filho; Almeida, 1973).

A importância econômica do milho é caracterizada pela sua relevância nas diversas formas de sua utilização, que pode ser na alimentação animal, humana e industrial, sendo que esta ampla maneira de utilização faz da cultura uma das mais cultivadas no mundo (Silveira *et al.*, 2015; Contini *et al.*, 2019), uma vez que, além de sua significativa importância como *commodity*, o milho tem servido como uma planta-exemplo inovadora para condução de estudos biológicos e pesquisas científicas por mais de um século (Lawrence *et al.*, 2008).

O Brasil tem parte importante no cenário mundial na produção do grão. De acordo com a Conab (2023), a safra de 2023/24 foi estimada em cerca de 316,7 milhões de toneladas, estimativa abaixo do valor obtido em 2022/23, que foi de 322,8 milhões de toneladas. Até o mês de abril de 2023, o Brasil havia somado US\$3,0 bilhões na exportação do grão, valor quatro vezes maior do que o acumulado nos primeiros quatro meses, no ano de 2022 (Formigoni, 2023).

A cultura do milho é anual, e o seu cultivo pode variar de acordo com as condições climáticas de cada região. Por exemplo, no Sul Brasil, o plantio do milho acontece no término de agosto, no Centro-Oeste, Norte e Nordeste, nos primeiros meses do ano (Ferreira *et al.*, 2011). Para garantir o máximo potencial produtivo de rendimento é necessária uma temperatura

alta, em média 24 a 30°C, com alta radiação solar e boa disponibilidade hídrica (Bredemeier, 2020; Silva, 2015). Quando as sementes se encontram sob condições ideais de germinação, a germinação ocorre entre 05 e 06 dias (Magalhães; Durães; Gomide, 2002).

Dentro do grupo de plantas com metabolismo fotossintético C4, plantas que se caracterizam por otimizar a fotossíntese em ambientes quentes e secos (Ferreira *et al.*, 2011; Magalhães, 2011), o milho é uma das culturas que apresenta maior eficiência no uso da radiação solar. No entanto, a cultura é sensível ao déficit hídrico, ou seja, uma cultura que pode ser afetada pelas secas e variação no regime pluviométrico (Borém; Galvão; Pimentel, 2017). Os fatores que mais afetam a produção de grãos e matéria seca na cultura do milho são a radiação solar (intensidade luminosa), a precipitação e a temperatura, influenciando diretamente a capacidade da planta de realizar a fotossíntese, de absorver água e nutrientes do solo e responder de forma adequada às condições ambientais às quais está exposta (Ferreira *et al.*, 2011).

O ciclo de vida do milho pode ser dividido em duas fases, a fase vegetativa e a fase reprodutiva (Magalhães, 2011). A fase vegetativa inicia na germinação da semente e vai até o início da formação dos órgãos reprodutivos, como as espigas. Nesse estágio, a planta passa por um crescimento vegetativo, emergindo do solo, desenvolvendo folhas jovens e um sistema radicular, enquanto continua a crescer em altura e a se ramificar (Magalhães, 2011; Magalhães; Durães; Gomide, 2002). Ao final da fase vegetativa, a planta inicia o desenvolvimento das inflorescências, preparando-se para a fase reprodutiva. Durante a fase reprodutiva ocorrem os processos de polinização, fertilização e desenvolvimento dos grãos de milho, e as espigas atingem sua plena maturidade e estão prontas para a colheita ao final da fase reprodutiva (Magalhães, 2011; Magalhães; Durães; Gomide, 2002).

Nesta pesquisa foi avaliada a cultivar milho crioulo *pixurum* 05, indicado para consumo *in natura*, forragem, silagem, possui boa utilização para processamento, industrial ou artesanal (Quevedo, 2021). A cultivar passou por processo de melhoramento em parceria entre pequenos agricultores e pesquisadores da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI) em Lages/SC, possui cerca de 2 metros de altura, a cor dos grãos é amarela, cerca de 104 dias de ciclo e produtividade de 7.130 kg/ha (Canci, 2004; Quevedo, 2021).

2.2 ESTRESSE ABIÓTICO: DÉFICIT HÍDRICO

As plantas são seres sésseis, ou seja, são fixadas em um determinado espaço, e para sobreviver às condições climáticas, elas precisam desenvolver mecanismos de tolerância aos diversos estresses bióticos e abióticos que podem ocorrer ao longo do seu ciclo de vida (Taiz *et al.*, 2021).

O estresse nas plantas é um desvio das condições plenas para a vida da planta, ou seja, qualquer alteração que impeça a planta de chegar ao seu pleno potencial de produção, é uma resposta adaptativa que as plantas têm a condições adversas do ambiente, que podem ser fatores bióticos ou abióticos (Gaspar *et al.*, 2002; Taiz *et al.*, 2021). Os fatores abióticos são fatores climáticos, como a radiação, temperatura, água, gases, minerais e efeitos mecânicos, já os fatores bióticos são caracterizados como ataque de animais, dos microrganismos, ação antropogênica e a superpopulação de plantas em um mesmo ambiente (Mendes; Lucena; Medeiros, 2015; Taiz *et al.*, 2021).

A água é imprescindível para o desenvolvimento dos organismos vivos, e para as plantas, representa a maior proporção do volume celular, sendo o recurso mais limitante para o seu desenvolvimento (Taiz *et al.*, 2021). A água atua como um solvente universal (Matos *et al.*, 2019), uma vez que ela pode dissolver diversos tipos de moléculas, devido à polaridade de sua estrutura molecular e habilidade em formar ligações de hidrogênio (Matos *et al.*, 2019; Taiz *et al.*, 2021). Em se tratando das plantas, a água permite uma difusão de substâncias até o centro ativo da uma enzima, e é por meio desse sistema aquoso que os elementos reagem e formam substâncias (Kerbaui, 2019; Matos *et al.*, 2019).

A água é vital para as plantas porque desempenha papéis importantes na fotossíntese, no transporte de nutrientes, na manutenção da turgidez celular, no suporte estrutural, na regulação térmica e em reações metabólicas, ou seja, a restrição hídrica pode prejudicar significativamente o crescimento e a saúde das plantas, enquanto a disponibilidade adequada de água é fundamental para o seu desenvolvimento (Kerbaui, 2019; Matos *et al.*, 2019; Taiz *et al.*, 2021).

A água pode ocasionar dois tipos de estresse abióticos nas plantas, o excesso de água e o déficit hídrico (DH). O excesso de água reduz a produção da cultura, uma vez que, em solos com excesso de água, o oxigênio não está presente, ocorrendo a respiração anaeróbia, absorvendo menos nutrientes e reduzindo o crescimento radicular (Pes; Arenhardt, 2015). Já o

déficit hídrico é quando há baixa disponibilidade de água no solo, quando a quantidade de água transpirada é maior do que a absorvida (Pes; Arenhardt, 2015; Taiz *et al.*, 2021).

O déficit hídrico acontece quando não há disponibilidade de água no solo suficiente para suprir a demanda da planta, e pode ser caracterizado quando não há fornecimento adequado de água para as plantas, resultando em efeitos negativos nos processos bioquímicos e fisiológicos das plantas (Flores *et al.*, 2020; Larcher, 2000; Taiz *et al.*, 2021). Os pesquisadores Galon *et al.*, (2010) discorrem que o déficit hídrico para a cultura do milho é um dos estresses mais limitantes na produtividade, causando impactos negativos.

O déficit hídrico em plantas induz diversas alterações na atividade enzimática como parte de suas adaptações ao estresse ambiental. Essas mudanças incluem a possível inibição direta da atividade enzimática devido à escassez de água, além de estresse oxidativo que pode causar danos às enzimas (Kerbaui, 2019; Matos *et al.*, 2019; Taiz *et al.*, 2021). Durante o estresse oxidativo, os mecanismos moleculares são ativados para proteger as células vegetais, podem regular a expressão gênica de enzimas, ativar enzimas antioxidantes e ajustar a síntese e degradação de proteínas (Matos *et al.*, 2019; Taiz *et al.*, 2021).

As células das plantas naturalmente geram Espécies Reativas de Oxigênio (ERO) durante suas atividades metabólicas essenciais, como a fotossíntese e a respiração (Vasconcelos *et al.*, 2007). As ERO consistem em moléculas ou íons que possuem elétrons desemparelhados, conferindo-lhes alta reatividade e capacidade oxidante, incluindo o peróxido de hidrogênio (H_2O_2), o ânion superóxido ($O_2^{\cdot-}$) e o radical hidroxila ($\cdot OH$) (Mittler, 2004; Taiz *et al.*, 2021). No entanto, o desequilíbrio do estado redox intracelular, como o excesso e acumulação de ERO pode ocasionar danos oxidativos tanto em células vegetais quanto animais. Nesse sentido, as enzimas antioxidantes são proteínas especializadas, como por exemplo, a superóxido dismutase (SOD), a catalase (CAT), a glutatona peroxidase (GPx) e a peroxidase (POD), que catalisam reações para converter as ERO em formas menos tóxicas (Asada, 1999; Barbosa *et al.*, 2010; Mittler, 2004). Os sistemas de defesa antioxidante incluem proteínas reguladoras e moléculas sinalizadoras, que coordenam a resposta antioxidante, regulando a expressão gênica de enzimas antioxidantes e modulando outras vias metabólicas para proteger as células contra danos oxidativos (Barbosa *et al.*, 2010; Mittler, 2004; Taiz *et al.*, 2021).

Esses mecanismos trabalham em conjunto para preservar a integridade celular e a viabilidade das plantas sob estresse oxidativo, garantindo seu crescimento e sobrevivência mesmo em condições adversas. O milho, por exemplo, em condições de déficit hídrico e de alta temperatura, aumenta a produção das espécies reativas de oxigênio, inicialmente com a produção de superóxido, mas também peróxido de hidrogênio e radical hidroxila, que atuam

como um sinal para a ativação da expressão da oxidase alternativa (Taiz *et al.*, 2021). Quando há ERO em excesso nas plantas, de modo que seu metabolismo não seja capaz de removê-los, ocorrerá danos a lipídios, ácidos nucleicos e proteínas, que podem levar a morte do vegetal (Barbosa *et al.*, 2010; Mittler, 2004; Mittler *et al.*, 2011).

Uma enzima importante do sistema de defesa antioxidante é a peroxidase (POD), uma vez que atua como importante sinalizador nas respostas ao estresse e, nestas condições, aumentando a atividade da POD e muitas vezes, é a primeira enzima a ter atividade alterada (Barbosa *et al.*, 2010; Moro, 2012). Quando as taxas de H_2O_2 aumentam, inicia a ação enzimática da CAT e das peroxidases, realizando a conversão do H_2O_2 em $H_2O + O_2$ e de em H_2O , respectivamente (Apel; Hirt, 2004; Pereira *et al.*, 2012).

Além disso, Price e Hendry (1991) observaram a ocorrência de aumento na produção de lipoperóxidos em diversas espécies de gramíneas submetidas ao déficit hídrico. Logo, observou-se que a peroxidação de lipídios de membrana, moléculas de DNA, proteínas e pigmentos também podem ser danificados pelo estresse oxidativo (Smirnoff, 1993).

De acordo com os pesquisadores Matos *et al.*, (2019) e Taiz *et al.*, (2021) quando se trata de características de crescimento afetadas pelo déficit hídrico, observa-se o murchamento, das folhas e caules, redução no crescimento da planta em altura e massa, que evidencia limitação dos processos metabólicos e de divisão celular em meio à restrição hídrica. De acordo com Galon *et al.*, (2010) e Páez *et al.*, (1995) como resposta ao déficit hídrico o milho passa por uma redução da taxa de expansão foliar das plantas, diminuição da taxa fotossintética, transpiração e translocação de assimilados.

Pesquisas realizadas com diferentes híbridos de milho submetidos ao déficit hídrico também corroboram com estes resultados (Almeida *et al.*, 2003). Os resultados indicam queda na produção de massa seca da parte aérea, taxa de crescimento celular, índice de área foliar (IAF) e taxa de expansão celular das plantas, os autores observam que a sensibilidade ao estresse pode variar de acordo com o híbrido utilizado (Almeida *et al.*, 2003).

No milho, por exemplo, segundo Bergamaschi e Pereira (2006) a falta de água principalmente durante o florescimento, é a fase em que ocorre maior impacto sobre o rendimento dos grãos, que pode afetar o número de espigas por planta e o número de grãos por espiga. Também observa-se que o milho possui uma estratégia para sua adaptação ao déficit hídrico, como a estratégia de abortar flores e frutos, que faz a planta redirecionar seus recursos limitados para partes mais vitais (Maia, 2007).

Quanto aos aspectos fisiológicos, na falta de água, observa-se o fechamento dos estômatos, a redução na Taxa de Fotossíntese, os estômatos se fecham para minimizar a

transpiração da planta, esse processo limita a entrada de dióxido de carbono (Kerbaudy, 2019; Matos et al., 2019; Taiz *et al.*, 2021). Isso resulta em uma redução na taxa de fotossíntese devido à limitação na disponibilidade de água para as reações químicas, visto que a condutância estomática tem relação direta com a disponibilidade hídrica no solo (Bianchi *et al.*, 2007).

Segundo Taiz *et al.*, (2021) os estômatos são componentes fundamentais na regulação da transpiração e na Taxa de Fotossíntese, exercendo uma função primordial como barreira para o fluxo de vapor de água. Nesse sentido, a condutância estomática é uma medida essencial para avaliar a abertura dos estômatos e seu impacto na transpiração e troca de gases entre as folhas e a atmosfera (Carvalho, 2003; Oliveira *et al.*, 2004), uma vez que compreende as respostas das plantas a diferentes condições ambientais e auxilia na avaliação do estado hídrico das plantas, no manejo adequado da irrigação e na compreensão dos processos fisiológicos relacionados à resposta das plantas ao estresse ambiental (Carvalho, 2003; Oliveira *et al.*, 2004).

A temperatura das folhas tem relação com a condutância estomática, sendo indicativos de déficit hídrico (Oliveira *et al.*, 2004). Taiz *et al.*, (2021) apontam que o movimento do fechamento dos estômatos, o aumento da radiação promove um aquecimento foliar, que pode prejudicar o metabolismo das plantas.

As clorofilas são pigmentos instáveis, por isso, fatores ambientais, como o estresse hídrico, pH, luminosidade reduzida, alterações enzimáticas, temperatura, podem promover a degradação desses pigmentos (Streit *et al.*, 2005). Silva *et al.*, (2016) em sua pesquisa com coqueiros, sob déficit hídrico e estresse salino, observaram redução nos teores de clorofilas (*a*, *b* e *a+b*), demonstrando que os coqueiros (*Cocos nucifera L.*) também são culturas sensíveis ao déficit hídrico. Torres Netto *et al.*, (2005), indicam que a partir da determinação indireta do teor de clorofila em folhas, é possível avaliar a integridade do aparelho fotossintético, quando estão sujeitas a algum tipo de estresse.

As clorofilas são essenciais para a fotossíntese, atuando como pigmentos que absorvem a luz necessária para o processo, assim elas desempenham um papel central na conversão da radiação luminosa em energia química, na forma de ATP e NADPH. Nesse sentido, estão intimamente ligadas à eficiência fotossintética das plantas, impactando diretamente seu crescimento e capacidade de se adaptar a diferentes ambientes (Jesus; Marengo, 2008). Com isso, Nxele, Klein e Ndimba (2017) em sua pesquisa, ressaltam que a degradação dos pigmentos fotossintéticos pode ter relação direta com a produção e acumulação de espécies reativas de oxigênio, causadoras do estresse oxidativo. Além disso, uma das respostas fisiológicas e moleculares mais amplamente documentadas ao déficit hídrico em plantas é a

capacidade de algumas espécies regularem osmoticamente suas células (Maia, 2007). Em restrição hídrica, as plantas realizam ativamente a acumulação de açúcares, ácidos orgânicos e íons no citosol, nesse sentido esse processo visa reduzir o potencial osmótico, resultando na manutenção do potencial hídrico e do turgor das células próximos ao nível ótimo (Maia, 2007; Bergamaschi; Pereira, 2006).

Em condições de déficit hídrico, a concentração relativa de macronutrientes nas folhas tende a aumentar, a redução na quantidade de água disponível resulta em uma concentração mais elevada dos nutrientes presentes, além disso, ocorre um deslocamento de nutrientes nas plantas, especialmente em solos mais secos, levando a uma mobilização ou imobilização de certos elementos (Souza *et al.*, 2021).

As plantas respondem ao déficit hídrico com uma habilidade única de redistribuir seletivamente os nutrientes. Essa redistribuição é uma estratégia adaptativa, onde certos nutrientes são direcionados para áreas mais críticas da planta, assegurando funções vitais, enquanto outros são retidos nas folhas para manutenção da homeostase. A absorção de água e nutrientes pelas raízes pode ser prejudicada em condições de déficit hídrico prolongado, resultando em uma diminuição geral na disponibilidade de macronutrientes nas folhas, as relações entre nutrientes e água são alteradas, influenciando a eficiência na absorção e transporte de elementos essenciais (Kerbaudy, 2019; Matos *et al.*, 2019; Taiz *et al.*, 2021).

2.3 BIOINSUMOS

Os bioinsumos têm emergido como uma abordagem promissora na agricultura sustentável, com o objetivo de reduzir a utilização de insumos químicos sintéticos e promover práticas agrícolas mais ecologicamente conscientes e sustentáveis (Sabourin *et al.*, 2021). São bens ou serviços, provenientes de organismos vivos ou de seus processos de transformação, que podem ser utilizados em outros bens e serviços, ou em sistemas de produção animal e vegetal (Souza; Castilho; Macedo, 2022; Vidal; Dias, 2023). O termo “bioinsumo” também é conhecido como “produto biológico”, “bioproduto”, “produto de base biológica”, “bioinseticidas”, “biofertilizantes”, “inoculantes”, entre outros (Souza; Castilho; Macedo, 2022; Vidal; Dias, 2023). De acordo com a legislação brasileira, podem ser considerados bioinsumos todos os produtos, métodos e tecnologias de origem orgânica, que podem impactar

de forma positiva a cadeia ou sistema produtivo, que vão desde o solo, planta, água, animais, microrganismos, etc. (BRASIL, 2020).

Os bioinsumos estão divididos em categorias, com algumas especificidades. Os Biofertilizantes são caracterizados por serem compostos por microrganismos benéficos ou também chamados microrganismos eficientes, como bactérias fixadoras de nitrogênio, fungos, actinomicetos, micorrizas, que promovem a disponibilidade de nutrientes essenciais para as plantas (Souza; Castilho; Macedo, 2022; Vidal; Dias, 2023). Os biopesticidas, atuam no ataque aos agentes biológicos, como bactérias, fungos e insetos predadores, utilizados no controle de pragas e doenças agrícolas (Gupta; Dikshi, 2010). Já os Biopotencializadores são elaborados com substâncias naturais, como extratos de algas, aminoácidos e ácidos húmicos, que promovem o crescimento das plantas e aumentam sua resistência a estresses ambientais (Feliciano; Steiner; 2024).

A aplicação dos bioinsumos na agricultura pode ocorrer como pulverização foliar, inoculação de sementes, tratamento de solo e fertirrigação (Sabourin *et al.*, 2021). Nesse sentido, essas tecnologias podem contribuir para melhorar a saúde do solo, aumentar a eficiência no uso de nutrientes, reduzir a incidência de pragas e doenças e promover o crescimento e desenvolvimento das plantas (Souza; Castilho; Macedo, 2022; Vidal; Dias, 2023). Nesta pesquisa foram avaliados dois tipos de bioinsumos, os Microrganismos Eficientes (ME) e o Bokashi (BK).

Os Microrganismos Eficientes (“Effective Microorganisms” - ME) começaram a ser estudados na década de 70 pelo Dr. Teruo Higa, objetivando otimizar os processos biológicos da matéria orgânica e sua utilização na produção agrícola (Andrade, 2020). Na bibliografia também podem ser denominados como Microrganismos Eficazes (Harman; Uphoff, 2019). A partir da pesquisa científica e dos aprofundamentos acerca da temática, a utilização dos ME tornou-se uma alternativa sustentável para o manejo agroecológico e produção orgânica (Sousa; Pontes; Melo, 2020), uma vez que os mesmos estão presentes no cotidiano dos seres humanos, das mais diversas formas, desde a alimentação à produção agrícola (Cargnelutti *et al.*, 2021).

Posto isto, é importante ressaltar que os ME não são adubos, fertilizantes ou hormônios, são organismos vivos, que auxiliam melhorando as características e qualidade do solo (Oliveira *et al.*, 2011). Estes microrganismos alimentam-se da matéria orgânica do solo, realizando a ciclagem dos nutrientes, permitindo que os mesmos fiquem disponíveis para as plantas (Andrade, 2020; Primavesi; Primavesi, 2018). Todo esse processo de interação ocorre em razão

do solo ser caracterizado como um organismo vivo (Primavesi; Primavesi, 2018), portanto, o mesmo desenvolve-se pela ação dos organismos do solo, como os macrorganismos, que são as aranhas, formigas, minhocas, e também por meio dos microrganismos, sendo eles bactérias, fungos, leveduras, actinomicetos (Primavesi; Primavesi, 2018; Talaat, 2014). De acordo com Andrade (2020) e Cargnelutti *et al.*, (2021) estes microrganismos trabalham coletivamente, agregam o solo, realizam a manutenção da vida no solo e possuem uma versatilidade de aplicações e funções ecológicas desde o tratamento de água, práticas agrícolas e tratamento de efluentes.

Para além de um bioinsumo para adubação, o ME pode ser utilizado na inoculação das sementes, os quais promovem, por meio de atividade enzimática, a degradação do revestimento das sementes, permitindo a recepção de água e oxigênio, aumentando a eficiência da germinação (Araújo *et al.*, 2022). Santos *et al.*, (2020) pesquisaram a relação de aplicação com ME na germinação do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), variedade cavalo, e obtiveram como resultado que a solução de ME têm potencial para favorecer o crescimento de raiz e hipocótilo, bem como otimizar o índice de velocidade de germinação de sementes.

Além disso, os efeitos do estresse hídrico podem ser atenuados por meio do manejo com ME, sendo, portanto, uma promissora abordagem para o ganho em produtividade, quando as plantas são acometidas pelo déficit hídrico (Asghari *et al.*, 2020). Os ME têm atuação direta na síntese de proteínas, aumentando a remoção de peróxido de hidrogênio por meio da atividade enzimática (Joshi *et al.*, 2019). Santiago, Engel, Cargnelutti (2020) pesquisaram feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivado sob regime de estresse hídrico, com aplicação de diferentes dosagens de microrganismos eficientes. Os resultados mostraram que os microrganismos eficientes são capazes de promover resistência na redução da transpiração (E) e eficiência carboxilativa (A/Ci) em feijoeiro quando está em estresse hídrico (Santiago, Engel, Cargnelutti, 2020).

Lima *et al.*, (2019) pesquisaram o milho adubado com resíduos orgânicos em associação com *Azospirillum brasilense*, com objetivo de avaliar o crescimento vegetativo da cultura em resposta a essa associação. Como resultados obtidos, os níveis de crescimento vegetativo como altura, número de folhas, acúmulo de massa fresca e seca foram maiores quando adubados com composto orgânico em associação com *Azospirillum brasilense*, do que em comparação às plantas submetidas à adubação mineral e não fertilizadas (Lima *et al.*, 2019).

Paschoal (2020) também avaliou o milho adubado com resíduos agropecuários oriundos da cafeicultura, em associação com *Azospirillum brasilense*, verificando a altura das plantas, número de folhas, acúmulo de massa fresca e seca. A pesquisa demonstrou maior desenvolvimento vegetativo do milho quando cultivado com adubação associada ao *Azospirillum brasilense*, apresentando maior eficiência no adubo quando associado (Paschoal, 2020). Quadros *et al.*, (2014) avaliaram os teores de clorofila de híbridos de milho inoculados com *Azospirillum*. Concluíram que, a utilização da inoculação de *Azospirillum* em milho aumentou o teor relativo de clorofila, juntamente com o rendimento da matéria seca da parte aérea dos híbridos AS 1575 e SHS 5050, o peso de 1000 grãos do híbrido P32R48 e a estatura de planta do híbrido AS 1575 (Quadros *et al.*, 2014).

O Bokashi é um Bioinsumo, uma técnica desenvolvida por agricultores japoneses, que foi trazida para o Brasil na década de 1980 por imigrantes japoneses, desenvolvida para complementar o uso dos Microrganismos Eficientes (Siqueira; Siqueira, 2018; Aragão; Mallmann; Silva, 2020). É um adubo sólido, com produção simples e versátil, de acordo com cada região, com uma produção fermentada, pode ser produzido em pequena ou média escala, composto por farelos de cereais, farinha de ossos, oleaginosas e farelos de rocha (Carvalho; Rodrigues, 2007).

Os tipos de fermentação que ocorrem no Bokashi são a láctica, a acética, a alcoólica, a propiônica e a butírica, sendo a predominância de fermentação láctica (Siqueira; Siqueira, 2018). Nesse sentido, de acordo com a pesquisa de Aragão, Mallmann e Silva (2020), o Bokashi é um produto da fermentação, que pode ser produzido por meio de farelos e compostos nitrogenados. Esse produto promove melhorias na qualidade do solo e na estrutura das plantas. Os mesmos autores pontuaram que as melhorias promovidas pelo uso deste insumo, associado a outras práticas agroecológicas, são verificadas pela reestruturação da fauna do solo e pela presença de organismos indicadores da qualidade do ambiente (Aragão, Mallmann e Silva, 2020).

Macan *et al.* (2019), em seu experimento com Bokashi e farelos, demonstraram um maior desenvolvimento da estrutura das plantas de milho, na altura, circunferência do colmo, massa fresca da parte aérea e massa fresca da raiz, e que estes insumos apresentam potencial positivo para serem aplicados como adubos orgânicos. De acordo com Guareschi *et al.*, (2013), a adubação com Bokashi é fonte de nutrientes, auxilia na manutenção da umidade do solo,

promove melhoria nos aspectos da qualidade do solo, maior aeração, estimula os processos biológicos e desenvolvimento da microbiota.

O Bokashi é concentrado em ácidos húmicos, os quais possuem efeito bioestimulante nas plantas, incrementando o desenvolvimento das raízes, absorção e acúmulo de nutrientes, a síntese de clorofila, que resultam em um bom desenvolvimento fisiológico das culturas (Baldotto; Baldotto, 2016). Oliveira e Leite (2008), pesquisaram o uso do Bokashi no cultivo de alho (*Allium sativum*), e verificaram que aumentou a massa e a produtividade de bulbos comerciais, com o diâmetro acima de 32 mm. Mota (2013) avaliou parâmetros de crescimento no coentro e na cebolinha, e observou que o bioinsumo apresenta-se eficiente na dosagem de 20g para vaso de 4L, para incrementar as taxas de massa seca da parte aérea e a altura, do coentro e da cebolinha. Lambert, Silva e Araújo (2020) pesquisaram a aplicação do Bokashi e outros bioestimulantes no Milho e observaram aumento nos índices de altura do milho aos 60 dias após o plantio.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Para alcançar os objetivos do trabalho, o presente estudo realizou-se em partes, que estão descritas a seguir. Iniciou-se com um levantamento bibliográfico sobre o tema, que resultou no referencial teórico desta pesquisa e como parte prática, fez-se um experimento em casa de vegetação, no campus da UFFS Erechim/RS. Neste item é realizada uma caracterização da área experimental em que o experimento foi realizado, bem como o detalhamento do experimento, dos tratamentos e o delineamento experimental escolhido. Em vista disso, também foram detalhadas as metodologias utilizadas para a realização das análises e protocolos utilizados.

3.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

A condução do experimento ocorreu na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul – UFFS, campus Erechim/RS, na Casa de vegetação, durante o período de fevereiro a abril de 2023. As análises bioquímicas foram realizadas no laboratório de Bioquímica e Entomologia, enquanto as análises de micro e macronutrientes foram realizadas no Laboratório de Solos. As análises fisiológicas e de crescimento foram realizadas *in loco*.

O local onde o experimento foi realizado possui 754 metros de altitude e as coordenadas geográficas são: 27° 43' 50" S e 52° 17' 15" W (Clima, 2023).

Figura 1 - Localização da área experimental.



Fonte: Google Earth, modificado pela autora (2024).

3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O delineamento experimental desta pesquisa foi inteiramente casualizado (DIC), em um esquema fatorial (Tabela - 1). O primeiro fator foi intitulado como a Capacidade de Pote (CP) dividida em dois níveis de irrigação, o segundo fator são os bioinsumos aplicados na pesquisa, os Microrganismos Eficientes (ME) e o Bokashi (BK) (2x6). Foram utilizados doze tratamentos, com quatro repetições (plantas) para cada tratamento, no total foram quarenta e oito unidades experimentais. A tabela 1 ilustra os tratamentos utilizados e as metodologias estão sumarizadas no item 4.3.

Tabela 1 - Delineamento experimental

Tratamentos	Capacidade de Pote	Bokashi	Microrganismos Eficientes
1	70%	-	-
2	70%	10 ton/ha ⁻¹	-
3	70%	-	1:100 ¹
4	70%	-	1:500 ²
5	70%	10 ton/ha ⁻¹	1:100 ¹
6	70%	10 ton/ha ⁻¹	1:500 ²
7	100%	-	-
8	100%	10 ton/ha ⁻¹	-
9	100%	-	1:100 ¹
10	100%	-	1:500 ²
11	100%	10 ton/ha ⁻¹	1:100 ¹
12	100%	10 ton/ha ⁻¹	1:500 ²

¹ Diluição da dosagem de Microrganismos Eficientes (ME), na qual foi utilizada 1 mL de solução ME para 100 mL de água.

² Diluição da dosagem de Microrganismos Eficientes (ME), na qual foi utilizada 1 mL de solução ME para 500 mL de água.

3.3 DESCRIÇÃO DO EXPERIMENTO

A cultura escolhida para o trabalho foi o milho Crioulo Pixurum 05. As sementes utilizadas para o experimento foram provenientes da Cooperfumos - Cooperativa Agrícola de

insumos, produção e incentivo ao cultivo de alimentos orgânicos e agroecológicos, localizada em Santa Cruz do Sul/RS. Para a condução inicial do experimento foi realizado o preparo dos vasos com substrato na proporção 1:1:1, com solo, composto orgânico e areia, em vasos com capacidade de 8 litros, que receberam 6 kg desse composto preparado para o cultivo do milho. Na sequência ao preparo dos vasos, foi realizada a aplicação do adubo orgânico do tipo Bokashi na dosagem de 10 ton/ha⁻¹ (60 gramas do composto por vaso), sendo o mesmo incorporado ao substrato até aproximadamente os 10 primeiros cm da camada do solo. O Bokashi foi obtido da Cooperativa COOPERBIO. Após a aplicação do Bokashi, todos os vasos foram pesados com uma balança digital, para que a massa em todos fosse padronizada nos 6 kg. Por fim, os vasos foram dispostos nas bancadas de metal da casa de vegetação (Figura 2). A padronização dos vasos é utilizada para a imposição do regime hídrico, que foi avaliada por meio da Capacidade do Pote (CP) em dois regimes, de 70% e de 100% de irrigação.

Figura 2 - Disposição dos vasos na área experimental.



Fonte: A autora (2024).

Para a imposição do regime hídrico foi determinada a capacidade de pote (CP), de acordo com Souza *et al.*, (2000). A metodologia consistiu na pesagem a partir do peso do pote e da massa do solo saturado com água após 24 horas, absorvendo água por capilaridade dentro de um outro recipiente, e na pesagem do mesmo pote após 24 horas, no qual já ocorreu o

processo de evaporação. A diferença entre os pesos é a necessidade de reposição de água evaporada. A reposição de água foi feita com a utilização de regador manual, com CP em 100% em todos os tratamentos. Aos 25 dias DAS foi iniciado o regime de déficit hídrico com 70% da CP para avaliação e, em paralelo, foi conduzido um tratamento controle, sem imposição do regime de déficit hídrico, com a CP em 100%. Nesse sentido, foi omitida a irrigação em 30% CP naqueles tratamentos em condições de estresse, representado por 70% CP. Para a testemunha foi omitido 0% na quantidade de água, representado por 100% CP.

Foram semeadas cinco sementes por vaso, que germinaram em 06 dias. No 15º dia foi realizado o desbaste mantendo-se apenas uma planta por vaso (Barreto; Fernandes, 2016). O acompanhamento do desenvolvimento das plantas foi por 45 dias após a semeadura (DAS). Os microrganismos eficientes (ME) foram utilizados tanto como tratamento de sementes (inoculação das sementes antes da semeadura) quanto aplicados diretamente nas plantas e no solo, seguindo a metodologia descrita por Santiago, Cargnelutti e Castamam (2022). Os ME's utilizados foram obtidos e capturados no campus da UFFS Erechim. 27° 43' 50" S e 52° 17' 15" W, de acordo com as normas do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, utilizando as orientações das Fichas Agroecológicas: Tecnologias Apropriadas para a Produção Orgânica (Leite; Meira, 2016b).

Para a obtenção dos microrganismos eficientes utilizou-se 700 g de arroz e 200 g de açúcar mascavo. O arroz foi cozido sem sal e, posteriormente, colocado em uma bandeja de plástico coberto com uma tela de proteção. Em seguida, foi enterrado em mata virgem e adicionou-se sobre a tela uma camada de serrapilheira, permanecendo ali por 15 dias. Após este período, o material foi coletado e, os microrganismos capturados foram separados. Os ME's de coloração rosada, azulada, amarela e alaranjada, considerados benéficos, foram aproveitados. Para ativar os microrganismos foi necessário distribuir o material em 5 garrafas pet de 2 L, acrescentar o melão e completar com água sem cloro. As garrafas contendo os ME's permaneceram no escuro durante 12 dias, sendo o gás removido diariamente (Leite; Meira, 2016b).

Os procedimentos de diluição dos ME e inoculação das sementes foram realizados no Laboratório de Bioquímica e Entomologia da UFFS campus Erechim/RS. As diluições utilizadas na pesquisa foram preparadas separadamente, nas proporções de 1:100 e 1:500. No tratamento controle, foi utilizado apenas água destilada (Talaat *et al.*, 2019). As sementes foram deixadas em imersão nas soluções descritas acima por uma hora (Andrade, 2020). Após este

período, cada tratamento foi espalhado em placas de petri e armazenadas a 25°C para secagem por cerca de três horas e a semeadura foi realizada no final da tarde (Figura 3).

Figura 3 - Inoculação das sementes.



Fonte: A autora (2024).

A aplicação dos tratamentos dos ME diretamente nas plantas foi realizada borrifando-se 4 mL de cada diluição por vaso, na semeadura, nas plantas e solo a cada 7 dias, no momento da irrigação, aos finais de tarde, até a coleta das plantas (Santiago; Cargnelutti; Castaman, 2022). A coleta das plantas foi realizada com quarenta e cinco dias após a semeadura, e 24 dias de déficit hídrico (Souza *et al.*, 2015; Santiago; Cargnelutti; Castaman, 2022).

3.4 MANEJO DE PRAGAS - TRIPES (*Thysanoptera*)

Aos 14 dias após germinação (DAG), na fase vegetativa, as plantas sofreram um ataque de Tripes, da ordem *Thysanoptera* (Figura 4). O tratamento utilizado para o manejo de tripes foi o fungo *Bauveria Bassiana* (cepa: IBCB 66) associado ao *Metarhizium anisopliae* (cepa: IBCB 425) diluídos de acordo com o protocolo de indicação do produto, 4 mL para cada litro de água, utilizado em duas aplicações. O tratamento foi aplicado após dez dias do diagnóstico das tripes, uma vez que, devido a logística ocorreu o atraso do insumo para aplicação, resultando em danos severos às plantas, que em sua totalidade tiveram suas primeiras, segundas e em alguns casos até a terceira folha danificada.

Figura 4 - Tripes encontrada no Milho.



Fonte: A autora (2024).

3.5 ANÁLISES DE CRESCIMENTO

As análises dos parâmetros de crescimento foram realizadas 45 dias após semeadura (DAS), nas quais foram avaliadas as seguintes variáveis: (AL) Altura das plantas em cm, (DC) Diâmetro do caule em mm, (Nf) Número de folhas expandidas, (AF) Área foliar em cm^2 , (MSPA) Massa seca da parte aérea em gramas e (MSR) Massa seca das raízes em gramas.

A altura das plantas (AL) foi avaliada utilizando-se uma fita métrica graduada, no qual foi medida a distância vertical entre a superfície do solo e o ponto de inserção da última folha completamente expandida (Kraft *et al.*, 2016), o diâmetro do caule (DC) foi medido com o uso do paquímetro digital a 10 cm do colo da planta (Kraft *et al.*, 2016), também foram contabilizados o número de folhas (NF), descartando as folhas danificadas (Beleze *et al.*, 2003).

A área foliar (AF) foi avaliada pelo método não destrutivo, com a utilização do equipamento de área foliar (Ci-203) (Sangoi *et al.*, 2011). Para avaliar a massa seca da parte aérea (MSPA) (Kraft *et al.*, 2016) e a massa seca das raízes (MSR) (Kraft *et al.*, 2016) imediatamente após a coleta das folhas, as mesmas foram dispostas em estufa de circulação de

ar, na temperatura de 60°C, permanecendo por 48 horas até atingir massa constante, sendo a mesma registrada com o auxílio de uma balança analítica.

3.6 ANÁLISES FISIOLÓGICAS

O experimento teve duração de 45 dias e aos 40 dias foram avaliados os parâmetros fisiológicos. Foram realizadas análises de trocas gasosas, como a taxa de fotossíntese, transpiração, temperatura foliar, condutância estomática e índice de clorofila das plantas. As análises foram realizadas *in loco*, ou seja, na casa de vegetação onde o experimento foi desenvolvido, entre oito e dez horas da manhã, de acordo com Souza *et al.*, (2000), sob iluminação natural, condições de céu limpo (Silva *et al.*, 2010), e temperatura entre 21°C e 25°C ao longo da manhã.

Para avaliar as trocas gasosas, o equipamento utilizado foi um analisador de gases no infravermelho (IRGA), modelo ADC BioScientific (LCpro-SD System Serial No.33961). As variáveis foram determinadas na folha intermediária completamente expandida e fotossinteticamente ativa, e em duas folhas adjacentes (Palheta, 2022) (Figura 5).

Figura 5 - Medições com IRGA.



Fonte: A autora (2024).

As variáveis fisiológicas analisadas foram: (C_i) Concentração interna de CO_2 em $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-2}$; (E) Taxa de transpiração em $\text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-2}$; (G_s) condutância estomática em $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-2}$; (A) Taxa de assimilação de CO_2 em $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-2}$; (T_{leaf}) temperatura instantânea da folha em $^\circ\text{C}$; (E_{ref}) pressão do vapor de água - mbar; (C_{ref}) Concentração de CO_2 atmosférico em micromol/mol. Da posse dos dados, foram calculadas a Eficiência do uso de água (Equação 01), a Eficiência intrínseca do uso da água (Equação 02), Eficiência instantânea de carboxilação (Equação 03), de acordo com Gonçalves, Silva e Guimarães (2009).

$$\text{EUA} \left(\frac{A}{E} \right) \quad (01)$$

$$\text{EiUA} \left(\frac{A}{G_s} \right) \quad (02)$$

$$\text{EiCi} \left(\frac{A}{C_i} \right) \quad (03)$$

Os teores de clorofila foram verificados, fazendo-se o uso de um clorofilômetro portátil modelo ClorofiLOG (Figura 6). As análises foram realizadas no início da manhã, por volta das 8 às 9h, foram analisadas quatro plantas de cada tratamento. As medições foram realizadas na região do terço superior da última folha completamente expandida (Quadros *et al.*, 2014). As variáveis analisadas foram: Clorofila *a*; Clorofila *b*; Clorofila total, em ICF (índice de clorofila Falker).

Figura 6 - Medições com uso do ClorofiLog



Fonte: A autora (2024).

3.7 ANÁLISES BIOQUÍMICAS

Aos quarenta e cinco dias após a semeadura e vinte e cinco dias submetidos ao déficit hídrico, as plantas foram coletadas, divididas entre folhas e raízes e higienizadas com água destilada. Na sequência, foram imediatamente pulverizadas em nitrogênio líquido e armazenadas a -80°C . Os parâmetros analisados foram: peroxidação de lipídios de membrana, atividade da enzima guaiacol peroxidase, conteúdos do peróxido de hidrogênio, prolina e proteínas solúveis.

3.7.1 Peroxidação lipídica (TBARS)

A quantificação da peroxidação lipídica foi mensurada pela metodologia de El Moshaty *et al.*, (1993), avaliada por meio da acumulação de malondialdeído (MDA), como resultado da peroxidação de ácidos graxos insaturados, em decorrência da reação ao ácido tiobarbitúrico (TBA) (El-Monshaty *et al.*, 1993). Amostras frescas de raízes e parte aérea, 1 g, foram maceradas em nitrogênio líquido e homogeneizadas em 20 mL de 0,2 M de tampão citrato (pH 6,5) contendo 0,5% de Triton X 100. O homogeneizado foi centrifugado por 15 minutos a 20.000 x g, após isso foi acrescentado 1 mL do sobrenadante a 1 mL de TCA 20% (w/v) contendo 0,5% (w/v) de ácido tiobarbitúrico. A mistura foi agitada e incubada a 95° C por 40 min e então resfriada por 15 min em banho de gelo. Posteriormente, a mistura foi centrifugada a 10.000 x g por 15 min. A absorbância do sobrenadante foi lida a 532 e 600 nm e o resultado da peroxidação lipídica expresso em mgL^{-1} de proteína (El-Moshaty *et al.*, 1993).

3.7.2 Quantificação das proteínas

Inicialmente para a quantificação das proteínas foi realizado o protocolo segundo Zhu *et al.*, (2004), no qual se iniciou macerando o tecido fresco, tanto as raízes quanto às folhas em 3 mL de tampão fosfato de sódio (pH 7,8) 0,05 M, contendo 1 mM de EDTA e 2% (w/v) de polivinilpirrolidona (PVP). Posteriormente o homogeneizado foi centrifugado a 13.000 xg por 10 minutos. Na sequência a concentração de proteínas solúveis foi determinada utilizando-se o método de Bradford (1976), fazendo-se o uso da albumina sérica bovina como padrão. Este mesmo preparado foi utilizado para a determinação da atividade enzimática, conforme descrito a seguir.

3.7.3 Atividade enzimática da guaiacol peroxidase (POD)

O preparo inicial para a quantificação da atividade enzimática guaiacol peroxidase (POD) foi realizado de acordo com Zhu *et al.*, (2004), no qual se iniciou macerando o tecido fresco, tanto as raízes quanto às folhas em 3 mL de tampão fosfato de sódio (pH 7,8) 0,05 M, contendo 1 mM de EDTA e 2% (w/v) de polivinilpirrolidona (PVP), este preparado homogeneizado foi centrifugado a 13.000 xg por 10 minutos e seu sobrenadante foi coletado para determinação da POD.

Para verificar a atividade POD foi utilizada a metodologia de Zeraik *et al.*, (2008), no qual inicialmente foi pipetado 1 mL do tampão fosfato (0,1 M, pH 6,5), foi acrescentado 1 mL de Guaiacol (15mM) e 1 mL de H₂O₂ (3mM), mais 0,5 mL da amostra na cubeta de quartzo. Na sequência foi realizada a leitura, em modo cinético de 15 em 15 segundos (durante 1 minuto) determinada em espectrofotômetro digital UV/VIS (Fentoscan) a 470 nm.

3.7.4 Conteúdo de peróxido de hidrogênio (H₂O₂)

O conteúdo do peróxido de hidrogênio (H₂O₂) foi quantificado segundo a metodologia de Loreto e Velikova (2001), na qual foram utilizados 1 g de raízes e 0,8 g de parte aérea, o quais foram homogeneizadas em 3 mL de 0,1% de ácido tricloroacético (w/v), sendo a mistura filtrada e em seguida centrifugada a 12.000 x g por 15 min a 4°C. Em seguida foi adicionado na placa de Elisa 0,5 mL do sobrenadante, 0,5 mL de tampão fosfato de potássio 10 mM (pH 7,0) e 1 mL de 1M KI. A concentração de H₂O₂ do sobrenadante foi avaliada comparando suas absorvâncias a 390 nm com uma curva de calibração padrão (Loreto; Velikova, 2001).

3.7.5 Conteúdo de prolina livre

As análises de conteúdo de prolina foram realizadas de acordo com Bates *et al.*, (1973), iniciando com 0,8 g de amostra vegetal (raízes e folhas) homogeneizadas em 4 mL de ácido sulfosalicílico 10% e centrifugado a 5000 rpm à 4 ° C durante 20 minutos. Posteriormente, a mistura para a reação foi preparada com 1 mL de sobrenadante, 1 mL de solução ácida de ninhidrina (composta por ácido acético glacial, ácido fosfórico 6 M e ninhidrina) e 1 mL de ácido acético glacial (Bates *et al.*, 1973). A mistura foi incubada em banho maria a 100° C por 1 hora e resfriada em banho de gelo por 10 minutos. Em seguida, foi adicionado 1 mL de tolueno seguido de agitação em vortex durante 20 segundos. Após, a fase sobrenadante contendo o tolueno foi aspirada e utilizada para leitura à 520 nm (Bates *et al.*, 1973). Os resultados foram expressos em $\mu\text{mol g}^{-1} \text{MS}$.

3.8 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

A partir do delineamento experimental, os dados obtidos na pesquisa foram inicialmente submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-wilk; e o teste de levene para verificar a homocedasticidade dos dados. Seguidos pelos testes de variância e do teste de Tukey a 95% de probabilidade, as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$), desdobrando a análise sempre que a interação fosse significativa. O software utilizado foi o SSPS Stastístics.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 ANÁLISES DE CRESCIMENTO

Os resultados obtidos para a quantificação dos parâmetros de crescimento (Tabela 2), indicam resultados com significância estatística para quatro parâmetros analisados, Área foliar (mm^2), N° de Folhas (folhas planta⁻¹), Altura (cm) Diâmetro (mm), Massa Seca Parte Aérea - MSPA (g) e Massa Seca Raízes - MSR (g). Não apresentando nenhum resultado com significância estatística para o parâmetro Altura.

Tabela 2 - Resumo da ANOVA para as análises de crescimento das plantas de *Zea mays*, tratado com bioinsumos (bokashi, microrganismos eficientes) e cultivado na presença (Capacidade de pote 70%) ou não (CP 100%) de restrição hídrica.

Fonte de variação	Quadrados Médios						
	GL	Área foliar	N° de Folhas	Altura	Diâmetro	MSPA	MSR
Capacidade de Pote	1	7651706,10 *	12,00 *	341,33 ^{ns}	65,24 *	219,14 *	2251,46 *
Bioinsumos	5	7001716,90 *	3,20 *	1538,83 ^{ns}	9,16 *	26,51 *	8451,95 *
CP x Bioinsumos	5	7889283,58 *	2,60 *	240,98 ^{ns}	4,24 *	33,42 *	107,72 *
Erro	36	207,97	0,61	153,71	2,44	0,13	0,36
Média geral	-	8029,95	6,75	86,04	14,89	13,12	34,99
CV (%)	-	0,18	11,58	14,41	10,51	2,79	1,72

* e ns: Significativo ao nível de 5% pelo teste de t e não significativo, respectivamente

Em se tratando da área foliar, os resultados do presente estudo mostraram que a restrição hídrica (70% CP) induziu a redução dos valores médios obtidos para todos os parâmetros avaliados de plantas de milho crioulo, quando comparado com as plantas controle (100% CP), com exceção do tratamento BK, que apresentou uma taxa de 27% maior do que no tratamento BK em 100% da CP.

Isso ocorre, porque a aplicação do bioinsumo Bokashi pode ter promovido uma resposta adaptativa ao estresse hídrico, como aumento da área foliar para maximizar a absorção de água e a fotossíntese, nesse sentido esse aumento na área foliar pode ser uma tentativa da planta de compensar a redução na disponibilidade de água. Cabe ressaltar que, a restrição hídrica pode ter afetado os processos de regulação do crescimento das plantas, resultando em uma alocação diferencial de recursos para o crescimento foliar em vez de outras partes da planta. Pode-se

observar que, o resultado para a MSR no tratamento BK foi inferior às demais médias comparadas dos tratamentos pesquisados.

Em relação ao número de folhas, Bergamaschi e Matzenauer (2014) verificaram que as plantas de milho apresentam oito folhas desdobradas, após quatro semanas da emergência. Neste trabalho, o milho crioulo apresentou média de 6,25 para CP 70% e 7,25 para 100% da CP folhas aos 45 dias de cultivo, com diferença entre os tratamentos. A aplicação de ME1+BK em plantas cultivadas sob regime de déficit hídrico induziu um incremento quanto ao número de folhas, com valor médio (6,5 folhas planta⁻¹), um aumento de cerca de 18% em relação ao mesmo tratamento com capacidade de pote 100%. Esse resultado pode estar relacionado ao processo de adaptação da planta frente a situações de estresse, indicando que, a aplicação do bokashi associada a uma dosagem de microrganismos eficientes mostrou-se eficiente.

O diâmetro do caule teve redução em todos os tratamentos nas plantas de milho crescendo sob regime de déficit hídrico. Bem como, a massa seca da parte aérea e das raízes foi reduzida pela restrição hídrica, nenhum tratamento foi capaz de elevar os valores médios do parâmetro aos níveis do controle (100% CP).

Tabela 3 - Concentração e proteínas solúveis da parte aérea e raiz de *Zea mays* tratado com bioinsumos (bokashi, microrganismos eficientes) e cultivado na presença (Capacidade de pote 70%) ou não (CP 100%) de restrição hídrica.

Bioinsumos	Área Foliar (mm ²)		Nº de Folhas (UND)		Altura (cm)		Diâmetro (mm)		MSPA (g)		MSR (g)	
	70	100	70	100	70	100	70	100	70	100	70	100
Controle	6.560,65 eB	8.937,73 bA	6,25 abB	8,25 aA	75,50 aA	71,50 aA	12,50 aA	14,03 bA	10,62 cB	12,40 eA	46,41 aB	51,14 aA
BK	11.032,91 aA	8.051,50 dB	5,50 bB	7,50 aA	100,00 aA	114,25 aA	15,14 aA	16,76 abA	14,67 aB	17,25 bA	19,46 eB	40,14 dA
ME1	6.986,55 dB	8.860,85 cA	7,50 aA	8,00 aA	59,00 aA	77,00 aA	15,18 aA	16,28 abA	9,16 dB	12,41 eA	24,04 dB	31,10 fA
ME1+BK	5.938,60 fB	7.863,97 eA	6,50 abA	5,50 bA	80,75 aA	94,25 aA	12,74 aB	17,79 aA	7,23 eB	19,66 aA	25,64 cB	48,49 bA
ME2	7.980,81 bB	9.286,85 aA	5,75 bB	7,25 aA	92,75 aA	87,50 aA	14,32 aA	16,15 abA	12,83 bB	14,50 dA	27,24 bB	38,23 eA
ME2+BK	7.284,65 cB	7.574,42 fA	6,00 abA	7,00 abA	92,25 aA	87,75 aA	12,45 aB	15,31 abA	11,37 cB	15,30 cA	26,04 bcB	41,91 cA
Média	7.630,70 B	8.429,22 A	6,25 B	7,25 A	83,37 A	88,71 A	13,72 B	16,05 A	10,98 B	15,25 A	28,14 B	41,83 A
CV%	0,18		11,58		14,41		10,51		2,79		1,72	

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na horizontal dentro de cada condição/capacidade de pote, e minúscula na vertical dentro de cada condição Bioinsumos não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$)

4.2 ANÁLISES FISIOLÓGICAS

4.2.1 Teor de clorofilas (a, b e total)

Os resultados obtidos para a quantificação dos Teores de clorofilas (*a*, *b* e *total*) (Tabela 4), indicam que a Capacidade de Pote (CP) apresentou resultados com significância estatística para as três variáveis analisadas, Clorofila *a*, Clorofila *b* e Clorofila total. As mesmas não apresentaram resultado com significância estatística para a fonte de variação Bioinsumos e também não apresentaram resultados com significância estatística entre a interação CP x Bioinsumos.

Tabela 4 - Resumo da ANOVA para a quantificação do teor de clorofilas em folhas de *Zea mays*.

Fonte de variação	Quadrados Médios			
	GL	Clorofila <i>a</i>	Clorofila <i>b</i>	Clorofila <i>total</i>
Capacidade de Pote	1	17,3*	6,5*	45,1*
Bioinsumos	7	5,6 ^{ns}	0,8 ^{ns}	8,6 ^{ns}
CP x Bioinsumos	3	-5,05029861E-0001	-4.71311111E-0001	-2.15195625E+0000
Erro	36	2,3	1	5,9
Média geral	-	25,4	7,1	32,4
CV (%)	-	5,9	14,2	7,5

* e ns: Significativo ao nível de 5% pelo teste de t e não significativo, respectivamente.

Os efeitos do desdobramento das interações entre as médias podem ser observados na Tabela 6. Segundo os resultados obtidos, observou-se que não houveram resultados significativos para a interação entre os Bioinsumos, nas três variáveis avaliadas (clorofilas - *a*, *b* e *total*). Pode ser observado resultados com significância estatística somente entre as médias do fator de variação Capacidade de Pote, para as três variáveis avaliadas.

Observou-se que houve uma redução entre as médias do tratamento controle da clorofila *a*, *b*, *total*, quando comparadas nos regimes hídricos de CP 100% para CP 70%. Verificou-se que ocorreu uma redução de 8,7% no teor de clorofila *a*, 15,6% clorofila *b* e 9,9% para clorofila *total*, em comparação aos tratamentos controle dos dois regimes hídricos estudados, indicando que o teor de clorofilas sofreu alterações quando a planta sofreu restrições hídricas, uma vez que o déficit hídrico altera todos os componentes fisiológicos de uma planta (Matos *et al.*, 2019).

De acordo com Jesus e Marengo (2008), as clorofilas estão relacionadas com a eficiência fotossintética e crescimento da planta, uma vez que as clorofilas são responsáveis pela captura da luz para realização da fotossíntese, que realiza a conversão da radiação luminosa em energia química, na forma de ATP e NADPH. Quando as plantas enfrentam déficit hídrico, várias adaptações ocorrem para lidar com a restrição de água, essas respostas incluem a redução na produção de clorofila devido à limitação de água necessária para sua síntese (Kerbaudy, 2019). Em resposta ao estresse hídrico, as plantas também podem produzir espécies reativas de oxigênio, aumentando o risco de danos oxidativos, em casos graves, a desintegração dos cloroplastos pode ocorrer, resultando na perda da coloração verde das folhas. Essas adaptações são estratégias para preservar água, minimizar danos celulares e garantir a sobrevivência durante períodos de escassez hídrica, variando em intensidade de acordo com a espécie e a gravidade do estresse (Taiz *et al.*, 2018).

Observa-se que no desdobramento em relação a Capacidade de Pote (CP) (Tabela 5), os teores de clorofila apresentaram um decréscimo quando induzidos a restrição hídrica. O decréscimo na concentração de clorofila *a*, *b* e total em folhas de milho corrobora com os resultados de Viana *et al.*, (2002) e Nascimento *et al.*, (2015). Viana *et al.*, (2002) avaliou milho da variedade da L13.1.2 submetida ao DH severo, que teve seus teores de clorofilas reduzidos. Nascimento *et al.*, (2015) obteve resultados indicando que a partir do estágio V6 o déficit hídrico já reduz significativamente os teores de clorofila.

A falta de água pode reduzir o conteúdo de clorofila nas folhas das plantas, isso ocorre porque a água está presente no processo de fotossíntese, durante o qual as clorofilas desempenham um papel fundamental na absorção de luz e na conversão de energia luminosa em energia química. Nesse sentido, quando em estresse hídrico, as plantas possuem um mecanismo de adaptação, conhecido como o fechamento dos estômatos (Taiz *et al.*, 2021), o fechamento dos estômatos reduz a entrada de dióxido de carbono (CO₂) necessário para a fotossíntese e também limita a saída de oxigênio e vapor d'água. Como resultado, a taxa de fotossíntese diminui e há uma redução na produção de clorofila. Além disso, em condições de estresse hídrico, as plantas podem começar a degradar as clorofilas existentes como parte de seus mecanismos de adaptação ao estresse (Heaton; Marangoni, 1996, Taiz *et al.*, 2021).

Outras culturas também são afetadas pelo déficit hídrico, Loggini *et al.*, (1999) observou em sua pesquisa com trigo, que ocorreu uma redução do conteúdo de luteínas, neoxantinas, beta caroteno, clorofila *a* e na razão clo *a/b*. Bastos *et al.* (2011), pesquisou feijão caupi, que demonstrou redução nos teores de clorofila, índice de área foliar, número de vagens por planta e rendimento de grãos, quando submetido ao déficit hídrico. Souza *et al.*, (2020) em

sua pesquisa com cana-de-açúcar sob regime de déficit hídrico observou uma diminuição nos níveis de fluorescência da clorofila e teor de clorofilas a partir do sétimo dia de restrição hídrica para os cultivares 'RB 93509' e 'RB 855536'.

A clorofila torna-se limitada, ou seja, sua produção se torna restrita devido à falta de água. Os resultados obtidos nesta pesquisa corroboram com o estudo de Dutra *et al.*, (2012) que obteve diminuição nos teores de clorofila, das plantas de girassol estudadas, quando as mesmas encontram-se sob DH. Silva *et al.*, (2016) em sua pesquisa com coqueiros, sob déficit hídrico e estresse salino, também observou decréscimo no teor das clorofilas, quando os regimes estavam sob a ação dos estresses hídrico e salino. A Artemísia (*Artemisia vulgaris L.*) também apresentou redução nos teores de clorofila ao ser submetida a diferentes níveis de déficit hídrico desde 90%, a 70% e a 50% da CP Carvalho *et al.* (2003).

Observa-se a variação entre as médias da clorofila a (Tabela 5). Na clorofila a, o tratamento com uso de Bokashi (BK) em relação ao tratamento controle (TC), teve um incremento em sua taxa de clorofila a de cerca de 4,34% em regime de 100% CP. Quando este tratamento foi submetido a restrição hídrica, apresentou uma redução de 4,15% no teor de clorofila a, este valor ainda é superior do que o tratamento controle em 100% da capacidade de pote.

Em relação a clorofila b, todas as médias apresentaram redução quando submetidas ao déficit hídrico. Observou-se que o tratamento ME1+BK foi o que se comportou com índices acima do tratamento controle, com uma taxa de 1,2% de incremento quando em regime de 100% de capacidade de pote.

A clorofila total teve o comportamento semelhante à clorofila a, com o tratamento BK apresentando níveis 2,4% superiores ao tratamento controle sem a restrição hídrica. Quando submetidos a restrição hídrica, este tratamento teve uma redução de 5,9%. Este resultado é semelhante ao encontrado por Schneider (2019), que pesquisou a utilização de bioestimulantes e xenobióticos na cultura da soja, quando submetida a restrição hídrica. Foram observados resultados com redução nos teores de clorofila, a b e total. No entanto, a aplicação de bioestimulantes e xenobióticos induziu um incremento nos teores de clorofila, a,b e total. Com isso, apesar do efeito negativo da restrição hídrica, a ação do bioestimulante e do xenobióticos apresentaram resultados significativos para sua aplicação. Morais *et al.*, (2015) pesquisaram a inoculação com *Azospirillum brasilense* e adubação nitrogenada, como resultado observou um incremento nos valores de clorofila.

Tabela 5 - Concentração de Clorofila a, Clorofila b e Clorofila Total de folhas de Zea mays tratado com bioinsumos (bokashi, microrganismos eficientes) e cultivado na presença (Capacidade de pote 70%) ou não (CP 100%) de restrição hídrica.

Bioinsumos	Clorofila a		Clorofila b		Clorofila total	
	70	100	70	100	70	100
Controle	24,16 aB	26,48 aA	6,54 aB	7,68 aA	30,75 aB	34,22 aA
BK	26,49 aA	27,57 aA	6,53 aB	7,46 aA	33,00 aA	35,07 aA
ME1	23,95 aB	25,03 aB	6,37 aB	6,99 aAB	30,38 aB	32,08 aAB
ME1+BK	23,08 aB	26,05 aA	6,43 aB	7,77 aA	30,34 aB	33,87 aA
ME2	25,15 aAB	25,2 aAB	6,98 aAB	7,14 aAB	31,98 aAB	32,33 aAB
ME2+BK	25,34 aA	25,63 aA	7,25 aA	7,49 aA	32,64 aAB	33,16 aAB
Média	24,78 B	25,98 A	6,68 B	7,42 A	31,52 B	33,46 A
CV(%)	5,9		14,2		7,5	

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na horizontal dentro de cada condição/capacidade de pote, e minúscula dentro de cada condição Bioinsumos não diferem entre si pelo teste Tukey a 95% de probabilidade ($p \leq 0,05$).

4.2.2 Trocas gasosas

O resultado da avaliação da análise de variância ANOVA, para as trocas gasosas (Tabela 6) no qual, foram avaliados os seguintes parâmetros: C_i - Concentração interna de CO_2 , E - taxa de transpiração, G_s - condutância estomática, A - Taxa de fotossíntese líquida, EUA - Eficiência do uso de água. A pesquisa encontra-se no Anexo 2. Pode-se observar resultados significativos ($p < 0,05$) entre as variáveis: Taxa de Transpiração (E), Condutância estomática (G_s), Taxa fotossintética (A) e Eficiência do uso de água (EUA). Não houve diferença estatística para concentração interna de CO_2 (C_i).

Tabela 6 - Resumo da análise de variância ANOVA para as variáveis: Ci - Concentração interna de CO₂, E - taxa de transpiração, G_s - condutância estomática, A - Taxa de fotossíntese líquida, EUA - Eficiência do uso de água das folhas Zea mays tratado com bioinsumos.

Fonte de variação	Quadrados Médios					
	GL	C _i ($\mu\text{mol CO}_2\text{mol ar}^{-1}$)	E ($\text{mmolH}_2\text{Om}^{-2}\text{s}^{-1}$)	G _s ($\text{mol H}_2\text{Om}^{-2}\text{s}^{-1}$)	A ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)	EUA [$(\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1})$] ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$) ⁻¹]
Capacidade de Pote (CP)	1	165,0 ^{ns}	0,6*	0,005*	120,5*	6,4*
Bioinsumos	5	2835,1 ^{ns}	0,7*	0,0009*	21,1*	8,3*
CP x Bioinsumos	5	1.685,1 ^{ns}	0,46*	0,00011*	24,33*	4,6*
Erro	36	973,1	0,10	0,0003	6,5	0,6
Média geral	-	138,8	1,8	0,10	14,5	7,9
CV (%)	-	22,5	17,3	21,0	17,6	9,6

* e ns: Significativo ao nível de 5% pelo teste de t e não significativo, respectivamente.

Os resultados obtidos do teste ANOVA para as demais variáveis podem ser observados na Tabela 7. Foram avaliados os parâmetros: T_{leaf} - Temperatura instantânea foliar, E_{ref} - Pressão do vapor de água, C_{ref} - Concentração de CO₂ atmosférico, E_iC_i - Eficiência instantânea de carboxilação, E_iUA - Eficiência intrínseca do uso da água.

As variáveis: E_{ref} - Pressão do vapor de água, E_iUA - Eficiência intrínseca do uso da água e E_iC_i - Eficiência instantânea de carboxilação não apresentaram resultados com significância estatística entre os tratamentos utilizados no presente estudo. As variáveis: C_{ref} - Concentração de CO₂ atmosférico, T_{leaf} - Temperatura, apresentaram resultados significativos estatisticamente para todas as interações.

Tabela 7 - Resumo da análise de variância ANOVA para as variáveis: E_{ref} - Pressão do vapor de água, C_{ref} - Concentração de CO₂ atmosférico, T_{leaf} - Temperatura instantânea foliar, E_iUA - Eficiência intrínseca do uso da água (A/G_s), E_iC_i - Eficiência instantânea de carboxilação das folhas Zea mays tratado com bioinsumos (bokashi, microrganismos eficientes) e cultivado na presença (Capacidade de pote 70%) ou não (CP 100%) de restrição hídrica.

Fonte de variação	Quadrados Médios					
	GL	E _{ref} (mbar)	C _{ref} (micromol/mol)	T _{leaf} (C°)	E _i UA (micromol/m ² /s)/(mol/m ² /s)	E _i C _i (micromol/m ² /s)/(micromol/mol)
Capacidade de Pote	1	0,2 ^{ns}	6,0*	2,5*	37,4 ^{ns}	0,005 ^{ns}
Bioinsumos	5	9,7 ^{ns}	80,1*	27,2*	623,8 ^{ns}	0,007 ^{ns}
CP x Bioinsumos	5	1,2 ^{ns}	4,3*	0,4*	246,2 ^{ns}	0,001 ^{ns}
Erro	36	0,3	0,6	0,03	272,2	5,9
Média geral	-	19,8	419,6	29,7	140,3	0,1
CV (%)	-	2,7	0,2	0,6	11,7	40,1

* e ns: Significativo ao nível de 5% pelo teste de t e não significativo, respectivamente.

Os efeitos das interações e do desdobramento entre as médias da Tabela 6, podem ser observados na Tabela 8, segundo os resultados obtidos, observou-se que houve variação entre as médias quando comparadas para a CP, Bioinsumos e CP x Bioinsumos. Não houve diferença estatística para concentração interna de CO_2 (C_i) em nenhum dos parâmetros analisados.

A Taxa de Transpiração (E) (Tabela 8), segundo com Nunes e Ceccon (2011), tende a diminuir como uma resposta adaptativa para conservar a água disponível, visto que, a transpiração é o processo pelo qual a água é evaporada dos estômatos das folhas das plantas para a atmosfera. Observou-se redução em todas as médias em todos os tratamentos, quando submetidos a CP 70%. Os tratamentos BK, ME1, ME1+BK e ME2+BK, apresentaram valores menores que o tratamento controle em regime de CP 100%, quando estes tratamentos foram submetidos ao regime de CP 70%, todos reduziram. No tratamento BK, verificou-se que o mesmo já estava com sua Taxa de Transpiração cerca de 28% menor que o tratamento controle. Quanto à CP 70% a Taxa de Transpiração com BK reduziu cerca de 6%, que pode indicar uma diminuição da perda de água sob este manejo, em situações de DH.

As Taxas de G_s (Tabela 8) demonstraram que as médias dos tratamentos BK, ME1, ME1+BK, ME2, ME2+BK em regime de CP 100% já apresentavam valores reduzidos em relação ao tratamento controle. Quando estes tratamentos foram expostos a restrição hídrica de 70%, reduziram suas médias, indicando o movimento de fechamento dos estômatos, como estratégia de preservação da água na planta. Em situações de estresse como o DH, o mecanismo fisiológico é o fechamento dos estômatos para evitar a perda de água por transpiração (Oliveira *et al.*, 2005; Taiz *et al.*, 2021). Os estômatos são componentes fundamentais na regulação da transpiração e na Taxa de Fotossíntese, exercendo uma função primordial como barreira para o fluxo de vapor de água, e possui papel importante no impacto das trocas gasosas (Carvalho, 2003; Oliveira *et al.*, 2004; Taiz *et al.*, 2021).

Bono *et al.*, (2001) verificaram que o movimento dos estômatos está diretamente relacionado às condições hídricas, em sua pesquisa com Milho, e obtiveram resultados nos quais os índices de condutância estomática diminuíram gradativamente conforme diminuição da lâmina da água. Bergonci *et al.*, (2010) afirma que, os estômatos tendem a fechar com a diminuição do potencial da água na folha. Esses resultados corroboram com os encontrados por Brito *et al.*, (2013) que avaliou o crescimento e as trocas gasosas do Milho doce, com 80% da lâmina de água observou que as plantas já sofrem com os efeitos da restrição hídrica. No

qual ocorreu redução nos índices de condutância estomática, taxa fotossintética, transpiração e concentração interna de CO₂.

Pereira *et al.*, (2003) que também pesquisou milho, verificou que em estresse moderado o milho já sofre modificações fisiológicas, e que a condutância é o indicador fisiológico que melhor se correlaciona com a fotossíntese em diferentes condições de regime hídrico. Oliveira *et al.*, (2004) em sua pesquisa com mamão, também encontrou resultados nos quais ocorria o fechamento dos estômatos quando os teores de água disponíveis para as plantas diminuíram.

Os resultados para condutância estomática corroboram com as citações da literatura, que mostram a existência de uma relação direta entre o fechamento dos estômatos com a diminuição de água disponível para a planta (Bono, 1997; Bergonci *et al.*, 2000). No entanto, as pesquisas sobre a aplicação de bioinsumos e trocas gasosas devem ser aprofundadas, uma vez que ocorreu dificuldade para encontrar na literatura pesquisas comparativas, para compreender as respostas que esses bioinsumos induzem nas plantas.

A restrição hídrica, é um estresse que pode prejudicar a absorção de CO₂ devido ao fechamento dos estômatos. Nesse sentido, muitas plantas apresentam uma diminuição dos níveis da taxa fotossintética (Taiz *et al.*, 2021). Nos resultados obtidos a Taxa de fotossíntese líquida (A) (Tabela 8) teve o mesmo comportamento que a variável G_s, com uma diminuição em suas médias quando expostas a CP 70%. A restrição hídrica pode prejudicar a absorção de CO₂ devido ao fechamento dos estômatos, como resultado, muitas plantas apresentam uma diminuição na taxa fotossintética, diminuindo a incorporação de CO₂ da atmosfera e produzindo menos fotoassimilados pelas plantas.(Taiz *et al.*, 2021).

Na Eficiência do Uso da Água (EUA) (Tabela 8), todos os tratamentos apresentaram redução nas médias sob regime de CP 70%. Apesar de não ocorrer aumento da EUA, esse indicador mostra que apesar do DH as plantas mantiveram uma taxa estável de fotossíntese, mesmo com redução da condutância estomática. Verificou-se também que, em regime CP 100% os tratamentos BK e Me1+BK, apresentaram um incremento de respectivamente 24 e 8% na EUA em relação ao tratamento controle, no entanto quando expostas ao DH ocorreram redução das mesmas.

A eficiência do uso da água nas plantas refere-se à capacidade de uma planta produzir biomassa ou realizar fotossíntese com uma quantidade mínima de água perdida por transpiração (Albuquerque; Resende, 2009). Em condições de déficit hídrico, uma alta

eficiência no uso da água é desejável, pois permite que as plantas sobrevivam e cresçam utilizando de forma eficaz os recursos disponíveis. Nesse sentido, plantas com alta eficiência no uso da água são capazes de equilibrar a absorção de água com a transpiração e outras atividades metabólicas, garantindo um balanço saudável entre a disponibilidade de água e as demandas da planta (Albuquerque; Resende, 2009; Gonçalves, 2013; Taiz *et al.*, 2021).

A EUA é considerada um parâmetro para adaptação a condições de DH. Nas pesquisas de Hossain *et al.*, (2012) o fechamento dos estômatos resultou no aumento do EUA nas plantas consideradas tolerantes, e esta permaneceu elevada durante todo o período de DH, e em plantas não tolerantes, manteve-se abaixo ao das plantas bem irrigadas. Ferreira *et al.*, (2021) observaram que em sua pesquisa com milho, ocorreu um incremento nas taxas de EUA encontradas, quando as plantas de milho foram expostas ao déficit hídrico.

Tabela 8 - Efeito de interação entre as médias as variáveis, Ci - Concentração interna de CO₂, E - taxa de transpiração, Gs - condutância estomática, A - Taxa de fotossíntese líquida, EUA - Eficiência do uso de água de folhas de *Zea mays* tratado com bioinsumos (bokashi, microrganismos eficientes) e cultivado na presença (Capacidade de pote 70%) ou não (CP 100%) de restrição hídrica.

Bioinsumos	Ci		E		Gs		A		EUA	
	$(\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol ar}^{-1})$		$(\text{mmol H}_2\text{O m}^2\text{s}^{-1})$		$(\text{mol H}_2\text{O m}^2\text{s}^{-1})$		$(\mu\text{mol m}^2\text{s}^{-1})$		$(\mu\text{mol m}^2\text{s}^{-1}) (\text{mmol H}_2\text{O m}^2\text{s}^{-1})^{-1}$	
	70	100	70	100	70	100	70	70	100	100
TC	168,0 aA	128,0 aA	1,9 aA	2,1 aA	0,10 aA	0,12 aA	12,2 bB	17,2 aA	6,5 cB	8,2 bAB
BK	144,0 aA	162,0 aA	1,4 aAB	5 aAB	0,10 aA	0,11 aA	12,6 aA	17,5 aA	9,3 aA	10,2 aA
ME1	115,0 aA	128,0 aA	1,8 aA	2,1 aA	0,08 bB	0,10 bB	13,0 aA	15,5 aA	7,0 bcBC	7,1 bcBC
ME1+BK	153,0 aA	145,0 aA	1,6 abAB	1,7 abAB	0,10 aA	0,11 aA	13,5 aA	15,2 aA	8,3 abA	8,9 abA
ME2	111,0 aA	108,0 aA	2,1 aA	4 aA	0,09 bB	0,11 aA	15,0 aA	18,9 aA	7,0 bcBC	8,3 bcB
ME2+BK	154,0 aA	153,0 aA	1,2 bcB	9 aA	0,06 B	0,11 A	9,0 bB	14,7 aAB	7,3 bcBC	8,6 bcA
Média	140,8 A	137,3 A	1,7 B	1,9 A	0,09 B	0,11 A	12,6 B	16,5 A	7,6 B	8,5 A
CV(%)	22,5		17,3		21,0		17,6		9,6	

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na horizontal dentro de cada condição/capacidade de pote, e minúscula dentro de cada condição Bioinsumos não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade ($p \leq 0.05$).

Os efeitos das interações e do desdobramento entre as médias da Tabela 7, podem ser observados na Tabela 9. Observou-se uma variação entre as médias quando comparadas a CP,

Bioinsumos e CP x Bioinsumos nas variáveis Cref e Tleaf. Não apresentaram resultados com significância estatística para Eref - pressão do vapor de água, E₁UA - Eficiência intrínseca do uso da água, e E_iC_i - Eficiência instantânea de carboxilação.

Observou-se uma redução da concentração de CO₂ atmosférico - Cref em todas as médias (Tabela 9). No entanto, observa-se que os tratamentos BK, ME1+BK e ME2+BK, possuem uma taxa superior ao tratamento controle nos dois regimes de irrigação. Cref, quando está alta durante períodos de seca significa que a planta continua a absorver CO₂ da atmosfera para a fotossíntese, enquanto a transpiração diminui devido ao fechamento dos estômatos para conservar água. Nesse sentido, embora a seca limite a disponibilidade de água para a planta, a concentração atmosférica de CO₂ ainda permanece relativamente alta, permitindo que a planta continue a realizar a fotossíntese de forma eficiente, pelo menos em comparação com a quantidade reduzida de água disponível (Kerbaui, 2019; Taiz *et al.*, 2021).

A temperatura foliar (Tleaf) é a temperatura foliar instantânea de uma planta e desempenha um trabalho nos processos fisiológicos, uma vez que é essencial para o funcionamento ideal das plantas, pois afeta a taxa de fotossíntese, transpiração e respiração (Taiz *et al.*, 2021). A temperatura das folhas tem relação com a condutância estomática, sendo indicativos de déficit hídrico (Oliveira *et al.*, 2004). Taiz *et al.*, (2021) apontam que o movimento do fechamento dos estômatos, o aumento da radiação promove um aquecimento foliar, que pode prejudicar o metabolismo das plantas, com isso, se a taxa de fotossíntese for menor que a taxa de transpiração, a planta pode perder mais água do que é capaz de reter em suas células, levando à desidratação e, eventualmente, à morte. O aumento de temperatura, também eleva as taxas transpiratórias, uma vez que eleva a diferença de pressão de vapor entre o ar e a folha, provocando transpiração mesmo com o ar saturado (SOUZA *et al.*, 2011). No presente estudo, ocorreu um aumento da temperatura foliar de *Z. mays* em todos os tratamentos quando submetidos a restrição hídrica (Tabela 10). No entanto, destaca-se que os tratamentos BK, ME1+BK, ME2+BK apresentaram taxas inferiores de temperatura, quando em CP 70%.

Schneider (2019) verificou resultados semelhantes para a cultura da soja, à medida que a restrição hídrica aumenta, a temperatura aumenta na folha. A pesquisa também demonstrou que a utilização de bioestimulantes e xenobióticos promoveram uma redução nas médias de temperatura em que estes tratamentos foram utilizados. De acordo com Taiz *et al.*, (2021) a temperatura ótima para fotossíntese fica na faixa de 30 a 40 °C para as plantas de metabolismo C4. Observa-se que todos os tratamentos apresentaram resultados dentro desta faixa.

Tabela 9 - Trocas gasosas para as variáveis: Eref - Pressão do vapor de água, Cref - Concentração de CO₂ atmosférico, Tleaf - Temperatura instantânea foliar, E_IUA - Eficiência intrínseca do uso da água (A/Gs), E_iCi - Eficiência instantânea de carboxilação, das folhas *Zea mays* tratado com bioinsumos (bokashi, microrganismos eficientes) e cultivado na presença (Capacidade de pote 70%) ou não (CP 100%) de restrição hídrica.

Bioinsumos	Eref		Cref		Tleaf (C°)		E _I UA		E _i Ci	
	70	100	70	100	70	100	70	100	70	100
TC	21,1 aA	20,5 aA	417,0 bB	418,0 bA	30,7 bA	30,0 bB	121,0 aA	140,0 aA	0,08 aA	0,13 aA
BK	17,8 aA	18,0 aA	421,0 aB	425,0 aA	27,3 eA	26,3 eB	138,0 aA	131,0 aA	0,10 aA	0,09 aA
ME1	20,1 aA	20,8 aA	416,0 bA	417,0 bA	31,5 aA	31,3 aA	152,0 aA	144,0 aA	0,13 aA	0,33aA
ME1+BK	19,9 aA	18,9 aA	422,0 aA	422,0 aA	28,9 dA	28,1 dB	136,0 aA	138,0 aA	0,09 aA	0,10 aA
ME2	20,1 aA	21,4 aA	417,0 bA	416,0 cA	31,7 aA	31,5 aA	157,0 aA	151,0 aA	0,13 aA	0,18 aA
ME2+BK	19,6 aA	19,8 aA	422,0 aA	423,0 aA	29,5 cA	29,5 cA	143,0 aA	133,0 aA	0,06 aA	0,08 aA
Média	19,8 A	19,9 A	419,2 B	419,9 A	29,9 A	29,5 B	139,4 A	141,2 A	0,08 A	0,1 A
Erro-padrão	0,2	0,2	0,4	0,4	0,1	0,1	6,3	6,3	0,02	0,02

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na horizontal dentro de cada condição/capacidade de pote, e minúscula dentro de cada condição Bioinsumos não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$)

4.4 ANÁLISES BIOQUÍMICAS

Em se tratando da quantificação do peróxido (mg/mL), de acordo com os dados obtidos por meio da análise de variância (Tabela 10), as raízes não apresentaram nenhum resultado com significância estatística. Sobre o teor de proteínas, de acordo com os dados obtidos por meio da análise de variância (Tabela 10) a parte aérea não apresentou resultados com significância estatística, enquanto as raízes não apresentaram resultados com significância estatística quando comparadas as médias entre as duas condições hídricas (CP), porém, apresentaram resultados significativos para os resultados dos diferentes Bioinsumos aplicados e a interação entre Capacidade de Pote * Bioinsumos.

No presente estudo, a análise de variância para a atividade da enzima peroxidase (POD) de *Z. mays* (Tabela 10) não mostrou resultados significativos para a parte aérea e raízes em relação aos parâmetros de avaliação Capacidade de Pote (CP), Bioinsumos e a interação entre

CP * Bioinsumos. Quanto ao teor de Prolina (Tabela 10), para as raízes, verificou-se resultados com significância estatística, para os diferentes bioinsumos aplicados e a interação entre Capacidade de Pote * Bioinsumos. Não apresentaram resultados com significância estatística, quando comparadas as médias dos tratamentos entre as duas condições hídricas (CP 100 e CP 70%). Na parte aérea verificou-se que obtiveram resultados com significância estatística apenas para a comparação das médias entre as duas condições hídricas (CP). Sobre a quantificação da peroxidação lipídica (TBARS), de acordo com a análise de variância (Tabela 10), a parte aérea não apresentou nenhum resultado com significância estatística, enquanto as raízes apresentaram resultados significativos para todas as fontes de variação.

Tabela 10 - Resumo da ANOVA para as análises bioquímicas da parte aérea e raízes de *Zea mays*.

Fonte de variação	GL	Quadrados Médios									
		PERÓXIDO		PROTEÍNAS		POD		PROLINA		TBARS	
		(mg.mL ⁻¹)		(mg.mL ⁻¹)		(U.mg ⁻¹ proteína)		(μmol/g.MS)		(μM)	
	P.A	R	P.A	R	P.A	R	P.A	R	P.A	R	
Capacidade de Pote (CP)	1	0,1 ^{ns}	0,002 ^{ns}	61,2 ^{ns}	0,5 ^{ns}	36,0 ^{ns}	22,4 ^{ns}	49,8*	2,6 ^{ns}	26771,8 ^{ns}	26734,1*
Bioinsumos	5	0,1*	0,03 ^{ns}	173,8 ^{ns}	5,1*	50,0 ^{ns}	79,2 ^{ns}	19,0 ^{ns}	7,6*	29254,3 ^{ns}	69382,8*
CP x Bioinsumos	5	0,3*	0,04 ^{ns}	106,4 ^{ns}	9,0*	54,9 ^{ns}	59,8 ^{ns}	14,1 ^{ns}	19,0*	40150,9 ^{ns}	79597,1*
Erro	36	0,04	0,01	158,1	1,5	23,2	8,0	6,4	1,9	1979,2	4212,4
Média geral	-	1,2	0,4	22,5	3,3	4,5	6,5	8,5	4,2	528,3	177,0
CV (%)	-	18,3	30,6	55,9	36,51	107,1	43,7	29,5	32,4	26,6	36,7

* e ns: Significativo ao nível de 5% pelo teste de t e não significativo, respectivamente.

As espécies reativas de oxigênio (ERO), especialmente o peróxido de hidrogênio (H₂O₂), são um indicativo de senescência foliar. Embora as ERO sejam substâncias químicas prejudiciais que podem danificar o DNA, proteínas e membranas celulares, elas são principalmente produzidas como subprodutos dos processos metabólicos normais, como respiração e fotossíntese, em várias partes das células vegetais (Taiz *et al.*, 2021).

Os efeitos das interações têm um impacto significativo nos teores médios de peróxido de hidrogênio (H₂O₂), conforme observado na Tabela 12. Não foram encontrados resultados significativos para as raízes em relação a nenhuma das fontes de variação. Da mesma forma, a parte aérea não apresentou diferenças estatisticamente significativas em relação à capacidade de pote, ou seja, as médias dentro da mesma capacidade de pote não mostraram variações. No entanto, como evidenciado na Tabela 11, foram observadas diferenças estatisticamente

significativas entre as médias dos bioinsumos aplicados, indicando efeitos significativos das interações.

Observou-se que a parte aérea das plantas submetidas a 100% CP e tratadas com BK, ME1 e ME1 + BK, em que os valores médios de peróxido foram reduzidos em 35% quando comparados ao controle (100% CP). O tratamento com ME2 apresentou uma redução de cerca de 17% quando comparado ao tratamento controle (100%) e permaneceu com o mesmo valor quando submetido a déficit hídrico (70%).

Schneider (2019) observou um incremento nos teores de H_2O_2 nas folhas de soja, quando submetidas a diferentes tipos de estresse hídrico, além disso, observou também que a utilização de bioestimulantes induziram a redução das taxas de H_2O_2 nas folhas das plantas, auxiliando na atenuação deste estresse.

Observa-se que, quando há redução dos níveis de H_2O_2 pode indicar um efeito positivo para a aplicação de bioinsumos, no entanto, os resultados obtidos indicam redução nas médias dos tratamentos Controle, ME1+BK e ME2.

Tabela 11 - Resultados dos teores de conteúdo de peróxido de hidrogênio da parte aérea e raiz de *Zea mays* tratado com bioinsumos (bokashi, microrganismos eficientes) e cultivado na presença (Capacidade de pote 70%) ou não (CP 100%) de restrição hídrica.

Tratamentos	Parte Aérea (mg.mL ⁻¹)		Raízes (mg.mL ⁻¹)	
	70	100	70	100
Controle	1,20 abA	1,55 aA	0,52 aA	0,35 aA
BK	1,30 aA	1,00 bA	0,50 aA	0,34 aA
ME1	1,55 aA	1,05 bA	0,29 aA	0,29 aA
ME1+BK	0,95 bA	1,05 bA	0,29 aA	0,42 aA
ME2	1,30 aA	1,30 aA	0,33 aA	0,51 aA
ME2+BK	0,95 bA	1,60 aA	0,26 aA	0,36 aA
Média	1,18 A	1,25 A	0,36 A	0,38 A
CV (%)	18,3		30,6	

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na horizontal dentro de cada condição/capacidade de pote, e minúscula dentro de cada condição Bioinsumos não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade ($p \leq 0.05$)

Os resultados do desdobramento das médias com significância estatística para as raízes das raízes e da parte aérea, podem ser observados na Tabela 12. Os níveis de proteínas solúveis não foram alterados na parte aérea de *Z. mays* tratado com os bioinsumos e cultivado na

presença ou ausência do déficit hídrico, a exceção do tratamento utilizando-se 100% da capacidade de pote associado com a aplicação de ME1 ou ME2. Nestes tratamentos os níveis de proteínas solúveis foram 3 vezes maiores quando comparados com o tratamento controle (100% CP) (Tabela 12). Além disso, para as raízes (Tabela 12), os resultados mostraram um incremento nos teores de proteínas no regime de 100% de CP para todos os tratamentos aplicados em relação ao tratamento controle. Quando em regime de 70% da CP, o tratamento controle teve um aumento de 54,9% no teor de proteínas quando o tratamento foi submetido a CP 70%. O tratamento BK teve um incremento de 5,6% no teor de proteínas quando submetido a CP 70%. O tratamento ME1+BK aumentou seus níveis em 54% quando submetido a CP 70%. Os tratamentos ME1, ME2 e ME2+BK reduziram as suas médias quando submetidas a CP 70%. ME1 teve uma redução de cerca de 51,5%, ME2 reduziu seus níveis em 42,2% e o tratamento ME2+BK reduziu seus níveis em 13,7%.

O estresse por déficit hídrico causa uma limitação na absorção de água pela planta, que resulta em alterações, que podem reduzir ou atrasar o crescimento da planta e aumentando a síntese de enzimas proteolíticas (Souza *et al.*, 2015; Castro *et al.*, 2007). Também podem estar envolvidas na ativação de vias de sinalização para desencadear respostas adaptativas (Castro *et al.*, 2007).

A redução das médias de proteínas solúveis observadas nas raízes, pode ter ocorrido pelo aumento da atividade de enzimas proteolíticas responsáveis por quebrar as proteínas de reserva das plantas (Carvalho *et al.*, 2007; Xiong *et al.*, 2002). No déficit hídrico, algumas proteínas tendem a acumular-se, pois são responsáveis por promover uma varredura das EROs e demais compostos oxidantes que danificam compostos estruturais e a maquinaria metabólica celular (Lobato *et al.*, 2008; Zhu *et al.*, 1997). Deste modo, os dados observados no presente estudo corroboram com os dados encontrados na literatura, para Souza *et al.*, (2015) e Castro *et al.*, (2007) que verificaram uma redução das proteínas nos tratamentos controle (sem aplicação de silício e em déficit hídrico), bem como uma taxa de aumento nos tratamentos com aplicação de silício (Souza *et al.*, (2015); Castro *et al.*, 2007).

Tabela 12 - Concentração de proteínas solúveis da parte aérea e raiz de *Zea mays* tratado com bioinsumos (bokashi, microrganismos eficientes) e cultivado na presença (Capacidade de pote 70%) ou não (CP 100%) de restrição hídrica.

Bioinsumos	Parte aérea (mg mL ⁻¹)		Raízes (mg mL ⁻¹)	
	70	100	70	100
Controle	16,60 aA	20,60 aA	4,73 aA	2,13 bA
BK	22,30 aA	13,65 aA	3,19 aA	3,02 bA
ME1	28,45 aA	27,30 aA	3,14 aA	6,48 aA
ME1+BK	23,40 aA	30,20 aA	3,92 aA	2,54 bA
ME2	31,55 aA	19,15 aA	2,33 aA	4,03 aA
ME2+BK	19,40 aA	17,25 aA	2,20 aA	2,55 bA
Média	23,62 A	21,36 A	3,25 A	3,46 A
CV%	55,9		36,51	

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na horizontal dentro de cada condição/capacidade de pote, e minúscula dentro de cada condição Bioinsumos não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade ($p \leq 0.05$)

Dentre os parâmetros afetados pelo estresse hídrico estão os níveis de proteínas solúveis, sendo muitas delas, enzimas responsáveis pelo metabolismo das EROs, como a POD e a APX, devido a possível manifestação do H₂O₂ (Taiz *et al.*, 2021).

Os resultados das médias da quantificação da POD podem ser observadas na Tabela 13. A parte aérea e as raízes não apresentaram resultados com significância estatística para nenhuma variável. No entanto, conforme ilustrado na tabela 13, a atividade da enzima POD tanto nas raízes quanto na parte aérea teve suas respostas metabólicas desequilibradas, que pode ter ocorrido pelo severo ataque de tripes, que as plantas foram expostas.

Tabela 13 Atividade da enzima peroxidase (POD) da parte aérea e raiz de *Zea mays* tratado com bioinsumos (bokashi, microrganismos eficientes) e cultivado na presença (Capacidade de pote 70%) ou não (CP 100%) de restrição hídrica.

Bioinsumos	Parte aérea (U.mg ⁻¹ proteína)		Raízes (U.mg ⁻¹ proteína)	
	70	100	70	100
Controle	4,30 ± aA	1,60 aA	8,40 aA	14,75 aA
BK	3,65 aA	14,40 aA	2,7 aA	8,85 aA
ME1	2,60 aA	5,85 aA	5,7 aA	1,65 aA
ME1+BK	2,00 aA	2,65 aA	2,6 A	3,75 aA

ME2	4,90 aA	0,95 aA	9,35 aA	3,00 aA
ME2+BK	4,35 aA	6,75 aA	6,05 aA	11,00 aA
Média	3,63 A	5,36 A	5,8 A	7,16 A
CV(%)	107,1		43,7	

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na horizontal dentro de cada condição/capacidade de pote, e minúscula dentro de cada condição Bioinsumos não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade ($p \leq 0.05$)

A prolina é um aminoácido, e nas plantas desempenha diversos papéis essenciais em sua fisiologia (Taiz *et al.*, 2021). Em resposta a condições de estresse como déficit hídrico, salinidade e temperaturas extremas, a prolina atua como um osmoprotetor, que mantém a turgidez celular e protege as proteínas e membranas celulares (Maia *et al.*, 2007; Taiz *et al.*, 2021).

Quanto à concentração de prolina livre, os resultados do desdobramento das médias com significância estatística podem ser observados na Tabela 14. Em se tratando sobre a parte aérea de *Zea mays*, verificou-se que não ocorreram resultados significativos para as diferentes aplicações de bioinsumos. Os resultados indicaram resultados significativos somente para a capacidade de pote, demonstrando uma redução nas médias para capacidade de pote 70%. O único tratamento que demonstrou um comportamento distinto foi o tratamento ME1+BK com um incremento de 7% do teor de prolina na parte aérea, quando em CP 70%.

O comportamento do teor de prolina livre nas raízes demonstrou significância estatística para os bioinsumos e sua interação com a capacidade de pote. Pode-se observar que o tratamento com aplicação do Bokashi apresentou aumento de cerca de 290% nos teores de prolina livre quando submetido a regime de CP 70%, quando comparado ao mesmo tratamento com capacidade de pote a 100%. O tratamento com ME1+BK apresentou aumento de cerca de 5% quando em 70% de capacidade de pote em comparação a este mesmo tratamento com capacidade de pote a 100%. Os níveis de concentração de prolina livre não apresentaram resultados com significância estatística nas raízes de *Z. mays*, para a variação de CP 100 para CP 70%.

Esses resultados corroboram com Nascimento *et al.*, (2013) que observaram no arroz, quando em condições de déficit hídrico, um aumento nos teores de prolina em três partes da planta; raiz, bainha e folha. Maia *et al.*, (2007) avaliaram duas variedades de milho Pontinha e Dente de Cavalo, sob déficit hídrico e verificaram aumento nos teores de prolina nas folhas do milho. No trigo, os teores de prolina livre também tiveram este comportamento de acúmulo sob condições de déficit hídrico (Strauss; Agenbag, 1998).

Monteiro *et al.*, (2014) que avaliou a aplicação de poliamina putrescina no acúmulo de prolina e no crescimento inicial de plântulas de guandu, sob estresse hídrico e salino. Verificou que ocorreu aumento nos teores de prolina em plântulas sob níveis médios de deficiência hídrica e os diminuiu em níveis mais severos de estresse (Monteiro *et al.*, 2014). Carvalho *et al.*, (2020) quando pesquisou o acúmulo de prolina em 12 variedades de girassol, obteve como resultado, que as cultivares com mais capacidade de se adaptar ao ambiente de Frei Paulo, por meio do acúmulo de prolina e maior rendimento de grãos.

Este comportamento do aumento dos teores de prolina nas plantas, sob déficit hídrico poder ser causado pois a prolina possui função de ajustador osmótico em plantas sob desidratação, segundo (Kerbaudy, 2019; Taiz *et al.*, 2021).

Tabela 14 - Teores de concentração de prolina livre da parte aérea e raiz de *Zea mays* tratado com bioinsumos (bokashi, microrganismos eficientes) e cultivado na presença (Capacidade de pote 70%) ou não (CP 100%) de restrição hídrica.

Bionsumos	Parte aérea ($\mu\text{mol/g.MS}$)		Raízes ($\mu\text{mol/g.MS}$)	
	70	100	70	100
Controle	5,99 aB	12,98 aA	3,20 bA	4,45 aA
BK	9,83 aB	11,40 aA	8,73 aA	2,24 bA
ME1	7,91 aB	10,36 aA	3,15 bA	3,60 aA
ME1+BK	8,65 aA	8,09 aA	5,27 aA	5,04 bA
ME2	6,69 aB	8,26 aA	4,30 bA	4,60 aA
ME2+BK	6,15 aB	6,37aA	1,80 cA	4,20 aA
Média	7,54 B	9,58 A	4,49 A	4,02 A
CV (%)	29,5		32,4	

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na horizontal dentro de cada condição/capacidade de pote, e minúscula dentro de cada condição Bionsumos não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade ($p \leq 0.05$)

A concentração de malondialdeído (MDA) é um indicador de estresse oxidativo presente nas plantas, gerado como resultado da peroxidação lipídica, um processo em que os lipídios das membranas celulares são danificados pela ação de radicais livres (Barbosa *et al.*, 2010). Portanto, ao medir a concentração de MDA nas plantas, é possível avaliar o nível de dano oxidativo enfrentado pela planta, o qual geralmente está associado a condições de

estresse, como temperaturas elevadas, déficit hídrico, salinidade e toxicidade de metais pesados (Barbosa *et al.*, 2010).

Quanto à concentração de malondialdeído (MDA), para a parte aérea não foi verificado resultados com significância estatística para nenhuma fonte de variação avaliada (Capacidade de pote e bioinsumos). Às raízes, apresentaram resultados com significância estatística para todas as variáveis. Verificou-se uma redução das médias nos tratamentos TC, BK e ME1, de respectivamente indicando uma menor oxidação dos lipídeos de membrana, reduzindo a peroxidação desses compostos.

A concentração de MDA foi maior em 100% para Bokashi e Microrganismos eficientes porque esses tratamentos, sob condições de capacidade de pote (CP) plena, podem ter levado a um aumento na atividade metabólica, resultando em maior produção de espécies reativas de oxigênio (ERO) e, por conseguinte, mais peroxidação lipídica. Isso pode acontecer quando a planta, mesmo recebendo bioinsumos benéficos, está sendo desafiada por outros fatores de estresse ou está respondendo a uma alta disponibilidade de nutrientes de maneira que aumenta o estresse oxidativo.

Tabela 15 - Concentração de malondialdeído (MDA) da parte aérea e raiz de *Zea mays* tratado com bioinsumos (bokashi, microrganismos eficientes) e cultivado na presença (Capacidade de pote 70%) ou não (CP 100%) de restrição hídrica.

Bioinsumos	Parte aérea (μM)		Raízes (μM)	
	70	100	70	100
Controle	485,35 aA	510,35 aA	77,0 cB	110,30 cA
BK	643,65 aA	443,65 aA	152,00 cB	193,70 aA
ME1	485,35 aA	402,00 aA	10,30 dB	210,35 aA
ME1+BK	585,35 aA	452,01 aA	160,35 cA	43,70 dB
ME2	585,35 aA	493,65 aA	310,30 bA	260,35 aA
ME2+BK	527,00 aA	727,00 aA	493,65 aA	102,00 cB
Média	552,01A	504,77 A	200,60 A	153,40 B
CV(%)	26,6		36,7	

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na horizontal dentro de cada condição/capacidade de pote, e minúscula dentro de cada condição Bioinsumos não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade ($p \leq 0.05$)

CONCLUSÃO

Os dados indicam que o uso de bioinsumos como Bokashi e Microrganismos Eficientes podem melhorar a capacidade das plantas de *Zea mays* de resistir ao estresse oxidativo, refletido na atividade aumentada das enzimas antioxidantes. Isso pode ajudar a manter melhores parâmetros de crescimento mesmo sob condições de déficit hídrico. Os resultados mostram que as plantas tratadas com bioinsumos têm uma resposta bioquímica que suporta melhor crescimento comparado às plantas controle, especialmente em condições de estresse hídrico.

Em se tratando das análises fisiológicas, evidenciou-se uma redução nos teores de clorofila *a*, *b* e *total* quando as plantas estão submetidas ao déficit hídrico, demonstrando uma diminuição na atividade fotossintética quando a planta encontra-se sob este estresse, no qual a aplicação do Bokashi foi o tratamento com resultados significativos, a interação entre os bioinsumos não promoveu eficácia significativa.

Quanto às trocas gasosas, observou-se que o tratamento com Bokashi, ME1+BK e ME2+BK apresentaram um incremento nas trocas gasosas em condições de 100% de capacidade de pote. No entanto torna-se necessário o aprofundamento das pesquisas com diferentes dosagens de microrganismos para avaliar se a associação torna-se um atenuante para as restrições hídricas.

Quanto ao metabolismo e resistência ao estresse oxidativo, os tratamentos com bioinsumos apresentaram resultados positivos, necessitando maior aprofundamento nas pesquisas a fim de compreender as melhores dosagens e aplicações para atenuação dos danos causados pelo estresse hídrico.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, M.L. et al. Crescimento inicial de milho e sua relação com o rendimento de grãos. **Ciência Rural**, v.33, p. 189-194, 2003.
- ALVES, J. M. **Bactérias promotoras de crescimento de plantas como plantas como atenuantes do déficit hídrico em milho verde**. 2021. Dissertação (Mestre em Horticultura Tropical) - Universidade Federal de Campina Grande, Pombal - PB, 2021. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/bitstream/riufcg/24169/3/JACKSON%20DE%20MESQUITA%20ALVES%20DISSERTA%C3%87%C3%83O%20HORTICULTURA%20TROPICAL-2021..pdf>. Acesso em: 26 jan. 2023.
- ANDRADE, F. M. C. de. **Caderno dos Microrganismos Eficientes: Instruções práticas sobre uso ecológico e social do EM**. 3. ed. rev. Viçosa/MG: UFV, 2020. Disponível em: <https://vilavelha.ifes.edu.br/images/stories/biblioteca/sala-verde-virtual/agroecologia-permacultura-e-educacao-alimentar/caderno-dos-microrganismos-eficientes-diagramado.pdf>. Acesso em: 17 fev. 2023.
- ARAGÃO, L. W. R.; MALLMANN, V.; SILVA, R. C. de L. da. Bokashi: instrumento na Agroecologia e na produção agrícola sustentável. **Congresso Online Internacional de Sementes Crioulas e Agrobiodiversidade**, Dourados/MS, v. 15, n. 4, 2020. Disponível em: <https://cadernos.aba-agroecologia.org.br/cadernos/article/view/6526/4682>. Acesso em: 9 fev. 2023.
- ARAÚJO, L. R. de; SILVA, M. M. R.s da; SILVA, L. G. da; VITAL, B. C. L.; LOPES, E. A. P. Influência dos microrganismos eficazes (EM) inoculados em duas variedades de milho (*Zea mays* L.). **Revista Ambientale**, Revista da Universidade Estadual de Alagoas/UNEAL, v. 14, ed. 1, 2022. DOI <https://doi.org/10.48180/ambientale.v14i1.350>. Disponível em: <https://periodicosuneal.emnuvens.com.br/ambientale/article/view/350/299>. Acesso em: 30 mar. 2023.
- ARAUJO, E. B. G.; SÁ, F. V. S.; OLIVEIRA, F. A.; SOUTO, L. S.; PAIVA, E. P.; SILVA, M. K. N.; MESQUITA, E. F.; BRITO, M. E. B. Crescimento inicial e tolerância de cultivares de meloeiro à salinidade da água. **Ambiente & Água – Na Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 11, n. 2, p.462-471, 2016.
- ASADA, K. The water -water cycle in chloroplasts: Scavenging of Active Oxygens and Dissipation of Excess Photons. **Rev Plant Physiol Plant Mol Biol**, 1999. DOI 10.1146/annurev.arplant.50.1.601. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15012221/>. Acesso em: 2 jan. 2024.
- ASGHARI, S.; HARIGHI, B.; ASHENGROPH, M.; CLEMENT, C.; AZIZ, A.; ESMAEEL, Q.; BARKA, E. A. Induction of systemic resistance to *Agrobacterium tumefaciens* by endophytic bacteria in grapevine. **Plant Pathology**, 2020. DOI <https://doi.org/10.1111/ppa.13175>. Disponível em: <https://bsppjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/ppa.13175>. Acesso em: 15 mar.
- BARBOSA, K. B. F.; COSTA, N. M. B.; ALFENAS, R. C. G.; DE PAULA, S. O; MINIM, V. P. R.; BRESSAN, J. Estresse oxidativo: conceito, implicações e fatores modulatórios.

Revista de Nutrição, Campinas/SP, v. 23, ed. 4, p. 629 - 643, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rn/a/Fvg4wkYjZPgsFs95f4chVjx/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 9 jan. 2024.2023.

BARBOZA, G. C.; TEIXEIRA-FILHO, J. Transpiração foliar e condutância estomática da cana-de açúcar em função do clima e disponibilidade de água. **Irriga**, Botucatu/SP, ano ISSN 1808-3765, v. 22, ed. 4, p. 675-689, 2017. Disponível em: <https://irriga.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/2433/1802>. Acesso em: 17 out. 2023.

BARRETO, A. C.; FERNANDES, M. F. Métodos de Preparo do Solo e Sistemas de Cultivo de Milho nos Tabuleiros Costeiros. **Boletim de Pesquisa / Embrapa Tabuleiros Costeiros**, ISSN: 1678-1961, p. 117, 2016. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/159625/1/BP-117.pdf>. Acesso em: 26 jan. 2023.

BASTOS, E. A.; NASCIMENTO, S. P do; SILVA, E. M da; FREIRE FILHO, F. R.; GOMIDE, R. L. Identificação de genótipos de feijão-caupi tolerantes à seca. *Revista Ciência Agronômica*, Fortaleza, v. 42, n. 1, p. 100-107, jan-mar, 2011. Disponível em: [https://biblioteca.epagri.sc.gov.br/consulta/busca?b=ad&id=77554&biblioteca=vazio&busca=\(autoria:%22BASTOS,%20E.%20A.%22\)&qFacets=\(autoria:%22BASTOS,%20E.%20A.%22\)&sort=&paginacao=t&paginaAtual=1](https://biblioteca.epagri.sc.gov.br/consulta/busca?b=ad&id=77554&biblioteca=vazio&busca=(autoria:%22BASTOS,%20E.%20A.%22)&qFacets=(autoria:%22BASTOS,%20E.%20A.%22)&sort=&paginacao=t&paginaAtual=1) Acesso em: 27 jan. 2023.

BALDOTTO, M, A.; BALDOTTO, L. E. B. Initial performance of corn in response to treatment of seeds with humic acids isolated from bokashi. **Revista Ceres**, v.63, n.1, p. 62-67, 2016.

BATES, L. S.; WALDREN, R. P.; TEARE, I.D. Rapid determination of free proline for water stress studies. **Plant and Soil**, v. 39, n. 1, p. 205-207, 1973.

BELEZE, J. R. F.; ZEOULA, L. M.; CECATO, U.; DIAN, P. H. M.; MARTINS, E. N.; FALCÃO, A. J. da S. Avaliação de cinco híbridos de milho (*Zea mays*, L.) em diferentes estádios de maturação: Produtividade, características morfológicas e correlações. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, ed. 3, 2003. DOI <https://doi.org/10.1590/S1516-35982003000300004>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbz/a/fZjzfgCMTTrkNhyFcGbKzryk/?lang=pt>. Acesso em: 30 jan. 2023.

BERGAMASCHI, H.; BERGONCI, J. I. **As plantas e o clima: Princípios e aplicações**. 2017. 352 p. ISBN 978-85-98934-23-5.

BERGAMASCHI, H; PEREIRA, P. G. Déficit hídrico e produtividade na cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, ed. 2, 2006.

BERGAMASHI, H.; MATZENAUER, R. **O milho e o clima**. Porto Alegre: Emater/RS Ascar, 2014. 84p

BERGONCI, J. I.; BERGAMASCHI, K.; ROSA, L. G.; SANTOS, A. O. Condutância foliar como um indicador de déficit hídrico em milho. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 8, n. 1, p. 27-34, 2000.

BONO, L.; BERGAMASCHI, H.; ROSA, L. M. G.; FRANÇA, S.; RADIN, B.; SANTOS, A. O.; BERGONCI, J. I. Alterações no padrão de resposta à luz da condutância estomática do milho causadas pelo déficit hídrico. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria/RS, v. 9, ed. 1, ISSN 0104-1347, 2001. Disponível em: <https://www.sbagro.org/files/biblioteca/1270.pdf>. Acesso em: 18 out. 2023.

BONO, L. **Efeito do déficit hídrico sobre as respostas estomáticas do milho à radiação fotossinteticamente ativa**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1997. 95 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia/UFRGS, 1997.

BORGES, G. A. B. Movimento dos Pequenos Agricultores – MPA: um movimento socioterritorial produzindo desenvolvimento e esperança no território do Rio Grande do Sul. 209 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Instituto de Políticas Públicas e Relações Internacionais (IPPRI), Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento Territorial na América Latina e Caribe (TerritoriAL), São Paulo, 2020.

BORÉM, A.; GALVÃO, J. C. C.; PIMENTEL, M. A. **Milho do plantio à Colheita**. 2. ed. Editora UFV, 2017. 382 p. ISBN 9788572695831.

BRADFORD, M. M. A rapid and sensitive method for the quantification of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**, San Diego, v. 72, n. 1/2, p. 248-254, 1976.

BREDEMEIER, C. Desenvolvimento da planta e exigências edafoclimáticas. *In*: EICHOLZ, E. D.; BREDEMEIER, C.; BERMUDEZ, F.; MACHADO, J. R. de A.; GARRAFA, M.; BISPO, N. B.; AIRES, R. F. **Informações técnicas para o cultivo do milho e sorgo na região subtropical do Brasil: safras 2019/20 e 2020/21**. Sete Lagoas/MG: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2020. cap. 3, p. 62 - 92. ISBN 978-65-990845-1-5. Disponível em: <https://www.agricultura.rs.gov.br/upload/arquivos/202011/23092828-informacoes-tecnicas-para-o-cultivo-do-milho-e-sorgo-na-regiao-subtropical-do-brasil-safras-2019-20-e-2020-21.pdf>. Acesso em: 21 mar. 2023.

BRITO, M. E. B; FILHO, G. D. A.; WANDERLEY, J. A. C.; MELO, A. S.; COSTA, F. B.; FERREIRA, M. G. P. CRESCIMENTO, FISILOGIA E PRODUÇÃO DO MILHO DOCE SOB ESTRESSE HÍDRICO. **Biosci. J.**, Uberlândia /MG, v. 29, ed. 5, p. 1244-1254, 2013. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/14061/13019>. Acesso em: 19 out. 2023.

CAMPBELL, M. K. **Bioquímica**. 3. ed. Artmed, 2001. 752 p. ISBN 978-8573076769.

CANECCHIO FILHO, V.; ALMEIDA, T.C. **Cultura de Milho**. Instituto Campineiro de Ensino Agrícola. 38p. 1973.

CAPORAL, F. R. **Agroecologia: uma nova ciência para apoiar a transição a agriculturas mais sustentáveis**. Brasília: 2009. 30 p. Disponível em: http://www.cpatas.embrapa.br:8080/public_eletronica/downloads/OPB2442.pdf. Acesso em: 26 mar. 2023.

CARVALHO, J. O. M. de; RODRIGUES, C. D. S. Bokashi: composto fermentado para a melhoria da qualidade do solo. **Embrapa**, 2007. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/710116/bokashi-composto-fermentado-para-a-melhoria-da-qualidade-do-solo>. Acesso em: 19 jan. 2023.

CARVALHO L. M., COSTA J. A. M.; Qualidade em plantas medicinais. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2010. 54 p. (Documentos / Embrapa Tabuleiros Costeiros, ISSN 1517-1329; 162). Disponível em http://www.cpatc.embrapa.br/publicacoes_2010/doc_162.pdf. Acesso 19 de out. 2023.

CARVALHO; L. M.; ARAÚJO, S. B.; SANTOS, R. E.M.; CARVALHO, H. W. L.; CARVALHO, C. G. P. Acúmulo de prolina em cultivares de girassol sob as condições edafoclimáticas de Sergipe. **Embrapa**, Aracaju/SE. 2020

CARGNELUTTI, D.; BAMPI, E.; SANTIAGO, G. de M.; LUZ, V. C. da. GARBIN, E.; CASTAMAN, A.; MOSSI, A. J. Soluções tecnológicas emergentes para uma agricultura sustentável: microrganismos eficientes. *In*: GARCÍA, Luis Manuel Hernández. **Agroecologia: Princípios e fundamentos ecológicos aplicados na busca de uma produção sustentável**. Canoas/RS: Mérida Publishers, 2021. cap. 2, p. 31-62. ISBN 978-65-991393-9-0.

CASTRO, D. S.; LOBATO, A. K. S.; MENDES, F. S.; OLIVEIRA NETO, C. F.; CUNHA, R. L. M.; COSTA, R. C. L. Atividade da redutase do nitrato em folhas de Teca (*Tectona grandis* L. f.) sob déficit hídrico. **Revista Brasileira de Biociências**, v.5, p.936-938, 2007.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. **Conab atualiza a estimativa da safra de grãos 2023/2024, que deve chegar a 316,7 milhões de toneladas**. 2023. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/5258-conab-atualiza-a-estimativa-da-safra-de-graos-2023-2024-que-deve-chegar-a-316-7-milhoes-de-toneladas>. Acesso em: 26 jan. 2024.

CLIMA. *In*: Prefeitura de Erechim. 2023. Disponível em: <https://www.pmerechim.rs.gov.br/pagina/145/clima>. Acesso em: 4 mar. 2023.

CONTINI, E.; MOTA, M. M.; MARRA, R.; BORGHI, E.; MIRANDA, R. de; SILVA, A. F. da; SILVA, D. D. da; MACHADO, J. R. de A.; COTA, L. V.; COSTA, R. V. da; MENDES, S. M. Milho: Caracterização e Desafios Tecnológicos. **Série desafios do agronegócio brasileiro**, EMBRAPA, p. 1-45, 2019.

COSTA, M. B. B. da. **Agroecologia no Brasil: História, princípios e práticas**. 1. ed. São Paulo: Expressão Popular, 2017. 141 p.

CRUZ, I.; VIANA, P. A.; WAQUIL, J. M. **Manejo das pragas iniciais de milho mediante o tratamento de sementes com inseticidas sistêmicos**. Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, 1999. 39 p.

DOEBLEY, J. Molecular Evidence and the Evolution of Maize. **Economic Botany**, v. 44, ed. 3, 1990. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/4255268>. Acesso em: 18 jan. 2024.

DOURADO, E. R. **Microrganismos Eficientes (EM) no tratamento de sementes de milho**. 2018. 62 p. Dissertação (Magister Scientiae) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG,

2018. Disponível em:

<https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/23835/1/texto%20completo.pdf>. Acesso em: 25 jan. 2023.

EL-MOSHATY, F.I.B.; PIKE, S.M.; NOVACKY, A.J.; SEHGAL, O.P. Lipid peroxidation and superoxide productions in cowpea (*Vigna unguiculata*) leaves infected with tobacco rings virus or southern bean mosaic virus. **J. Physiol Mol. Plant Pathol.**, v.43, p.109-119, 1993.

FECOAGRO, Federação das Cooperativas Agropecuárias do Estado do Rio Grande do Sul. **Cooperativas agropecuárias atualizam números sobre a estiagem no Rio Grande do Sul**. 2023. Disponível em: <https://www.fecoagrors.com.br/single-post/cooperativas-agropecu%C3%A1rias-atualizam-n%C3%BAmeros-sobre-a-estiagem-no-rio-grande-do-sul>. Acesso em: 3 maio 2023.

FERREIRA, D. F. Sisvar – Sistema de Análise de Variância. **Revista Científica Symposium**, 2006.

FERREIRA, W. P. M.; AGUIAR, L. M. S.; MAGALHÃES, P. C.; LANDAU, E. C.; GUIMARÃES, D. P.; CORRÊA, T.; COSTA, C. Clima, Época de Plantio e Zoneamento Agrícola. In: CRUZ, J. C.; MAGALHÃES, P. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; MOREIRA, J. A. A. **Milho: O produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília/DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2011. cap. 1, p. 19 - 26. ISBN 978-85-7383-526-7.

FERREIRA, F. E. **Estudo aponta desafios do seguro rural em meio a mudanças climáticas**. Rio de Janeiro/RJ, 2023. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2023-04/estudo-aponta-desafios-do-seguro-rural-em-meio-mudancas-climaticas>. Acesso em: 28 abr. 2023.

FELICIANO, E. M. S.; STEINER, F. Uso de biopotencializador como agente amenizador de estresse salino durante a inicial do crescimento do milho. **ENIC**, 2024. Disponível em: <https://anaisonline.uems.br/index.php/enic/article/view/9431>. Acesso em: 29 jan. 2024.

FONTANIVE, D. E.; BIANCHETTO, R.; BESTER, G. F. B.; FILHO, L. E. N. C.; CEZIMBRA, J. C.; SOUZA, E. L. de. Produtividade de milho crioulo em três anos agrícolas, cultivado em sistema de baixa tecnologia no noroeste do Rio Grande do Sul. **SIEPEX: 9º Salão Integrado de Ensino, Pesquisa e Extensão**, Porto Alegre, 2019. Disponível em: <http://conferencia.uergs.edu.br/index.php/IXSIEPEX/IXSIEPEX/paper/viewFile/3793/762>. Acesso em: 14 mar. 2023.

FORMIGONI, I. Exportação de milho do Brasil, dados de 2023 até abril. Disponível em: <https://www.farmnews.com.br/mercado/exportacao-de-milho-do-brasil-dados-de-2023-ate-abril/>. Acesso em: 15 mai. 2023.

GALON, L.; TIRONI, S. P.; ROCHA, A. A.; SOARES, E. R.; CONCEÇO, G.; ALBERTO, C. M. Influência dos fatores abióticos na produtividade da cultura do milho. **Revista Trópica: Ciências Agrárias e Biológicas**, v. 4, n. 3, 2011

GASPAR, T.; FRANCK, T.; BISBIS, B.; KEVERS, C.; JOUVE, L.; HAUSMAN, J.F.; DOMMES, J. Concepts in plant stress physiology. Application to plant tissue cultures.

Plant Growth Regulation, v. 37, p. 263-285, 2002.

GUARESCHI, R. F.; SILVA, A.; SILVA, H. R. da S. JR; PERIN A.; GAZOLLA, P. R. Adubação orgânica na produção de biomassa de milho em Latossolo de cerrado. **Global Science and Technology**, v. 6, p. 66-733, 2013.

GUPTA, S.; DIKSHI, A. K. Biopesticidas: An ecofriendly approach for pest control. **Journal of Biopesticides**, v. 3, ed. 1, 2010.

GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia: Processos Ecológicos em Agricultura Sustentável**. 3. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2005. 654 p.

HARMAN, G. E. H.; UPHOF, N. Symbiotic Root-Endophytic Soil Microbes Improve Crop Productivity and Provide Environmental Benefits. **Scientifica**, Ithaca, NY, USA, 2019. DOI <https://doi.org/10.1155/2019/9106395>. Disponível em: https://rootbiome.tamu.edu/wp-content/uploads/sites/38/2019/10/2019-Harman-and-Uphoff-Symbiotic_Root-Endophytic_Soil_Microbes_Improve_Cr.pdf. Acesso em: 8 mar. 2023.

HEATON, J.W.; MARANGONI, A.G. Chlorophyll degradation in processed foods and senescent plant tissues. **Trends in Foods Science & Technology**, v.7, p.8-15, 1996.

HODGES, D. M. et al. Improving the thiobarbituric acid-reactive-substances assay for estimating lipid peroxidation in plant tissues containing anthocyanin and other interfering compounds. **Planta**, v. 207, n. 4, p. 604–611, 1999.

JALES, H. F; MAGALHÃES, P. C; RONCHI, C. P; PAIVA, A. P. L. de; CARVALHO, L. P. de; GOMES JÚNIOR, C. C. Morfofisiologia do Milho Inoculado com *Azospirillum brasilense* Submetido à Restrição Hídrica e à Adubação Nitrogenada. **Embrapa Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, MG, ISSN: 1679-0154, 2021.

JESUS S. V., MARENCO R. A. O SPAD-502 como alternativa para a determinação dos teores de clorofila em espécies frutíferas. **Editora Acta Amazônia**. VOL. 38. P. 815 – 818. 2008.

JOSHI H. *CHOUDNARY, P.*; MUNDRA, S. L. Role of effective microorganisms (EM) in sustainable agriculture. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, v. 8, n. 03, p. 172- 181, 2019.

KERBAUY, G. **Fisiologia Vegetal**. 3. ed. Guanabara Koogan, 2019. 420 p. ISBN 978-8527735339.

KRAFT, E.; BARETTA, C. R. D. M.; OGLIARI, A. J.; NOGUEIRA, P.; WILDNER, L. P. Adubação biológica e com bioestimulante no desenvolvimento do milho. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia/GO, v. 15, ed. 27, 2018. Disponível em: <https://www.conhecer.org.br/enciclop/2018a/agrar/adubacao%20biologica.pdf>. Acesso em: 11 mar. 2023.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos/SP: RIMA. 2000.

- LIAO, C. T.; LIN C. H. Physiological adaptation of crop plants to flooding stress. **Proceedings of the National Science Council**, Taipei, v. 25, p. 148-157, 2001.
- LIMA, T. M.; PASCOAL, P. R. P.; CARVALHO, F. J.; LANA, R. M. Q. Adubação de milho crioulo em associação com *Azospirillum brasilense*. *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável*, v. 9, ed. 2, 2019.
- LOGGINI, B.; SCARTAZZA, A BRUGNOLI, E.; NAVARI-IZZO, F. Antioxidative defense system, pigment composition, and photosynthetic efficiency in two wheat cultivars subjected to drought. **Plant Physiology**, Maryland, v.119, p. 1091-1099, 1999.
- MACAN, G. P. F.; PINTO, D. F. P.; HOMMA, S. K. Eficiência de diferentes adubos orgânicos na adubação do milho. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS)**, v. 9, n. 4, p. 66-74, 2019. Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/rbas/article/view/8749/5335>. Acesso em: 2 fev. 2023.
- MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M.; GOMIDE, R. L. Fisiologia do milho. Sete Lagoas: **EMBRAPA-CNPMS**, 23 p, 2002.
- MARQUES, L. **Capitalismo e colapso ambiental**. 3ª edição revisada. Campinas SP: Editora da Unicamp, 2018.
- MARENGO, J.A.; SOARES, W.R. SAULO, C.; NICOLINI, M. Climatology of the Low-Level Jet East of the Andes as Derived from the NCEP-NCAR Reanalyses: Characteristics and Temporal Variability. **Journal of Climate**, v. 17, n. 12, p.2261-2280, 2004.
- MENDES, C. T. O desbaste na cultura do milho. BRAZILIAN JOURNAL OF AGRICULTURE - **Revista de Agricultura**, São Paulo/SP, 1947. Disponível em: https://www.revistadeagricultura.org.br/index.php/revistadeagricultura/article/view/2374/pdf_1978. Acesso em: 26 dez. 2022.
- MONTEIRO, J. G.; CRUZ, F. J. R; NARDIN, M. B.; SANTOS, D. M. M. Crescimento e conteúdo de prolina em plântulas de guandu submetidas a estresse osmótico e à putrescina exógena. **Pesq. Agropec. Bra**, Brasília, v. 49, ed. 1, p. p.18-25, 2014.
- MORO A. L.; **Relação entre silício e deficiência hídrica sobre os aspectos bioquímicos e fisiológicos no arroz**. Tese de doutorado apresentada à Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP. BOTUCATU - SP, Dezembro - 2012, 163 pág.
- NELSON, D. L.; COX, M. M. **Princípios de Bioquímica de Lehninger**. 8. ed. atual. e aum. Artmed, 2022. 1248 p. ISBN 978-6558820697
- LIMA, G. M. de ; CHAER, L. Anatomia e Fisiologia Vegetal. Londrina/PR: Editora e Distribuidora Educacional S.A, 2018. Disponível em: <http://cm-cls-content.s3.amazonaws.com/201802/INTERATIVAS_2_0/ANATOMIA_E_FISIOLOGIA_VEGETAL/U1/LIVRO_UNICO.pdf>. Acesso em: 26 jan. 2023.
- LEITE, C. D; MEIRA, A. L. Inoculação de sementes com microrganismos Eficientes. In: MAPA, Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Fichas Agroecológicas Tecnologias apropriadas para agricultura orgânica**: Produção Vegetal. 2016 (a).

Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/organicos/fichas-agroecologicas/arquivos-producao-vegetal/20-inoculacao-de-sementes-com-microrganismos-eficientes.pdf>. Acesso em: 31 jan. 2023.

LEITE, C. D.; MEIRA, A. L. Preparo de Microrganismos Eficientes. In: MAPA, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Fichas Agroecológicas: Tecnologias apropriadas para agricultura orgânica: Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas**. 2016. (b) Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/organicos/fichas-agroecologicas/arquivos-fertilidade-do-solo/31-preparo-de-microrganismos-eficientes-e-m.pdf>. Acesso em: 1 fev. 2023.

LEITE, C. D.; MEIRA, A. L.; MOREIRA, V. R. R. Composto Farelado tipo Bokashi. **Fichas Agroecológicas: Tecnologias apropriadas para agricultura orgânica: Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas**, MAPA, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento., 2016. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/organicos/fichas-agroecologicas/arquivos-fertilidade-do-solo/19-composto-farelado-bokashi.pdf>. Acesso em: 3 set. 2022.

LOBATO, A. K. S.; OLIVEIRA NETO, C. F.; COSTA, R. C. L.; SANTOS FILHO, B. G., CRUZ, F. J. R.; LAUGHINGHOUSE IV, H. D. Biochemical and physiological behavior of *Vigna unguiculata* (L.) Walp. under stress during the vegetative phase. **Asian Journal of Plant Sciences**, v.7, p.44-49, 2008.

LORETO, F.; VELIKOVA, V. Isoprene produced by leaves protects the photosynthetic apparatus against ozone damage, quenches ozone products, and reduces lipid peroxidation of cellular membranes. **Plant Physiology**, v127, p.1781-1787, 2001.

MATOS, F. S.; BORGES, L. P.; AMARO, C. L.; OLIVEIRA, D. B.; CARMO, M. S.; TORRES JÚNIOR, H. D. Aspectos morfofisiológicos de plantas de milho e bioquímico do solo em resposta à adubação nitrogenada e à inoculação com *Azospirillum brasilense*. Curitiba/PR: Appris, 2019. 189 p. ISBN 978-85-473-3897-8.

MENDES, R. M. de S.; LUCENA, E. M. P. de; MEDEIROS, J. B. L. de. P. **Princípios de Fisiologia Vegetal**. Fortaleza/CE: EdUECE, 2015. 129 p.

MITTLER, R. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. **Plant Science**, v. 7, ed. 9, 2004. DOI [https://doi.org/10.1016/S1360-1385\(02\)02312-9](https://doi.org/10.1016/S1360-1385(02)02312-9). Disponível em: [https://www.cell.com/trends/plant-science/abstract/S1360-1385\(02\)02312-9?_returnURL=https%3A%2F%2Flinkinghub.elsevier.com%2Fretrieve%2Fpii%2FS1360138502023129%3Fshowall%3Dtrue](https://www.cell.com/trends/plant-science/abstract/S1360-1385(02)02312-9?_returnURL=https%3A%2F%2Flinkinghub.elsevier.com%2Fretrieve%2Fpii%2FS1360138502023129%3Fshowall%3Dtrue). Acesso em: 4 jan. 2024.

MITTLER, R.; VANDERAUWERA, S.; SUZUKI, N.; GOLLERY, M.; SHULAEV, V.; BREUSEGEM, F. V. ROS signaling: the new wave?. **Plant Science**, v. 16, 2011. DOI <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2011.03.007>. Disponível em: [https://www.cell.com/trends/plant-science/abstract/S1360-1385\(11\)00055-0?_returnURL=https%3A%2F%2Flinkinghub.elsevier.com%2Fretrieve%2Fpii%2FS1360138511000550%3Fshowall%3Dtrue](https://www.cell.com/trends/plant-science/abstract/S1360-1385(11)00055-0?_returnURL=https%3A%2F%2Flinkinghub.elsevier.com%2Fretrieve%2Fpii%2FS1360138511000550%3Fshowall%3Dtrue). Acesso em: 28 jan. 2024.

MORAIS, T. P.; BRITO, C. H; FERREIRA, A. S.; LUZ, J. M. Q. Aspectos morfofisiológicos de plantas de milho e bioquímico do solo em resposta à adubação nitrogenada e à inoculação com *Azospirillum brasilense*. **Revista Ceres**, Viçosa/MG, v. 62, ed. 6, p. 589-596, 2015. DOI <http://dx.doi.org/10.1590/0034-737X201562060012>. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/rceres/a/jLf8tx7WzkKWSHrG9p6CvZF/?format=pdf&lang=pt>.

Acesso em: 31 ago. 2023.

NASCIMENTO; F. T. *et al.*, Determinação do aminoácido prolina em plantas de arroz em condições de déficit hídrico. **XXXIV Congresso Brasileiro de milho e sorgo**. 2013

NOBRE, C. A. Amazônia: fonte ou sumidouro de carbono? *In*: BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Causas e dinâmica do desmatamento na Amazônia**. Brasília, DF, 2001. p. 197-224.

OLIVEIRA, S. A. S de; STARK, E. M. L. M.; EPIFÂNIO, J. A.; BERBARA, R. L. L.; SOUZA, S. R. de. Partição de nitrogênio em variedades de milho (*Zea mays* L.) com a aplicação foliar de microorganismos eficazes e nitrato. **Revista Universidade Rural, Série Ciências da Vida**, v. 31, n. 1, p. 57-69, 2011.

OLIVEIRA, V. J. S; SAMPAIO, A. H. R.; COELHO FILHO, M. A.; OLIVEIRA, E. J.; DANTAS, J. L.L.; DANTAS, A. C. V. L. Avaliação de condutância estomática e temperatura foliar em variedades de mamão submetidas ao déficit hídrico. **EMBRAPA**, 2004. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/50453/1/Avaliacao-condutancia-MAURICIO-COELHO-FILHO-T-39.pdf>. Acesso em: 20 dez. 2023.

PASCOAL, P. R. P. **Adubação com resíduos agropecuários em associação com *Azospirillum brasilense* na cultura do milho crioulo**: agricultura sustentável e de baixo custo. Orientador: Prof. Ms .Tatiane Melo de Lima. 2018. 26 f. TCC (Bacharelado em Engenharia Agrônoma) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia /MG, 2018.

PÁEZ, A.; GONZÁLES, M.E.; YRAUSQUÍN, O.X. Water stress and clipping management effects on guineagrass. I. Growth and biomass allocation. **Agronomy Journal**, v.87, p. 698-706, 1995.

PALHETA, Juscelino Gonçalves. Fontes e doses de Nitrogênio associado a inoculação com *Azospirillum brasilense* no crescimento e trocas gasosas do milho na Amazônia Brasileira. *In*: PALHETA, Juscelino Gonçalves. **Associação de *Azospirillum brasilense* com ureia convencional e fertilizante nitrogenado de eficiência alimentada no crescimento, trocas gasosas e teor nutricional em híbrido de milho**. Orientador: Prof. Dr. Ricardo Shigueru Okumura. 2022. Tese (Doutor em Agronomia) - Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém/PA, 2022. f. 77. Disponível em: <http://repositorio.ufra.edu.br/jspui/bitstream/123456789/1535/4/ASSOCIA%c3%87%c3%83O%20DE%20Azospirillum%20brasilense%20COM%20UREIA%20CONVENCIONAL....pd> f. Acesso em: 29 mar. 2023.

PATERNIANI, E.; NASS, L. L.; SANTOS, M. X. O valor dos recursos genéticos de milho para o Brasil. *In*: UDRY, C. V.; DUARTE, W. Uma história brasileira do milho: o valor dos recursos genéticos. Brasília: **Paralelo 15**, 2000. p. 11-41.

PBMC, Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas. **Mitigação das mudanças climáticas**. Rio de Janeiro/RJ: UFRJ, 2014. 456 p. ISBN 978-85-285-0207-7. Disponível em: http://www.pbmc.coppe.ufrj.br/documentos/RAN1_completo_vol3.pdf. Acesso em: 31 jan. 2023.

PENTEADO, S. R. **Manual prático de agricultura orgânica: fundamentos e práticas**. 2. ed. Campinas: Via Orgânica, 2010. 232 p. ISBN: 978-85-907882-3-2.

PEREIRA, P. G.; BERGONCI, J. I.; BERGAMASCHI, H.; ROSA, L. M. G.; FRANÇA, S. Efeitos de diferentes níveis de déficit hídrico na fotossíntese e condutância foliar em milho. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria/RS, ISSN 0104-1347, v. 11, ed. 1, p. 53-62, 2003. Disponível em: <https://sbagro.org/files/biblioteca/1357.pdf>. Acesso em: 24 out. 2023.

PES, L. Z; ARENHARDT, M. H. **Fisiologia Vegetal**. Santa Maria/RS: UFSM, 2015. 81 p. ISBN 978-85-63573-90-2. Disponível em: https://www.ufsm.br/app/uploads/sites/413/2018/11/09_fisiologia_vegetal.pdf. Acesso em: 26 jan. 2023.

PRIMAVESI, A.; PRIMAVESI, A. **A biocenose do solo e Deficiências minerais em culturas: nutrição e produção vegetal**. São Paulo: Expressão Popular, 2018. 607 p.

QUADROS, P. D.; ROESCH, L. F. W.; SILVA, P. R. F.; VIEIRA, V. M.; ROEHR, D. D.; CAMARGO, F. A. O. Desempenho agrônômico a campo de híbridos de milho inoculados com *Azospirillum*. **Revista Ceres**, Viçosa/MG, v. 61, ed. 2, p. 209-218, 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rceres/a/v4RGgXhxKtJzkKRtGTh7RDj/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 23 mar. 2023.

QUEVEDO, M. Conheça as sementes crioulas disponíveis pra comercialização na Cooperfumos. In: **MPA - Movimento dos Pequenos Agricultores**. Salvador/BA: MPA - Brasil, 2021. Disponível em: <https://mpabrasil.org.br/noticias/conheca-as-sementes-crioulas-disponiveis-para-comercializacao-na-cooperfumos/>. Acesso em: 3 jan. 2024.

RABELO, V. M. **RESPOSTAS BIOQUÍMICAS E FISIOLÓGICAS DE HÍBRIDO DE MILHO SUBMETIDO AO DÉFICIT HÍDRICO COM APLICAÇÃO FOLIAR DE QUITOSANA E SEUS DERIVADOS**. Orientador: Dr. Thiago Corrêa de Souza. 2018. 61 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade Federal de Alfenas, Alfenas/MG, 2018. Disponível em: <http://bdtd.unifal-mg.edu.br:8080/bitstream/tede/1427/5/Disserta%20de%20Valquiria%20Mikaela%20Rabelo.pdf>. Acesso em: 28 set. 2023.

RESTREPO, J. **L'ABC dell'agricoltura organica e rigenerativa**. Libreria Editrice Fiorentina, 2018. 185 p. ISBN 978-8865001349.

ROSSATO, M, S. **Os climas do Rio Grande do Sul: variabilidade, tendências e tipologia** (Tese de doutorado) Programa de Pós-Graduação em Geografia, Instituto de Geociências. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: UFRGS/PPGEA. 240p. 2011.

SABOURIN, E.; OLIVEIRA, L. M. R.; GOULET, F.; MARTINS, E. S. **A ação pública de adaptação da agricultura à mudança climática no Nordeste semiárido brasileiro**. E-

papers, Rio de Janeiro/RJ, ISBN 978-65-87065-25-0, 2021. Disponível em: <https://agritrop.cirad.fr/599259/1/Goulet%20bioinsumos%202021.pdf>. Acesso em: 9 jan. 2024.

SANTOS JÚNIOR, A. M. **Microrganismos Eficientes como biofertilizante na cultura da alface**. Orientador: Prof. Dr. Thiago de Oliveira Vargas. 2022. 34 f. TCC (Curso de Bacharelado em Agronomia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco/PR, 2022. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/29048/1/microrganismoseficientesbiofertilizantealface.pdf>. Acesso em: 25 out. 2023.

SANTOS, L. F. dos et al. Effective microorganisms inoculant: Diversity and effect on the germination of palisade grass seeds. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 92, suppl. 1, e20180426, 2020.

SANGOI, L.; SCHWEITZER, C.; SILVA, P. R. F.; SCHMITT, A.; VARGAS, V. P.; CASA, R. T; SOUZA, C. A. Perfilhamento, área foliar e produtividade do milho sob diferentes arranjos espaciais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 46, n.5, p. 609-616, 2011.

SANTIAGO, G. de M.; CARGNELUTTI, D.; CASTAMAM, A. Efficient microorganisms: An alternative tool for drought management in bean plants?. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Editora Verde, ISSN 1981-8203, v. 17, ed. 1, p. 01-09, 2022. DOI <https://doi.org/10.18378/rvads.v17i1.9171>. Disponível em: <https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/9171>. Acesso em: 2 fev. 2023.

SILVA, A. R. A.; BEZERRA, F. M. L.; LACERDA, C. F.; SOUSA, C. H. C; CHAGAS, K. L. Pigmentos fotossintéticos e potencial hídrico foliar em plantas jovens de coqueiro sob estresses hídrico e salino. **Revista Agroambiente**, Boa Vista/RR, v. 10, ed. 4, p. ISSN 1982-8470, 2016. DOI 10.18227/1982-8470ragro.v10i4.3650. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Claudivan-Lacerda/publication/313268044_Pigmentos_fotossinteticos_e_potencial_hidrico_foliar_em_plantas_jovens_de_coqueiro_sob_estresses_hidrico_e_salino/links/5d83b54092851ceb791711c2/Pigmentos-fotossinteticos-e-potencial-hidrico-foliar-em-plantas-jovens-de-coqueiro-sob-estresses-hidrico-e-salino.pdf. Acesso em: 22 dez. 2023.

SILVA, J. C. da. **Avaliação de diferentes doses de condicionadores de solos, em condições de Rizotron sobre a cultura do Milho**. Orientador: Ricardo Luiz Louro Berbara. 2015. 24 f. Monografia (Engenheiro Florestal) - Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica/RJ, 2015. Disponível em: <http://novorima.im.ufrj.br:8080/jspui/bitstream/1235813/3015/1/TCC%20JARDEL.pdf>. Acesso em: 15 mar. 2023.

SILVEIRA, D. C.; BONETTI, L. P.; TRAGNAGO, J. L.; NETO, N.; MONTEIRO, V. Caracterização agromofológica de variedades de milho crioulo (*Zea mays* L.) Na região noroeste do Rio Grande do Sul. **Revista Ciência e Tecnologia**, n. 1, ed. 1, p. 1-11, 2015. Disponível em: <http://gcm.gastronomia.ufrj.br/wp-content/uploads/2019/11/Milho-Crioulo.pdf>. Acesso em: 8 mar. 2023.

SIQUEIRA, A. P. P. de; SIQUEIRA, M. F. B. de. **Bokashi**: Adubo orgânico fermentado. Niterói/RJ: Coordenadoria de Difusão de Tecnologia, 2013. 16 p. ISBN 1983-5671.

Disponível em:

<https://www.bibliotecaagptea.org.br/agricultura/adubacao/livros/BOKASHI%20-%20ADUBO%20ORGANICO%20FERMENTADO.pdf>. Acesso em: 13 jan. 2023.

SCHNEIDER, J. R. **Bioquímica e fisiologia da sola em ambientes protegidos sob variação de déficit hídrico**. Dissertação. Pós Graduação em Agronomia. UPF. Passo Fundo/RS. 2019.

SOUSA, S. M.; OLIVEIRA, C. A.; GOMES, E. A.; LANA, U. G. P.; SANTOS, N. G.; OLIVEIRA, L. B.; BATISTA, F. C. Avaliação de plântulas de milho em solução nutritiva sob a ação de bioestimulantes à base de microrganismos. **XXXI Congresso Nacional de Milho e Sorgo**, Bento Gonçalves/RS, 2016. Disponível em:

<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/148397/1/Avaliacao-plantulas.pdf>.

Acesso em: 12 dez. 2023.

SOUSA, W. dos S.; PONTES, J. R. V. de; MELO, O. F. P. de. Microrganismos Eficientes no Cultivo de Alfafa. **Revista Agrogeoambiental**, Porto Alegre/RS, v. 12, n. 2, 2020. DOI <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v12n220201456>.

SOUZA, F. P.; CASTILHO, T. P. R.; MACEDO, L. O. B. Um marco institucional para os Bioinsumos na agricultura brasileira baseado na Economia Ecológica. **Sustainability in Debate**, Brasília, v. 13, ed. 1, p. 266-285, 2022. DOI 10.18472/SustDeb.v13n1.2022.40820. Disponível em: SeD_Vol.13.1_JAN-APR2022-11.1+-+SOUZA+-+PT.pdf. Acesso em: 9 jan. 2024.

SOUZA, L. C. de; MELO, N. C.; SIQUEIRA, J. A. M.; SILVA, V. F. A.; NETO, C. F. de O. Comportamento bioquímico no milho submetido ao déficit hídrico e a diferentes concentrações de silício. **Revista Agrarian**, Dourados, v. 8, ISSN: 1984-2538, ed. 29, p. 260-267, 2015. Disponível em

<http://repositorio.ufra.edu.br/jspui/bitstream/123456789/336/1/Comportamento%20bioqu%20C3%ADmico%20no%20milho%20submetido%20ao%20d%20C3%A9ficit%20h%20C3%ADdrico%20e.....o.pdf>. Acesso em: 26 jan. 2023.

SOUZA, C. C.; OLIVEIRA, F. A. de; SILVA, I. de F. da; NETO, M. da S. A. Avaliação de métodos de determinação de água disponível e manejo da irrigação em terra roxa sob cultivo de algodoeiro herbáceo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.4, n.3, p.338-342, 2000.

SOUZA, L. C.; MELO, N. C.; SIQUEIRA, J. K. M.; SILVA, V. F. A.; NETO, C. F. O. Comportamento bioquímico no milho submetido ao déficit hídrico e a diferentes concentrações de silício. **Revista Agrarian**, p. ISSN; 1984-2538, 2015.

STRAUSS, J. A.; AGENBAG, G. A. A. Comparison of two methods of inducing water stress in wheat. **South African Journal of Plant and Soil**, Pretoria, v. 15, p. 121-122. 1998.

SOUZA J. L. *et al.*, DÉFICIT HÍDRICO NO DESENVOLVIMENTO DE CULTIVARES DE CANA-DE AÇÚCAR. **Gl. Sci Technol**, Rio Verde, v.13, n.01, p.196-210, jan/abr. 2020.

STREIT, N. M.; CANTERLE, L. P.; CANTO, M. W.; HECKTHEUER, L. H. H. As clorofilas. **Ciência Rural**, v. 35, ed. 3, 2005. DOI <https://doi.org/10.1590/S0103-84782005000300043>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/dWwJymDzZRFwHhchRTpvtbqK/>. Acesso em: 25 nov. 2023.

SUMARNI, T.; AINI, N.; FAJRIANI, S. The application of compost and arbuscularmycorrhizal fungi to increase efficiency of inorganic fertilization on maize (*Zea mays* L.). **Bioscience Research**, ISSN: 2218-3973, v. 14, n. 4, p. 1057-1063, 2017. Disponível em: [https://www.isisn.org/BR-14-2017/1057-1063-14\(4\)2017BR-1556.pdf](https://www.isisn.org/BR-14-2017/1057-1063-14(4)2017BR-1556.pdf). Acesso em: 15 mar. 2023.

TAÍZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fundamentos de Fisiologia Vegetal**. 5ª ed. Artmed: Porto Alegre, 2021.

TALAAT, N. B. Effective microorganisms enhance the scavenging capacity of the ascorbate-glutathione cycle in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) plants grown in salty soils. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 80, p. 136–143, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2014.03.035>.

TONIN, J. **Habilidades sociais no enfrentamento à pandemia e reconfigurações nos mercados alimentares territoriais no Médio Alto Uruguai e no Litoral Norte do Rio Grande do Sul**. Orientador: Paulo André Niederle. 2022. 189 f. Tese (Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Rural) - UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL (UFRGS), Porto Alegre/RS, 2022. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/250356/001152338.pdf?sequence=1>. Acesso em: 30 mar. 2023.

VIANA, M; CELUTA, M; QUEIROZ, C G S; DURÃES, F O M; SOUZA, I R P; ALBUQUERQUE, P E P; MACHADO, P E P. Alterações em Pigmentos e Danos em Membranas de Milho Submetido ao Déficit Hídrico. **XXIV Congresso Nacional de Milho e Sorgo, Florianópolis - SC, 2002**. Disponível em: <https://referenciabibliografica.net/a/pt-br/ref/abnt>. Acesso em: 6 jan. 2024.

VIDAL, M. C.; DIAS, R. P. Bioinsumos a partir das contribuições da agroecologia. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 18, ed. 1, p. 171–192, 2023. DOI <https://doi.org/10.33240/rba.v18i1.23735>. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/1151844/1/Vidal-e-Dias.-Bioinsumos-a-partir-das-construicoes-da-agroecologia.-RBA.pdf>. Acesso em: 30 nov. 2023.

XIONG, L.; SCUMAKER K. S.; ZHU J-K. Cell signaling during cold, drought and stress. **The Plant Cell**, v.14, p. 165-183, 2002.

ZERAIK, A. E.; SOUZA, F. S.; FATIBELLO-FILHO, O. Desenvolvimento de um spot test para o monitoramento da atividade da peroxidase em um procedimento de purificação. **Química Nova**, v.31, p.731-734, 2008.

ZHU, Z.; WEI, G.; LI, J.; QIAN, Q.; YU, J. Silicon alleviates salt stress and increases antioxidant enzymes activity in leaves of salt-stressed cucumber (*Cucumis sativus* L.). **Plant Sci.**, v.167, p.527-533, 2004.

ZHU, J., Hasegawa, P. M., Bressan, R. A. Molecular aspects of osmotic stress in plants. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v.16, p.253-277, 1997.