

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
RONDÔNIA – *CAMPUS* COLORADO DO OESTE

ALINE VIEIRA DA SILVA

**EFEITOS DO DÉFICIT HÍDRICO INDUZIDO PELA IRRIGAÇÃO COM NaCl
SOBRE OS ATRIBUTOS DO SOLO E OS TECIDOS FOLIARES DE PLANTAS DE
MILHO DOCE**

COLORADO DO OESTE

2023

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
RONDÔNIA – *CAMPUS* COLORADO DO OESTE

ALINE VIEIRA DA SILVA

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado junto ao Instituto Federal
de Rondônia, *Campus* Colorado do
Oeste, como requisito parcial para
obtenção do título de Bacharel em
Agronomia.

**Orientadora: Roberta Carolina
Ferreira Galvão de Holanda**

COLORADO DO OESTE

2023

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
RONDÔNIA
CAMPUS COLORADO DO OESTE
CURSO - ENGENHARIA AGRONÔMICA**

Autor: Aline Vieira da Silva

Orientadora: Roberta Carolina Ferreira Galvão de Holanda

Situação: () Aprovado () Reprovado

Aprovado em: __ / __ / __

Nome da professora Orientadora

Membro da Banca

Membro da Banca

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me ajudar a ultrapassar todos os obstáculos encontrados ao longo do curso.

A minha família, que me incentivou em momentos difíceis.

As minhas professoras orientadora Roberta Carolina Ferreira Galvão de Holanda e coorientadora Stella Cristiani Gonçalves Matoso, sem o auxílio de vocês este trabalho não seria possível, obrigada por todo apoio.

Aos meus amigos que ajudaram no decorrer do experimento.

Sumário

RESUMO	8
1. INTRODUÇÃO	10
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	11
2.1 Qualidade do solo	11
2.2 Respiração induzida pelo substrato (RIS)	12
2.3 Respiração basal do solo (RBS)	12
2.4 Carbono orgânico total (COT)	13
2.5 Biomassa microbiana do solo (BMS)	14
2.6 Tecido Vegetal	15
2.7 Efeito da irrigação salina sobre os microrganismos do solo	16
3. MATERIAL E MÉTODOS	17
3.1 Caracterização do local do experimento	18
3.2 Delineamento e planejamento experimental	18
3.3 Classificação e adubação do solo	19
3.4 Procedimentos específicos	20
3.5 Análises RIS, RBS e COT	20
3.7 Análises estatísticas	23
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
4.1 Solo	25
4.2 Tecido Foliar	26
5. CONCLUSÕES	29
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	30

Lista de tabelas

Tabela 1. Análise do solo utilizado no experimento. IFRO, Campus Colorado do Oeste/RO - 2021. 20

Tabela 2. Médias de biomassa microbiana do solo (mg C-Cmic kg⁻¹ de solo), respiração basal do solo (mg C-CO₂ kg⁻¹ de solo h⁻¹), carbono orgânico total do solo (g de C kg⁻¹ de solo), quociente metabólico q (mg C-CO₂ g⁻¹ C-mic h⁻¹) e quociente microbiano (%) obtidas em função de déficit hídrico induzido em solo cultivado com milho doce (Azteca m-3). 25

Tabela 3. Médias dos macro (N, P, K, Ca, Mg e S) e microelementos (B, Cu, Fe, Mn, Zn, Na e Al) obtidas em função de déficit hídrico induzido em solo cultivado com milho doce (Azteca m-3). 26

Lista de figuras

Figura 1. Localização da estufa utilizada para a realização do experimento - Setor de Produção Vegetal I. IFRO, Campus Colorado do Oeste/RO - 2023.

18

Figura 2. Dados de temperatura e umidade dentro da casa de vegetação durante o período de execução do experimento. IFRO, Campus Colorado do Oeste/RO - 2021.

18

Figura 3. Cultivo de milho doce (Azteca m-3) e análises de solo ao longo do período experimental. IFRO, Campus Colorado do Oeste/RO - 2021.

22

RESUMO

A qualidade do solo é considerada um dos fatores que mais influenciam no desenvolvimento das plantas, pois pode fornecer todos os nutrientes necessários para o crescimento das mesmas. Solos salinos podem reduzir a respiração do solo em até 50% devido ao decréscimo na atividade microbiana. Sendo assim, visando avaliar os efeitos sobre os teores de nutrientes em plantas de milho doce (*Zea mays* L. grupo saccharata) e as respostas dos microrganismos do solo em função da irrigação com NaCl, o experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado, com dois tratamentos, ausência e presença de déficit hídrico, e 10 repetições, totalizando 20 parcelas. O déficit hídrico foi induzido pela irrigação com solução salina após a sexta semana de cultivo durante quatro dias, mantendo o solo a 75% da capacidade de campo. Em relação às análises referentes ao solo, houve diferença estatística apenas na respiração basal do solo em função da presença do déficit hídrico, visto que apresentou resposta inferior em relação à ausência do déficit. Da mesma forma, para o macroelemento K e os microelementos Mn, Zn e Na houve diferença estatística significativa em função da presença do déficit hídrico, com médias superiores, ao contrário do Cu que foi afetado pela presença do déficit hídrico, apresentando resposta inferior em relação a ausência do déficit. Portanto, a presença do NaCl comprometeu a atividade dos microrganismos na respiração basal do solo, bem como o acúmulo de alguns elementos no tecido foliar da planta.

Palavras-chave: microbiota do solo, estresse salino, *Zea mays* L.

ABSTRACT

The quality of the soil is considered one of the factors that most influence the development of plants, as it can provide all the nutrients necessary for their growth. Saline soils can reduce soil respiration by up to 50% due to the decrease in microbial activity. Thus, in order to evaluate the effects on nutrient contents in sweet corn plants (*Zea mays* L. saccharata group) and the responses of soil microorganisms as a function of irrigation with NaCl, the experiment was carried out in a completely randomized design, with two treatments, absence and presence of water deficit, and 10 replications, totaling 20 plots. The water deficit was induced by irrigation with saline solution after the sixth week of cultivation for four days, keeping the soil at 75% of the field capacity. Regarding the soil analyses, there was a statistical difference only in the basal soil respiration due to the presence of the water deficit, since it presented a lower response in relation to the absence of the deficit. Similarly, for the macroelement K and the microelements Mn, Zn and Na there was a statistically significant difference due to the presence of the water deficit, with higher means, unlike the Cu that was affected by the presence of the water deficit, presenting a lower response in relation to the absence of the deficit. Therefore, the presence of NaCl compromised the activity of microorganisms in the basal respiration of the soil, as well as the accumulation of some elements in the leaf tissue of the plant.

Keywords: soil microbiota, salt stress, *Zea mays* L.

1. INTRODUÇÃO

O milho doce (*Zea mays* L. grupo saccharata) é destinado à alimentação humana e consumido na fase verde. É tipicamente um produto tecnológico que embarca procedimentos agrícolas, sustentáveis e mercadológicos. Ele tem como origem a América Central e pertence à família Poaceae, tribo Maydeae, gênero *Zea* e à espécie *Zea mays* L. (DE OLIVEIRA 2006; TEIXEIRA et al., 2019).

O Brasil é um grande produtor de milho comum, e poderia apresentar maior potencial de produção do milho doce. De acordo com Kwiatkowski (2007) a principal diferença entre o milho doce e o milho comum é a presença de alelos mutantes que bloqueiam a conversão de açúcares em amido no endosperma, conferindo o caráter doce, tornando o milho enrugado e translúcido quando seco. Em Rondônia não há registros da produção de milho doce, porém, segundo a Secretaria de Agricultura do Estado de Rondônia, a segunda safra de milho 2022/2023 no estado está estimada em 271,5 mil hectares, com produção de 1,4 milhões de toneladas do grão em geral (SEAGRI, 2023).

Um fator que afeta a produção do milho, é o déficit hídrico. De acordo com Oliveira et al. (2015), ele é um dos principais fatores que afeta o desenvolvimento do milho, podendo promover perdas consideráveis em relação a sua produtividade e a qualidade das espigas. O uso de água salina na agricultura também afeta a produção. Tal uso é considerado como alternativa importante na utilização dos recursos naturais escassos. No entanto, a concentração de sais solúveis (salinidade) na água é um dos principais fatores limitantes ao crescimento e desenvolvimento de algumas culturas (LACERDA et al., 2011; SOUSA et al., 2014). Outro fator é o solo, pois a atividade da população microbiana pode ser comprometida quando submetidas a condições indesejadas.

Diante do exposto, sabendo que o milho é considerado uma cultura de grande valor econômico na região norte do país, torna-se indispensável entender o que a irrigação com NaCl pode induzir ao solo e aos tecidos vegetais de milho doce. Com isso, este trabalho teve como intuito avaliar os efeitos da indução ao déficit hídrico pela irrigação com NaCl sobre os atributos do solo e os tecidos foliares de plantas de milho doce.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Qualidade do solo

Se tratando do solo, a qualidade do mesmo é considerada uma propriedade que não determina apenas o aumento de produtividade e sustentabilidade das culturas, mas que também influencia na saúde das plantas, animais e conseqüentemente dos seres humanos (MELO et al., 2017).

Mantendo a sustentabilidade do ambiente, o solo é um recurso natural de importância ecológica onde ocorrem atividades biológicas responsáveis por várias transformações físicas e químicas dos resíduos orgânicos que são depositados. Assim, para melhorar a sustentabilidade dos sistemas agrícolas, avaliar a qualidade do solo é uma estratégia muito importante para definir práticas e sistemas de manejo que sejam capazes de manter ou melhorar tais sistemas (CHERUBIN et al., 2015 e NOGUEIRA, 2022).

Segundo Duarte et al. (2014), com o passar do tempo, as reservas orgânicas e minerais do solo podem ser esgotadas em função do manejo inadequado do mesmo através das atividades agrícolas e agropecuárias, transformando solos que possuem potencial de produção em solos de baixa fertilidade.

Para Cherubin (2015), manter o nível desejável em relação a qualidade do solo possui impasses, por influência de vários fatores que lhe dominam (clima, solo, planta e manejo humano), considerando as interações entre os mesmos.

De acordo com Luz (2017), em relação à avaliação da qualidade do solo, a ciência utiliza vários métodos, baseados em indicadores físicos, químicos e/ou biológicos. Com isso, a qualidade do solo é um atributo essencial não só para o desenvolvimento das espécies que habitam no mesmo, mas para a manutenção sustentável das culturas a serem implantadas (DE OLIVEIRA et al., 2021).

Para se ter entendimento sobre a qualidade do solo, são utilizados alguns métodos para avaliar a atividade da população microbiana presente no mesmo, sendo eles, respiração induzida pelo substrato, respiração basal do solo e carbono orgânico total.

2.2 Respiração induzida pelo substrato (RIS)

O método de respiração induzida pelo substrato avalia o aumento inicial da taxa de respiração da população microbiana quando uma fonte de carbono solúvel, como a glicose, é adicionada ao solo. Esse método permite calcular a taxa de respiração específica, que é a razão da respiração microbiana em relação à biomassa, ou seja, quantidade de C-CO₂ produzida por unidade de C da biomassa microbiana ou o quociente metabólico (qCO₂) (NICODEMO, 2009).

Paula et al. (2006) define a respiração induzida por substrato (RIS) como resultado da resposta dos microrganismos à adição de carbono prontamente disponível. Para Anderson e Domsch (1978) a RIS reflete o potencial de microrganismos zimógenos (bactérias do solo que requerem substratos facilmente oxidáveis para seu crescimento) os quais apresentam aumento de atividade degradadora em resposta a adição de matéria orgânica ao solo. Esta medida é geralmente utilizada para avaliar a respiração em solos estressados e /ou perturbados, já que os solos estressados tendem a responder de maneira mais lenta à adição de fontes de carbono, em relação a solos não-perturbados (HUNGRIA, 1994).

O método respiratório disponibiliza estimativas reproduzíveis do tamanho da biomassa dentro de 1 a 3 horas após a alteração do solo. Pode ser combinado sem dificuldade com um método de inibição seletiva para a determinação de contribuições bacterianas e fúngicas para o metabolismo do solo (ANDERSON e DOMSCH, 1978).

2.3 Respiração basal do solo (RBS)

A respiração basal do solo (RBS) é caracterizada como a soma total de todas as funções metabólicas em que o CO₂ é produzido. A RBS está diretamente ligada com a atividade microbiana do solo, visto que as bactérias e os fungos são os principais responsáveis pela maior liberação de CO₂ via degradação da matéria orgânica (MARTINS et al., 2011).

Segundo Moura et al. (2015), a respiração basal se refere ao nível da atividade microbiana, de modo que permite realizar interferências em relação a

decomposição da sustentação da vida no solo, por meio da atividade de animais, microrganismos e plantas.

Para Dionísio et al. (2016), tal atividade se caracteriza pela oxidação da matéria orgânica realizada por organismos, que utilizam o gás oxigênio (O_2) até a obtenção de gás carbônico (CO_2), podendo ser determinado através da titulação, condutividade elétrica, sendo realizada através da incubação de amostras de solo sem a adição de suplementos.

De acordo com Ferreira et al. (2018) e Alves et al. (2019), para os sistemas agroecológicos de produção, os processos da ação microbiana no solo são de extrema importância, sendo essencial a manutenção da matéria orgânica no solo, visto que esta contribui para melhor atuação da comunidade microbiana.

Medeiros et al. (2018) salientam que, o aumento da respiração basal do solo é resultado da degradação do material de origem orgânica, transformando-o em nutrientes disponíveis para as plantas, provocado pelos microrganismos presentes no solo.

2.4 Carbono orgânico total (COT)

Locatelli (2018) definem o carbono orgânico como um indicativo da qualidade do manejo que é utilizado no sistema. Mesmo sendo uma variável altamente influenciada por fatores ambientais, são as práticas agrícolas que determinam o estabelecimento de um sistema conservacionista.

Para Sales et al. (2018), a formação da matéria orgânica ocorre principalmente por compostos de carbono e possui implicações no desempenho físico do solo, de maneira a desempenhar grande influência no processo de restabelecimento estrutural. Essa matéria orgânica do solo é composta, principalmente, pelo carbono orgânico que possui, em média, 58% da matéria orgânica (MO) total. O carbono orgânico é resultante do aporte de biomassa vegetal, exsudados de raízes, constituintes solúveis das plantas e a transformação desses pela ação dos microrganismos do solo (SILVA et al., 2007).

Campos et al. (2016) ressaltam que o carbono orgânico está diretamente ligado com a qualidade do solo, onde o mesmo é um considerado um agente cimentante da estrutura do solo, atuando no tampão do pH, na

capacidade de troca de cátions e complexação de elementos, além de elevar a disponibilidade hídrica no solo.

O maior componente da matéria orgânica do solo é o carbono orgânico, que possui, em média, 58% da MO total. As variações nas suas quantidades são utilizadas para a avaliação da qualidade do solo devido sua influência sobre as propriedades condicionantes de fertilidade. O carbono orgânico é resultante do aporte de biomassa vegetal, exsudados de raízes, constituintes solúveis das plantas e a transformação desses pela ação dos microrganismos do solo (SILVA et al., 2007; SATO, 2013).

De acordo com Almeida et al. (2014) os estoques de carbono orgânico no solo são determinados pelas frações que estão fortemente associadas aos minerais, até as frações mais lábeis, com pouca adsorção a fração mineral ou até mesmo sem adsorção nenhuma.

2.5 Biomassa microbiana do solo (BMS)

Cardoso (2004), define a biomassa microbiana do solo como um componente vivo do solo, composto por bactérias, protozoários, fungos, actinomicetos e algas, onde atuam no processo de decomposição de resíduos orgânicos, pelo fluxo de energia dentro do solo e pela ciclagem de nutrientes. Com isso, a biomassa é o componente essencial da matéria orgânica, que regula a ciclagem de nutrientes no solo (GOMES et al., 2015).

Os atributos microbiológicos, indicadores da variabilidade de concentração de nutrientes e propriedades do solo são considerados indicadores sensíveis às alterações que os sistemas de manejo utilizados causam, permitindo indicar a qualidade do solo, além de suas funções referentes à sustentação da atividade agrícola e ambiental (MATSUNAGA et al., 2018 e FERREIRA et al., 2018).

De acordo com Hoffmann et al. (2018) a biomassa microbiana é considerada um excelente indicador da qualidade do solo, pois é responsável por regular as transformações e acúmulo de nutrientes, sendo uma fração lábil da matéria orgânica, ou seja, apresenta alta taxa de decomposição e um curto período de permanência no solo, podendo refletir mudanças no material orgânico e no desenvolvimento do solo, já que os

microrganismos do solo regulam vários processos que afetam o ecossistema e estão associados com a ciclagem de nutrientes, fertilidade do solo, mudanças nos estoques de carbono e na dinâmica da matéria orgânica.

Para Fernandes (2021), a biomassa microbiana do solo apresenta uma elevada reatividade em relação às alterações do ambiente, sendo uma medida que vem se mostrando como um excelente indicador de qualidade de solo, por apontar problemas ocasionados pelo manejo incorreto, ainda que prematuramente. Além disso, a avaliação de atributos microbiológicos, como bioindicadores de qualidade do solo, também podem servir como ferramenta para orientar o planejamento e a avaliação das práticas de manejo (AGOSTINHO et al., 2017).

2.6 Tecido Vegetal

Para Freitas (2020) a nutrição mineral é considerada um dos componentes de mais relevância da produção vegetal, visto que as plantas necessitam de suprimento adequado de macro e micronutrientes essenciais para atingir uma produção satisfatória.

Para Trani et al. (1983) e Malavolta et al. (1997) a análise química de tecido vegetal é um dos métodos utilizados para avaliar o estado nutricional das plantas. Portanto, comparando os valores dos elementos na amostra com um padrão (plantas normais), é possível diagnosticar desequilíbrios nutricionais.

A deficiência nutricional é um fator que possui grande influência na produtividade de culturas em geral, podendo observar mudanças nas plantas, sendo elas na produção de matéria seca e desequilíbrios no crescimento. Com isso, grande parte dessas culturas evoluem sob condições de baixa salinidade do solo, onde, os mecanismos desenvolvidos para absorver, transportar e utilizar os nutrientes minerais presentes em substratos não salinos, podem não ser suficientes em condições salinas (GARCIA et al., 2005; CORREIA 2020).

Segundo Grattan et al. (1994), a disponibilidade de nutrientes para as plantas em ambientes salinos, é influenciada por vários fatores envolvendo o sistema solo - planta no ambiente, pois o pH do solo influencia a disponibilidade de nutrientes, enquanto a concentração e as relações entre eles

podem influenciar a absorção e o transporte de um nutriente, afetando, indiretamente, a absorção e a translocação de outros.

Para Krasensky et al. (2012) e Prasch et al. (2015), déficit hídrico, baixa temperatura e alta salinidade são fatores que podem provocar perda de turgor nas células da planta, além de poderem ocasionar uma reorganização das células a fim de diminuir danos maiores à planta. Como resultado das alterações causadas, as plantas podem inibir por completo atividades importantes que exercem, como a fotossíntese, além de reduzir a fertilidade, alterar o crescimento, entre outras.

A diagnose foliar é uma ferramenta de grande importância para a avaliação e o monitoramento do estado nutricional das plantas. Além disso, a diagnose nutricional realizada através de tecidos vegetais, se mostra um condutor útil para o manejo dos nutrientes, sendo responsável pelo diagnóstico de problemas nutricionais não identificados visualmente, identificação de interações entre nutrientes, caracterização da causa específica de um problema nutricional, entre outros. Dessa forma, a utilização da análise foliar na avaliação nutricional das plantas pode evidenciar deficiências e até mesmo excessos de um ou mais nutrientes, possibilitando que sejam feitas as devidas correções, evitando o comprometimento da produtividade e da qualidade dos produtos agrícolas (EMBRAPA, 2000).

Em experimentos realizados por FERREIRA et al. (2018) e CRUZ et al. (2019) com diferentes concentrações de NaCl, foi observado que a presença da solução salina causou alterações na fisiologia e morfologia das plantas de milho, bem como a redução na altura, limitando seu crescimento e desenvolvimento durante os períodos avaliados.

2.7 Efeito da irrigação salina sobre os microrganismos do solo

Rath et al. (2019) define solos salinos como aqueles que possuem a condutividade elétrica (CE) igual ou maior que 4 dS m⁻¹. Este nível de condutividade pode afetar a interação dos microrganismos benéficos com as plantas.

Altos teores de sal afetam o comportamento da microbiota do solo, reduzindo a interação das plantas com microrganismos benéficos, como os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) e os rizóbios (LEAL et al., 2021).

Para Moraes et al. (2015) a salinidade é um fator ambiental que causa limitações ao crescimento dos microrganismos, visto que a elevada concentração de sais solúveis reduz o potencial hídrico do solo e causa efeitos tóxicos por conta do excesso de íons como o sódio e cloreto.

Levando-se em consideração que o crescimento e a atividade dos microrganismos são muito dependentes dos atributos edafoclimáticos, ambos podem ser utilizados como indicadores sensíveis das alterações ocorridas no solo, mesmo em curto prazo (BOECHAT et al., 2012).

Kumawat et al. (2022) salienta que solos salinos são constituídos por vários microrganismos halofílicos no solo e a maioria pertence predominantemente aos gêneros de *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Micrococcus* e *Alcaligenes*. Esses microrganismos tolerantes ao sal são divididos em quatro grupos por Kushner (1993), sendo eles, não-halofílicos <0,2 M NaCl, levemente halofílicos 0,2-0,5 M NaCl, moderados halofílicos 0,5-2,5 M NaCl e extremos halófilos >2,5 M NaCl.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização do local do experimento

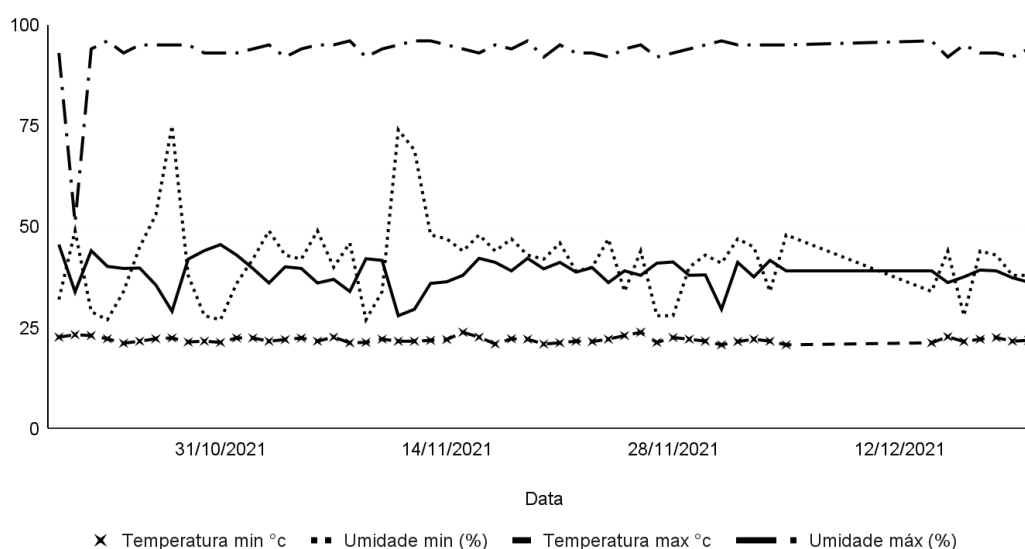
O experimento foi desenvolvido em uma casa de vegetação telada e com cobertura transparente do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO), *Campus* Colorado do Oeste, localizado nas coordenadas 13°6'47.97"S, 60°29'16.09"O, a uma altitude média de 425m (Figura 1). O clima da região é do tipo Am, tropical chuvoso, com duas estações bem definidas: uma chuvosa (outubro a abril) e a outra seca (maio a setembro), segundo a classificação de Köppen (ALVARES, 2014). A temperatura média anual é de 24°C, a máxima de 36°C e a mínima de 12°C, com precipitações superiores a 2.200 mm anuais (LIMA et al., 2011). Durante o período de execução do experimento, a temperatura média dentro da estufa foi de 31,5 °C com máxima de 42,2 °C e mínima de 20,8 °C e umidade relativa do ar média de 61,5 %, com valor máximo de 96% e mínima de 27%, obtido com auxílio de termohigrômetro (Figura 2).

Figura 1. Localização da estufa utilizada para a realização do experimento - Setor de Produção Vegetal I. IFRO, *Campus* Colorado do Oeste/RO - 2023.



Fonte: Google Earth, 2023.

Figura 2. Dados de temperatura e umidade dentro da casa de vegetação durante o período de execução do experimento. IFRO, *Campus* Colorado do Oeste/RO - 2021.



3.2 Delineamento e planejamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC) com dois tratamentos (ausência e presença de déficit hídrico induzido pelo tratamento com NaCl) e 40 repetições. O experimento contou com 40 plantas testemunhas e 40 plantas tratamentos, totalizando 80 plantas (Figura 3 A).

O foco deste estudo, que faz parte de um projeto guarda-chuva desenvolvido com o objetivo de avaliar a influência do déficit hídrico induzido em plantas de milho por meio do tratamento com NaCl, foi a análise do solo antes e após o período de exposição das plantas de milho ao estresse. Para tanto, nele foram realizadas análises de RIS, RBS e COT. Somado a isso, foi realizada a avaliação dos teores de macro e micronutrientes nos tecidos foliares.

Com base em pesquisas sobre a influência do NaCl como indutor de alterações no crescimento de plantas, verificou-se que 25 e 200 mM são as concentrações mínima e máxima de NaCl que vem sendo fornecidas (FERREIRA et al. 2018; CRUZ et al. 2019). Sendo assim, foram testadas três concentrações de NaCl com o objetivo de fornecê-lo às plantas e induzir déficit hídrico. São elas: 50 mM, 100 mM e 150 mM de NaCl. Com base em alterações foliares observadas, optou-se pelo uso de 100 mM como concentração máxima de NaCl a ser usada no experimento.

3.3 Classificação e adubação do solo

O solo para cultivo das plantas de milho foi obtido de uma área de floresta localizada no próprio *Campus*, na camada de 0-20cm de profundidade, sendo classificado como Argissolo Vermelho eutrófico cambissólico (SANTOS et al., 2018), com pH ligeiramente ácido entre 5,8 - 7,0. Após a coleta, o solo foi seco ao ar, destorroado, homogeneizado e passado em peneira de 5 mm de abertura, sendo adicionado uma quantidade média de 6,175 Kg de solo em vasos plásticos com volume de 6 L.

Quinze dias antes da semeadura foram adicionados 50 mg kg⁻¹ de N; 100 mg kg⁻¹ de P₂O₅; 50 mg kg⁻¹ de K₂O por vaso, na forma de sulfato de amônio, superfosfato triplo e cloreto de potássio, respectivamente. Oito dias depois, com as plantas em estágio V3 - V4, realizou-se a aplicação de 304,8 g kg⁻¹ de cálcio e 61,6 g kg⁻¹ de magnésio, na forma de cloreto de cálcio e sulfato de magnésio, diluídos em água de irrigação.

Tabela 1. Análise do solo utilizado no experimento. IFRO, *Campus Colorado do Oeste/RO* - 2021.

Amostra	pH	pH	MO	P	K	Na	Ca	Mg	H+Al	Areia	Silte	Argila
	H ₂ O	CaCl ₂	g/kg	mg/d ³			cmolc/dm ³			g/kg		
0 - 20 cm	6,20	6,18	21,6	17,9	146,8	29,0	18,6	2,44	1,39	542,6	255,6	201,8

Extratores: P, K, Na, Cu, Fe, Mn: Mehlich-I; Ca, Mg, Al, KCl 1M; H + Al: Acetato de cálcio 0,5 M pH 7,0; M.O.: Dicromato de Potássio.

3.4 Procedimentos específicos

A capacidade de campo foi determinada pelo método direto em vaso. Para tanto, realizou-se a saturação do solo seco ao ar (PASSOS, 2004), por capilaridade, mergulhando-se os vasos em um recipiente com nível de água inferior à borda do vaso. O processo foi realizado com seis vasos em tempo médio de 2 h de imersão. Posteriormente, realizou-se o escoamento da água gravitacional em ambiente protegido, por um período de 24 h. Após, a massa do solo e dos vasos foi aferida em balança semi analítica, para obter o valor de 100% da capacidade de campo, sendo realizados cálculos para manter o solo sempre a 75% da CC.

A semeadura foi realizada alocando-se as sementes a 2 cm de profundidade. Após a emergência, as plantas foram irrigadas conforme a capacidade de retenção de água pelo solo (CRAs), mantendo o solo a 75% de sua capacidade de campo, durante 66 dias. Após quinze dias da semeadura, quando as plantas atingiram de seis a oito folhas, foi realizada a adubação nitrogenada em cobertura com 0,635 g vaso⁻¹ de sulfato de amônio.

Com as plantas em estágio V10, o solo foi irrigado inicialmente com NaCl a 50 mM por dois dias, a fim de promover a aclimatação das plantas à solução salina. Após esse período, o solo foi irrigado com NaCl a 100 mM por mais dois dias. No quarto dia as plantas apresentaram sintomas severos de estresse, tais como, murcha intensa e enrolamento foliar. Diante disso, optou-se pelo desmonte do experimento a fim de evitar a perda das plantas.

3.5 Análises RIS, RBS e COT

Antes de iniciar o déficit hídrico induzido por irrigação com NaCl foi realizada a coleta do solo de 20 vasos (Figura 3 B) para as análises de

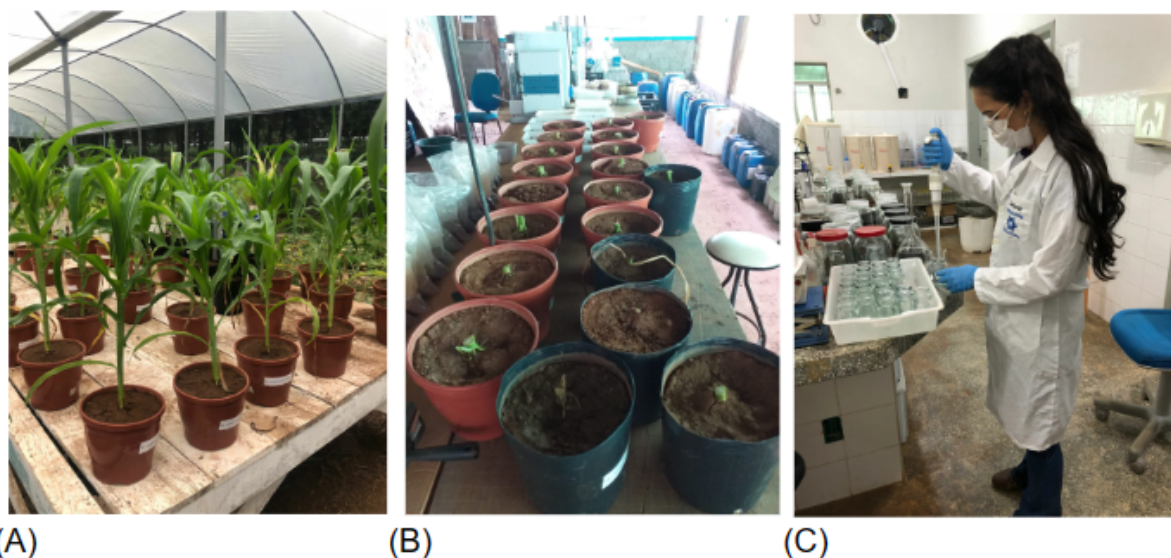
biomassa microbiana pelo método da respiração induzida (RIS) (ANDERSON; DOMSCH, 1978); respiração basal do solo (RBS) (SILVA et al., 2007) e carbono orgânico total (COT) (EMBRAPA, 2017). Para isso, foram colhidas amostras dos solos na profundidade de 15 cm, que foram peneiradas em peneira de malha, armazenadas em saco plástico e identificadas. Posterior a isso, as análises de respiração induzida pelo substrato, respiração basal do solo, carbono orgânico total e umidade foram iniciadas.

Para análise da RIS foram pesados 50 g de solo de cada amostra e 0,5 g de sacarose (açúcar), sendo eles homogeneizados e adicionados aos frascos de vidro com capacidade de 1,5 L, juntamente com 20 mL de solução de hidróxido de sódio (NaOH) 2 M, acondicionada em frascos de 100 mL do tipo *snap-cap* (Figura 3 C). Os frascos de 1,5 L foram hermeticamente fechados e armazenados em local isento de luminosidade por um período de quatro horas. Posterior a isso, as amostras foram retiradas e os frascos que continham a solução de NaOH, foram retirados do frasco maior, no qual foi adicionado 2mL de solução de cloreto de bário ($BaCl_2$) 10% (m/v) para que o CO_2 pudesse se precipitar completamente, seguido do rápido fechamento do frasco. Dando seguimento, para a realização da titulação dessas amostras, os frascos com a solução foram destampados um por vez e adicionadas 2 gotas de fenolftaleína 1% (m/v), passando de coloração esbranquiçada para uma coloração rosa, e após a titulação, a amostra passou de uma coloração rosa para incolor.

Para análise da RBS os passos descritos anteriormente foram os mesmos, porém a quantidade de solo pesado foi de 100 g, sem a presença de sacarose, permanecendo em local isento de luminosidade por um período mais longo, sendo 7 dias. Após esse período foram realizados os mesmos procedimentos utilizados para a análise anterior. O teor de umidade das amostras foi determinado utilizando cadinhos, sendo eles pesados e identificados para receberem aproximadamente 1 g de solo, onde foram submetidos a ventilação forçada na estufa por um período de 72 horas. Passado esse tempo, os cadinhos foram retirados da ventilação e armazenados no dessecador para que não pudessem absorver a umidade do ambiente externo. Após o período de déficit hídrico, as análises citadas foram repetidas.

Para cada momento (antes e após o déficit hídrico) parte do solo também foi preparada e armazenada para realizar a análise de carbono orgânico total (EMBRAPA, 2017). As análises foram realizadas apenas nas amostras do tempo 1 (após o estresse hídrico), onde elas foram maceradas em almofariz, sendo posteriormente peneiradas em peneira de malha de 0.180 mm. Posteriormente, pesou-se 0,250 g de terra fina seca ao ar (TFSA) que foi transferida para tubos de digestão, sendo adicionado 10 mL de dicromato de potássio ($K_2Cr_2O_7$). Logo em seguida, as amostras foram levadas ao bloco digestor a uma temperatura de no máximo $150^\circ C$, por 5 minutos. Após, foram retiradas do bloco digestor para que pudessem esfriar por aproximadamente uma hora. Feito isso, as soluções foram transferidas para o erlenmeyer, onde foi adicionado 8 mL de água destilada e 2,0 mL de ácido ortofosfórico (H_3PO_4) em cada amostra. Por fim, para realizar a titulação das mesmas, foram adicionadas 3 gotas da solução indicadora (Difenilamina 10 g/l), sendo posteriormente, realizada a titulação utilizando a solução de sulfato ferroso amoniacal $0,05 \text{ mol L}^{-1}$, de modo que a solução passou de uma coloração castanho escuro, para uma coloração verde.

Figura 3. Cultivo de milho doce (Azteca m-3) e análises de solo ao longo do período experimental. IFRO, *Campus Colorado do Oeste/RO* - 2021.



Legenda: A - Plantas de milho doce (Azteca m-3) com 48 dias na casa de vegetação - 15/11/2021; B - Amostras de solo recém coletadas para análise - 17/11/2021; C - Preparo das amostras para análises de RIS, RBS e COT - 17/11/2021.

3.6 Análise de tecido vegetal

Antes e após o início do déficit hídrico, as folhas verdes recém-coletadas dos 20 vasos foram armazenadas em sacos de papel *kraft* e identificadas para envio para laboratório especializado em análises de tecidos vegetais. No laboratório, as amostras foram secas em estufa com circulação forçada de ar a 65°C até obtenção de peso constante, trituradas em moinho do tipo Wiley, passadas em peneiras de malha 1,0 mm (20 mesh) e armazenadas em frasco de vidro para subsequente análise química, conforme método proposto por Malavolta et al., (1997) e Silva (2009).

Para a determinação de N, foi realizado o método de titulação (Kjeldahl) e para a determinação dos elementos P, Ca, Mg, Al, S, B, Fe, Mn, Cu e Zn foi realizada a espectrometria de emissão atômica por plasma (ICP-AES) e a determinação dos elementos K e Na ocorreu por fotometria de chama.

3.7 Análises estatísticas

As variáveis foram submetidas ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk seguido pelo teste de Bartlett. Para as variáveis que não atenderam aos pressupostos de normalidade e homogeneidade de variâncias, procedeu-se à transformação dos dados. Foram transformados os resultados de BMS, qMIC, Fe e Na. Todas as variáveis foram submetidas ao teste F. Os programas utilizados para realizar as análises estatísticas foram o Excel e o Action Stat.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Solo

A respiração é considerada um indicador sensível, que por sua vez revela rapidamente as possíveis alterações nas condições ambientais que comprometem a atividade microbiana (AQUINO et al., 2005). Em contrapartida, por se tratar de um solo Amazônico, o mesmo não apresentou sensibilidade suficiente que pudesse refletir na alteração da atividade microbiana.

Analisando a variável RIS é possível observar que não houve diferença entre ausência ou presença do déficit hídrico, pois possivelmente os organismos ativos não conseguiram realizar a reciclagem de nutrientes e a decomposição. Silveira (2011) cita que o método de respiração induzida pelo

substrato é utilizado pelos microrganismos, e a resposta se dá através do aumento da evolução de CO_2 .

Para os resultados da RBS foi observada diferença significativa em função da presença do déficit, visto que o mesmo apresentou média inferior quando comparado com a ausência do déficit (Tabela 2). Segundo Matsunaga et al. (2018), a maior taxa de RBS é observada na presença de água e nas primeiras camadas do solo, devido às condições naturais serem mais favoráveis à atividade microbiológica. Para eles, a ausência de água favorece a redução populacional, sendo esta, consequência da diminuição da taxa de RBS. Comprovando a associação deste resultado, a disponibilidade hídrica motivou o aumento da atividade dos microrganismos, já na presença da salinidade, houve uma redução na atividade microbiológica, o que muito provavelmente ocasionou uma redução na sustentação da vida do solo.

Segundo a Tabela 2, as variáveis COT; $q\text{CO}_2$ e $q\text{MIC}$ não apresentaram diferença significativa em relação a ausência e presença do déficit. Isso significa que o tratamento não causou distúrbio sobre a comunidade microbiana do solo, conforme relata Matias et al. (2009), ao afirmarem que o estresse da comunidade microbiana pode ser determinado por elevados valores de $q\text{CO}_2$. Corroborando com este autor, Islabão et al. (2008) cita que elevados teores de $q\text{CO}_2$ representam alta determinação de energia da comunidade para conseguirem se manter, visto que em algumas situações a água de irrigação é um dos fatores que podem proporcionar a diminuição da liberação de CO_2 de forma significativa, além de que, a não irrigação das áreas permite o estabelecimento de um ambiente estável para a microbiota do solo, representada pela diminuição do $q\text{CO}_2$. Comprovando o que foi citado pelos autores, onde não houve aumento de energia da comunidade microbiana do solo, fazendo com que eles ficassem estabilizados, não havendo a liberação de CO_2 .

Tabela 2. Médias de biomassa microbiana do solo (mg C-Cmic kg^{-1} de solo), respiração basal do solo ($\text{mg C-CO}_2 \text{ kg}^{-1}$ de solo h^{-1}), carbono orgânico total do solo (g de C kg^{-1} de solo), quociente metabólico o ($\text{mg C-CO}_2 \text{ g}^{-1} \text{ C-mic h}^{-1}$) e quociente microbiano (%) obtidas em função de déficit hídrico induzido em solo cultivado com milho doce (Azteca m-3).

Variáveis	Déficit hídrico	
	Ausência	Presença
RIS	940,64 \pm 0,03a	860,61 \pm 0,01a
RBS	0,22 \pm 0,03a	0,11 \pm 0,03b
COT	12,49 \pm 0,13a	12,16 \pm 0,26a
qCO ₂	0,23 \pm 0,04a	0,14 \pm 0,04a
qMIC	7,52 \pm 0,02a	6,99 \pm 0,01a

Média \pm erro padrão. Médias seguidas de mesma letra nas linhas não diferem significativamente entre si, pelo teste de F aplicado a nível de 5% de probabilidade.

Para Gomes et al. (2015), a biomassa microbiana do solo é um componente de extrema importância da matéria orgânica que atua regulando a ciclagem de nutrientes no solo. A Tabela 2 demonstra que em relação à biomassa microbiana do solo, não houve diferença estatística para as variáveis analisadas tanto na ausência, quanto na presença do déficit, onde podemos associar com período de aclimação e a baixa exposição ao estresse, visto que são variáveis climáticas quando afetadas, alteram a atividade enzimática do solo, o que não foi observado.

Resultados obtidos por Matsunaga et al. (2018), mostraram que em áreas com ausência de água a biomassa microbiana do solo diminuiu significativamente, além de fazer com que parte da respiração basal tendesse a migrar para níveis inferiores do solo, onde se observa melhor reserva de umidade. Em compensação, analisando a Tabela 2, observa-se resultado contrário ao que foi citado pelo autor, visto que não houve redução na biomassa microbiana do solo analisado

Nogueira (2022) obteve resultado onde o milho submetido ao déficit hídrico estimulou a respiração do solo em resposta ao estresse hídrico. Ao analisar a Tabela 2 pode-se observar resultado contrário ao de Nogueira, pois a presença de umidade estimulou a respiração do solo. Da mesma forma, Ferreira et al. (2017) ao avaliarem a influência do regime hídrico na população

microbiana do solo, observaram que com o aumento da umidade, houve também um aumento considerável na respiração.

4.2 Tecido Foliar

Fatores ambientais influenciam na absorção, translocação, acúmulo e utilização de nutrientes pelas plantas, sendo a disponibilidade de água um fator muito importante, pois é através dela que ocorre o veículo de condução dos elementos até a interface solo raiz e no xilema, além de interferir não apenas na fisiologia da planta, mas na utilização dos nutrientes e absorção dos mesmos (FERREIRA et al., 2018).

Analisando a Tabela 3, pode-se perceber que os valores de N, P, Ca, Mg, S B, Fe e Al não diferiram estatisticamente para a ausência e presença do déficit hídrico.

Tabela 3. Médias dos macro (N, P, K, Ca, Mg e S) e microelementos (B, Cu, Fe, Mn, Zn, Na e Al) obtidas em função de déficit hídrico induzido em solo cultivado com milho doce (Azteca m-3).

Variáveis	Déficit hídrico	
	Ausência	Presença
N	23,15 ± 0,76a	22,34a ± 0,81a
P	1,84 ± 0,11a	1,69a ± 0,13a
K g kg-1	16,59 ± 1,09b	20,61a ± 1,00a
Ca	9,32 ± 0,63a	8,59a ± 0,33a
Mg	3,32 ± 0,35a	2,85a ± 0,18a
S	1,83 ± 0,05a	1,75a ± 0,05a
B	7,39 ± 1,78a	9,25 ± 0,85a
Cu	9,17 ± 0,27a	7,85 ± 0,42b
Fe	148,50 ± 0,02a	123,50 ± 0,01a
Mn mg kg-1	150,6 ± 21,12b	245,94 ± 33,2a
Zn	48,52 ± 4,60b	64,95 ± 4,00a
Na	60,46 ± 0,12b	156,14 ± 0,13a
Al	111,72 ± 14,08a	86,17 ± 7,85a

Média ± erro padrão. Médias seguidas de mesma letra nas linhas não diferem significativamente entre si, pelo teste de F aplicado a nível de 5% de probabilidade.

Observa-se que o elemento Ca não apresentou diferença quanto a ausência e presença do déficit hídrico, muito provavelmente devido à baixa exposição ao estresse, visto que um dos fatores que afetam a disponibilidade de cálcio no solo é a disponibilidade de água. Marschner (1995) cita que a redução nos teores de cálcio em tecidos vegetais é comum quando o ambiente possui certa limitação de disponibilidade hídrica, visto que a quantidade de tal elemento em um determinado órgão da planta se torna sujeito da corrente transpiratória, por conta do seu transporte pelo xilema.

Quando o crescimento das plantas está mais afetado do que a absorção dos nutrientes, a concentração destes nos tecidos vegetais pode aumentar (BERGAMASCHI et al., 2007). Com isso, ao analisar a Tabela 3 é possível observar que o elemento K apresentou aumento considerável no tecido foliar quando submetido ao déficit hídrico. Houve diferença significativa em relação às condições analisadas para esse elemento, de modo que as médias foram superiores na presença do déficit quando comparado com a ausência do mesmo. Premachandra et al. (1993) corrobora que o K é um importante contribuinte para o ajustamento osmótico que pode ocorrer sob condições de deficiência hídrica, o que pode ter ocorrido neste estudo.

Para os microelementos Mn, Zn e Na (Tabela 3), nota-se que suas médias foram superiores na presença do déficit quando comparado com a ausência. Em relação ao Mn e Zn, na presença do déficit, possivelmente, ocorreu uma redução na taxa fotossintética das plantas, que ao apresentarem maior acúmulo desses elementos, conseguiram encontrar estímulos para tolerar o estresse que foi fornecido a elas. Como o Mn é um componente do fotossistema II e o Zn é um ativador da enzima anidrase carbônica, que atua no ciclo C4, podem ter ocorrido distúrbios na fotossíntese das plantas (TAIZ & ZEIGER 2017). Se tratando do elemento Na, Santos et al. (1998) ressalta que ele é um elemento químico que pode ser encontrado em solos salinos, podendo afetar o crescimento e desenvolvimento das plantas. Em condições de déficit hídrico, sua absorção pelas raízes das plantas pode aumentar e causar um acúmulo excessivo de Na nas folhas causando prejuízos ao crescimento, o que foi comprovado em experimento realizado por Campista (2022). Dessa forma, o aumento deste elemento em excesso na presença do

déficit pode ter causado danos às membranas celulares e prejudicado a absorção de nutrientes.

Ao contrário dos elementos descritos acima, o Cu apresentou uma média inferior em função da presença do déficit, o que levou a um menor acúmulo deste elemento no tecido vegetal da planta, comprometendo a síntese da proteína plastocianina que participa da fotossíntese. A síntese da plastocianina é dependente da quantidade de Cu disponível, ou seja, se com o baixo acúmulo desse elemento nas plantas, a síntese da proteína foi afetada e, conseqüentemente, a fotossíntese também foi prejudicada (TAIZ & ZEIGER, 2017). Por se tratar de um elemento pouco móvel no solo, possivelmente grande parte desse elemento pode ter ficado retido como quelato.

Em experimento realizado por Garcia et al. (2005), a salinidade do solo afetou, significativamente, os teores de N, P e S, nas folhas das plantas de milho. No presente experimento, esses macronutrientes não foram afetados pelo fornecimento de NaCl.

A eficiência de absorção de água é muito dependente do volume de solo explorado e pela superfície de contato das raízes com o solo. Dessa forma, tendo como base que as plantas ficaram expostas a irrigação salina por um período de 4 dias e não apresentaram resultados expressivos, ainda que alguns nutrientes da planta foram alterados, não houve alteração na microbiota do solo, podendo assim, ser submetido a um período maior de estresse, visto que o período em que ficaram expostos não foi o suficiente para influenciar na alteração dos microrganismos do solo.

5. CONCLUSÕES

- Não se constatou diferença entre a ausência e presença do déficit na biomassa microbiana do solo, carbono orgânico, quociente metabólico e quociente microbiano porque a ação do NaCl não impactou a atividade da microbiota do solo no período avaliado.
- As plantas cultivadas apresentaram respostas sob a ação do NaCl, influenciando diretamente os canais iônicos.
- Recomenda-se que os parâmetros analisados sejam realizados em períodos maiores de exposição ao estresse.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, R.F; SANCHES, B.C. Disponibilidade de carbono orgânico dos solos no cerrado brasileiro. **Scientia Agraria Paranaensis**, Marechal Cândido Rondon, v. 13, n. 4, p. 259-264, 2014. Disponível em:<saber.unioeste.br/index.php/scientiaagraria/article/view/7792>. Acesso em: 15 jul. 2022.

ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. **Koppen's Climate Classification Map for Brazil**. Meteorologische Zeitschrift, Stuttgart, 22, n. 6, p. 711-728, 2014. Disponível em:<[KÃ¶ppen'sclimateclassificationmapforBrazil](http://www.koppen'sclimateclassificationmapforBrazil)>. Acesso em: 5 abr. 2022.

ALVES, M.A.B; ARAÚJO, F.S; SOUZA, W.S; SILVA, P.C; MAIA, E.P.V; ALMEIDA, A.P.S. **Espacialização da Respiração Basal de um Planossolo sob pastagem/Spatialization Of basal respiration of a Plintos Soil Under Pasture**. Braz. Jour. of Ani. and Environ. Res., v. 2, n. 4, p. 1423-1443, 2019. Disponível em:<<https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BJAER/article/view/318>>. Acesso em: 15 jul. 2022.

ANDERSON, J.P.E.; DOMSCH, K.H. A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soils. **Soil Biology And Biochemistry**, v. 10, n. 3, p. 215-221, 1978. Disponível em:<<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0038071778900998>>. Acesso em: 12 abr. 2022.

AQUINO, A.M.; ASSIS, R.L. **Processos biológicos no sistema solo-planta: ferramentas para uma agricultura sustentável**. Brasília-DF: Embrapa Informação Tecnológica; Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2005. cap. 1. p. 17-28. Disponível em:<<https://www.passeidireto.com/arquivo/107448063/processos-biologicos-no-sistema-solo-planta-ferramentas-para-uma-agricultura-sus>>. Acesso em: 22 nov. 2022.

BOECHAT, C.L.; SANTOS, J.A.G.; ACCIOLY, A.M.A.; BOMFIM, M.R.; SANTOS, A.C. Industrial and urban organic wastes increase soil microbial

activity and biomass. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.36, n.5, p.1629-1636, 2012. Disponível em:<<https://www.scielo.br/j/rbcs/a/6vqFYrhRCvkKmwnwF5LJrdv/abstract/?lang=en>>. Acesso em: 29 jun. 2023.

CAMPISTA, K.G. **Parâmetros fisiológicos e de crescimento de milho doce em função do déficit hídrico induzido**. Apresentação de TCC (graduação). Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Rondônia - *Campus Colorado do Oeste*. 6 de julho de 2022.

CAMPOS, M.C.C.; SOARES, M.D.R. NASCIMENTO, M.F.; SILVA, D.M.P. Estoque de carbono no solo e agregados em Cambissolo sob diferentes manejos no sul do Amazonas. **Revista Ambiente & Água**, v.11, n.2, 2016. Disponível em:<www.scielo.br/j/ambiagua/a/LB7QVVwRcgw4ZSvppry3gP/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 15 jul. 2022.

CARDOSO, M.O. Método para quantificação da biomassa microbiana do solo. **Agropecuária Técnica**, vol. 25, p. 1-12, 2004.

CHERUBIN, M. R; EITELWEIN, M. T; FABBRIS, C; WEIRICH, S. W; SILVA, R. F; SILVA, V. R; BASSO, C. J. Qualidade física, química e biológica de um Latossolo com diferentes manejos e fertilizantes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, p. 615-625, 2015. Disponível em:<www.scielo.br/j/rbcs/a/TCTlvtKzw8gNvG4CKPgkR7G/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 2 jul. 2022.

DA CRUZ, R.M.S.; DE JESUS, R.A., DE SOUZA, M.P.F.; CAGNINI, C.; SABEC, G.Z.; SAVOLDI, T.L.; DE SOUZA, S.G.H. Crescimento inicial e resposta estomática de milho pipoca (*zea mays everta*) sob estresse salino. In: **Colloquium Agrariae**. ISSN: 1809-8215. 2019. p. 15-26. Disponível em:<<https://revistas.unoeste.br/index.php/ca/article/view/2381>>. Acesso em: 05 jul. 2023.

DA SILVA, E.E.; DE AZEVEDO, P.H.S.; DE-POLLI, H. **Determinação da respiração basal (RBS) e quociente metabólico do solo (qCO₂)**. Embrapa

Agrobiologia-Comunicado Técnico (INFOTECA-E), 2007. Disponível em:<<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/627577/1/cot099.pdf>>. Acesso em: 3 abr. 2022.

DE OLIVEIRA, M.S; DOS SANTOS, M.P.; DA PAZ SOUZA, A.C.; DA SILVA, R.L.V.; DE MOURA, I.A.A.; DA SILVA, R.S.; DA SILVA COSTA, K. D. Qualidade do solo: indicadores biológicos para um manejo sustentável. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 1, p. 6853-6875, 2021. Disponível em:<<https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/23374>>. Acesso em: 3 jul. 2022.

DIONÍSIO, J.A.; PIMENTEL, I.C.; SIGNOR, D.; De Paula, A.M.; Maceda, A.; MATANNA, A.L. **Guia prático de biologia do solo**. 2016. Disponível em:<www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1043646/guia-pratico-de-biologia-do-solo>. Acesso em: 15 jul. 2022.

FERNANDES, J.M. **Atividade da biomassa microbiana em diferentes sistemas de plantio**. 2021. Disponível em:<<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/223607>>. Acesso em: 23 jul. 2022.

FERREIRA, C.R.P.C.; ANTONINO, A.C.D.; SAMPAIO, E.V.S.B.; CORREIA, K.G.; LIMA, J.R.S.; SOARES, W.A.; MENEZES, R.S.C. Soil CO₂ Efflux Measurements by Alkali Absorption and Infrared Gas Analyzer in the Brazilian Semiarid Region. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**; v. 42, 2018. Disponível em:<www.scielo.br/j/rbcs/a/YkkBYTcgcdCLk93SMdXjvnb/abstract/?lang=en>. Acesso em: 17 out. 2022.

FERREIRA, N.C.; MAZZUCHELLI, R.D.C.L.; PACHECO, A.C.; ARAÚJO, F.F.D.; ANTUNES, J.E.L.; ARAÚJO, A.S.F.D. *Bacillus subtilis* improves maize tolerance to salinity. **Ciência Rural**, v. 48, 2018. Disponível em:<<https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20170910>>. Acesso em: 05 jul. 2023.

FERREIRA, E.P.B.; STONE, L.F.; MARTINDIDONET, C.C.G. População e atividade microbiana do solo em sistema agroecológico de produção.

Revista Ciência Agronômica, v. 48, p. 2231, 2017. Disponível em:<<https://www.scielo.br/j/rca/a/Rg5L5zBmmxzRr5Jn4YtjHXq/abstract/?lang=pt>>. Acesso em: 15 out. 2022.

FREITAS, R.J.D. **Eficiência agronômica do fosfato natural de Bonito, MS, em milho, braquiária ruziziensis e feijoeiro comum**. 2020. Tese (Doutorado). UFG. Disponível em:<<http://repositorio.bc.ufg.br/tede/handle/tede/11883>>. Acesso em: 12 dez. 2022.

GARCIA, G.D.O.; FERREIRA, P.A.; DOS SANTOS, D.B.; DE OLIVEIRA, F.G.; MIRANDA, G.V. Estresse salino em plantas de milho: I-macronutrientes aniônicos e suas relações com o cloro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, DEAg/UFCG, v.9, (Suplemento), p.26-30, 2005. Disponível em:<www.scielo.br/j/rbeaa/a/v8g9NsJhrrPndrFTKGkdPsQ/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 12 dez. 2022.

GRATTAN, S.R.; LAMENTA, M., Mineral nutrient acquisition and response by plants grown in saline environments. In: Pessaraki, M. (ed.), **Handbook of Plant and Crop Stress**. New York: Marcel Dekker, 1994, p.203-226. Disponível em:<www.semanticscholar.org/paper/Mineral-Nutrient-Acquisition-and-Response-by-Plants-Pessaraki-Grattan/20d66eaa41e5b6259df71f991e9532604378b410>. Acesso em: 21 dez. 2022.

HOFFMANN, R.B.; MOREIRA, E.E.A.; HOFFMANN, G.S.S.; ARAÚJO, N.S.F. **Efeito do manejo do solo no carbono da biomassa microbiana**. Braz. J. Anim. Env. Res., Curitiba, v. 1, n. 1, p. 168-178, jul./set. 2018. Disponível em:<<https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BJAER/article/view/738>>. Acesso em: 7 jan. 2023.

HUNGRIA, M.; ARAÚJO, R.S. **Manual de métodos empregados em estudos de microbiologia agrícola**. Brasília: Embrapa, 1994. cap. 21, p.419-436. Disponível em:<Manual de métodos empregados em estudos de microbiologia agrícola. - Portal Embrapa>. Acesso em: 20 jan. 2023.

ISLABÃO, G.O; TIMM, L.C; CASTILHOS, D.D; PRESTES, R.B; BAMBERG, A.L. **Carbono da biomassa e atividade microbiana em solos cultivados com morango no município de Turuçu/RS**. In: Anais do XVII CIC e X ENPOS Congresso de Iniciação Científica e Encontro de Pós Graduação. Pelotas: UFPel, 2008. Disponível em:<https://www2.ufpel.edu.br/cic/2008/cd/pages/pdf/CA/CA_00507.pdf>. Acesso em: 28 dez. 2022.

KUMAWAT, C.; KUMAR, A.; PARSHAD, J.; SHARMA, S.S.; PATRA, A.; DOGRA, P.; YADAV, G.K.; DADHICH, S.K.; VERMA, R.; KUMAWAT, G.L. Microbial Diversity and Adaptation under Salt-Affected Soils: A Review. **Sustainability**, v. 14, n. 15, p. 9280, 2022. Disponível em:<<https://doi.org/10.3390/su14159280>>. Acesso em: 29 jun. 2023.

KRASENSKY J.; JONAK C. Drought, salt, and temperature stress-induced metabolic rearrangements and regulatory networks. **Journal of Experimental Botany**, v. 63, p. 1593-1608, 2012. Disponível em:<<https://academic.oup.com/jxb/article/63/4/1593/448768>>. Acesso em: 9 jan. 2023.

KWIATKOWSKI, A.; CLEMENTE, E. Características do milho doce (*Zea mays* L.) para industrialização. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 1, n. 2, p. 93-103, 2007. Disponível em:<<https://periodicos.utfpr.edu.br/rbta/article/view/263>>. Acesso em: 3 abr. 2022.

LACERDA, C.F.; SOUSA, G.G.; SILVA, F.L.B.; GUIMARÃES, F.V.A.; SILVA, G. L.; CAVALCANTE, L. F. Soil salinization and maize and cowpea yield in the crop rotation system using saline waters. **Engenharia Agrícola**, v.31, n. 4, p. 663-675, 2011. Disponível em:<www.scielo.br/j/eagri/a/VSmSCrSGFQDCxqxhfDPxfKJ/abstract/?lang=en>. Acesso em: 3 abr. 2022.

LEAL, V.C.; OLIVEIRA, N.F.; RAMOS, R.A.; SOUZA, I.J.S.; CARVALHO, M; .FERNANDES JÚNIOR, P.I.; BRÍGIDO, C.; MARTINS, L.M.V. **A influência da salinidade na simbiose de microrganismos benéficos: o caso do feijão**

caupi. 2021. Agroecologia: Métodos e Técnicas para uma Agricultura Sustentável - Volume 3, 181-192. Editora Científica Digital. Disponível em:<<http://hdl.handle.net/10174/31574>>. Acesso em: 29 jun. 2023.

LIMA, A.A.; SILVA, H.S.; SANTOS, C.H.; MENDONÇA, J.L. Desempenho e produtividade de genótipos de cebola em argissolo na região sul de Rondônia. **Revista Brasileira Agrociência**, Pelotas, v.17, n. 2-4, p.185-192, 2011. Disponível em: <<https://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/CAST/article/view/2048>>. Acesso em: 6 abr. 2022.

LOCATELLI, J.L. **Plantas de cobertura em sucessão ao milho e sua contribuição no carbono orgânico do solo**. Trabalho de conclusão de curso - Universidade Federal de Santa Catarina. Campus Curitibanos. 2018. Disponível em:<<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/191803>>. Acesso em: 22 jul. 2022.

LUZ, F.B. **Indicadores da qualidade do solo em função do uso da terra**. 2017. 88 f. – Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal de Santa Maria. Disponível em:<<https://repositorio.ufsm.br/handle/1/11579>>. Acesso em: 4 ago. 2022.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G; OLIVEIRA, S.A.D. **Avaliação do Estado Nutricional das Plantas – Princípios e Aplicações**. ESALQ, 1997. Cap 6. Disponível em:<<https://repositorio.usp.br/item/001070906>>. Acesso em: 7 nov. 2022.

MATSUNAGA, W.K; RODRIGUES, H.J.B; RODRIGUES, P.G. **Atributos Microbiológicos de Solo, relacionados às Atividades da Microfauna em Solo na Floresta Amazônica**. Anuá. Inst. Geo. – UFRJ, v. 41, n. 3 p. 630638, 2018. Disponível em:<<https://bdm.ufpa.br:8443/jspui/handle/prefix/1750>>. Acesso em: 15 jan. 2023.

MEDEIROS, E.J.T; CAVALCANTE, F.G; SILVA, M.A; SILVEIRA, S.C; MARTINS, C.M. **Diversidade cultural de Cepas de actinobactérias do semiárido**. Enci.

Bio., v.15 n.27. 2018. Disponível em:<www.conhecer.org.br/ojs/index.php/biosfera/article/view/602>. Acesso em: 12 set. 2022.

MORAIS, F.A; GATIBONI, L.C; CUNHA, G.O.M; HEBERLE, D.A; ARAÚJO, B.M. Resposta da microbiota do solo após aplicação de fertilizante organomineral e irrigação com água salina. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 21, n. 1/2, p. 42-48, 2015. Disponível em:<<http://revistapag.agricultura.rs.gov.br/ojs/index.php/revistapag/article/view/54>>. Acesso em: 29 jun. 2023.

NOGUEIRA, A.E.P. **Bioindicadores da qualidade do solo em cultivo de milho sob déficit hídrico e bioinoculantes**. 2022. 40 f. Monografia (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, 2022. Disponível em:<<http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/27108>>. Acesso em: 8 jan. 2023.

OLIVEIRA, V.S.; IGNÁCIO, A.; DA SILVA, F.G. Produtividade de híbridos de milho submetidos a estresse hídrico. 9° FEPEG. **Fórum de ensino, pesquisa, extensão e gestão**, p. 2, Brasília - DF, 2015. Disponível em:<http://www.fepeg2015.unimontes.br/sites/default/files/resumos/arquivo_pdf_anais/milho_graos_formatado.pdf>. Acesso em: 3 abr. 2022.

OLIVEIRA JR., L.F.G.; DELIZA, R.; BRESSAN-SMITH, R.; PEREIRA, M.G.; CHIQUIERE, T.B. Seleção de genótipos de milho promissores para o consumo in natura. **Food Science and Technology**, v. 26, p. 159-165, 2006. Disponível em:<www.scielo.br/j/cta/a/JD6KkHGZtxmhSKjkxVwkJjH/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 3 abr. 2022.

PASSOS, J. A. L. **Avaliação da transferência de metais pesados no sistema solo-planta e o seu desenvolvimento: estudo de caso do lodo da CETREL**. 2004. 113 f. Dissertação (Mestrado em Gerenciamento e Tecnologia Ambientais no Processo Produtivo) – Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2004.

PAULA, A.M.de; SOARES, C.R.F.S; SIQUEIRA, J.O. Biomassa, atividade microbiana e fungos micorrízicos em solo de "landfarming" de resíduos petroquímicos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, p. 448-455, 2006. Disponível em: <www.scielo.br/j/rbeaa/a/qq6hYVDNxbxKHbdPpbTX8cz/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 20 dez. 2022.

PRASCH C.M.; SONNEWALD U. Signaling events in plants: Stress factors in combination change the picture. **Environmental and Experimental Botany**, v. 114, p. 4-14, 2015. Disponível em: <www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0098847214001701>. Acesso em: 6 jan. 2023.

PREMACHANDRA, G.S.; SANEOKA, H.; FUJITA, K.; OGATA, S. Water stress and potassium fertilization in field grown maize (*Zea mays* L.): effects on leaf water relations and leaf rolling. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v. 170, n. 3, p. 195-201, 1993. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1439-037X.1993.tb01075.x>>. Acesso em: 14 nov. 2022.

RATH, K.M.; FIERRE, N.; MURPHY, D.V.; ROUSK J. Linking bacterial community composition to soil salinity along environmental gradients. **The ISME Journal**, v. 13, n. 3, p. 836, 2019. Disponível: <<https://www.nature.com/articles/s41396-018-0313-8>>. Acesso em: 29 jun. 2023.

SALES, A.; SILVA, A.R.; VELOSO, C.A.C.; CARVALHO, E.J.M.; MIRANDA, B.M. Carbono orgânico e atributos físicos do solo sob manejo agropecuário sustentável na Amazônia Legal. In: **Colloquium Agrariae**. ISSN: 1809-8215. 2018. p. 01-15. Disponível em: <revistas.unoeste.br/index.php/ca/article/view/1989>. Acesso em: 10 ago. 2022.

SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológico e fisiológico das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v.2, n.3, p.287-294, 1998. Disponível

em:<<https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v2n3p287-294>>. Acesso em: 24 fev. 2023.

SANTOS, H.G.; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C. dos.; OLIVEIRA, V.A, de.; LUMBRERAS, J.F.; COELHO, M.R.; ALMEIDA, J.A. de; ARAÚJO FILHO, J.C. de.; OLIVEIRA, J.B. de; CUNHA, T.J.F. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed., rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

Disponível em:

<<https://www.embrapa.br/solos/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1094003/sistema-brasileiro-de-classificacao-de-solos>>. Acesso em: 15 jul. 2022.

SATO, J.H. **Métodos para determinação do carbono orgânico em solos do Cerrado**. Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2013, 90 páginas. Dissertação. Disponível em:<<https://repositorio.unb.br/handle/10482/13795>>. Acesso em: 10 ago. 2022.

SEAGRI. **Secretaria de Agricultura do Estado de Rondônia**. Governo do Estado de Rondônia. 2023. Disponível em:<<https://rondonia.ro.gov.br/seagri/>>. Acesso em: 02 jun. 2023.

SILVA, E.E.I. **Determinação da respiração basal (RBS) e quociente metabólico do solo (qCO₂)**. Seropédica-RJ, Embrapa Agrobiologia, 2007, 4 p. (Embrapa Agrobiologia. Comunicado Técnico Embrapa, 99). Disponível

em:<www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/627577/1/cot099.pdf>.

Acesso em: 29 mar. 2022.

SILVEIRA, A. de O. **Avaliação de metodologias para o monitoramento da qualidade do solo**. 2011. 87f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2011. Disponível em:<<https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/61140#:~:text=Resumo%20O%20uso%20de%20indicadores%20biol%C3%B3gicos%20para%20avaliar,da%20qualidade%20do%20solo%20atrav%C3%A9s%20de%20indicadores%20biol%C3%B3gicos>>. Acesso em: 02 jun. 2023.

SILVA, F.C da. **Manual de Análises Químicas de Solos, Plantas e Fertilizantes**. Embrapa, 2009; Cap 2. Disponível em:<www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/256766/manual-de-analises-quimicas-de-solos-plantas-e-fertilizantes>. Acesso em: 7 mar. 2023.

SILVA, I.R.; MENDONÇA, E.S. **Matéria orgânica do solo**. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V., V.H.; BARROS, N.F. de; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (Ed.). Fertilidade do solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p.275-374, 2007. Disponível em:<<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/68879/materia-organica-do-solo>>. Acesso em: 12 mai. 2022.

SOUSA, G.G.; VIANA, T.V.A.; LACERDA, C.F.; AZEVEDO, B.M.; SILVA, G.L.; COSTA, F.R.B. Estresse salino em plantas de feijão-caupi em solo com fertilizantes orgânicos. **Revista Agro@ambiente On-line**, v. 8, n. 3, p. 359- 367, 2014. Disponível em:<revista.ufrr.br/agroambiente/article/view/1824>. Acesso em: 25 mar. 2022.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858 p.

TEIXEIRA, F.F.; GUIMARÃES, C.T.; PINTO, M. D. O.; PEREIRA, F.I. A.; COELHO,R.S.; ARAÚJO, G.D.R.; PONTELLO, I.D.O. **Catálogo de acessos do Banco Ativo de Germoplasma de Milho com grãos do tipo doce**. Embrapa. 2019. Disponível:<<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1116224>>. Acesso em: 04 jul. 2023.

VICELI, J.M. **Influência da sazonalidade na respiração basal microbiana em diferentes usos do solo: estudo de caso em uma área rural de Francisco Beltrão/PR**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Disponível em:<<http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/11444>>. Acesso em: 29 mar. 2022.