



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO PIAUÍ – UESPI
BACHARELADO EM ENGENHARIA AGRONÔMICA
CAMPUS CERRADO DO ALTO PARNAÍBA-CCAP



FELIPE DE OLIVEIRA SOUSA

**INOCULANTE MICROBIOLÓGICO E DESENVOLVIMENTO INICIAL DE
PLANTAS DE MILHO IRRIGADAS COM ÁGUA SALINA**

URUÇUÍ
2025

FELIPE DE OLIVEIRA SOUSA

**INOCULANTE MICROBIOLÓGICO E DESENVOLVIMENTO INICIAL DE
PLANTAS DE MILHO IRRIGADAS COM ÁGUA SALINA**

Monografia apresentada à Universidade Estadual do Piauí, como parte das exigências para obtenção do título de “Bacharelado em Engenharia Agronômica”.

Área de concentração: Fitotecnia
Orientador(a): Marlei Rosa dos Santos

URUÇUÍ
2025

S725i Sousa, Felipe de Oliveira.
Inoculante microbíológico e desenvolvimento inicial de plantas
de milho irrigadas com água salina / Felipe de Oliveira Sousa. -
2025.
37f.: il.

Monografia (graduação) Universidade Estadual do Piauí, Campus
Cerrado do Alto Parnaíba, Bacharelado em Engenharia Agronômica,
2025.
"Orientadora: Profª . Dra. Marlei Rosa dos Santos".

1. Zea Mays. 2. Níveis Salinos. 3. Estresse. 4. Ativador
Microbíológico. 5. Condutividade Elétrica. I. Santos, Marlei Rosa
dos . II. Título.

CDD 633.15

FELIPE DE OLIVEIRA SOUSA

**INOCULANTE MICROBIOLÓGICO E DESENVOLVIMENTO INICIAL DE
PLANTAS DE MILHO IRRIGADAS COM ÁGUA SALINA**

Monografia apresentada à Universidade Estadual do Piauí,
como parte das exigências para obtenção do título de
“Bacharelado em Engenharia Agronômica”.

APROVADA: 07 de junho de 2024

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Tadeu Barbosa Martins Silva
UESPI/CCAP

Profª. Dra. Ariadna Faria Vieira
UESPI/CCAP

Profª. Dra. Marlei Rosa dos Santos
Orientadora - UESPI/CCAP

Dedico esse trabalho a mim mesmo como um sinal de perseverança, pois mesmo diante das dificuldades sempre persisti.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela vida.

Aos meus pais Neton de Sousa Jacobino e Maria Cleonice de Oliveira Jacobino, pelo amor, dedicação, educação e ensinamentos.

À Universidade Estadual do Piauí por essa oportunidade de realizar meu sonho em fazer um curso superior.

À professora Dra. Marlei Rosa dos Santos, pela paciência, empenho e motivação durante as orientações.

Aos meus Familiares, amigos e colegas por compartilharem comigo momentos inesquecíveis, Keylla, Sarah, Samuel, Vanderson, Elisa, Marlídia, Izabela e Ana Thácylla pela dedicação na montagem, apoio e avaliação do experimento.

Enfim, agradeço a todos que de uma forma ou de outra contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho tão importante para mim.

RESUMO

A precipitação nas zonas semiáridas é geralmente baixa e concentrada, dificultando o plantio convencional. A solução é utilizar irrigação, mas as águas dos reservatórios subterrâneos nestas áreas são muitas vezes salinas e não adequada para esta prática, uma vez que a maioria das culturas são suscetíveis aos efeitos do sal. O uso de bioestimulante no tratamento de semente se demonstra bastante eficiente no estabelecimento e desenvolvimento inicial do milho, além de proporcionar tolerância a salinidade. Os hormônios que são encontrados no bioestimulante são moléculas sinalizadoras, que são originalmente encontrados nas plantas, porém em baixa quantidade e concentração, mas, que favorecem o desenvolvimento vegetal. O objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito da inoculação biológica na germinação e desenvolvimento inicial de plantas de milho (*Zea mays* L), irrigadas com soluções salinas de diferentes concentrações. O experimento foi conduzido na área experimental da Universidade Estadual do Piauí - UESPI, Campus Cerrado do Alto Parnaíba, na cidade de Uruçuí-PI. Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições no esquema fatorial 3x6, totalizando 18 tratamentos, sendo três tratamentos microbiológicos das sementes: testemunha, Bioasis®, GRAP NOD•AL® e seis níveis de salinidade da água de irrigação (0,12; 1,0; 1,5; 2,5; 3,5 e 4,5 dS m⁻¹). Avaliou-se a emergência e estabelecimento de plântulas em areia; índice de velocidade de emergência (IVE); massa fresca e seca da planta e o volume de raízes. O tratamento das sementes de milho com os microbiológicos não influenciou o teor de umidade das sementes, porcentagem de plantas normais e o índice de velocidade de emergência em campo. A utilização dos bioestimulantes no tratamento de semente de milho sob irrigação com soluções salinas teve efeito significativo na porcentagem de plantas normais, não diferindo entre si, exceto no tratamento Bioasis® nas condutividades 1,0 e 2,5 dSm⁻¹, apresentaram menores valores. O IVE não sofreu alteração com o aumento da condutividade elétrica, assim como a massa fresca e seca que apresentaram pequenas alterações. O volume de raízes diminuiu com o aumento da condutividade elétrica. Nas condições do experimento, a cultivar BM3051 se manteve estável com o aumento da condutividade elétrica, na maioria das variáveis analisadas, podendo ser um indicativo de tolerância a maior condutividade elétrica para germinar, emergir e desenvolvimento inicial de plantas.

Palavras-chave: *Zea mays*, níveis salinos, estresse, ativador microbiológico, condutividade elétrica.

ABSTRACT

Precipitation in the semi-arid zones is generally low and concentrated, making conventional planting difficult. The solution is to use irrigation, but the underground reservoir water in this area is often saline and not adequate for this practice, since most cultures are susceptible to the effects of salt. The use of bio stimulant in the treatment of the seeds has shown to be rather efficient in the establishment and initial development of corn, besides providing salinity tolerance. The hormones found in the bio stimulant are signaling molecules, found originally in the plants in low quantity and concentration, but favoring vegetable development. The objective of this work was to evaluate the effect of biological inoculation on germination and initial development of corn (*Zea mays* L.) plants irrigated with different concentrations of saline solutions. The experiment was conducted at the experimental area of the Universidade Estadual do Piauí -UESPI, Cerrado do Alto Parnaíba Campus, in Uruçuí-PI. A randomized block design was used with four repetitions in a 3x6 factorial scheme, totaling 18 treatments, consisting of three microbiological treatments of the seeds: control, Bioasis ® and GRAP NOD•AL ® and six irrigation water salinity levels (0.12; 1.0; 1.5; 2.5; 3.5 and 4.5 dS m⁻¹). Emergence and establishment of plantlets in the sand, emergence velocity index (EVI), fresh and dry mass of the plant and root volume were evaluated. The microbiological treatment of the corn seeds did not influence the humidity content of the seeds, percentage of normal plants, and the emergence velocity index in the field. The use of bio stimulants in the treatment of corn seeds under irrigation using saline solutions showed a significant effect on the percentage of normal plants, not differing between them, except in the Bioasis ® treatment at conductivities 1.0 and 2.5 dSm⁻¹, presenting lower values. EVI did not change with the increase of electric conductivity, with fresh and dry mass showing small changes. Root volume decreased with the increase of electric conductivity. Under the conditions of this experiment, cultivar BM3051 remained stable with increase of electric conductivity in most of the variables analyzed, what may be an indication of tolerance to greater electric conductivity in the germination, emergence, and initial development of the plants.

Key words: *Zea mays*, saline levels, stress, microbiological activator, electric conductivity.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Dados de precipitação, temperatura máxima e mínima e umidade relativa de 29 de outubro a 13 de novembro de 2023, no Município de Uruçuí-PI	17
Figura 2 – Aferição da solução salina com auxílio do condutivímetro digital	20
Figura 3 – Implantação do experimento em vasos com areia: A) distribuição das sementes nos sulcos; B) emergência de plântulas e C) plantas no início do desenvolvimento	20
Figura 4 – Determinação do volume radicular de plantas de milho: A) amostras de raízes de 10 plantas e B) raízes de 10 plantas imersas em água para determiner o volume	22
Figura 5 – Plantas normais de milho cv. BM 3051, em areia irrigada com diferentes soluções salinas (dSm^{-1}) e sementes tratadas com produtos biológicos	25
Figura 6 – Índice de velocidade de emergência de plântulas de milho cv. BM 3051, em areia irrigada com diferentes soluções salinas (dSm^{-1}) e sementes tratadas com produtos biológicos	26
Figura 7 – Massa fresca de plantas de milho cv. BM 3051, em areia irrigada com diferentes soluções salinas (dSm^{-1}) e sementes tratadas com produtos biológicos	27
Figura 8 – Massa seca de plantas de milho cv. BM 3051, em areia irrigada com diferentes soluções salinas (dSm^{-1}) e sementes tratadas com produtos biológicos.....	28
Figura 9 – Volume de raiz de plantas de milho cv. BM 3051, oriundas de sementes tratadas com microbiológicos e irrigadas com soluções salinas (dSm^{-1})	29

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Características dos produtos microbiológicos	18
Tabela 2 – Teor de umidade das sementes, porcentagem de plantas normais e índice de velocidade de emergência (IVE) em campo de sementes de milho cv. BM 3051, submetidas aos tratamentos microbiológicos	23
Tabela 3 – Porcentagem de plantas normais de milho cv. BM 3051, oriundas de sementes tratadas com microbiológicos e irrigadas com soluções salinas (dSm^{-1})	24
Tabela 4 – Índice de velocidade de emergência (IVE), massa fresca e seca das plantas e volume de raiz de plantas de milho cv. BM 3051, oriundas de sementes tratadas com microbiológicos e irrigada com soluções salinas (dSm^{-1})	25

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 OBJETIVOS	11
2.1 Objetivo geral	11
2.2 Objetivos específicos	11
3 REVISÃO DE LITERATURA	12
3.1 Cultura do milho	12
3.2 Solos e água salinos	13
3.3 Sementes de milho	15
3.4 Tratamento de sementes	15
4 MATERIAL E METÓDOS	17
4.1 Tratamento das sementes	17
4.2 Avaliação inicial da qualidade das sementes	18
4.2.1 Peso de mil sementes	18
4.2.2 Teor de umidade das sementes	18
4.2.3 Emergência e estabelecimento de plântulas em campo	19
4.2.4 Índice de velocidade de emergência em campo (IVE)	19
4.3 Preparo das soluções salinas	19
4.4 Avaliação do efeito da irrigação com soluções salinas	19
4.4.1 Emergência e estabelecimento de plântulas em areia	20
4.4.2 Índice de velocidade de emergência (IVE)	21
4.4.3 Massa fresca e massa seca das plantas.....	21
4.4.4 Volume de raízes por planta.....	21
4.5 Análise estatística	21
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
6 CONCLUSÕES	30
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	31

1 INTRODUÇÃO

A água potável é um recurso finito, no qual a sua distribuição é cada vez mais ineficaz. Da quantidade total de água potável no planeta, apenas 1% é acessível. O Brasil possui 8% dessa quantidade de água (MORAES; JORDÃO, 2002). No semiárido piauiense cerca de 30% da água disponível no subsolo é salobra, água essa que é disponibilizada à população através de poços tubulares, segundo Instituto de Assistência Técnica e Extensão Rural do Piauí (EMATER, 2019).

A qualidade das águas subterrâneas está relacionada com o processo de formação do solo e ações antrópicas (YARON, 1973). No Piauí a ocorrência de águas salinas se concentra no sudeste do estado, devido ao clima e formação geológica. Estudo realizado na região apontou que alguns pontos, em especial a cidade de Simões-PI, o uso dessas águas para fins de irrigação é classificado como “severa” de acordo com a classificação de Ayers e Westcot (1985), ou seja, pode causar danos severos à cultura. Já na parte central da região a água poderia ser utilizada sem maiores prejuízos (ANDRADE JÚNIOR *et al.*, 2006).

As regiões semiáridas, de modo geral, apresentam baixa precipitação e de forma concentrada, o que dificulta o cultivo convencional. A solução seria o uso da prática de irrigação, mas as águas de reservatórios subterrâneos nessas regiões, apresentam-se salina em uma parte não sendo adequadas para essa prática, pois a maioria das culturas são suscetíveis a salinidade (ANDRADE JÚNIOR *et al.*, 2006). De modo geral as culturas de importância econômica apresentam suscetibilidade a salinidade, o que se torna um empecilho na produção em regiões que apresentam água salina como a única alternativa (BARBIERI *et al.*, 2014).

Os efeitos da salinidade sobre as plantas são diversos, dentre eles: dificuldades de absorção de água, intoxicação, redução dos processos fisiológicos o que irá interferir no crescimento e desenvolvimento das plantas (DIAS *et al.*, 2016). O milho é moderadamente tolerante ao estresse salino, com a elevação do teor de salinidade da água de irrigação há redução na germinação, índice de velocidade de germinação, massa fresca e seca (PESSOA NETO *et al.*, 2016). Segundo Barbieri *et al.* (2014) em concentrações altas de salinidade o desenvolvimento do milho é afetado diretamente.

Para iniciar a germinação é necessário que a semente absorva água o suficiente para reativar o metabolismo e ocorra os processos bioquímicos e fisiológicos. O primeiro sinal que a semente germinou é através do rompimento do tegumento e emissão da radícula (VILLELA; MARCOS FILHO; NOVEMBRE, 2003). Para iniciar a germinação é preciso reiniciar o crescimento do eixo embrionário, a semente atingirá 30 - 35% de água em contrapartida o

embrião 50 - 55% e endosperma 25 - 30% (McDONALD JR.; SULLIVAN; LAUER, 1994, MARCOS FILHO, 2015).

Dependendo do nível de salinidade, poderá ocorrer o fenômeno de plasmólise, no qual a planta irá perder água em vez de absorver, pois a água sairá do local de menor concentração para o de maior concentração, isso devido o processo de osmose (DIAS *et al.*, 2016). Quando a planta está submetida a um solo com alta concentração de sal irá proporcionar efeito duplo na planta: iônico e osmótico (AKYOL *et al.*, 2020). O acúmulo de sais dentro das células da planta, ocasionará distúrbios bioquímicos e fisiológicos, principalmente decréscimo de germinação, crescimento de plântulas, floração, frutificação e até a morte (SINGH; JHA; JHA, 2015). Diante disso, há necessidade de disponibilidade de água em quantidade desejada para que a planta não tenha seu crescimento e desenvolvimento afetado (FERNANDES *et al.*, 2023).

O gênero *Azospirillum* tem sido associado a múltiplos mecanismos que promovem o crescimento das plantas e extensos estudos detalham os efeitos benéficos da inoculação com essas bactérias da rizosfera, como a melhoria do crescimento das plantas por *Azospirillum* spp. É atribuído principalmente à sua capacidade de fixar nitrogênio atmosférico e produzir fitohormônios, síntese de compostos relacionados ao alívio do estresse das plantas e competição com fitopatógenos (CASSÁN *et al.*, 2020). Ferreira *et al.* (2018) observaram *Bacillus subtilis* tem efeitos positivos significativos no crescimento e na atividade bioquímica de plantas de milho sob estresse salino. No estudo demonstrou que a inoculação com *B. subtilis* promove melhor crescimento de milho em condições salinas.

Com as alterações climáticas ocorridas nos últimos anos e o crescimento de demanda de maiores produtividade de várias espécies, entre elas a cultura do milho, pesquisas com uso de microbiológicos em tratamentos de sementes e plantas, visando reduzir os efeitos da salinidade do solo e da água de irrigação ao desenvolvimento das plantas são necessárias.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Analizar o efeito da inoculação biológica na germinação e desenvolvimento inicial de plantas de milho (*Zea mays* L), irrigadas com soluções salinas de diferentes concentrações.

2.2 Objetivos específicos

Avaliar o efeito da inoculação biológica de sementes de milho e o potencial de emergência em condições de salinidade.

Verificar até que concentração(ões) salina as sementes de milho germinam e tem desenvolvimento inicial adequado.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Cultura do milho

A produção de milho no Brasil é dividida em primeira safra (verão) e segunda (safrinha), normalmente a primeira a mais rentável. Segundo os dados mais recentes (7º levantamento) da safra 2023/24 houve uma redução de 8,5% na área plantada (20.382,2 mil ha) em comparação com a safra anterior. Com isso, a produção nacional teve uma redução de 15,9% (110.963,7 mil t) em comparação a safra passada, sendo reflexo do encolhimento da área de milho (CONAB, 2024). A projeção mundial de produção de milho para a safra 2023/24 foi em torno de 1,217 bilhões de toneladas de acordo com dados do International Grains Council (IGC, 2023).

O milho é uma cultura de grande importância econômica, principalmente pela sua diversidade de uso na alimentação humana, animal, e produção industrial de óleo e etanol. A utilização de milho para o consumo humano é bastante antiga, principalmente aqueles que se originaram das civilizações Asteca, Maia e Inca. No Brasil é um dos cereais mais consumidos. O uso do milho na alimentação tem grande importância por ser um alimento acessível e de ótimo valor nutritivo (SILVA, 2023).

É uma excelente fonte de fibras, vitaminas A e B, além de ferro, potássio, cálcio, apresenta altos níveis de antioxidantes, é classificado como um alimento energético por ser rico em carboidratos (UNIMED, 2023). O milho é bastante utilizado na formulação de ração de bovinos de corte e leite, por seu valor energético é o mais requerido em quantidade. Em animais em sistema intensivo, semi-intensivo ou extensivo, com objetivo de engorda, a energia é o fator limitante a produção. A utilização desse grão consegue suprir de forma eficiente (84% de nutrientes digestíveis totais - NDT) e pobre em proteína, podendo suprir até 100% do fator energético da formulação (TEIXEIRA, 2023).

O uso de etanol à base de milho é um aliado ao meio ambiente, tendo em vista que auxilia o Brasil a atingir as metas de redução emissão de gases do efeito estufa no meio ambiente, a tendência é aumentar ainda mais (GOVERNO BRASILEIRO, 2022). A produção de etanol a partir do milho é uma realidade significativa, principalmente na região do Mato Grosso que na safra 2022/23 foi de 4,3 bilhões de litros, com estimativa de aumento de 23% para a safra 2023/24 (FORBES, 2023).

O milho é uma planta C4, na maioria das regiões que são cultivadas apresenta precipitação média anual em torno de 300 a 5000 mm, durante seu ciclo absorve cerca de 600 mm de água. A distribuição da água durante seu ciclo é fundamental para boa produção, pois a cultura apresenta três estádios críticos em que a falta de água acarreta baixa produtividade: período de germinação, florescimento e enchimento do grão. Início da floração e desenvolvimento da inflorescência é o estádio no qual o número de grãos é determinado; período de fertilização é quando o potencial de produção é fixado; enchimento de grãos é quando ocorre o aumento na deposição de matéria seca (MAGALHÃES; DURÃES, 2006).

As raízes são importantes estruturas nas plantas, no milho elas se apresentam em primárias, seminais e adventícias. As raízes adventícias conhecidas por sustentação, através de pesquisas comprovam que podem absorver fósforo efetivamente e outros nutrientes. As raízes têm crescimento superficial, com maior porcentagem de raízes nos primeiros 30 cm do solo, sendo seu crescimento na horizontal (MAGALHÃES; DURÃES; GOMIDE, 1996).

Os principais propulsores de boa produtividade estão a germinação e vigor (ALBUQUERQUE *et al.*, 2020). O milho em condições normais de campo (umidade, temperatura, solo e iluminação) começa a germinar com a absorção da umidade do solo. Na germinação, a radícula é a primeira a se alongar, seguida pelo coleóptilo, com plâmlula. A emergência ocorre com 4 a 5 dias (MAGALHÃES; DURÃES, 2002).

A temperatura do solo é um fator que deve ser levado em consideração na introdução da cultura em campo, altas temperaturas poderão levar a falha na germinação por isso é fundamental o monitoramento ao iniciar um novo plantio. A cultura do milho poderá ser introduzida quando as temperaturas do solo variam de 24º a 30ºC, que coincide como o período chuvoso onde o clima fica ameno e cria condições ideais de cultivo (AGROGALAXY, 2024). O oxigênio e luminosidade são fatores abióticos que também interferem na germinação da semente, o oxigênio deve estar presente na maioria das espécies para que ocorra a germinação, pois está presente no processo de respiração do embrião da semente. Na maioria das espécies germinam na presença da luz ou na carência de luz (POPINIGIS, 1985).

3.2 Solos e água salinos

A salinidade é um problema que afeta diversas regiões em especial no árido e semiárido nordestino, locais onde a prática de irrigação é bastante comum (FREIRE, 2021). O uso de água de baixa qualidade poderá acarretar a salinização do solo através de acúmulo de sais, é preciso um estudo prévio das condições das águas e solo, para definir a melhor prática de manejo. O

estudo da formação geológica do solo está diretamente ligado aos sais presente no solo (SOUZA; RIBEIRO, 2019). Nasr *et al.* (2011, apud Oliveira *et al.*, 2014) a alta concentração de sais na água é um fator que provoca estresse na planta, em decorrência que a água osmoticamente retida em solução salina, se torna menos disponível às plantas com o aumento da concentração da solução.

Para que um solo seja considerado salino, deve apresentar condutividade elétrica do extrato de saturação maior que 4 dS m⁻¹ a 25 °C, pH em torno de 8,5 e com porcentagem de sódio intercambiável (PSI) menor que 15. Os solos salinizados são facilmente reconhecidos pelas crostas brancas de sal na superfície (ALMEIDA, 2010). Os solos das regiões do semiárido apresentam acúmulo de sais, alta saturação de bases e excesso de sódio trocável, consequência do baixo índice de precipitação e alta evaporação provocando déficit hídrico. Os sais são originados das rochas ígneas, que através dos processos de intemperização, a junção do material de origem e fatores climáticos proporcionam ambiente propício a salinização dos solos/água (PEREIRA, 1998).

A salinização é um subproduto de origem da prática da irrigação, supondo uma lâmina de 100 mm de água contendo 0,5 g L⁻¹ de sais, na área de 1 hectare será depositado em média 500 Kg de sal. A eficiência do sistema de irrigação nesses casos é essencial, pois quanto mais eficiente menor será a lâmina aplicada e menor a contaminação do solo (CODEVASF, 2023).

Outro fator que causa salinização dos solos é a prática inadequada da adubação, podendo ser a fertirrigação ou mesmo a adubação via solo tradicional. A não utilização de boas práticas de manejos e dosagens incorretas e não fracionadas podem estar causando a salinização do solo (YARA, 2022). Essas adubações que são ricas em sais e que são solúveis em água, sendo facilmente translocado ao longo do perfil do solo. O seu acúmulo na superfície do solo é influenciado pela interação água-solo-planta (AZEVEDO *et al.*, 2018).

Na região semiárida do Piauí a formação geológica pode ser de três tipos: Cabeça, Pimenteira e Serra Grande, respectivamente sobre o embasamento cristalino. Na formação pimenteira é constituída por sedimentos pelíticos, em cores variadas principalmente vermelho e cinza escuro. A composição da formação cabeça é constituído por arenitos brancos a cinza-amarelados, micáceos e minerais pesados. Já na formação serra grande é caracterizada pela sequência de arenitos e conglomerados da margem oriental da bacia do Parnaíba. As condutividades elétricas das águas dos poços tubulares variam a depender da formação geológica e da profundidade a ser explorado, podendo à condutividade elétrica chegar em

valores até 15 dS m⁻¹ (ANDRADE JÚNIOR *et al.*, 2006). O milho consegue tolerar a salinidade de até 1,7 dS m⁻¹ sendo classificado como moderadamente tolerante, adaptado de Maas (1986).

3.3 Sementes de milho

A semente de milho é denominada fruto cariopse, pois apresenta o pericarpo fundido ao tegumento da semente. Para que haja plântulas normais e vigorosas que posteriormente irá gerar plantas sadias e com boa produção é preciso que a planta tenha bom desenvolvimento inicial. Para isso é necessário que a semente seja de boa qualidade e apresente todas suas estruturas internas normais: pericarpo, endosperma, coleóptilo, plâmula, mesocôtilo, escutelo, radícula e coleorriza. No geral uma semente de qualidade deve possuir quatro atributos: genético, sementes que apresenta pureza genética de acordo com as características do material; físico, é expressa pela pureza física sem a presença de sementes de outras espécies e material inertes; fisiológico, expresso pela capacidade de apresentar boa germinação e emergência e sanitário, relacionada com a ausência de patógenos e pragas nas sementes (BIOMATRIX SEMENTES, 2023a).

Para o sucesso na produção agrícola o uso de semente de qualidade é fundamental. Tendo em vista que o mercado investe cada vez mais em tecnologia. A genética é um fator crucial, com o uso da genética é possível produzir de forma eficiente, através da hibridação, transgenia. As características variam a depender do material utilizado. Na escolha do material é preciso observar: o ciclo, porte, produtividade, resistência/tolerância do material genético (SILVA *et al.*, 2021). A utilização de milho híbrido aumenta a cada ano, sendo por apresentar maior potencial produtivo. As cultivares atuais de milho conseguem produzir cerca de cinquenta vezes a mais que os milhos primitivos, graças ao melhoramento genético (PEREIRA FILHO; BORGHI, 2023).

A adaptação das sementes ao local de cultivo também é outro fator importante para o aumento de produtividade.

3.4 Tratamento de sementes

O tratamento de semente é uma técnica necessária e que pode ser realizada de duas formas: na fazenda (On Farm), apesar de proporcionar baixos custos, demanda cuidados e equipamento para sua prática, a realização ineficiente poderá ocasionar danos às sementes; na indústria (TSI) é realizado com maior precisão e qualidade, evitando danos às sementes e

proporcionando maior facilidade ao produtor, que irá receber as sementes prontas para o plantio (SYNGENTA, 2022).

O objetivo do tratamento de semente é garantir que ela possa expressar todo seu potencial, estando em condições ótimas de cultivo e proteger a semente de agentes patogênicos. Também tem a finalidade de proteger as sementes durante o armazenamento, germinação e emergência. Atua no controle preventivo de pragas e doenças nos estágios inicial da planta (YARA, 2023). Produtos químicos ainda são os mais utilizados por serem mais eficientes, porém os biológicos vêm ganhando espaço a cada ano (AGRO BAYER, 2023). Em estudos de Dartora *et al.* (2013), apontam que tratamento de semente com fungicidas-inseticidas não afeta o desenvolvimento inicial do milho e a eficiência da bactéria *Azospirillum brasiliense*, demonstrando ser compatível.

São definidos como bioestimulantes substâncias naturais ou sintéticas, oriundas de dois ou mais reguladores vegetais, que auxilia e melhora na eficiência nutricional, auxilia no controle de estresses edafoclimáticos, proporcionando melhoria na produção, o bioestimulante poderá ser aplicado via semente ou planta (NARDI *et al.*, 2016; BUCHELT *et al.*, 2019). O uso de bioestimulante no tratamento de semente se demonstra bastante eficiente no estabelecimento e desenvolvimento inicial do milho, além de proporcionar tolerância a déficit hídrico (AMARO *et al.*, 2023). Os hormônios que são encontrados no bioestimulante são moléculas sinalizadoras, que são originalmente encontrados nas plantas, porém em baixa quantidade e concentração, mas, que favorecem o desenvolvimento vegetal (MONTEIRO, 2024).

A bactéria *Azospirillum brasiliense* tem como característica a fixação de nitrogênio em plantas gramíneas como o milho, além disso auxilia na produção de fitohormônio, que promove o desenvolvimento da planta, com foco especial nas raízes (ALLIATI, 2023). Além de atuar na produção de fitohormônios como as auxinas, e solubilizar o fosfato inorgânico, também induz a resistência a pragas e doenças (SILVA, 2022).

Os *Bacillus* sp. auxiliam a planta amenizando os efeitos dos estresses bióticos como: pragas e doenças e abióticos: altas temperaturas; baixas temperaturas; déficit hídrico e salinidade (ALLIATI, 2023). São rizobactérias que agem de forma positiva na germinação, crescimento e desenvolvimento da planta, além de proporcionar melhor produção, pela presença de hormônios vegetais e disponibilização de nutrientes (KUPPER *et al.*, 2003).

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área experimental da Universidade Estadual do Piauí - UESPI, Campus Cerrado do Alto Parnaíba, na cidade de Uruçuí-PI, localizado na região sul do estado do Piauí, latitude $-07^{\circ}13'46''$, longitude $-44^{\circ}33'22''$ e altitude 167 metros, cujos dados climáticos estão representados na Figura 1. O experimento foi realizado no período de 29 de outubro a 13 de novembro de 2023. Utilizou-se semente de milho híbrido BM 3051, recomendado para o cultivo na região de Uruçuí, tanto no verão como na safrinha e utilização como milho verde e para silagem (BIOMATRIX SEMENTES, 2023b).

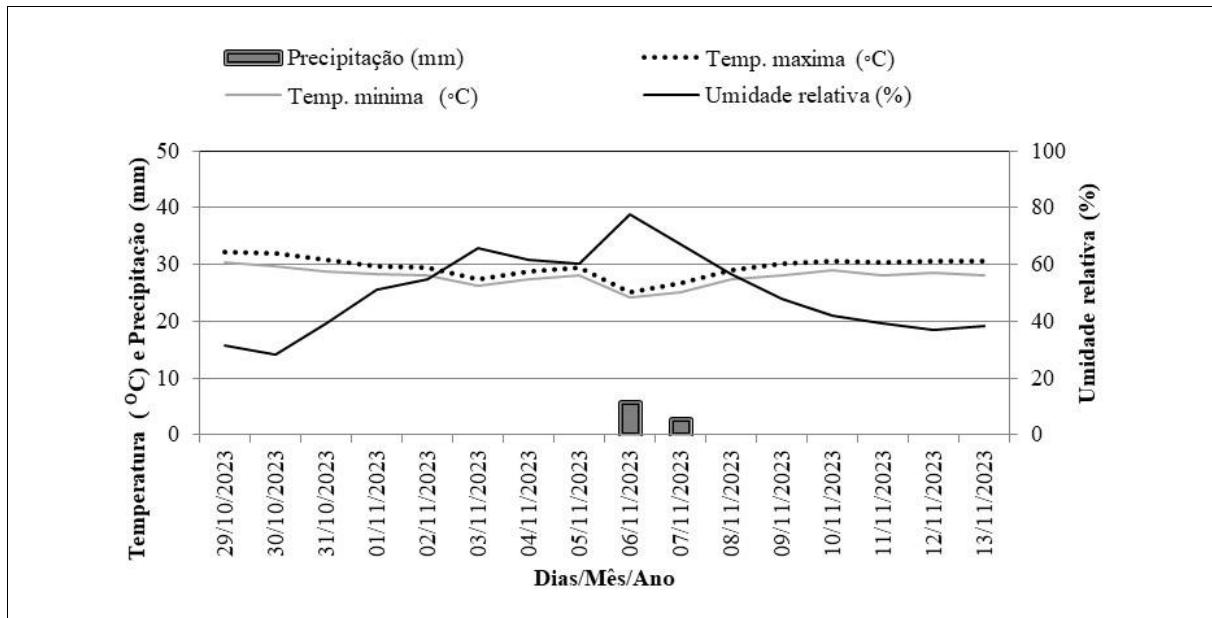


Figura 1 - Dados de precipitação, temperatura máxima e mínima e umidade relativa de 29 de outubro a 13 de novembro de 2023, no Município de Uruçuí-PI. Fonte: INMET, <https://portal.inmet.gov.br/dadoshistoricos>.

4.1 Tratamentos das sementes

As sementes de milho híbrido BM 3051 foram tratadas com os microbiológicos: Bioasis[®], GRAP NOD•AL[®], cuja especificações estão descritas na Tabela 1. Através do peso de mil sementes foram contabilizada o volume (quantidades) de sementes necessária para a realização dos experimentos de cada tratamento. Os tratamentos com cada microbiológico foram realizados individualmente de acordo com as especificações de cada produto, todos na formulação são líquidas e foram adicionados na embalagem (sacos de plástico contendo as sementes), esses foram agitados (revolvidos) para melhor uniformidade de distribuição do produto. Após os tratamentos, as sementes ficaram em repouso por aproximadamente 1 hora, para melhor absorção e secagem, em seguidas realizou-se o plantio das mesmas.

Tabela 1 – Características dos produtos microbiológicos.

Inoculante microbiológico	Composição	Recomendação		Dose utilizada em 4,0 Kg de sementes	Calda utilizada em 4,0 Kg de sementes
		Dose	Calda		
Bioasis®	<i>Bacillus aryabhattai</i> <i>Bacillus circulans</i> <i>Bacillus haynesii</i>	200 mL/100 Kg	500 mL/100 Kg	8 mL	20 mL
Grap NOD•AL®	<i>Azospirillum brasiliense</i>	100 mL/25 Kg	-	16 mL	-

4.2 Avaliação inicial da qualidade das sementes

4.2.1 Peso de mil sementes

A determinação do peso de mil sementes foi definida de acordo com as Regras de Análise de Sementes – RAS (BRASIL, 2009) em que oito subamostras de 100 sementes foram pesadas em balança analítica digital com sensibilidade de 0,001 g. Após as pesagens foram realizados os cálculos e os dados foram expressos em gramas por mil sementes (PMS).

Após os tratamentos das sementes com os microbiológicos avaliou-se o teor de umidade das sementes, a porcentagem de emergência em campo e o índice de velocidade de emergência em campo, esses dados serão úteis para verificação da qualidade inicial das sementes. Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados com quatro repetições e três tratamentos: testemunha, Bioasis®, GRAP NOD•AL®.

4.2.2 Teor de umidade das sementes

O teor de umidade foi determinado pelo método de estufa a 105 ± 3 °C por 24 h, conforme a metodologia descrita nas RAS (BRASIL, 2009), sendo utilizadas quatro repetições de 20 sementes. A porcentagem de umidade foi calculada com base no peso úmido, aplicando-se a seguinte fórmula:

$$\% \text{ de Umidade} = \frac{P_i - P_f}{P_i - t} \times 100$$

Onde:

P_i = Peso inicial (peso do saco mais o peso da semente fresca);

P_f = Peso final (peso do saco mais o peso da semente seca);

t = Tara (peso do saco vazio).

4.2.3 Emergência e estabelecimento de plântulas em campo

Utilizou-se quatro repetições de 50 sementes semeadas em sulcos de 3-4 cm de profundidade no campo. Diariamente realizou-se a irrigação com regador, visando manter o solo úmido. O preparo do solo foi feito manual com o auxílio de uma enxada. Após 14 dias realizou-se a avaliação das porcentagens de plântulas normais, anormais, doentes, sementes duras e sementes mortas.

4.2.4 Índice de velocidade de emergência em campo (IVE)

O IVE foi realizado em conjunto ao teste de emergência de plântulas em campo, sendo avaliado diariamente a porcentagem de plântulas emergidas. Foram consideradas emergidas aquelas que apresentam o coleótil acima do solo, ereto e aberto saindo apontando a primeira folha. A avaliação foi realizada até a uniformidade, ou seja, até o estabelecimento da porcentagem de plantas emergidas, aproximadamente entre oito a dez dias. O IVE foi calculado pela fórmula proposta por Maguire (1962), com adaptações.

$$\text{IVE} = \frac{E_1}{N_1} + \frac{E_2}{N_2} + \dots + \frac{E_n}{N_n}$$

Onde:

E = % de plântulas emergidas;

N = N° de dias após o plantio das sementes.

4.3 Preparo das soluções salinas

Foi utilizado água com $0,12 \text{ dSm}^{-1}$ de condutividade elétrica proveniente de distribuição da Agespisa na cidade de Uruçuí como testemunha e as demais soluções foram preparadas com a adição de NaCl até atingir a condutividade elétrica 1,0; 1,5; 2,5; 3,5 e $4,5 \text{ dSm}^{-1}$ com auxílio de condutivímetro digital (Figura 2).

4.4 Avaliação do efeito da irrigação com soluções salinas

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com quatro repetições em esquema fatorial 3×6 , sendo 3 tratamentos de semente com microbiológicos:

testemunha, Bioasis®, GRAP NOD•AL® e 6 níveis de salinidade da água de irrigação (0,12; 1,0; 1,5; 2,5; 3,5 e 4,5 dS m⁻¹).

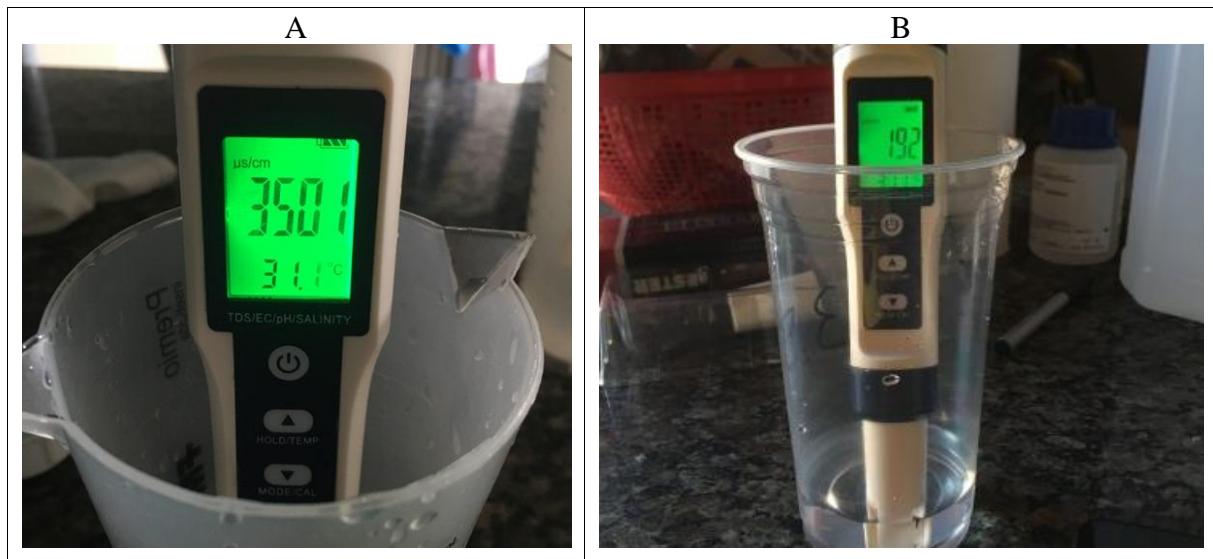


Figura 2 – Aferição da solução salina com auxílio do condutivímetro digital. Fonte: Autor

4.4.1 Emergência e estabelecimento de plântulas em areia

A semeadura foi realizada em vasos preenchidos com areia lavada, utilizou-se quatro repetições de 25 sementes semeadas em sulcos de 3-4 cm de profundidade (Figura 3A). Diariamente realizou-se a irrigação adicionando 250 mL das soluções (0,12; 1,0; 1,5; 2,5; 3,5 e 4,5) por vaso de acordo com o tratamento, visando manter o substrato úmido. Após 14 dias realizou-se a avaliação das porcentagens de plântulas normais, anormais, doentes, sementes duras e sementes mortas.

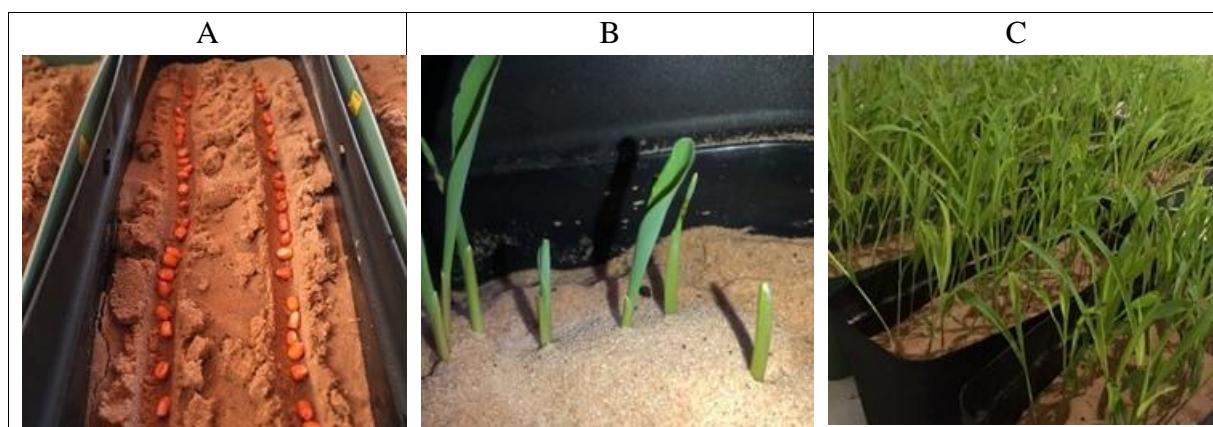


Figura 3 – Implantação do experimento em vasos com areia: A) distribuição nas sementes nos sulcos; B) emergência de plântulas e C) plantas no início do desenvolvimento. Fonte: Autor.

4.4.2 Índice de velocidade de emergência (IVE)

O IVE foi realizado em conjunto ao teste de emergência de plântulas em areia, sendo avaliado diariamente a porcentagem de plântulas emergidas. Foram consideradas emergidas aquelas que apresentaram o coleóptilo acima do substrato, ereto e rompido e a primeira folha apontando. A avaliação foi realizada até a uniformidade, ou seja, até o estabelecimento da porcentagem de plantas emergidas, aproximadamente entre oito a dez dias. O IVE foi calculado pela fórmula proposta por Maguire (1962), com adaptações.

4.4.3 Massa fresca e massa seca das plantas

Dez plantas foram lavadas e secas em papel toalha para a retirada do excesso de água, em seguidas foram acondicionadas em sacos de papel previamente identificados e pesados. Os sacos contendo as plantas foram pesados em balança de precisão de 0,001g, para obter a massa fresca por planta. Em seguida os sacos contendo as plantas foram mantidos em estufa de ar forçado a 70 ± 3 °C por 48 horas e novamente pesados para o cálculo da massa seca por planta. Os valores obtidos em cada repetição foram divididos pelo número de plantas avaliadas e os resultados foram expressos em g por planta.

4.4.4 Volume de raízes por planta

Ao final dos 14 dias após a semeadura (DAP), realizou-se o arranquio das plantas com cuidado para não danificar o sistema radicular. As plantas foram lavadas em água corrente para a retirada do substrato das raízes. Foi retirado ao acaso uma amostra de 10 plantas, cujo sistemas radiculares foram colocados em uma proveta com capacidade de 100 ml (Figura 4), com 70 ml de água e a diferença no volume inicial (70 mL) e o volume final foi considerado o volume das raízes que dividido por 10 obtém o volume (cm^3) do sistema radicular por planta (MARTINS *et al.*, 2016).

4.5 Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e a comparação das médias dos tratamentos biológicos foram feitas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando-se o software SISVAR, versão 5.8 (FERREIRA, 2017). As médias do potencial salino foram comparadas por regressão de acordo com a significância das interações, utilizando-se o programa estatístico R version 4.3.1 (USP, 2023). Os modelos foram escolhidos com base na significância dos coeficientes de regressão, utilizando-se o teste “t” a 5% de probabilidade.

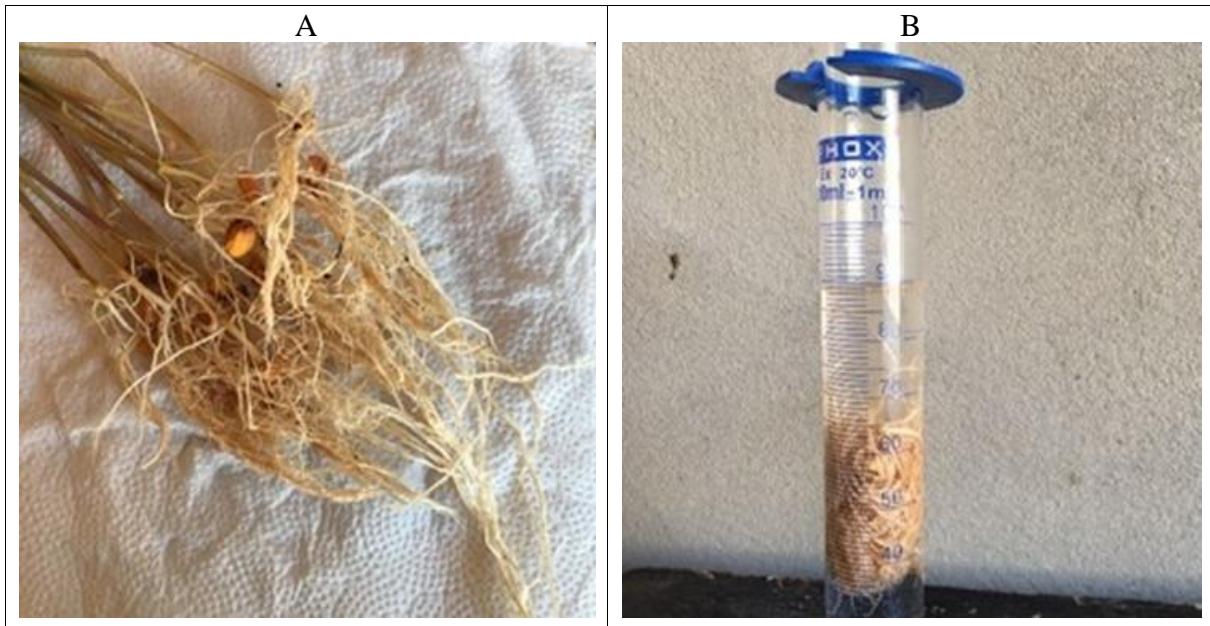


Figura 4 – Determinação do volume radicular de plantas de milho: A) amostras de raízes de 10 plantas e B) raízes de 10 plantas imersas em água para determinar o volume. Fonte: Autor

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As sementes de milho cultivar BM 3051 apresentaram peso de mil sementes de 288,75 g.

Os resultados da análise de variância mostraram-se não significativos ($p>0,05$), pelo teste F, para os dados de teor de umidade das sementes, porcentagem de plantas normais e o índice de velocidade de emergência no IVE, com valores médios de 9,63%; 94,17%, e 23,74, respectivamente (Tabela 2).

O teor médio de umidade de 9,63% valores considerados adequados para a conservação de sementes de milho. Puzzi (2000), observou que o conteúdo máximo de água das sementes de milho, visando obter segurança no armazenamento, sem ponderáveis alterações no peso e nos componentes químicos, é de 13%. Esse valor também é o máximo permitido pela Legislação Federal para conservação de sementes de milho (BRASIL, 1989). Segundo Harrington (1973), citado por Silva *et al.* (2010), o teor de água das sementes ideal para armazenamento em embalagens impermeáveis é de 6 a 12%, para sementes amiláceas, como é o caso do milho e teores superiores a 12%, fazem com que as sementes armazenadas nessas embalagens tenham mais rápida deterioração do que nas permeáveis.

Porém, segundo Pimentel *et al.* (2011) as sementes de milho em espiga devem ser armazenadas com umidade cerca de 13,0 a 14,0%, podendo chegar até 12% de umidade apesar de ser abaixo do usual para comercialização, mas poderá seguir tais recomendações ao armazenamento de grãos a granel. Domingues *et al.* (2024) em sua pesquisa com diferentes

tempos e tipos de armazenamento com sementes de milho Crioulo, verificaram que o milho armazenado em garrafa pet em geladeira com umidade de 12% manteve alto padrão de vigor e germinação acima do exigido para a comercialização após 14 meses de armazenamento.

Tabela 2 – Teor de umidade das sementes, porcentagem de plantas normais e índice de velocidade de emergência (IVE) em campo de sementes de milho cv. BM 3051, submetidas aos tratamentos microbiológicos.

Tratamento biológico	Umidade (%)	Plantas normais (%)	IVE
Testemunha	9,40	91,00	23,38
Bioasis®	9,70	95,50	23,80
Grap Nod Al®	9,79	96,00	24,05
Médias	9,63	94,17	23,74
CV (%)	2,65	4,08	4,01
Bloco	0,0168	4,7778	0,3431
Tratamento	0,1661 ^{ns}	30,3333 ^{ns}	0,4658 ^{ns}
Erro	0,0654	14,7778	0,9047

^{ns} Não significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

As sementes de milho cv. BM 3051, mostrou-se com alta porcentagem de emergência em campo 94,17% (Tabela 2), o que segundo Sena, Alves e Medeiros (2015), se enquadra como uma semente vigorosa, pois em sua pesquisa foi encontrado resultados semelhantes no qual as porcentagens de emergência das sementes consideradas vigorosas foram de 87 a 93%.

Não houve efeito ($p>0,05$) para tratamento das sementes com biológicos e solução salina pelo teste F, porém houve efeito significativo ($p\leq0,05$) para a interação entre essas duas variáveis para os dados de porcentagem de plantas normais (Tabela 3).

Comparando os três tratamentos das sementes em cada solução salina, observou-se que nas soluções 0,12; 1,5; 3,5 e 4,5 dSm^{-1} não houve diferença entre os tratamentos (Tabela 3), porém, nas concentrações salinas de 1,0 e 2,5 dSm^{-1} , o tratamento com Bioasis® apresentou a menor porcentagem de plantas normais 82,0 e 76,0%, respectivamente. Nas condições avaliadas a variável “plantas normais” não sofreu grande alterações, porém quando irrigadas com solução salina variando de 0,12 a 4,5 dSm^{-1} no substrato areia a porcentagem média de plantas normais reduziu para 89,0% com a avaliação após 14 dias da semeadura.

Provavelmente, o período de apenas 14 dias não foi suficiente para evidenciar os efeitos negativos da salinidade nas plantas de milho.

Tabela 3 – Porcentagem de plantas normais de milho cv. BM 3051, oriundas de sementes tratadas com microbiológicos e irrigadas com soluções salinas (dSm^{-1}).

Tratamento biológico	Condutividade elétrica (dSm^{-1})					
	0,12	1,0	1,5	2,5	3,5	4,5
Testemunha	94,0 a	93,0 ab	90,0 a	91,0 a	93,0 a	90,0 a
Bioasis®	93,0 a	82,0 b	91,0 a	76,0 b	93,0 a	92,0 a
Grap Nod Al®	83,0 a	97,0 a	92,0 a	89,0 a	83,0 a	92,0 a
Médias				89,67		
CV (%)				9,16		
Bloco			236,1481			
Tratamento (T)				98,0000 ^{ns}		
Salinidade (S)				58,6667 ^{ns}		
T x S				139,8667*		
Erro				67,5207		

* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F. ^{ns} Não significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F. Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Analizando o comportamento das sementes tratadas com os biológicos em função das concentrações das soluções salinas (Figura 5), observou-se que tanto para as sementes da testemunha como as tratadas com Grap Nod Al®, não houve efeito na porcentagem de plantas normais independente da concentração salina com valor médio de 91,83 e 89,33%, respectivamente. As sementes tratadas com Bioasis® apresentaram efeito quadrático em função da concentração salina, sendo que no início houve redução na porcentagem de plantas normais até 83,39% estimada na solução salina de 2,1 dSm^{-1} e depois aumentando para 93,93% na solução salina de 4,4 dSm^{-1} .

Os resultados corroboram com Oliveira (2020), utilizando a variedade superprecoce “NS 50 PRO” em duas concentrações de salinidade e *Azospirillum brasiliense*, observou que as plântulas de milho não foram afetadas pelas concentrações salinas e nem as doses de *Azospirillum brasiliense*, tornando a interação não significativa. Porém Guimarães Junior *et al.* (2019), utilizaram quatro condutividades elétricas e verificaram que com o aumento da mesma, a porcentagem de plantas normais de milho diminuiu gradativamente.

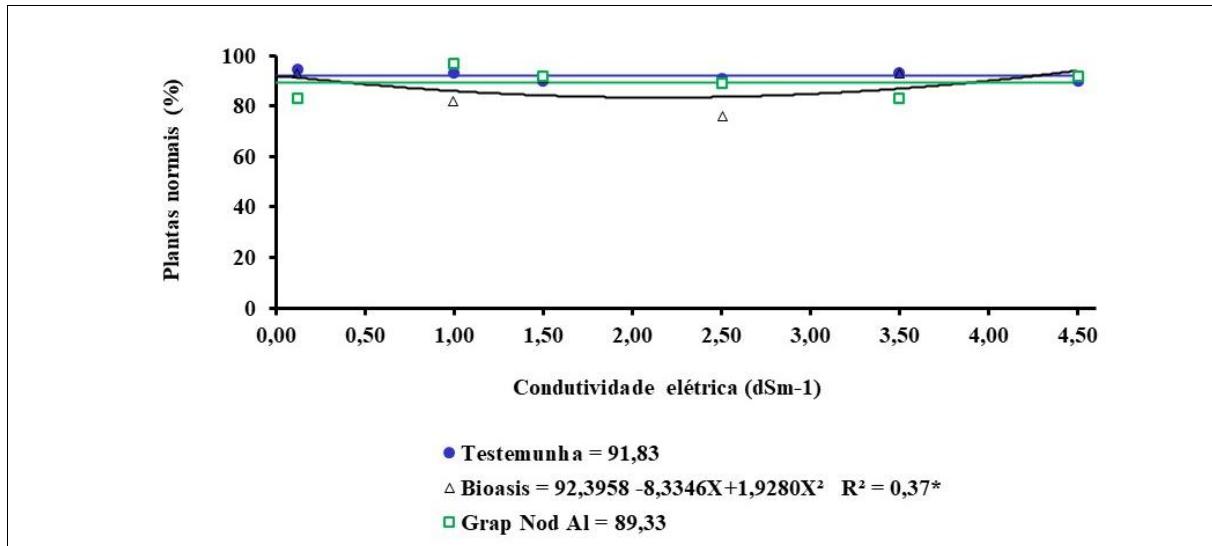


Figura 5 – Plantas normais de milho cv. BM 3051, em areia irrigada com diferentes soluções salinas (dSm⁻¹) e sementes tratadas com produtos biológicos.

Não houve efeito significativo ($p>0,05$) para tratamento biológico, salinidade e a interação dessas duas variáveis para os dados de índice de velocidade de emergência de plântulas de milho cv. BM 3051, com valor médio de 23,12 (Tabela 4 e Figura 6).

Tabela 4 – Índice de velocidade de emergência (IVE), massa fresca e seca das plantas e volume de raiz de plantas de milho cv. BM 3051, oriundas de sementes tratadas com microbiológicos e irrigada com soluções salinas (dSm⁻¹).

Tratamento biológico	IVE	Massa fresca (g pl ⁻¹)	Massa seca (g pl ⁻¹)	Volume de raiz (cm ³ pl ⁻¹)
Testemunha	22,99	1,92	0,21	0,77 ab
Bioasis®	23,20	1,89	0,22	0,83 a
Grap Nod Al®	23,17	1,91	0,20	0,66 b
Médias	23,12	1,90	0,21	0,75
CV (%)	5,15	8,22	17,56	19,91
Bloco	2,0210	0,0035	0,0006	0,1111
Tratamento (T)	0,3073 ^{ns}	0,0066 ^{ns}	0,0028 ^{ns}	0,1662**
Salinidade (S)	2,5767 ^{ns}	0,0854**	0,0040*	0,1794**
T x S	2,8561 ^{ns}	0,0435 ^{ns}	0,0024 ^{ns}	0,0318 ^{ns}
Erro	1,4158	0,0245	0,0014	0,0224

** e * Significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F. ^{ns} Não significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

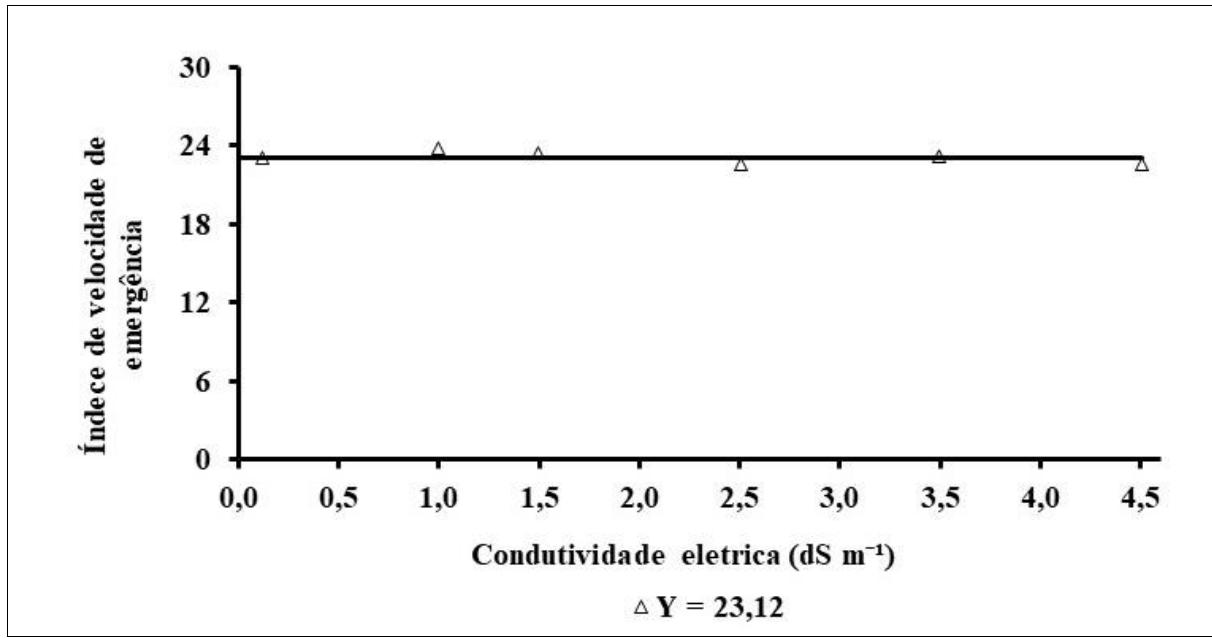


Figura 6 – Índice de velocidade de emergência de plântulas de milho cv. BM 3051, em areia irrigada com diferentes soluções salinas (dSm^{-1}) e sementes tratadas com produtos biológicos.

Esse resultado está em acordo com os observados por Blanco *et al.* (2007). Eles observaram que o índice de velocidade de emergência do milho não foi influenciado pelas diferentes condutividades elétricas 0,3; 1,0; 1,7; 2,4; 3,1; 3,8; 4,5; 5,2 e 5,9 dS m^{-1} utilizadas. Resultados semelhantes foram encontrados no milho híbrido AG6690 onde a condutividade elétrica da água de irrigação de até 5,9 dS m^{-1} não reduziu a porcentagem de emergência e a velocidade de emergência do milho (BLANCO *et al.*, 2007).

Nas condições do experimento as diferentes concentrações salinas não alteraram o IVE, podendo estar associado ao tipo de substrato utilizado e a frequência de irrigação, criando uma necessidade de lixiviação que provoca a drenagem dos sais para a partes onde não estão concentradas as raízes. Como a aplicação da água de diferentes concentrações salinas foi feita diariamente e os vasos do experimento era de um tamanho médio, pode ter favorecido a lixiviação dos sais, provocando essa “lavagem do substrato”. O estudo realizado com fração de lixiviação utilizando efluente salino na cultura do sorgo forrageiro, foi observado que melhorou a produtividade em 25% quando utilizado na fração de lixiviação de 15% em comparação ao sorgo sem fração de lixiviação (GUIMARÃES *et al.*, 2016). O fato de a semente germinar e emergir em condições salinas pode ser um indicativo que o material apresenta um potencial genético de tolerância a salinidade na fase inicial, mas não indica que a mesma possa completar seu ciclo de vida normalmente (ESSA, 2002).

Para a massa fresca e seca das plantas houve efeito significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, para salinidade da água de irrigação e não significativo para tratamento biológico das sementes e a interação entre essas duas variáveis (Tabela 4), com valores médios de 1,9 e 0,21 g pl⁻¹, respectivamente, independente do tratamento das sementes. Ou seja, o tratamento microbiológico das sementes de milho cv BM 3051, não influenciou a massa fresca e seca das plantas de milho. Esses resultados corroboram com os dados da pesquisa de Bontempo *et al.* (2016), que observaram que o tratamento de sementes de milho com bioestimulante promotores de enraizamento não influenciou nas variáveis matéria fresca e seca.

A massa fresca das plantas de milho teve resposta significativa para a equação cúbica em função da concentração salina da água de irrigação (Figura 7), com valores variando de 1,83 a 1,98 g pl⁻¹. Da Cruz *et al.* (2019) utilizando três concentrações de NaCl (0, 100, 200 mM) com milho pipoca observaram com 15 dias após a semeadura a massa fresca da parte aérea e raiz reduziu com aumento da concentração de NaCl (2,23 a 0,53g pl⁻¹) e (2,22 a 1,93 g pl⁻¹), respectivamente.

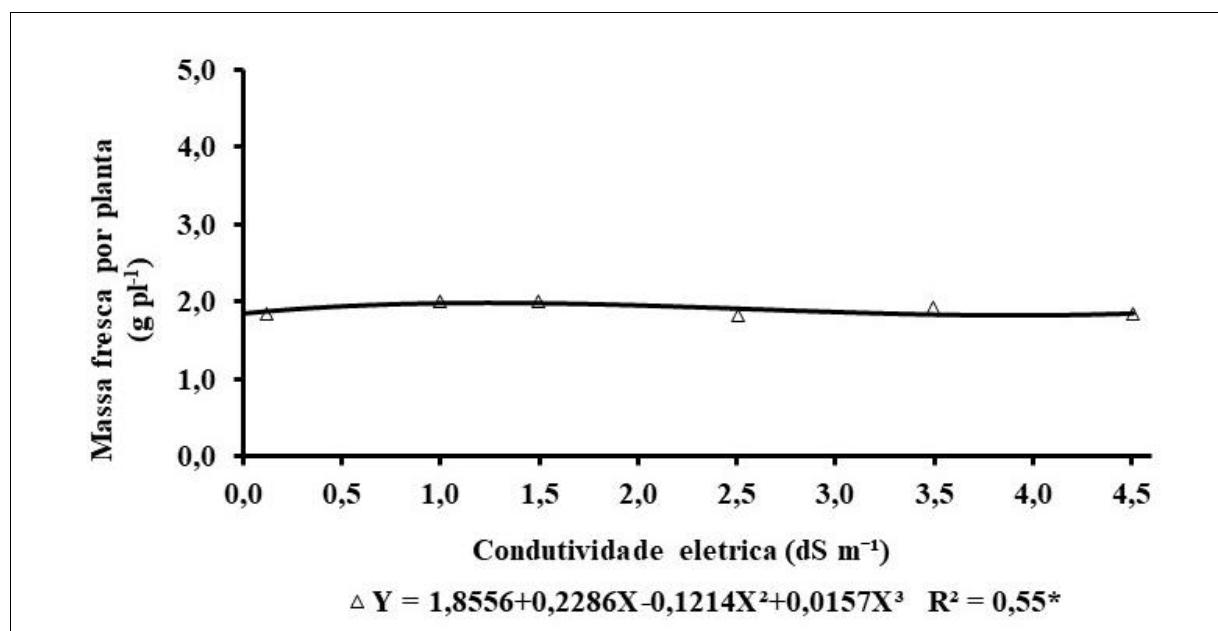


Figura 7 – Massa fresca de plantas de milho cv. BM 3051, em areia irrigada com diferentes soluções salinas (dSm⁻¹) e sementes tratadas com produtos biológicos.

A massa seca das plantas de milho teve redução linear inversamente proporcional em função a concentração de salinidade da água de irrigação (Figura 8), esses valores foram de 0,23 g pl⁻¹ na concentração 0,12 dSm⁻¹ e 0,19 g pl⁻¹, na concentração de 4,5 dSm⁻¹ (Figura 8). Esses valores foram inferiores aos observado por Freitas (2013), em que a massa seca de plantas

de milho aos 14 dias após o plantio foi de 4,0 g pl⁻¹ em solução nutritiva de 10 mL água e 80 mM NaCl. No presente trabalho a cultivar BM 3051 sofreu pouca interferência com o aumento da condutividade elétrica (Figura 8).

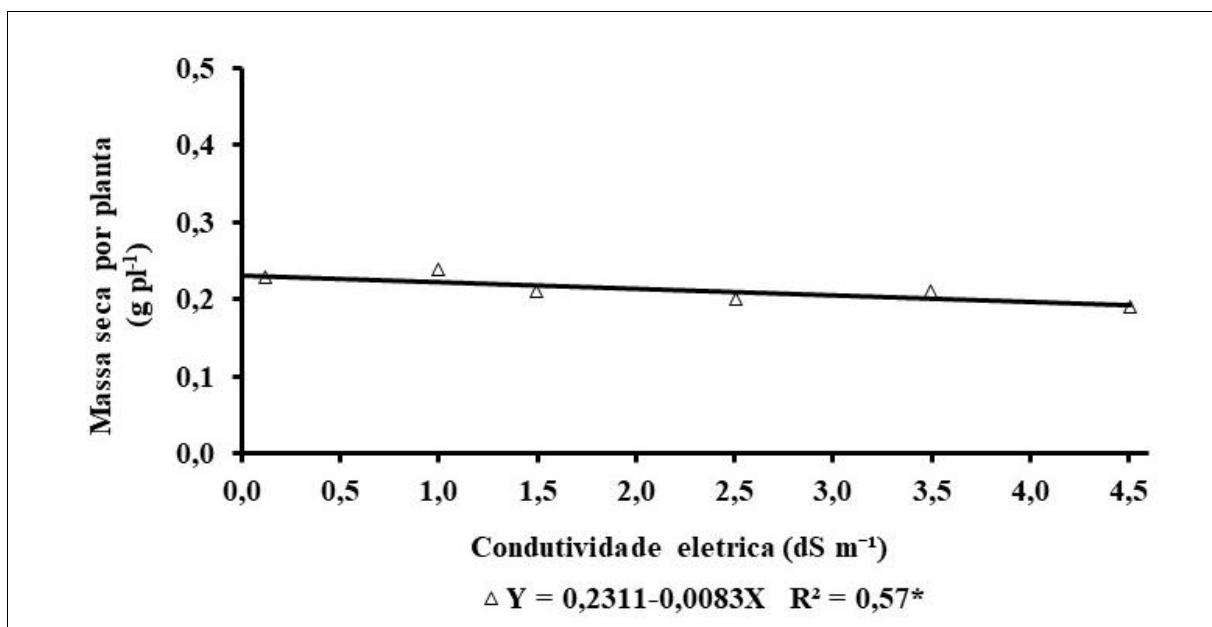


Figura 8 – Massa seca de plantas de milho cv. BM 3051, em areia irrigada com diferentes soluções salinas (dSm⁻¹) e sementes tratadas com produtos biológicos.

Azevedo Neto e Tabosa (2000), observaram redução suave da massa seca de plântulas de milho, denotando pouco efeito das concentrações de cloreto de sódio (0, 25, 50, 75 e 100 mol m⁻³) sob essa variável, apenas na concentração 100 mol m⁻³ o efeito foi mais abrupto. Com relação a massa seca da parte aérea houve variação entre 11,34 e 4,97 g pl⁻¹ nas concentrações de 0 e 100 mol m⁻³, respectivamente e a massa seca da raiz variou de 2,90 e 1,68 g pl⁻¹, respectivamente.

Esse efeito de redução da MS da planta, quando submetida a estresse salino, pode ser explicado pelo desvio da energia que era disponibilizado para o crescimento da planta e é redirecionado para a manutenção. A redução da massa seca irá refletir no custo de energia metabólica, ocorrendo a adaptação a salinidade e redução no ganho de carbono (RICHARDSON; McCREE, 1985).

Houve efeito significativo ($p \leq 0,01$) para tratamento biológico e salinidade e não significativo ($P > 0,05$) para a interação entre essas duas variáveis para os dados de volume de raiz de plantas de milho cv. BM 3051 (Tabela 4). As plantas oriundas das sementes tratadas com Grap Nod Al® apresentaram menor volume de raiz 0,66 cm³ e as tratadas com Bioasis®

apresentaram $0,83 \text{ cm}^3$. As sementes não tratadas (testemunha) mantiveram um valor intermediário, não diferindo estatisticamente das sementes tratadas pelos dois microbiológicos.

O volume de raiz de plantas de milho teve redução linear inversamente proporcional em função da concentração de salinidade da água de irrigação (Figura 9), com valores variando de $0,90 \text{ cm}^3 \text{ pl}^{-1}$ na concentração $0,12 \text{ dSm}^{-1}$ e $0,59 \text{ cm}^3 \text{ pl}^{-1}$, na concentração de $4,5 \text{ dSm}^{-1}$, mostrando o efeito prejudicial da salinidade no sistema radicular da cultura do milho.

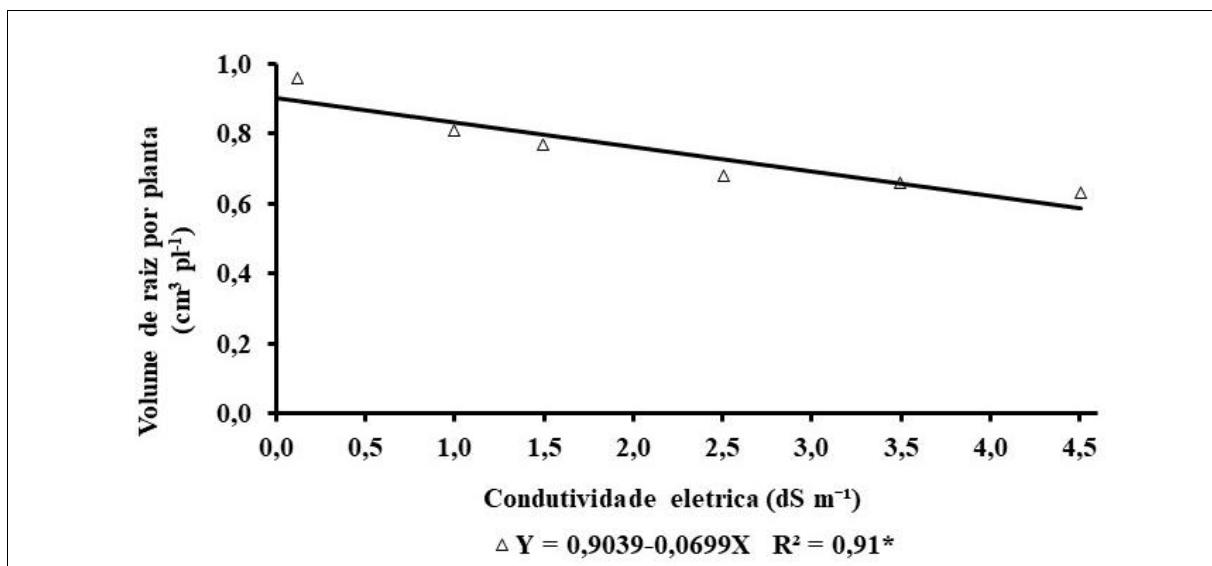


Figura 9 – Volume de raiz de plantas de milho cv. BM 3051, oriundas de sementes tratadas com microbiológicos e irrigadas com soluções salinas (dSm^{-1}).

A diminuição da zona radicular afeta a absorção de água e nutrientes, além de afetar negativamente na sustentação da planta o que foi observado no experimento com o tombamento das plantas. Resultados semelhantes foram encontrados em estudos realizados por Martins e Oliveira (2020), que avaliaram a germinação e desenvolvimento inicial de sorgo submetido ao estresse salino em diferentes concentrações salinas (0; 40; 80; 160 e 240 mmol NaCl) com 15 dias de cultivo. Foi observado a redução de forma gradativa do volume de raízes de $1,5 \text{ cm}^3$ a 0 cm^3 da concentração 0 a 240 mmol, respectivamente. Villa *et al.* (2019), também observaram que com o aumento da salinidade a massa seca da raiz diminuiu, verificado $0,05 \text{ g}$ em zero dSm^{-1} e com o aumento da condutividade reduziu para $0,03 \text{ g}$ em 12 dSm^{-1} , o que pode afetar o desenvolvimento inicial do milho.

6 CONCLUSÕES

O tratamento das sementes de milho com os microbiológicos não influenciou o teor de umidade das sementes, porcentagem de plantas normais e o índice de velocidade de emergência em campo.

A utilização dos bioestimulantes no tratamento de semente de milho sob irrigação com soluções salinas teve efeito significativo na porcentagem de plantas normais, não diferindo entre si, exceto no tratamento Bioasis® nas condutividades 1,0 e 2,5 dSm⁻¹, apresentaram menores valores.

O IVE não sofreu alteração com o aumento da condutividade elétrica, assim como a massa fresca e seca que apresentaram pequenas alterações. Já o volume de raízes diminui drasticamente com o aumento da condutividade elétrica.

Nas condições do experimento, a cultivar BM 3051 se manteve estável com o aumento da condutividade elétrica, na maioria das variáveis analisadas, podendo ser um indicativo de tolerância a maior condutividade elétrica para germinar, emergir e desenvolvimento inicial de plantas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGRO BAYER. **Tratamento de sementes de milho: o que é, por que é importante e como fazer.** 2023. Disponível em: <https://www.agro.bayer.com.br/conteudos/oportunidade-de-protectao-da-semente-e-cropstar>. Acesso em: 27 de maio 2023.
- AGROGALAXY. **Impactos da temperatura do solo no plantio de milho.** 2024. Disponível em: <https://universo.agrogalaxy.com.br/2024/01/05/temperatura-do-solo-para-plantio-de-milho/>. Acesso em: 18 de abril 2024.
- AKYOL, T. Y. *et al.* Plant response to salinity: na analysis of ROS formation, signaling, and antioxidant defense, **Turkish Journal of Botany**, v.44, p.1-13, 2020.
- ALBUQUERQUE, L. O. *et al.* **Efeitos de reguladores de crescimento na germinação de milho: abordagem bibliográfica.** Anápolis: UniEVANGÉLICA, 2020. p.31. Monografia (Graduação em Engenharia Agronômica) Centro Universitário de Anápolis UniEVANGÉLICA.
- ALLIATI, M. L. **Biológicos na cultura do milho: tratamento de sementes, sulco de plantio e aéreo.** 2023. Disponível: <https://www.3tentos.com.br/triblog/post/139>. Acesso em: 22 de abril 2024.
- ALMEIDA, O. A. **Qualidade da água de irrigação.** Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2010. 234p.
- AMARO, H. T. R. *et al.* Tratamento de sementes com bioestimulante e disponibilidade hídrica no desenvolvimento inicial do milho. **MAGISTRA**, [S. l.], v.33, p.1-9, 2023. Disponível em: <https://periodicos.ufrb.edu.br/index.php/magistra/article/view/4427/2262>. Acesso em: 29 de maio 2023.
- ANDRADE JÚNIOR, A. S. *et al.* Uso e qualidade da água subterrânea para irrigação no semi-árido piauiense. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, p.873-880, 2006.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **Water quality for agriculture.** Roma: FAO, 1985. 174p. Disponível em: <https://www.fao.org/3/T0234E/T0234E12.htm>. Acesso em: 20 de maio 2023.
- AZEVEDO NETO, A. D; TABOSA, J. N. Estresse salino em plântulas de milho: parte I análise do crescimento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.4, n.2, p.159-164, 2000.
- AZEVEDO, L. C. *et al.* Salinidade do solo em ambiente protegido. **Revista Campo Digital**, v. 13, n. 1, p. 52-69, 2018.
- BARBIERI, A. P. P. *et al.* Tratamento de sementes de milho sobre o desempenho de plântulas em condições de estresse salino. **Revista de Ciências Agrárias**, v.57, n.3, p.305-311, 2014.
- BIOMATRIX SEMENTES. **Qualidade de sementes: germinação, vigor e outros fatores para produtividade.** 2023a. Disponível em:

<https://sementesbiomatrix.com.br/blog/sementes/qualidade-de-semente/>. Acesso em: 27 de maio 2023.

BIOMATRIX SEMENTES. **BM 3051.** 2023b. 3p. Disponível em: <https://sementesbiomatrix.com.br/produtos/bm-3051>. Acesso em: 25 de jun. 2023.

BLANCO, F. F. *et al.* Emergence and growth of corn and soybean under saline stress. **Scientia Agricola**, v.64, n.5, p.451-459, 2007.

BONTEMPO, A. F. *et al.* Influência de bioestimulantes e nutrientes na emergência e no crescimento inicial de feijão, soja e milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 1, p.86-93, 2016.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para Análise de Sementes**/Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. – Brasília: MAPA/ACS, 2009. 399p.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Comissão Nacional de Sementes e Mudas. **Legislação Federal de Sementes e Mudas**. Brasília, 1989. 318p.

BUCHELT, A. C. *et al.* Aplicação de bioestimulantes e bacillus subtilis na germinação e desenvolvimento inicial da cultura do milho. **Revista de agricultura neotropical**, v.4, p.69–74, 2019. Disponível em: <https://periodicosonline.uems.br/index.php/agrineo/article/view/2762>. Acesso em: 22 de abril 2024.

CASSÁN, F. *et al.* Tudo o que você precisa saber sobre o *Azospirillum* e seu impacto na agricultura e muito mais. **Biology and Fertility of Soils**, v.56, p.461–479, 2020. <https://doi.org/10.1007/s00374-020-01463-y>

CODEVASF - Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba. **Salinização do solo**. 2023. Disponível em: <https://www.codevasf.gov.br/linhas-de-negocio/irrigacao/impactos-ambientais/salinizacao-do-solo>. Acesso em: 29 de maio 2023.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento safra brasileira de grãos**. v.11 – Safra 2023/24, n.7 - Sétimo levantamento, Brasília: Conab, 2024. 117p. Disponível em: https://www.conab.gov.br/component/k2/item/download/52602_58aa98c3e7ae17c10f23d015f244b202. Acesso em: 04 de maio 2024

DA CRUZ, R. M. S. *et al.* Crescimento inicial e resposta estomática de milho pipoca (*zea mays* *erecta*) sob estresse salino. In: **Colloquium Agrariae**. ISSN: 1809-8215. p.15-26, 2019.

DARTORA, J. *et al.* Influência do tratamento de sementes no desenvolvimento inicial de plântulas de milho e trigo inoculadas com *Azospirillum* brasileiro. **Scientia Agraria Paranaensis**, v.12, n.3, p.175-181, 2013.

DIAS, N. S. *et al.* Efeitos dos sais na planta e tolerância das culturas à salinidade. In: GHEYI, H. R. *et al.* eds. **Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: INCTSAL, 2016. p.151-162.

DOMINGUES, V. S. *et al.* Influência do tempo e do tipo de armazenamento na qualidade fisiológica de sementes de milho crioulo var. Bico de Ouro. **Revista Brasileira de Agroecologia**, 2024. v. 19, n. 1, p. 104-112.

EMATER. **Programa pretende levar água potável a mais de 27 mil famílias do semiárido.** 2019. Disponível em: <https://www.pi.gov.br/noticias/programa-pretende-levar-agua-potavel-a-mais-de-27-mil-familias-do-semiarido/>. Acesso em: 20 de maio 2023.

ESSA, T. A. Effect of salinity stress on growth and nutrient composition of three soybean (*Glycine max* L. Merrill) cultivars. **Journal of Agronomy & Crop Science**, v.188, p.86-93, 2002.

FERNANDES, H. M. F. *et al.* Desenvolvimento inicial do milho em resposta ao tratamento de sementes com fertilizante e disponibilidade hídrica. **CONTRIBUCIONES A LAS CIENCIAS SOCIALES**, v.16, n.9, p.17440–17454, 2023. Disponível em: <https://ojs.revistacontribuciones.com/ojs/index.php/clcs/article/view/1764>. Acesso em: 19 de abril 2024.

FERREIRA, D. F. **Sisvar**, versão 5.8 (Build 92). Lavras: DES/UFLA, 2017. Disponível em: <https://des.ufla.br/~danielff/programas/sisvar.htmL>. Acesso em: 18 de mar. 2023.

FERREIRA, N. C. *et al.* *Bacillus subtilis* melhora a tolerância do milho a salinidade. **Ciência Rural**, v.48, n.8, 2018.

FORBES. **Mato Grosso pode bater recorde com 5,2 bilhões de litros de etanol.** Disponível em: <https://forbes.com.br/forbesagro/2023/03/mato-grosso-deve-processar-recorde-de-52-bilhoes-de-litros-de-etanol/>. Acesso em: 27 de maio 2023.

FREIRE, M. H. C. **Atributos químicos do solo e desempenho agronômico da cultura do milho sob diferentes combinações de adubação orgânica e salinidade da água.** Fortaleza: UFCE, 2021. p.77 Dissertação (Mestrado em Ciência do solo) - Universidade Federal do Ceará.

FREITAS, P. A. F. **Aplicação foliar de prolina como meio de minorar os efeitos do estresse salino em plantas de milho.** Fortaleza: UFC, 2013. p.109 Dissertação (Mestrado em Bioquímica) - Universidade Federal do Ceará.

GOVERNO BRASILEIRO. **Produção de etanol de milho avança no país como opção sustentável e de valor agregado.** 2022. 5p. Disponível em: <https://www.gov.br/pt-br/noticias/agricultura-e-pecuaria/2021/10/producao-de-etanol-de-milho-avanca-no-pais-como-opcao-sustentavel-e-de-valor-agregado>. Acesso em: 27 de maio 2023.

GUIMARÃES JUNIOR, J. B. A. *et al.* **Qualidade fisiológica de sementes milho submetidas a diferentes níveis de estresse salino.** Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia CONTECC, 2019. 5p. Disponível em: <https://www.confea.org.br/midias/uploads-imce/Contecc2019/Agronomia/QUALIDADE%20FISIOLOGICA%20DE%20SEMENTES%20DE%20MILHO%20SUBMETIDAS%20A%20DIFERENTES%20NIVEIS%20DE%20ESTRESSE%20SALINO.pdf>. Acesso em: 26 de abril 2024.

GUIMARÃES, M. J. M. *et al.* Cultivation of forage sorghum varieties irrigated with saline effluent from fish-farming under semiarid conditions. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.20, p.461-465, 2016.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Dados Históricos**. Disponíveis em: <https://portal.inmet.gov.br/dadoshistoricos>. Acesso em: 30 de nov. 2023.

IGC - International Grains Council. **Supply & Demand**. Disponível em: <https://www.igc.int/en/markets/marketinfo-sd.aspx>. Acesso em: 27 de maio 2023.

KUPPER, K. C. *et al.* Biological control of *Colletotrichum acutatum*, causal agent of citrus postbloom fruit drop disease. **Fitopatologia Brasileira**, v. 28, p. 251-257, 2003.

MAAS, E. V. **Salt tolerance of plants**. Applied Agriculture Research, v.1, p.12-26, 1986.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M. **Cultivo do Milho Germinação e Emergência**. 2002. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/487000/1/Com39.pdf>. Acesso em: 16 de abril 2024.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M. **Fisiologia da Produção de Milho**. 2006. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/490408/1/Circ76.pdf>. Acesso em: 27 de maio 2023.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M.; GOMIDE, R. L. Fisiologia da cultura do milho. In: Empresa Capixaba de Pesquisa Agropecuária. **Manual técnico para a cultura do milho no estado do Espírito Santo**. Vitória: EMCAPA, 1996. p.15-33.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination and in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, v.2, n.1, p.176-177, 1962.

MARCOS FILHO, J. Fisiologia de sementes de plantas cultivadas. 2^a ed. Londrina: ABRATES, 2015. 660p.

MARTINS, A. G. *et al.* Aplicação de bioestimulante em sementes de milho cultivado em solos de diferentes texturas. **Scientia Agraria Paranaensis**, v.15, n.4, p.440-445, 2016. Disponível em: <https://e-revista.unioeste.br/index.php/scientiaagraria/article/view/13028>. Acesso em: 18 de fev. 2024.

MARTINS, L. P; OLIVEIRA, R. M. Germinação e desenvolvimento inicial de sorgo submetido ao estresse salino. **Cerrado Agrociências**, v.11, p.56-64, 2020.

McDONALD JR., M. B.; SULLIVAN, J.; LAUER, M. J. The pathway of water uptake in maize seeds. **Seed Science & Technology**, v.22, p.79-90, 1994.

MONTEIRO, D. V R. **Doses de bioestimulante na qualidade fisiológica de sementes de milho**. Posse: IF Goiano, 2024. 23p. Monografia (Graduação em Engenharia Agronômica) - Instituto Federal Goiano.

MORAES, D. S. L.; JORDÃO, B. Q. Degradação de recursos hídricos e seus efeitos sobre a saúde humana. **Revista Saúde Pública**, v.36, n.3, 2002, p.370-374. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rsp/v36n3/10502.pdf>. Acesso em: 03 de maio 2023.

NARDI, S. *et al.* Plant biostimulants: physiological responses induced by protein hydrolyzed-based products and humic substances in plant metabolism. **Scientia Agricola**, v.73, n.1, p.18-23, 2016.

OLIVEIRA, E. A. P. *et al.* Potencial osmótico do substrato na germinação de sementes e desenvolvimento inicial de plântulas de milho doce. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.9, n.4, p.477-482, 2014.

OLIVEIRA, H. *Azospirillum brasiliense como atenuante do efeito da salinidade em milho irrigado*. Campina Grande: UFCG, 2020. 76p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/16229>. Acesso em: 23 de jan. 2024.

PEREIRA FILHO, I. A; BORGHI, E. **Sementes de Milho: nova safra, novas cultivares e contínua a dominância dos transgênicos**. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1122744>. Acesso em: 27 de maio 2023.

PEREIRA, J.R. Solos afetados por sais. In: Cavalcanti, F.J.A. (coord). **Recomendações de adubação para o Estado de Pernambuco: 2ª aproximação**.2 ed. Recife: IPA, 1998. p. 76-82. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/196424/1/Adubacao-para-o-estado-de-Pernambuco-pag-76-82.pdf>. Acesso em: 24 de abril 2024.

PESSOA NETO, J. A. *et al.* Qualidade fisiológica de sementes de milho sob condições de estresse salino. **Revista Cultura Agronômica**, v.25, n.4, 2016, p.401-408. Disponível em: <https://ojs.unesp.br/index.php/rculturaagronomica/article/view/2446-8355.2016v25n4p401-408>. Acesso em: 27 de maio 2023.

PIMENTEL, M. A. G. *et al.* Recomendações de boas práticas de armazenamento de milho em espiga para agricultura familiar. Embrapa Milho e Sorgo-Circular Técnica, 2011. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/905576>. Acesso em: 24 de abril 2024.

POPINIGIS, F. Fisiologia de semente. Brasília, s.ed., 1985. p.289.

PUZZI, D. **Abastecimento e armazenagem de grãos**. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 2000. 666p.

RICHARDSON, S.G.; McCREE, K.J. Carbon balance and water relations of sorghum exposed to salt and water stress. **Plant Physiology**, Rockville, v.79, p.1015-1020, 1985.

SENA, D. V. A; ALVES, E. U; MEDEIROS, D. S. Vigor de sementes de milho cv. 'Sertanejo' por testes baseados no desempenho de plântulas. **Ciência Rural**, v.45, p.1910-1916, 2015.

SILVA, A. S. L. **Promoção de crescimento em milho pela inoculação e coinoculação de azospirillum, bacillus e pseudomonas**. Marechal Cândido Rondon: Unioeste, 2022. p.44. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Estadual do Oeste do Paraná.

SILVA, D. F. *et al.* Características morfológicas, melhoramento genético e densidade de plantio das culturas do sorgo e do milho: uma revisão. **Research, Society and Development**. v.10, n 3, 2021. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/13172>. Acesso em: 29 de maio 2023.

SILVA, F. T. **Milho** - Alimentação Humana. EMBRAPA. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/milho/pos-producao/agroindustria-do-milho/alimentacao/humana>. Acesso em: 27 de maio 2023.

SILVA, F. *et al.* Viabilidade do armazenamento de sementes em diferentes embalagens para pequenos propriedades rurais. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**. v.8, n.1, p.45-56, 2010.

SINGH, R. P.; JHA, P.; E JHA, P. N. The plant-growth-promoting bacterium *Klebsiella sp.* SHP-8 confers induced systemic tolerance in wheat (*Triticum aestivum*) under salt stress. **Journal of plant physiology**, v.184, p.57-67, 2015.

SOUZA, M.; RIBEIRO, A. A. Qualidade da água para irrigação em regiões áridas e semiáridas. **Revista Brasileira de Engenharia de Biossistemas**, v.13, n.4, p.355-359, 2019. Disponível em: <http://seer.tupa.unesp.br/index.php/BIOENG/article/view/828>. Acesso em: 30 de maio 2023.

SYNGENTA. **Entenda a importância do tratamento de sementes na cultura do milho**. 2022. Disponível em: <https://portal.syngenta.com.br/noticias/entenda-a-importancia-do-tratamento-de-sementes-de-milho/>. Acesso em: 29 de maio 2023.

TEIXEIRA, S. **Milho: alimento energético mais utilizado em rações de gado**. Disponível em: <https://www.cpt.com.br/dicas-cursos-cpt/milho-alimento-energetico-mais-utilizado-em-racoes-de-gado>. Acesso em: 27 de maio 2023.

UNIMED. **Confira os benefícios do milho para a sua saúde**. Disponível em: https://www.unimedceara.com.br/viver_bem/confira-os-beneficios-do-milho-para-a-sua-saude/. Acesso em: 27 de maio 2023.

USP-UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. **R**, versão 4.3.1. 2023 Disponível em: <https://vps.fmvz.usp.br/CRAN/>. Acesso em: 18 de jun 2024

VILLA, B. *et al.* Efeito da salinidade no desenvolvimento inicial do milho. **Acta Iguazu**, v.8, n.3, p.42-47, 2019. DOI: 10.48075/actaiguaz.v8i3.20043. Disponível em: <https://e-revista.unioeste.br/index.php/actaiguazu/article/view/20043>. Acesso em: 11 de fev. 2024.

VILLELA, F. A.; MARCOS FILHO, J.; NOVEMBRE, A. D. L. C. Estado energético da água na semente de milho no processo de germinação. **Revista Brasileira de Sementes**, v.25, p.5-100, 2003.

YARA. Tratamento de Sementes - O Que É e Como Fazer Com Fertilizantes Foliares. 2023. Disponível em: <https://www.yarabrasil.com.br/conteudo-agronomico/blog/tratamento-de-sementes-fertilizantes/>. Acesso em: 13 de fev. 2024.

YARA. Salinidade do Solo — Como Medir e Corrigir. 2022. Disponível em: <https://www.yarabrasil.com.br/conteudo-agronomico/blog/salinidade-do-solo-como-medir-e-corrigar/>. Acesso em: 10 de jun. 2024.

YARON, B. Water suitability for irrigation. In: YARON, E.; DANFORS, E.; VAADID, Y. (eds.). **Arid zone irrigation**. Berlin: Springer-Verlag, 1973. p.71-85.