



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO SEMIÁRIDO
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA DE BIOTECNOLOGIA E BIOPROCESSOS
CURSO DE ENGENHARIA DE BIOTECNOLOGIA E BIOPROCESSOS**

LUCAS WAGNER COSTA CONGO

**CRESCIMENTO E FISIOLOGIA DO MILHO (*Zea mays*) INOCULADO
COM *Azospirillum brasilense* IRRIGADO COM ÁGUA SALINA**

**SUMÉ - PB
2020**

LUCAS WAGNER COSTA CONGO

**CRESCIMENTO E FISIOLOGIA DO MILHO (*Zea mays*) INOCULADO
COM *Azospirillum brasilense* IRRIGADO COM ÁGUA SALINA**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Biotecnologia e Bioprocessos do Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Biotecnologia e Bioprocessos.

Orientador: Professor Dr. Aldre Jorge Morais Barros.

**SUMÉ - PB
2020**

C749c

Congo, Lucas Wagner Costa.

Crescimento e fisiologia do milho (*Zea mays*) inoculado com *Azospirillum brasiliense* irrigado com água salina. / Lucas Wagner Costa Congo. - Sumé - PB: [s.n], 2020.

42 f.

Orientador: Prof. Dr. Aldre Jorge Morais Barros.

Monografia - Universidade Federal de Campina Grande; Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido; Curso de Engenharia de Biotecnologia e Bioprocessos.

1. Milho *Zea mays* – crescimento e fisiologia. 2. Inoculação – *Azospirillum brasiliense*. 3. Água salina – irrigação. 4. Crescimento e fisiologia – milho *Zea mays*. 5. Irrigação com água salina. 6. Cultura do milho. 7. Salinidade na agricultura. 8. Plantas C4. I. Barros, Aldre Jorge Morais. II. Título.

CDU: 633.15:60 (043.1)

Elaboração da Ficha Catalográfica:

Johnny Rodrigues Barbosa
Bibliotecário-Documentalista
CRB-15/626

LUCAS WAGNER COSTA CONGO

**CRESCIMENTO E FISIOLOGIA DO MILHO (*Zea mays*) INOCULADO
COM *Azospirillum brasilense* IRRIGADO COM ÁGUA SALINA**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Biotecnologia e Bioprocessos do Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Biotecnologia e Bioprocessos.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Aldre Jorge Morais Barros
(Orientador- UAEB/CDSA/UFCG)

Prof. Dr. Bruno Rafael Pereira Nunes
(Examinador Interno- UAEB/CDSA/UFCG)

Profa. Dra. Ilza Maria do Nascimento Brasileiro
(Examinadora Externa- UATEC/CDSA/UFCG)

Trabalho aprovado em: _____ de _____ 2020.

SUMÉ - PB

*Dedico este trabalho a Deus, que foi
minha maior força nos momentos difíceis, e a
minha família por todo apoio.*

AGRADECIMENTOS

À Deus, por estar sempre comigo nos momentos bons e ruins, guiando os meus passos me dando força em cada obstáculo posto à minha frente.

A nossa senhora pela sua imensa misericórdia para comigo que por tantas vezes voltou o seu olhar compassivo sobre mim me protegendo.

A minha mãe Geane Costa Santos, que é minha energia diária, que me ensinou a ser uma pessoa do bem, a ser humilde, que é a minha inspiração de vida, que me faz levantar todos os dias e lutar pelos meus sonhos.

Ao meu pai Daniel Congo da Silva, por me guiar e me ensinar o verdadeiro caminho da vida, por todas as palavras de apoio e incentivo.

Aos meus avós que fizeram tudo que estava aos seus alcances, para que eu pudesse realizar meu sonho de me formar.

As minhas irmãs, pela força, amizade e companheirismo durante essa minha jornada, por sempre diante de qualquer problema estavam dispostas a me ajudar tornando possível a realização de tantas coisas.

Ao CDSA/UFCG - Campus de Sumé pela oferta do curso.

A meu Orientador Prof. Dr. Aldre Jorge Morais Barros, pela oportunidade que me deu, por todos os anos que me permitiu aprender, pela calma, pelo respeito a mim ofertado, pela dedicação, pelo apoio que sem ele não seria possível à realização desse trabalho e de tantos outros e por ter se tornado um grande exemplo de profissional e homem.

A Prof. Dr. Ronaldo do Nascimento, pelo carinho, compreensão e oportunidade de realizar meu estágio e desenvolver este trabalho, no qual foi muito importante para a minha formação.

A Coordenação do Curso de Engenharia de Biotecnologia e Bioprocessos, exercido, pelo Prof. Dr. Bruno Rafael Pereira Nunes, no qual me ajudou muito, em momentos que eu mais precisei, e sem dúvidas foi uma das pessoas fundamentais para a minha formação.

Aos professores Dr. Edvaldo Eloy Dantas Junior e Dr. Janduy Guerra Araújo por todo apoio acadêmico e pessoal prestado por todos esses anos.

A minha amiga e prima Elka Costa Nascimento, por todo o auxílio prestado, por todas as palavras de incentivo, que foram de suma importância para minha formação, a colega Gleyka

Nóbrega, por todo trabalho realizado juntos, por ter estendido a mão para me ajudar e me direcionar nessa reta final.

Aos meus amigos Roger Farias, José Carlos, Hugo Bernardino, Nevtton Assis e Carlos Aires, por sempre ter me estendido à mão nos momentos que eu mais precisei, por ter dividido as melhores e piores experiências de vida durante o curso.

Aos demais amigos da residência universitária que foram muito importantes no meu desenvolvimento, como aluno e também como pessoa.

A minha namorada Renata Richelle, que foi a minha fonte de inspiração e, meu porto seguro para aguentar todas as tribulações que passei, por me incentivar, me motivar, me fazer ser uma pessoa de caráter, íntegro e honesto, traçando comigo um presente para que no futuro colhermos os frutos que hoje estão sendo plantados.

A todos os funcionários do Campus, entre técnicos e terceirizados que colaboraram de forma direta e indiretamente para que pudesse chegar aonde eu cheguei.

RESUMO

Em decorrência das diversas mudanças climáticas e, principalmente da região na qual a cultura é submetida, a salinidade vem sendo um problema cada vez mais comum na agricultura mundial, limitando assim a produção agrícola. Para lidar com tais problemas, muitos estudos sobre produtos para reduzir o efeito deletério da salinidade, vem sendo realizado, bem como a alternativa de inoculantes, que hoje, tem sido essencial no combate contra este problema. O objetivo desse trabalho foi observar e avaliar o crescimento e fisiologia do milho quando inoculado com a bactéria *Azospirillum brasilense* e irrigado com água salina, assim, correlacionando a atividade deste inoculante ao aumento da capacidade da planta a tolerar estresses salinos. O experimento foi desenvolvido em casa de vegetação localizada no campus I da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG. A cultivar de milho utilizada no experimento foi NS-92 VT PRO sendo inoculadas e semeadas no mesmo dia. O delineamento experimental utilizado foi o DIC em um esquema fatorial 2x5, com 5 repetições, perfazendo 50 unidades experimentais. Compostos por 2 tratamentos, presença e ausência de inoculante combinados com cinco níveis salinos de CEa de irrigação (0,4; 1,1; 1,8; 2,5; 3,2 dS m⁻¹). As avaliações de crescimento foram realizadas aos 31 DAS, constando-se: Altura de planta (AP); Diâmetro de Caule (DC); Número de folhas (NF); Área foliar (AF). Já as avaliações fisiológicas foram feitas aos 69 DAS, na qual foram avaliadas a: Concentração interna de CO₂ (Ci); Taxa de assimilação de CO₂ (A); Transpiração (E); Condutância estomática (gs). Os dados obtidos foram avaliados por análise de variância e regressão, e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância. O efeito da salinidade acarretou no decréscimo das variáveis de crescimento e nas fisiológicas. Já o inoculante mostrou resultados significantes em relação à altura da planta, na concentração interna de CO₂ e na transpiração.

Palavras-chave: Bactéria. Plantas C4. Salinidade. Qualidade de água.

ABSTRACT

Due to the diverse climatic changes and, mainly of the region in which the culture is submitted, salinity has been an increasingly common problem in world agriculture, thus limiting agricultural production. To deal with such problems, many studies on products to reduce the harmful effect of salinity are being carried out, as well as the alternative of inoculants, which today, has been essential in the fight against this problem. The objective of this work was to observe and evaluate the growth and physiology of corn when inoculated with the bacterium *Azospirillum brasilense* and irrigated with saline water, thus, correlating the activity of this inoculant to the increase of the plant's capacity to tolerate saline stresses. The experiment was carried out in a greenhouse located on campus I of the Federal University of Campina Grande - UFCG. The corn cultivar used in the experiment was NS-92 VT PRO, being inoculated and sown on the same day. The experimental design used was the DIC in a 2x5 factorial scheme, with 5 repetitions, totaling 50 experimental units. Composed of 2 treatments, presence and absence of inoculant combined with five saline levels of irrigation CEa (0.4; 1.1; 1.8; 2.5; 3.2 dS m⁻¹). Growth evaluations were carried out at 31 DAS, including: Plant height (AP); Stem Diameter (DC); Number of sheets (NF); Leaf area (AF). The physiological evaluations were made at 69 DAS, in which the following were evaluated: Internal CO₂ concentration (Ci); CO₂ assimilation rate (A); Sweating (E); Stomatal conductance (gs). The data obtained were evaluated by analysis of variance and regression, and the means compared by the Tukey test at 5% significance. The effect of salinity resulted in a decrease in growth and physiological variables. The inoculant, on the other hand, showed significant results in relation to plant height, internal CO₂ concentration and transpiration.

Key words: Bacterium. C4 plants. Salinity. Water quality.

LISTAS DE TABELAS

Tabela 1	Valores da condutividade elétrica (dS/m) para cada tratamento.....	21
Tabela 2	Análise Química e Fertilidade do solo.....	23
Tabela 3	Resumo do teste F para altura de plantas (AP), diâmetro do caule (DC), número de folhas (NF) e área foliar (AF) aos 31 dias após a semeadura (DAS) de plantas de milho inoculadas com <i>Azospirillum brasilense</i> irrigadas com águas salinas.....	29
Tabela 4	Resumo do teste F para a concentração interna de CO ₂ (Ci), taxa de assimilação de CO ₂ (A), taxa transpiratória (E) e condutância estomática (gs) aos 69 dias após a semeadura (DAS) de plantas de milho inoculadas com <i>Azospirillum brasilense</i> irrigadas com águas salinas.....	33

LISTA GRÁFICOS

Gráfico 1	Interação da altura de planta (AP) em relação à salinidade e a aplicação dos tratamentos.....	30
Gráfico 2	Regressão polinomial do diâmetro de caule.....	31
Gráfico 3	Regressão polinomial do número de folhas.....	31
Gráfico 4	Área foliar quando submetida a concentrações de água salina.....	32
Gráfico 5	Interação entre os tratamentos e a salinidade na concentração interna de CO ₂	34
Gráfico 6	Efeito da salinidade na taxa de assimilação de CO ₂	35
Gráfico 7	Interação entre salinidade e os tratamentos da taxa respiratória.....	35

LISTA DE SIGLAS

Al - Alumínio

BPCP- Bactérias Promotoras de Crescimento de Plantas

MAPA- Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

EMBRAPA - [Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária](#)

PDRH-PB - Plano Diretor de Recursos Hídricos do Estado da Paraíba

N- Nitrogênio

N₂ - Nitrogênio molecular

NH₄⁺- Íons de amônio

NO₃- Íons de nitrato

FBN- Fixação Biológica do Nitrogênio

NH₃ - Amônia

Fe- Proteína - Ferro Proteína

Mofe- Proteína - Molibdênio-Ferro Proteína

BPCV- Bactérias promotoras de crescimento vegetal

UFPR - Universidade Federal do Paraná

RELARE - Reunião da Rede de Laboratórios para a Recomendação

NaCl - Cloreto de sódio

UFCG - Universidade Federal de Campina Grande

MS - Moderadamente sensível

CEa – Condutividade Elétrica

IFMT- Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Mato Grosso

IFRS - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul

STD - sólidos totais dissolvidos

pH - Potencial hidrogênioônico

P - Fósforo

K - Potássio

Na - Sódio

Ca - Cálcio

H - Hidrogênio

KCl - Cloreto de potássio

EUA - eficiência do uso da água

DAS- Dias após a semeadura

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
2	OBJETIVO GERAL.....	14
2.1	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
3	REVISÃO DE LITERATURA.....	15
3.1	A CULTURA DO MILHO.....	15
3.1.1	<i>Azospirillum Brasilense</i>	16
3.2	EFEITOS DO ESTRESSE SALINO NA CULTURA DO MILHO.....	17
3.3	O MILHO E A BIOTECNOLOGIA.....	18
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	20
4.1	LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL.....	20
4.2	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS.....	21
4.3	PREPARO DAS UNIDADES EXPERIMENTAIS E SOLO UTILIZADO.....	22
4.4	DESCRIÇÃO DA CULTIVAR DE MILHO UTILIZADA E OS TRATOS CULTURAIS.....	24
4.5	INOCULAÇÃO DAS SEMENTES.....	24
4.6	PREPARO DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO.....	25
4.7	VARIÁVEIS ANALISADAS.....	27
4.7.1	<i>Variáveis de Crescimento</i>	27
4.7.2	<i>Variáveis Fisiológicas</i>	27
4.7.3	<i>Análises Estatísticas</i>	28
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	29
5.1	VARIÁVEIS DE CRESCIMENTO.....	29
5.2	VARIÁVEIS FISIOLÓGICAS.....	33
6	CONCLUSÃO.....	37
	REFERÊNCIAS.....	38

1 INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é uma planta pertencente à família (*Gramineae Poaceae*), sendo considerada uma das principais culturas de grãos produzidas no Brasil. Na região Nordeste, principalmente nos períodos chuvosos, sua produção está associada à agricultura familiar, utilizada na maior parte, para subsistência e produção animal. Segundo a CONAB (2020), em seu boletim de acompanhamento de safra 2019/2020, a produção total do milho no país para a primeira e segunda safra é estimada em 100,1 milhões de toneladas, sendo 0,3% acima da safra passada.

A cultura do milho encontra-se amplamente disseminada no Brasil. Isto se deve tanto à sua multiplicidade de usos na propriedade rural quanto à tradição de cultivo desse cereal pelos agricultores brasileiros (MAGALHÃES *et al.*, 2002).

O milho é uma das mais eficientes plantas armazenadoras de energia existentes na natureza. De uma semente que pesa pouco mais de 0,3 g irá surgir uma planta, geralmente, com mais de 2,0 m de altura, isto dentro de um espaço de tempo de cerca de nove semanas. Nos meses seguintes, essa planta produz cerca de 600 a 1.000 sementes similares àquela da qual se originou (ALDRICH *et al.*, 1982).

Segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2018), a produção nacional de milho, em 2017/18, tem participação mais importantes nos estados de Mato Grosso, 29,9%, Paraná, 16,1%, Goiás, 10,2% Mato Grosso do Sul, 10,1%, Minas Gerais 8,2%. A área plantada de milho deve ter um acréscimo de 6,2% entre 2017/18 e 2027/28, passando de 16,6 milhões de hectares em 2017/18 para 17,7 milhões no final do período das projeções. No limite superior, a área pode chegar a 23,4 milhões de hectares nos próximos dez anos.

O Excesso ou a falta de água acarreta problemas e diminuição da produtividade das plantas (TAIZ e ZEIGER, 2013), o que torna necessário conhecer a quantidade de água a ser fornecida no cultivo para que seja efetuado um manejo consciente com o qual as plantas se desenvolvam de forma satisfatória, melhorando a qualidade de produção, evitando desperdício e reduzindo custos na irrigação (COÊLHO *et al.*, 2014).

Os efeitos da salinidade da água de irrigação sobre as plantas se refletem em alterações no potencial osmótico, na toxicidade dos íons e no desequilíbrio nutricional das plantas (AZEVEDO NETO e TABOSA, 2000; FERREIRA *et al.*, 2007). A resposta das plantas à salinidade é um fenômeno complexo, envolvendo alterações morfológicas, fisiológicas e bioquímicas (FOUGERE *et al.*, 1991; MUNNS, 2002).

Pereira (2016) em seu estudo, afirma que a irrigação com água salina deve ser manejada de forma criteriosa para evitar, acúmulos de sais na superfície do solo e a conseqüente redução da taxa de crescimento das plantas, por conta do decréscimo do componente osmótico do solo, o que dificulta a absorção de água e nutrientes pelas plantas, acarretando também efeitos negativos na fotossíntese afetando desta maneira a produtividade da planta.

A cultura do milho é altamente exigente em nitrogênio, o que torna esse nutriente o mais limitante à sua produção quando não suprido de forma adequada durante os estádios iniciais de desenvolvimento (COSTA *et al*, 2012).

Uma das técnicas adotada para se fazer a Fixação Biológica do Nitrogênio (FBN) na cultura do milho é através da inoculação das sementes de milho no momento da semeadura, com as Bactérias Promotoras de Crescimento de Plantas (BPCP) do gênero *Azospirillum brasilense*.

A EMBRAPA (2015), afirma que bactérias benéficas à cultura do milho, como o *Azospirillum brasilense*, podem trazer ganhos consistentes para o agricultor sem a necessidade de grandes investimentos com fertilizantes químicos, particularmente os nitrogenados.

Alguns estudos confirmam a influência positiva do *Azospirillum brasilense* na cultura do milho. Diante do exposto é possível identificar que há necessidade de pesquisas sobre o possível efeito atenuante da inoculação no milho submetido a estresse salino, já que há poucas pesquisas sobre a ação dessa inoculação.

2 OBJETIVO GERAL

Avaliar o crescimento e fisiologia do milho (*Zea mays*) inoculado com a bactéria *Azospirillum brasilense* irrigado com água salina.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- i. Analisar a capacidade do *Azospirillum brasilense* quanto ao seu potencial em proporcionar ganhos em termos de crescimento do milho irrigado com diferentes concentrações de água salina;
- ii. Determinar qual o nível salino apresenta menor efeito negativo para o milho inoculado;
- iii. Obter as respostas biométricas e fisiológicas das plantas de milho inoculadas;
- iv. Verificar se a inoculação com *Azospirillum brasilense* permite atenuar os efeitos deletérios da salinidade da água de irrigação.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 A CULTURA DO MILHO

O milho (*Zea mays* L.) é uma gramínea anual, monocotiledônea que pertence à família *Poaceae*, subfamília *Panicoideae* e gênero *Zea*, com fecundação cruzada e via fotossíntese C₄ (GONÇALVES, 2013). Possui um ciclo bastante variado, mas nas condições brasileiras, as cultivares completam o seu ciclo em 110 a 180 dias. Da emergência a colheita, o ciclo pode ser descrito como: super precoce, precoce e normal (FANCELLI e DOURADO-NETO, 2004).

É uma cultivar originária da região compreendida hoje pelo sul do México e norte da Guatemala, e que pode ser cultivada desde o nível do mar até 3.600 m de altitude, e onde a temperatura se apresente entre uma média noturna acima de 12,8 °C e média diurna superior a 19 °C (DARÓS, 2010). Sua importância econômica e social está relacionada à sua diversidade de aplicações. É uma das principais culturas devido ao seu potencial produtivo e sua grande importância na alimentação (KLUGE, 2016).

O milho possui raízes fasciculadas em que estão presentes raízes primárias e secundárias, adventícias e de suporte. As folhas são longas e lanceoladas, com nervura central em forma de canaleta, bem vigorosa; as folhas são invaginantes e inserem-se por nós do colmo, apresentando pilosidades. O colmo suporta as folhas e partes florais, além de servir como órgão de reserva. Sendo o milho planta monoica, as flores masculinas se agrupam numa panícula no topo da planta, enquanto as femininas são constituídas pelas espigas. O florescimento ocorre aproximadamente de 50 a 100 dias após sementeira e é afetado, principalmente, pela temperatura (EMBRAPA, 1996).

O milho é cultivado em praticamente todas as regiões agrícolas do mundo, constituindo-se como fonte de carboidratos e energia tanto para a alimentação humana como para alimentação animal. Os Estados Unidos da América são os maiores produtores do milho ao nível mundial e o Brasil é o terceiro maior produtor. (CONAB, 2014).

A produção do Milho no Brasil, tem-se caracterizado pela divisão da produção em duas épocas de plantio. O plantio de verão, ou primeira safra, onde são realizados na época tradicional, durante o período chuvoso, que varia entre fins de agosto na região sul, até os meses de Outubro/Novembro, no Sudeste e Centro-Oeste (no Nordeste esse período ocorre no início do ano). O plantio de milho safrinha refere-se ao milho de sequeiro, plantado de fevereiro a março (FILHO *et al.*, 2000).

No Nordeste, o Estado de Sergipe destaca-se por apresentar a maior produtividade da região com média de 4.231 kg ha⁻¹ de grãos. Contudo, a sua produção é a quarta maior com 745,9 mil toneladas na safra 2014/2015, ficando atrás da Bahia, Maranhão e Piauí (CONAB, 2015).

3.1.1 *Azospirillum Brasilense*

Azospirillum é um gênero de bactérias de vida livre que tem sido estudado nos últimos anos devido à sua capacidade de fixar nitrogênio (N) atmosférico (BODDEY et al., 1995). Apresenta um enorme potencial para ser usado em inoculantes como fonte de N para plantas de capim (BÁRBARO et al, 2008).

Azospirillum brasilense, que além de ser uma ótima fixadora de nitrogênio, também desempenha variados estímulos nas *póaceae*, principalmente, no milho. Entre esses estímulos estão produção de hormônios vegetais e a solubilização de fosfato, promotor de crescimento das raízes (FUKAMI et al., 2016).

Há evidências de que a inoculação de sementes de milho com *Azospirillum brasilense* é responsável por aumentar a taxa de acumulo de matéria seca, principalmente na presença de altos níveis de N, o que parece estar relacionado ao aumento da atividade de enzimas fotossintéticas e assimilação de N (DIDONET et al, 1995).

O uso de *Azospirillum* tem despertado grande interesse por parte de pesquisadores em biologia e fertilidade do solo, uma vez que, quando associadas à rizosfera de plantas podem contribuir para a nutrição nitrogenada destas (LINO, 2018).

Para Muller et al. (2016) o uso de bactérias diazotróficas para suprir a falta de N para culturas de gramíneas é muito benéfico para os sistemas de produção. No entanto, há falta de informação sobre qual o melhor método de inoculação e se há alguma interação da inoculação com a prática normal de aplicação de fertilizantes nitrogenados na radiodifusão.

Vogel et al. (2013) afirmam que a espécie *Azospirillum brasilense* se evidencia entre os outros tipos do gênero *Azospirillum*, devido a maior variedade de estudos, visto que é uma bactéria que desempenha papel importante na produção das *póaceae*, produzindo resultados satisfatórios.

Segundo a EMBRAPA (2015) a tecnologia de inoculação se baseia na capacidade promotora de crescimento do *Azospirillum brasilense* pela produção de vários hormônios que estimulam o crescimento das plantas, principalmente o sistema radicular, mas também por

outros mecanismos, como a fixação biológica de nitrogênio. Por isso, o *Azospirillum* faz parte de um grupo de bactérias denominadas de promotoras de crescimento vegetal.

A resposta da inoculação pode variar de acordo com o genótipo da planta, estirpe bacteriana, condições ambientais, práticas agrícolas, bem como com a quantidade e qualidade das células de BPCV utilizadas como inoculante, como sugere Matsumura *et al.* (2015).

Em 2004, como resultado de um projeto de parceria entre a Embrapa Soja e a Universidade Federal do Paraná (UFPR), foram apresentados e aprovados pela Reunião da Rede de Laboratórios para a Recomendação (RELARE) os primeiros resultados comprovando eficiência agrônômica pela inoculação de milho (*Zea mays* L.) e trigo (*Triticum aestivum* L.) com estirpes selecionadas de *Azospirillum brasilense*.

Camilo *et al.* (2017) observou em estudo da resposta do milho inoculado com *Azospirillum brasiliense*, um ganho de produtividades de milho de até 17%, o que considerou que a inoculação da *Azospirillum* como uma alternativa de sustentabilidade econômica e ambiental.

Godoy *et al.* (2011) utilizaram inoculante com *Azospirillum brasilense* e não encontraram respostas positivas da inoculação sobre a produtividade do milho. Por outro lado, Hungria *et al.* (2010) avaliaram o uso do inoculante sobre o milho e encontraram um aumento em 30% na produtividade em relação ao controle sem inoculação.

3.2 EFEITOS DO ESTRESSE SALINO NA CULTURA DO MILHO

A salinidade é um dos estresses abióticos que mais limitam o crescimento e a produtividade agrícola. Aproximadamente 20% das terras cultivadas no mundo vêm enfrentando problemas de salinização, sendo mais severos nas regiões áridas e semiáridas (MUNNS e TESTER, 2008). Os problemas ocasionados no crescimento e desenvolvimento das plantas pela salinidade são estudados em todo o mundo, principalmente nessas regiões, em decorrência de uma maior evaporação e menor precipitação (SCHOSSLER *et al.*, 2012).

Segundo Schossler *et al.* (2012), a salinidade pode ser definida como a situação de excesso de sais solúveis, sódio trocável ou ambos em horizontes ou camadas superficiais, afetando o desenvolvimento vegetal.

Entres os efeitos causados pela salinidade na planta, principalmente pelo acúmulo de NaCl, podemos citar a redução do potencial hídrico, que irá refletir em uma menor capacidade

de absorção de água pelas plantas. Além disso, a planta pode realizar o fechamento dos estômatos, a fim de reduzir a taxa de transpiração (MENDES e DE CARVALHO, 2016).

Quando a concentração de sais no solo é superior ao tolerado pela planta, seu crescimento é diretamente comprometido em virtude dos processos de redução da absorção de água resultante do efeito osmótico ou déficit hídrico e da elevada concentração de íons no fluxo transpiratório que causa injúrias nas folhas (MUNNS, 2005). Ou seja, a redução do crescimento causada pela salinidade é decorrente de seus efeitos osmóticos, tóxicos e nutricionais sobre as plantas (MUNNS e TESTER, 2008).

De acordo com Ayers e Westcot (1999), o milho (*Zea mays* L.), é uma cultura moderadamente sensível a salinidade, sendo mais sensível ao estresse salino no período vegetativo e mais tolerante na época de floração, apresentando salinidade limiar da água de $1,1 \text{ dS m}^{-1}$ e do solo de $1,7 \text{ dS m}^{-1}$.

Os distúrbios nutricionais associados ao estresse salino podem resultar da redução da disponibilidade de nutrientes (pela competição na absorção e no transporte dentro da planta), da alteração da integridade estrutural e funcional da membrana plasmática, bem como da inibição da atividade de várias enzimas vitais do metabolismo (MANSOUR e SALAMA, 2004; ALVAREZ-PIZARRO *et al.*, 2009; ARAGÃO *et al.*, 2010).

3.3 O MILHO E A BIOTECNOLOGIA

O conhecimento da fisiologia da planta tem permitido avanços na caracterização de genótipos e na definição e manipulação de características marcantes, de interesse para programas de seleção. Com base nesse conhecimento, abriram-se o campo da biotecnologia vegetal, que teve início com o aparecimento de propagação de plantas em cultura de tecido. Essa tecnologia é usada na multiplicação de plantas em larga escala, tendo como ideia principal o desenvolvimento de cultivares cada vez mais produtivas e adaptadas às mais diversas condições de cultivo (MAGALHÃES *et al.*, 2002).

Segundo a EMBRAPA (2014) a biotecnologia é um ramo da ciência que aplica os conceitos da moderna engenharia genética na geração de novos produtos na agricultura, nos processos industriais ou na medicina. No Brasil, considerando as culturas cultivadas com biotecnologia, atualmente, 90% do milho é geneticamente modificado. Plantas geneticamente

modificadas que ficaram conhecidas no jargão popular como plantas transgênicas, que são tidas como um organismo que recebeu um gene de outro organismo doador.

Já para Silveira *et. al.*, (2005), a biotecnologia pode ser definida como um conjunto de técnicas de manipulação de seres vivos ou parte destes para fins econômicos. Esse conceito amplo inclui técnicas que são utilizadas em grande escala na agricultura desde o início do século XX, como a cultura de tecidos, a fixação biológica de nitrogênio e o controle biológico de pragas. Mas o conceito inclui também técnicas modernas de modificação direta do DNA de uma planta ou de um organismo vivo qualquer, de forma a alterar precisamente as características desse organismo ou introduzir novas.

Técnicas da biotecnologia moderna podem contribuir para a redução dos custos de produção, para a produção de alimentos com melhor qualidade para o desenvolvimento de práticas menos agressivas ao meio ambiente, conseqüentemente gerando um aumento na produtividade (SILVEIRA *et. al.*, 2005), como é o caso da técnica de inoculação do milho com *Azospirillum*, para proporcionar a fixação biológica de nitrogênio.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

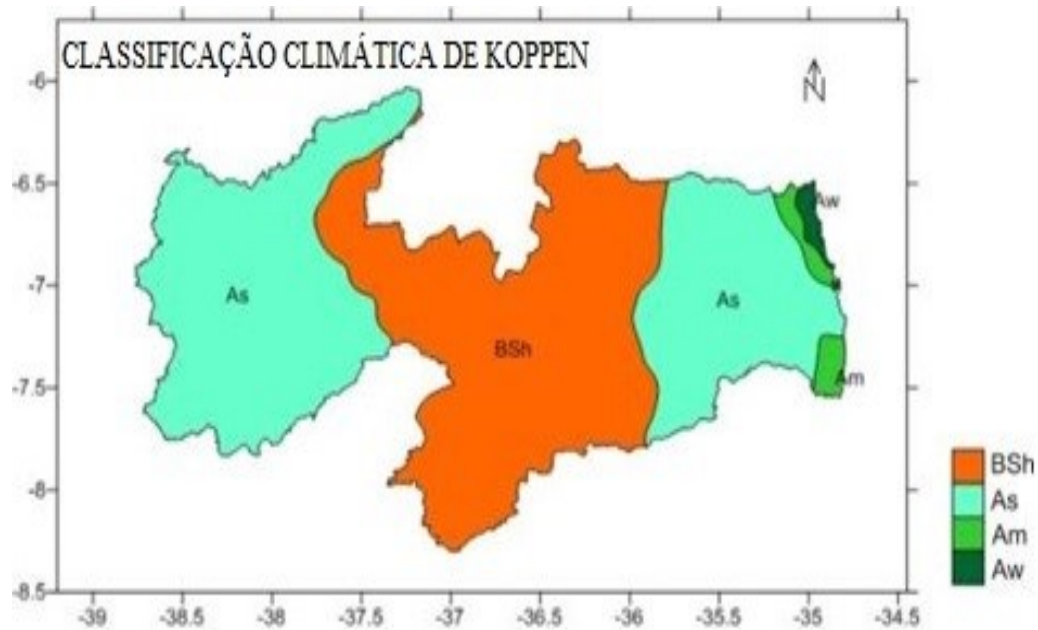
O estudo foi conduzido, no período de setembro de 2019 à janeiro de 2020, em ambiente protegido pertencente à Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola (UAEAg), Campus I, da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, (Figura 1), situada na coordenada 7° 13' 51" Sul, 35° 52' 54" Oeste, e altura média de 550m.

Figura 1 - Localização da área experimental.



Fonte: GOOGLE EARTH, 2020.

Conforme a Classificação de Köppen (PDRH-PB, 1996), o tipo de clima encontrado no município é do tipo As - quente e úmido (Mapa 1), com chuva de outono-inverno (DE OLIVEIRA SENA *et al.*, 2019). Possui precipitação média anual de 765 mm, temperatura média de 22,9 °C.

Mapa 1 - Classificação climática de Köppen no Estado da Paraíba.

Fonte: RESEARCH GATE, 2005.

4.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS

O delineamento experimental adotado foi em blocos inteiramente casualizados, em esquema fatorial 2x5, com 5 repetições, totalizando cinquenta unidades experimentais. Os fatores foram compostos pelos tratamentos T1 (sem inoculação com *Azospirillum brasilense*); T2 (inoculação com *Azospirillum brasilense*), e cinco níveis de CEa de irrigação (0,4; 1,1; 1,8; 2,5; 3,2 dS m⁻¹) determinados a partir da salinidade limiar da cultura do Milho 1,1 dS m⁻¹, de acordo com Ayers e Westcot (1999), o milho (*Zea mays* L.), é uma cultura moderadamente sensível (MS) a salinidade.

Tabela 1 - Valores da condutividade elétrica (dS/m) para cada tratamento.

Tratamento	CEa (dS/m)
S1	0,4
S2	1,1
S3	1,8
S4	2,5
S5	3,2

O tratamento S1 corresponde a condutividade elétrica ($CEa = 0,4dS\ m^{-1}$) da água de abastecimento utilizada na cidade de Campina Grande, proveniente do açude Epitácio Pessoa. Já o tratamento S2, corresponde à salinidade limiar da água para a cultura do milho ($CEa = 1,1dS\ m^{-1}$). Os demais níveis salinos foram estabelecidos obedecendo a diferença entre os valores de condutividade elétrica entre os tratamentos S1 e S2, resultando em um acréscimo de $0,7\ dS\ m^{-1}$, entre os níveis salinos superiores.

4.3 PREPARO DAS UNIDADES EXPERIMENTAIS E SOLO UTILIZADO

As plantas foram cultivadas em vasos de polietileno com capacidade de 20 litros. Na base de cada vaso, foram implantados uma camada de brita e uma manta geotêxtil, juntamente com uma mangueira transparente de 4mm de diâmetro e um recipiente plástico de garrafa pet com capacidade de 2 litros, com o objetivo de desobstruir e facilitar a drenagem da água, bem como coletar o volume total de água que viria a ser drenado (Fotografia 1).

Fotografia 1 - Recipientes de Cultivo.



Fonte: Arquivo pessoal (2019).

Foram utilizados aproximadamente 1000 Kg de solo proveniente do município de Lagoa Seca - PB, que passou pelo processo manual de destorroamento e peneiramento antes de ser adicionado aos vasos (Fotografia 2).

Fotografia 2 - Adição de solo em vasos.

Fonte: Arquivo pessoal (2019).

Através da análise laboratorial química e física do solo foi possível identificar a classe textural como Franco-Argiloso, no qual foi necessário ser feita a correção do pH do solo, conforme resultados apresentados na Tabela 2. O solo foi classificado como ácido e impróprio para um bom desenvolvimento e crescimento das plantas. A correção foi feita com a utilização de calcário, já que segundo a EMBRAPA (2014) o milho desenvolve-se melhor em solos fracamente ácidos ou neutros.

Tabela 2 - Análise Química e Fertilidade do solo.

pH	P	SO-SO ₄ ⁻²	K ⁺	Na ⁺	H ⁺ + Al ³⁺	Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SB	CTC	M.O
H ₂ O _(1:2,5)	mg/dm ³			Cmol/dm ³							g/ Kg
5,1	2,91	-	32,01	0,04	7,46	0,90	1,40	1,37	2,89	10,35	16,24

P, K, Na: Extrator Mehlich 1
 H + Al: Extrator Acetato de Cálcio 0,5 M, pH 7,0
 Al, Ca, Mg: Extrator KCl 1 M

SB: Soma de Bases Trocáveis.
 CTC: Capacidade de Troca Catiônica
 M.O.: Matéria Orgânica – Walkley-Black

A adubação com NPK foi realizada conforme a recomendação de adubação para ensaios em vasos, proposta por Novais *et al.* (1991), adicionando-se 100, 300 e 150 mg/kg de solo, de nitrogênio, fósforo e potássio, respectivamente, nas formas de uréia, superfosfato simples e cloreto de potássio. A adubação foi fracionada, o nitrogênio foi parcelado em 1/3 na fundação, e 1/3 na fase de crescimento 20 DAT, e 1/3 na fase de pré- floração.

4.4 DESCRIÇÃO DA CULTIVAR DE MILHO UTILIZADA E OS TRATOS CULTURAIS

A cultivar de milho utilizada no experimento foi NS-92 VT PRO, adquiridas juntamente com o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Mato Grosso – IFMT, previamente selecionada, através do teste de germinação. Essa cultivar possui finalidade de uso para grãos e silagens, caracteriza-se por ter ciclo médio e com colheita prevista a partir dos 138 a 155 dias após a semeadura. Seus grãos são semiduros, de cor alaranjada. As características propiciam uma boa qualidade de raiz e colmo, e equilíbrio de sanidade trazendo como benefício segurança para a colheita.

A linha VT PRO, possui 3 gerações, é resistente a lepidópteros (pragas de milho), fornecendo o controle da broca-do-colmo, e a supressão da lagarta-do-cartuxo e da lagarta-da-espiga. A tecnologia utilizada tem potencial para a redução do uso de inseticidas para o controle de pragas, o que promove outros benefícios ambientais indiretos, associados ao menor uso de compostos químicos na lavoura.

4.5 INOCULAÇÃO DAS SEMENTES

As sementes foram inoculadas com a estirpe de *Azospirillum brasilense* contendo as estirpes Ab-V5 e Ab-V6 (Figura 5), cedidas pela Total Biotecnologia Indústria e Comércio, Curitiba-PR. Para a inoculação foi utilizada a metodologia indicada pela empresa, que consta em misturar as sementes à substância até que todas sejam envolvidas por uma camada uniforme de inoculante, em proporção de 16 mL da substância em 10.000 sementes. Todo esse procedimento foi realizado à sombra e semeadado imediatamente após a inoculação.

As sementes inoculadas e as não inoculadas foram semeadas manualmente nos vasos. Em cada vaso foram distribuídas 3 sementes, e vinte dias após a emergência foi realizado o desbaste permanecendo apenas uma planta por vaso.

Fotografia 3 - Inoculante líquido Azospirillum brasilense.



Fonte: Arquivo pessoal (2019).

4.6 PREPARO DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO

A água salina utilizada para a irrigação foi produzida com a adição de cloreto de sódio (NaCl) na água de abastecimento público, até atingir a condutividade elétrica desejada para cada concentração, sendo aferidos os valores utilizando um condutímetro (Mca-150) (Fotografia 4) que é basicamente um equipamento que serve para medir a condutividade de variadas amostras, possibilitando a medição de condutividade em Siemens por centímetro ou Siemens por metro, sólidos totais dissolvidos (STD), teor de cinzas e temperatura de uma amostra e é utilizado quando se necessita de precisão nos resultados. A leitura foi ajustada à temperatura de 25 °C e foi utilizada a metodologia proposta por Richards (1952).

Fotografia 4 - Verificação da condutividade elétrica utilizando um condutivímetro.



Fonte: Arquivo pessoal (2019).

Após preparação, as águas foram armazenadas em recipientes plásticos de trinta litros (Fotografia 5), um para cada nível de CEa estudado, devidamente protegidos, evitando-se a evaporação, a entrada de água de chuva e a contaminação com materiais que possam comprometer sua qualidade.

Fotografia 5 - Separação, mistura e armazenamento de NaCl em diferentes concentrações em água de abastecimento.



Fonte: Arquivo pessoal (2019).

4.7 VARIÁVEIS ANALISADAS

4.7.1 Variáveis de Crescimento

As avaliações de crescimento foram realizadas aos 31 DAS, e constou-se de: altura de planta (AP, cm), medida da base da planta rente ao nível do solo até o pendão, com o auxílio de uma trena métrica; diâmetro do Caule (DC, mm), medido com um paquímetro digital, logo após o segundo nó presente no caule do milho de acordo com a metodologia descrita por (Nascimento *et al.*, 2014); número de folhas (NF) sendo consideradas na contagem das folhas, as que apresentarem comprimento superior a 3 cm, e com coloração característica da cultivar; área foliar (AF, cm²), obtida utilizando a Equação 1, proposta por Sangoi *et al.* (2007).

$$AF = C \times L \times 0,75 \quad (1)$$

Onde:

AF= Área Foliar;

C= Comprimento da Folha;

L= Largura da Folha;

0,75= Fator de Correção para folhas de milho por não apresentarem formato retangular.

4.7.2 Variáveis Fisiológicas

As avaliações fisiológicas ocorreram aos 69 DAS, e constaram das variáveis de trocas gasosas, eficiência do uso da água (EUA) e eficiência instantânea de carboxilação (EiC).

Na avaliação das trocas gasosas utilizou-se um analisador de gás infravermelho – IRGA (Infra Red Gás Analyser, modelo LCpro – SD, da ADC Bioscientific, UK.), para obtenção de dados referentes a condutância estomática (gs) (mol m⁻² s⁻¹), transpiração (E) (mmol de H₂O m⁻² s⁻¹), taxa de assimilação (A) (μmol m⁻² s⁻¹) e concentração interna de CO₂ (Ci) (μmol mol⁻¹).

Com a coleta desses dados, foi possível quantificar, indiretamente, as seguintes informações:

- A eficiência do uso da água (EUA)

$$EUA = \frac{E}{A} [(\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}) (\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1})^{-1}] \quad (2)$$

Onde:

E= Transpiração;

A= Taxa de Assimilação de CO₂.

- A eficiência instantânea de carboxilação (EiC)

$$EiC = \frac{A}{C_i} [(\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}) (\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1})^{-1}] \quad (3)$$

Onde:

A= Taxa de assimilação de CO₂;

C_i= Concentração interna de CO₂.

4.7.3 Análises Estatísticas

Os dados obtidos foram avaliados por análise de variância e regressão, e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância – SISVAR 5.6 (FERREIRA, 2011).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 VARIÁVEIS DE CRESCIMENTO

Os resultados referentes à análise de variância pelo teste F ao nível de 1 e 5% de probabilidade para as variáveis altura de plantas, diâmetro de caule, número de folhas e área foliar, aos 31 dias após a semeadura, encontram-se na Tabela 3.

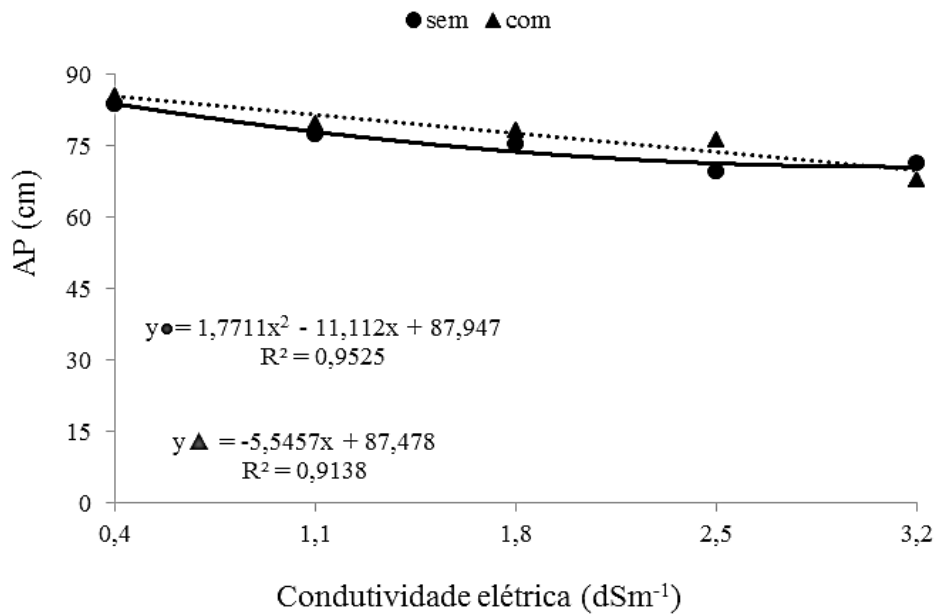
Tabela 3 - Resumo do teste F para altura de plantas (AP), diâmetro do caule (DC), número de folhas (NF) e área foliar (AF) aos 31 dias após a semeadura (DAS) de plantas de milho inoculadas com *Azospirillum brasilense* irrigadas com águas salinas.

Tratamentos	GL	QUADRADO MÉDIO			
		AP	DC	NF	AF
Inoculação (I)	1	215,48*	0,064 ^{ns}	0,720 ^{ns}	52370,13 ^{ns}
Salinidade (S)	4	316,10**	15,623**	4,70**	1358456,52**
I x S	4	128,49**	0,805 ^{ns}	1,32 ^{ns}	49167,06 ^{ns}
Resíduo	40	31,81	1,82	0,93	65571,89
CV (%)		7,48	7,02	10,48	12,96

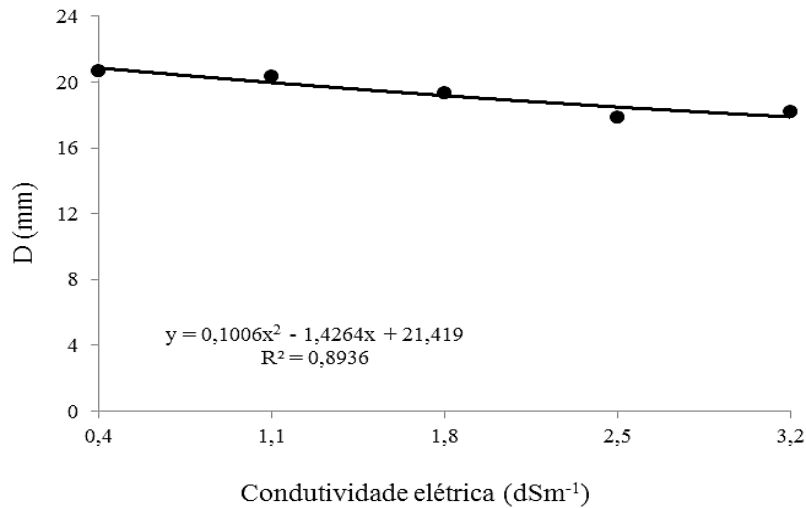
Onde: *,**, ns. Significativo a 5%, 1% e não significativo, respectivamente. Altura de plantas (AP), diâmetro do caule (DC), número de folhas (NF) e área foliar (AF) aos 31 dias após a semeadura (DAS),

Verifica-se a partir do resumo do teste F (Tabela 3) que a interação entre os fatores (inoculação x salinidade) promoveu efeito significativo ($p < 0,01$) apenas para a variável altura de plantas. Analisando-se os fatores de forma isolada, verifica-se que as plantas de milho quando submetidas à irrigação com águas salinas tiveram seu diâmetro de caule, número de folhas e a área foliar afetados significativamente em nível de 0,01 de probabilidade.

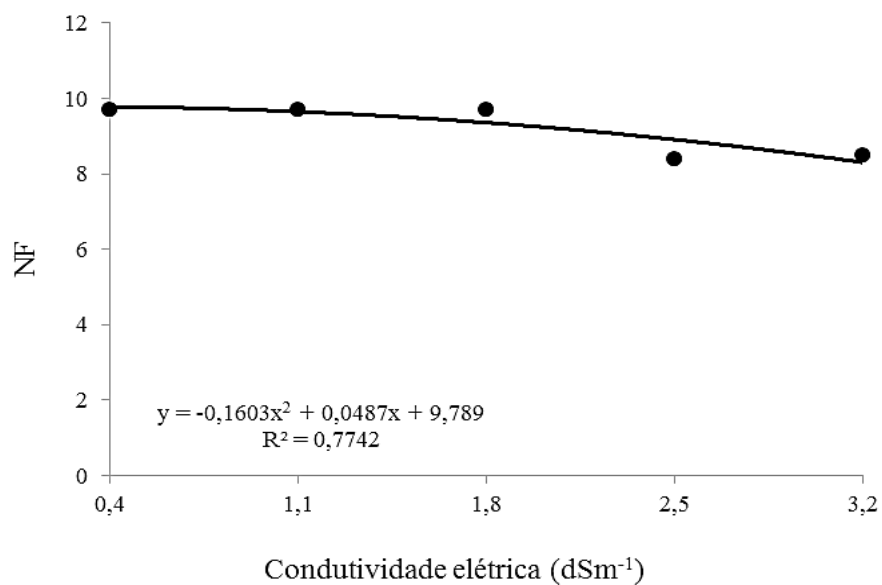
Gráfico 1 - Interação da altura de planta (AP) em relação à salinidade e a aplicação dos tratamentos.



Observa-se que a AP foi afetada com o aumento da salinidade nas soluções, na qual o mesmo altera funções fisiológicas e morfológicas das plantas. Resultados semelhantes foram encontrados no trabalho de Sousa *et al.* (2014). Ocorrendo assim um decréscimo 15,1% no tratamento 1 e de 20,7% no tratamento 2 na sua altura quando comparada com a irrigação utilizando a água de abastecimento com o último nível salino. Com a utilização do inoculante obteve um aumento da sua altura de 2%. Em uma revisão recente de trabalhos sobre as respostas fisiológicas induzidas por *Azospirillum*, Barassi *et al.* (2008) relatam a melhoria em parâmetros fotossintéticos das folhas, incluindo o teor de clorofila e condutância estomática, maior teor de prolina na parte aérea e raízes, melhoria no potencial hídrico, incremento no teor de água do apoplasto, maior elasticidade da parede celular, maior produção de biomassa e maior altura de plantas.

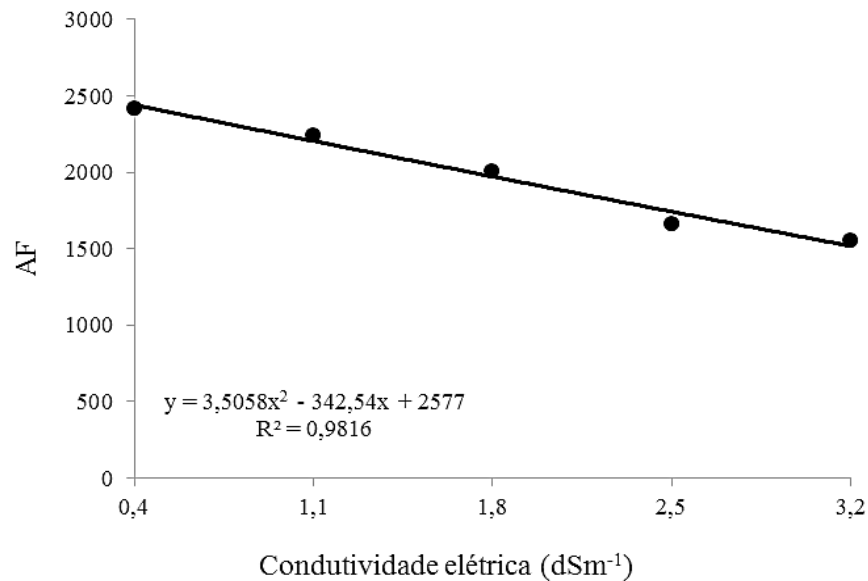
Gráfico 2 - Regressão polinomial do diâmetro de caule.

Percebe-se que houve decréscimo do diâmetro do caule do milho quando ele foi submetido a concentrações salinas, em que ocorreu uma diferença de 12,1% com relação ao último estresse salino. Ocorreu um decrescimento linear tendo o seu menor diâmetro quando se aplicou maior nível salino, apesar disto, pesquisas têm demonstrado que a elevação da salinidade do solo decorrente da irrigação com água salina pode inibir o desenvolvimento das plantas em consequência de alterações nos parâmetros fisiológicos (OLIVEIRA *et al.*, 2017), assim como pode ter ocorrido com o seu diâmetro.

Gráfico 3 - Regressão polinomial do número de folhas.

Com o aumento da salinidade, houve um decréscimo de 12,1% do número de folhas quando comparadas aos seus níveis salinos. Com o aumento da salinidade, íons tóxicos se acumulam no solo, fazendo com que acarrete na desfite de absorção de água da planta, e com isto, altere funções morfológicas e fisiológicas das plantas. Segundo Taiz e Zeiger (2009) a redução do número de folhas está relacionada, possivelmente, a um dos mecanismos de adaptação da planta ao estresse salino consistindo no decréscimo da produção da área foliar, do fechamento dos estômatos, da aceleração da senescência e abscisão das folhas limitando não só o tamanho de folhas individuais, mas também o número de folhas.

Gráfico 4 - Área foliar quando submetida a concentrações de água salina.



Com o aumento da salinidade na irrigação, observa-se que houve uma diferença de 35,8% da área foliar da planta, quando comparadas com a água de abastecimento. Outros autores, como Souza *et al.* (2014) também obtiveram resultados negativos quanto ao uso de águas salinas no cultivo de milho doce e milho de pipoca, em que concluíram que o desenvolvimento inicial (altura, diâmetro, número de folhas e área foliar) destas duas cultivares foram afetadas pelo aumento da salinidade da água de irrigação, variando somente qual a cultivar que se apresentou mais tolerante aos níveis salinos estudados.

Para justificar esses efeitos danosos, estudiosos atribuem a vários problemas, dentre eles o mais comum é o aumento da pressão osmótica do solo, tornando-o mais negativo que o da planta, impossibilitando a absorção de água pelas raízes e afetando a sua divisão celular e

alongamento das células (TAIZ e ZEIGER, 2009). Estes justificam, ainda, que a redução da área foliar pode apresentar uma defesa da planta cultivada em um meio salino, visando à redução da perda de água pela transpiração.

5.2 VARIÁVEIS FISIOLÓGICAS

Através do resumo da análise do teste de F (Tabela 4), verifica-se efeito significativo ($p < 0,01$) da salinidade sobre a taxa de assimilação de CO_2 (A). Quanto à interação entre os fatores (Inoculação x salinidade) constata-se a ocorrência de efeito significativo apenas para a concentração interna de CO_2 (Ci) e a taxa transpiratória (E).

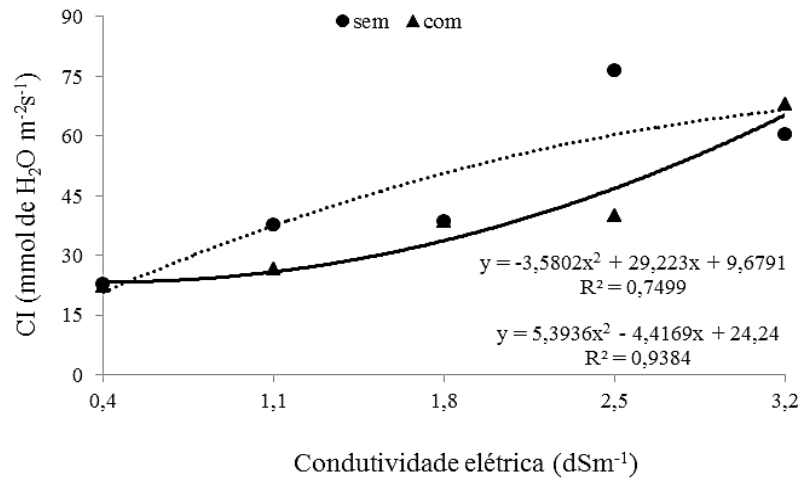
Tabela 4 - Resumo do teste F para a concentração interna de CO_2 (Ci), taxa de assimilação de CO_2 (A), taxa transpiratória (E) e condutância estomática (gs) aos 69 dias após a semeadura (DAS) de plantas de milho inoculadas com *Azospirillum brasilense* irrigadas com águas salinas.

Tratamentos	GL	QUADRADO MÉDIO			
		Ci	A	E	gs
Inoculação (I)	1	4,54**	0,622 ^{ns}	1,101**	0,02375**
Salinidade (S)	4	18,05**	139,16**	4,51*	0,0023 ^{ns}
I x S	4	3,98**	21,72 ^{ns}	1,88**	0,0085 ^{ns}
Resíduo	40	1,00	17,32	0,27	0,0023
CV (%)		15,79	22,17	18,92	15,30

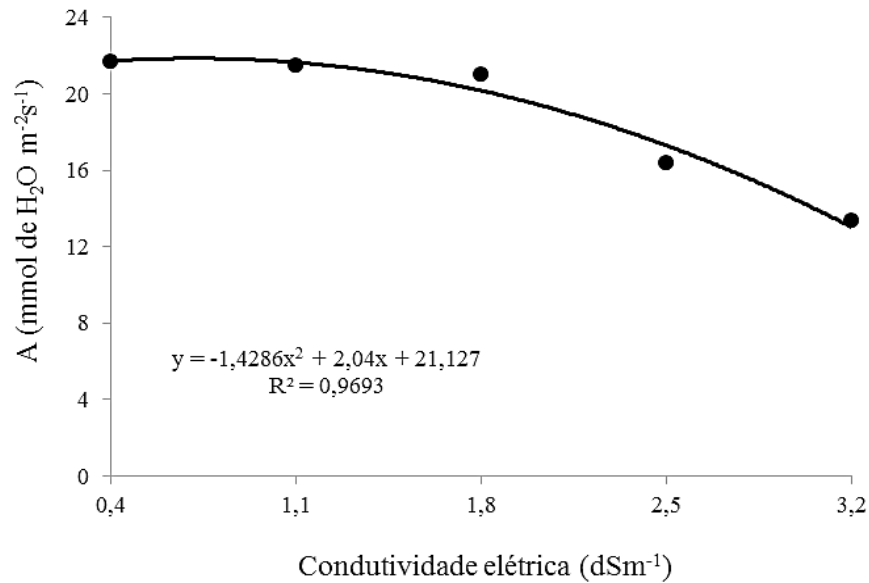
*, **, ns. Significativo a 5%, 1% e não significativo, respectivamente. Concentração interna de CO_2 (Ci), taxa de assimilação de CO_2 (A), taxa transpiratória (E) e condutância estomática (gs) aos 69 dias após a semeadura (DAS).

Verifica-se a partir do resumo do teste F (Tabela 4) que a interação entre os fatores (inoculação x salinidade) promoveu efeito significativo ($p < 0,01$) apenas para as variáveis Ci e E. Mostrando também resultados significativos no A quando submetidos ao teste de 0,01 de probabilidade.

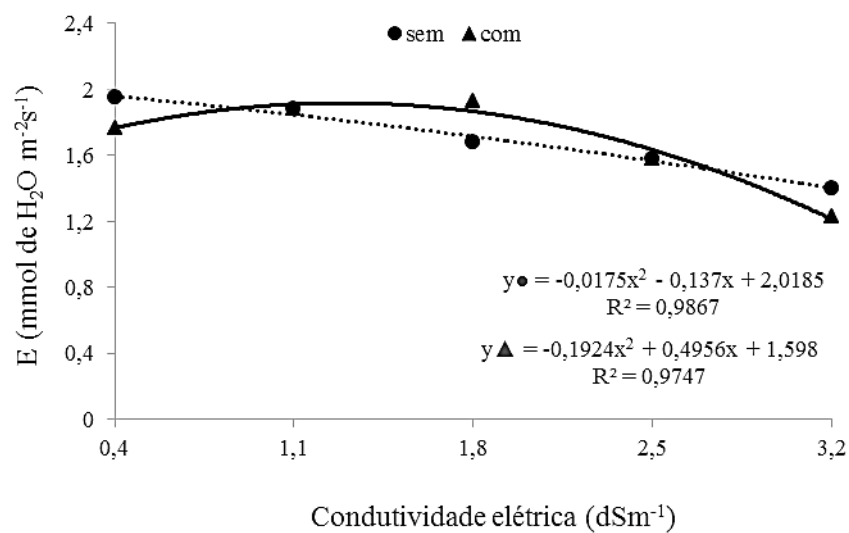
Gráfico 5 - Interação entre os tratamentos e a salinidade na concentração interna de CO₂.



Observa-se que o nível mais salino proporcionou um aumento de 11% com a utilização do inoculante, quando comparado ao sem inoculante. De modo geral, observa-se o provável efeito de atenuação do *Azospirillum brasilense* com a salinidade nas variáveis de trocas gasosas do trabalho. Resumidamente, isto está relacionado com a ligação entre os parâmetros devido ao incremento da superfície de contato das raízes, que possivelmente aumentou a exploração de nutrientes e da água no solo, favorecendo assim a movimentação para as células, mantendo-as túrgidas e, promovendo a abertura estomática, transpiração, absorção de luz e CO₂. Segundo Bunce (2014), plantas inoculadas com bactérias proporcionam 20% a mais de concentração interna de CO₂, além disso, essa maior concentração influencia no desempenho fotossintético destas plantas, visto que maiores taxas de CO₂ acarretam maior atividade da enzima PEP carboxilase, que na via metabólica fotossintética das plantas C4 (milho) é a responsável por acelerar o processo de formação do CO₂ em ácido oxaloacético (TAIZ e ZEIGER, 2013).

Gráfico 6 - Efeito da salinidade na taxa de assimilação de CO₂.

Com o aumento da salinidade, houve um decréscimo de 38,4% da variável A quando comparada com o primeiro nível salino, mostrando que a salinidade teve efeitos tenuous. De acordo com Santos *et al.*, (2005) a degradação da clorofila, pode ocasionar uma considerável redução na taxa fotossintética, fazendo com que haja uma perda de fatores morfológicos, na qual afeta diretamente a assimilação de carbono da planta.

Gráfico 7 - Interação entre salinidade e os tratamentos da taxa respiratória.

Observa-se no Gráfico 7, uma diferença entre os tratamentos com o inoculante *Azospirillum brasilense* e na ausência do mesmo de 9,2% em relação a outra variável. É possível

observar também que com o aumento da salinidade, houve uma diminuição de 28,2% e de 30,5% da taxa respiratória das plantas nas variáveis sem e com a bactéria. Para Taiz e Zeiger (2009), quando a redução de disponibilidade de água é percebida pelas raízes, ocorre um aumento da síntese de ácido abscísico (ABA), que passa a ser translocado para as folhas e, conseqüentemente, estimula o fechamento estomático e, posteriormente, afeta o processo de transpiração.

6 CONCLUSÃO

Houve efeito da interação entre a salinidade e a inoculação sob as variáveis altura de planta (AP), concentração interna de carbono (Ci) e a taxa de respiração (E). Mostrando que podemos utilizar a inoculação como um inibidor de salinidade, na qual mostrou resultados significantes quando sobrepostos por salinidade.

O inoculante bacteriano apresentou eficácia sob o conteúdo de trocas gasosas, quando se diz respeito à concentração interna e a taxa de respiração. Mostrando também que as concentrações salinas avaliadas afetaram negativamente variáveis fisiológicas e morfológicas do milho.

REFERÊNCIAS

- ALDRICH, S.R.; SCOTT, W.O.; LENG, E.R. Modern corn production. 2.ed. Champaign: A & L Publication, 1982. 371 p.
- ALVAREZ- PIZARRO, J.C.; GOMES-FILHO, E.; LACERDA, C.F.; ALENCAR, N.L.M.; PRISCO, J.T. Salt-induced changes on H⁺-ATPase activity, sterol and phospholipid content and lipid peroxidation of root plasma membrane from dwarf-cashew (*Anacardium occidentale* L.) seedlings. *Plant Growth Regulation*, v.59, p.125-135,2009.
- ARAGÃO, R.M.; SILVEIRA, J.A.G.; SILVA, E.N.; LOBO, A.K.M.; DUTRA, A.T.B. Absorção, fluxo no xilema e assimilação do nitrato em feijão-caupi submetido à salinidade. *Revista Ciência Agronômica*, v.41, p.100-106, 2010.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. A qualidade da água na agricultura. 2.ed. Campina Grande: UFPB, 1999. 153p. Estudos FAO, Irrigação e Drenagem, 29.
- AZEVEDO NETO A. D.; TABOSA J. N. Estresse salino em plântulas de milho: Parte II - Distribuição dos macronutrientes catiônicos e suas relações com o sódio. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.4, n.2, p.165-171, 2000.
- BÁRBARO, I.M. et al. É possível fixação biológica de nitrogênio no milho. INFOBIBOS – Informações Tecnológicas, 2008. Available from: http://www.infobibos.com/Artigos/2008_2/fixacao/index.htm. Accessed: Mar. 14, 2013.
- BARASSI, C.A.; SUELDO, R.J.; CREUS, C.M.; CARROZZI, L.E.; CASANOVAS, W.M.; PEREYRA, M.A. Potencialidad de Azospirillum en optimizer el crecimiento vegetal bajo condiciones adversas. In: CASSÁN, F.D.; GARCIA DE SALAMONE, I. (Ed.) *Azospirillum* sp.: cell physiology, plant interactions and agronomic research in Argentina. Argentina: Asociación Argentina de Microbiología, 2008. p.49-59.
- BODDEY, R.M. et al. Biological nitrogen fixation associated with sugar cane and rice: contributions and prospects for improvement. *Plant and Soil*, Dordrecht, v.174, p.195-209, 1995.
- BUNCE, J. A. Limitations to soybean photosynthesis at elevated carbondioxide in free-air enrichment and open top chamber systems. *Plant Science*, v. 226, p. 131-135, 2014.
- CAMILO, B. G.; DE OLIVEIRA, C. A.; MARRIEL, I. E. Resposta da cultura do milho à inoculação com *Azospirillum* brasilense sob três níveis de nitrogênio e tratamento químico da semente. Embrapa Milho e Sorgo-Artigo em anais de congresso (ALICE), 2017, In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA PIBIC/CNPq, 12., 2017, Sete Lagoas.

COÊLHO, M. R. V. Alterações fisiológicas e metabólicas em *hyptis fruticosa salzm. Ex. benth e ocimum gratissimum l.* sob diferentes regimes hídricos. 2014. 87 p. Dissertação (Mestrado em Recursos genéticos Vegetais)- Universidade Federal de Feira de Santana, Feira de Santana, 2014.

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da safra brasileira de grãos. Safra 2019/2020 – sexto levantamento, v.7, n.6, p.1-31, 2020.

CONAB- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da safra Brasileira – Grãos – Safra 2013/2014, 11o Levantamento, agosto/2014. Disponível em:<http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14_07_09_09_36_57_10_levantamento_d_e_graos_julho_2014.pdf>> Acesso em: 03 mar. 2020.

CONAB- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da safra brasileira de grãos. Brasília, DF: Conab, 2015. 134 p. v. 2. Safra 2014/15. n. 12. Décimo segundo levantamento.

COSTA, N. R.; ANDREOTTI, M.; GAMEIRO, R. A.; PARIZ, C. M.; BUZETTI, S.; LOPES, K S. M. Adubação nitrogenada no consórcio de milho com duas espécies de braquiária em sistema plantio direto. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, DF, v. 47, n. 9, p. 1038- 1047, 2012.

DARÓS, R. Cultura do milho: manual de recomendações técnicas. Dourados: Agraer, 2010.

DE OLIVEIRA SENA, J. P.; LUCENA, D . B.; NETO, J. M. M. Eventos pluviométricos intensos e seus impactos em Campina Grande-PB. Revista de Geociências do Nordeste, v. 5, p. 69-77, 2019. ISSN 2447-3359.

DIDONET, A.D. et al. Acúmulo de nitrogênio e de massa seca em plantas de trigo inoculadas com *Azospirillum brasilense*. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.16, n.9, p.645-651, 1996.

EMBRAPA. Recomendações técnicas para o cultivo do milho, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. EMBRAPA-SPI, Brasília 2a ed, 204p. 1996.

EMBRAPA. Transgênicos. 2014. Disponível em:< <https://www.embrapa.br/tema-transgenicos/perguntas-e-respostas>>. Acesso em: 10 abr. 2020.

EMBRAPA- [Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária](https://www.embrapa.br/). Bactérias aumentam produtividade do milho e reduzem adubos químicos, 2015. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/2467608/bacterias-aumentam-productividade-do-milho-e-reduzem-adubos-quimicos>>. Acesso em: 02 mar. 2020.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. Produção de milho. 2.ed. Guaíba: Agropecuária, v. 1. 360p., 2004.

- FERREIRA, P. A.; GARCIA, G. O.; NEVES, J. C. L.; MIRANDA, G. V.; SANTOS, D. B. Produção relativa do milho e teores folheares de nitrogênio, fósforo, enxofre e cloro em função da salinidade do solo. *Revista Ciência Agronômica*, v.38, n.1, p.7-16, 2007.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia (UFPA)*, v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.
- FILHO, I. A. P.; CRUZ, J. C.; GARCIA, J. C. *Sistemas Diferenciais de Cultivo*. DF: EMBRAPA, 2000.
- FOUGERE, F. L.; RUDULIER, D.; STREETER, J. G. Effects of salt stress on amino acid, organic acid, and carbohydrate composition of roots, bacteroids, and cytosol of alfafa (*Medicago sativa* L.). *Plant Physiology*, v.96, p.1228-1236, 1991.
- FUKAMI, J.; NOGUEIRA, M. A.; ARAUJO, R. S.; HUNGRIA, M. Accessing inoculation methods of maize and wheat with *Azospirillum brasilense*. *AMB Express*, v.6, n.3, p.1-13, 2016.
- GODOY, J.C. et al. Produtividade de milho em resposta a doses de nitrogênio com e sem inoculação das sementes com *Azospirillum brasilense*. *Campo Digital*, v.6, p.26-30, 2011. Disponível em: <<http://revista.grupointegrado.br/revista/index.php/campodigital/article/view/980>>. Acesso em: 04 mar. 2020.
- GONÇALVES, G. M. B. Desempenho agrônomo e adaptativo e divergência genética de populações de milho local derivadas de MPA1 em processo de melhoramento genético. 2013. 48f. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.
- HUNGRIA, M. et al. Inoculation with selected strains of *Azospirillum brasilense* and *A. lipoferum* improves yields of maize and wheat in Brazil. *Plant and Soil*, v.331, p.413-425, 2010.
- KLUGE, F. T. D. R. Efeito Da Inoculação Com *Azospirillum Brasilense* associado á reguladores vegetais em milho, utilizando diferentes doses de nitrogênio. 2016.
- LINO, A. C. M. Fixação biológica de nitrogênio em soqueira de cana-de-açúcar com *Azospirillum brasilense* e na compatibilidade com agroquímicos, 2018.
- MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O.; CARNEIRO, N. P.; PAIVA, E. *Fisiologia do Milho*. Sete Lagoas, MG. Dezembro, 2002. Circular Técnica n. 22, p.65, EMBRAPA - MAPA.
- MANSOUR, M.M.F.; SALAMA, K.H.A. Cellular basis of salinity tolerance in plants. *Environmental and Experimental Botany*, v.52, p.113-122, 2004.
- MAPA- Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Projeções do Agronegócio: Brasil 2017/18 a 2027/28 projeções de longo prazo*. Brasília: MAPA/ACE, 2018. 112 p. Disponível em: < <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/politica-agricola/todas-publicacoes-de-politica-agricola/projecoes-do>

- agronegocio/PROJECOES2018_FINALIZADA_web_05092018.pdf>. Acesso em: 02 mar. 2020.
- MENDES, A. K. V.; DE CARVALHO, J. S. B. Germinação de sementes de manjerição em diferentes condições ambientais. *Revista Ciência, Tecnologia & Ambiente*, v. 1, n. 1, p. 21-27, 2016. ISSN 2359-6643.
- MUNNS, R. Comparative physiology of salt and water stress. *Plant, Cell and Environment*, v.25, n.2, p.239-250, 2002.
- MÜLLER, T. M; SANDINI, I. E; RODRIGUES, J. D; NOVAKOWISKI, J. H; BASI, S; KAMINSK, T. H. Combinação de métodos de inoculação de *Azospirillum brasiliense* com adubação nitrogenada de cobertura aumenta produtividade de milho. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.46, n.2, p.210-215, fev, 2016.
- MUNNS, R. Genes and salt tolerance: bringing them together. *New phytologist*, v. 167, n. 3, p. 645-663, 2005. ISSN 0028-646X.
- MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology*, v.59, p.651-681, 2008.
- NASCIMENTO, B. L. M. et al. Altura e Diâmetro do milho cultivado em função de diferentes doses de fertilizantes fosfatados. *Scientia Plena*, v. 10, n. 9, 2014. ISSN 1808-2793.
- NOVAIS, R.F.; NEVES, J.C.L. & BARROS, N.F. Ensaio em ambiente controlado. In: OLIVEIRA, A.J.; GARRIDO, W.E.; ARAÚJO, J.D. & LOURENÇO, S., eds. *Métodos de pesquisa em fertilidade do solo*. Brasília, Embrapa-SEA, 1991. p.189-254.
- PDRH- PB. Plano Diretor de Recursos Hídricos do Estado da Paraíba. João Pessoa/PB: SEMARH/ Governo do Estado da Paraíba. 1996 (CD-ROM).
- PEREIRA, E. D. Efeitos da salinidade e da fertilização orgânica no desenvolvimento e produtividade do feijão caupi. 2016.
- RICHARDS, L. A.; CAMPBELL, R. B. Soil water and plant growth. In *Soil Physical Conditions and Plant Growth*. Byron T. Shaw, ED. 491, pp., illus. New York. 1952.
- SANGOI, L.; SCHMITT, A.; ZANIN, C.G. Área foliar e rendimento de grãos de híbridos de milho em diferentes populações de planta. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.6, p.263-271, 2007.
- SCHOSSLER, T. R. et al. Salinidade: efeitos na fisiologia e na nutrição mineral de plantas. *Enciclopédia Biosfera*, v. 8, n. 15, p. 1563-1578, 2012.
- SILVEIRA, J. M. F.J.; BORGES, I. C.; BUAINAIN, A. M. BIOTECNOLOGIA E AGRICULTURA da ciência e tecnologia aos impactos da inovação. *São Paulo Em Perspectiva*, v. 19, n. 2, p.101-114, abr./jun. 2005.

SOUZA, M. W. L.; CUNHA, R. C.; COSTA, P. A. A.; MOURA, I. N. B. M.; BEZERRA, M. F. S.; LIMA, L. A.; PEREIRA, L. A. F.; OLIVEIRA, F. A. Desenvolvimento inicial de milho doce e milho de pipoca sob estresse salino. *Agropecuária Científica no Semiárido*, v.10, n.3, p.65-72, 2014.

TAIZ, L. e ZEIGER, E. *Fisiologia vegetal*. Porto Alegre: ArtMed, 2009.

TAIZ, L. ZEIGER, E. *Fisiologia vegetal*. 5 ed. Porto Alegre: Artmed, 2013.

VOGEL; G. F.; MARTINKOSKI, L.; MARTINS, P. J.; BICHEL, A. Desempenho agronômico de *Azospirillum brasilense* na cultura do arroz: uma revisão. *Revista em Agronegócios e Meio Ambiente*, v.6, n.3, p.567-578, 2013.