

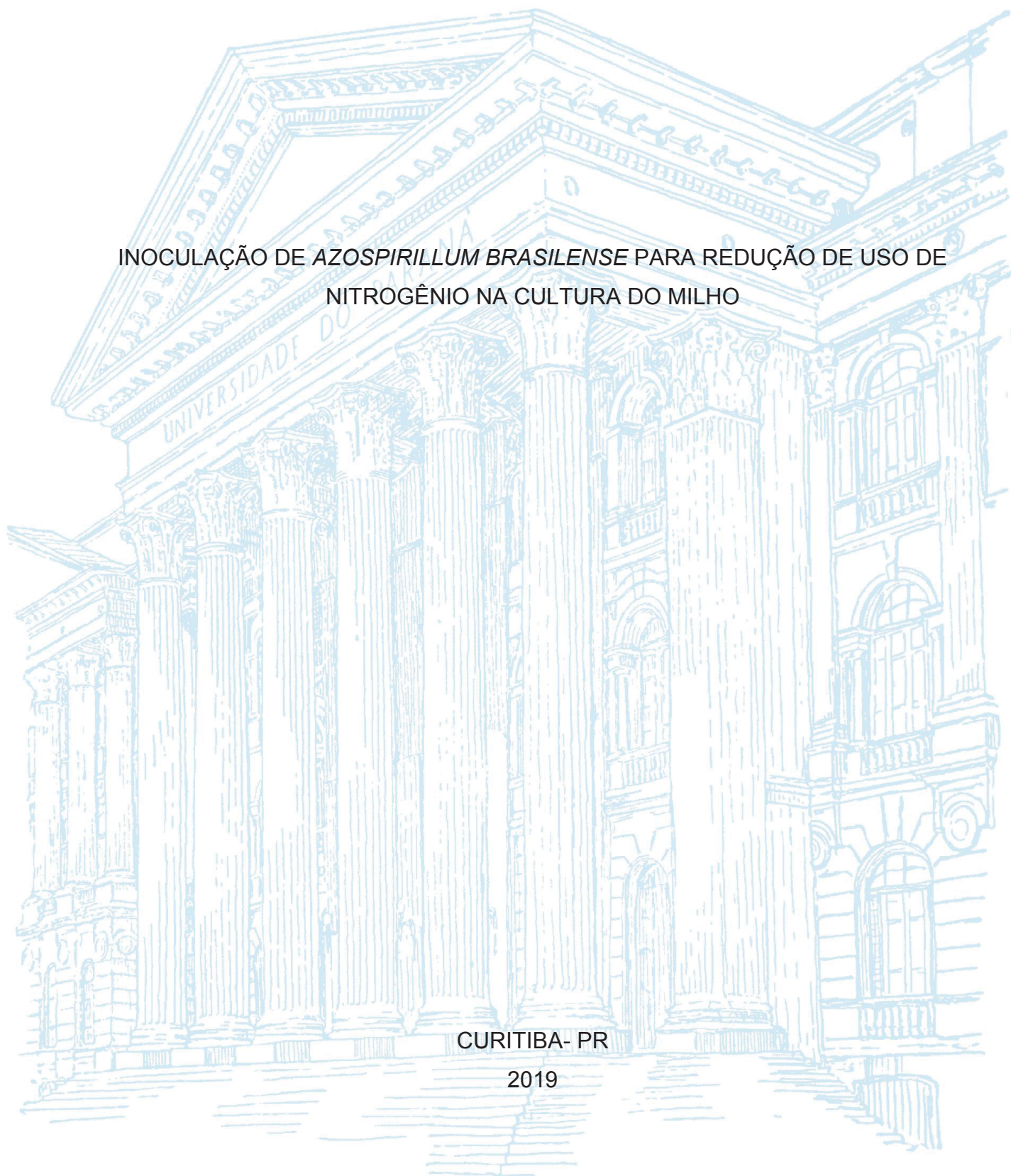
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

RONY RAFAEL PIOVESAN

INOCULAÇÃO DE *AZOSPIRILLUM BRASILENSE* PARA REDUÇÃO DE USO DE
NITROGÊNIO NA CULTURA DO MILHO

CURITIBA- PR

2019



RONY RAFAEL PIOVESAN

INOCULAÇÃO DE *AZOSPIRILLUM BRASILENSE* PARA REDUÇÃO DE USO DE
NITROGÊNIO NA CULTURA DO MILHO

Monografia apresentada ao curso de Pós-Graduação em Fertilidade do solo e Nutrição em Plantas, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Fertilidade do solo e Nutrição em plantas.

Orientadora: Prof^a. Dr^a Glaciela Kaschuk.

CURITIBA-PR

2019

TERMO DE APROVAÇÃO

RONY RAFAEL PIOVESAN

INOCULAÇÃO DE *AZOSPIRILLUM BRASILENSE* PARA REDUÇÃO DE USO DE NITROGÊNIO NA CULTURA DO MILHO

Monografia apresentada ao curso de Pós-Graduação em Fertilidade do solo e Nutrição em plantas, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Fertilidade do solo e Nutrição em Plantas.

Prof(a). Dr(a)./Msc. Glaciela Kaschuk_

Orientador(a)– Departamento de solos e Engenharia Agrícola, INSTITUIÇÃO
Universidade Federal do Paraná

Prof(a). Dr(a)./Msc. Samara Alves Testoni

Departamento- de solos e Engenharia Agrícola, INSTITUIÇÃO
Universidade Federal do Paraná

Prof(a). Dr(a)./Msc. Willian Demetrio

Departamento- de solos e Engenharia Agrícola, INSTITUIÇÃO
Universidade Federal do Paraná

Curitiba – PR 30 de novembro de 2019.

Mantenha essa página em branco para inclusão do termo/folha de aprovação assinado e digitalizado.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus pela força e coragem para enfrentar os desafios que a vida nos impõe, bem como pela sabedoria em busca de atingir meus objetivos.

A todos os professores que se fizeram presentes no decorrer desta caminhada, em especial à professora e orientadora Dra Glaciela Kaschuk.

A minha família e amigos, todos que de alguma forma contribuíram para meu crescimento e aprendizado.

RESUMO

O milho é um cereal de grande importância no cenário nacional e mundial cultivado em todas as regiões do país, por pequenos e grandes produtores. A adubação nitrogenada dessa cultura é uma das principais limitações para a produtividade. Portanto, torna-se relevante adotar técnicas que visem aumentar a produtividade e a qualidade do grão. A inoculação de bactérias rizosféricas associativas diazotróficas da espécie *Azospirillum brasilense* no milho representa uma opção de baixo custo, capaz de suprir parte do N necessário por esta cultura. O objetivo deste estudo foi reunir informações bibliográficas sobre a eficiência agronômica da inoculação de sementes de milho com bactérias *A. brasilense*, comparada com a aplicação de fontes de nitrogênio. Um dos maiores benefícios do uso dessas bactérias seria o ganho de nitrogênio em função da fixação biológica para as plantas tendo assim um melhor aproveitamento. Além de colonizarem a rizosfera, algumas estirpes de *A. brasilense* são capazes de infectar as plantas tendo assim um ganho ainda maior. Através desse estudo foram analisados vários trabalhos com diferentes ganhos e rendimentos quanto à inoculação, porém, nenhum dos trabalhos apresentou conclusões de substituição total de doses de N, mas inúmeros indicam que quando associado ao manejo nitrogenado, a inoculação pode trazer efeitos parcialmente positivos para cultura.

Palavras-chave: *Zea mays*, inoculação, bactéria diazotrófica, adubação nitrogenada.

ABSTRACT

Corn is a cereal of great importance in the national and world scenario grown in all regions of the country, by small and large producers. Nitrogen fertilization of this crop is one of the main limitations for yield. Therefore, it becomes relevant to adopt techniques that aim to increase grain yield and quality. The inoculation of diazotrophic associative rhizospheric bacteria of the species *Azospirillum brasilense* in maize represents a low cost option, capable of supplying part of the N required by this culture. The objective of this study was to gather bibliographic information on the agronomic efficiency of inoculation of corn seeds with *A. brasilense* bacteria, compared with the application of nitrogen sources. One of the biggest benefits of using these bacteria would be the nitrogen gain due to the biological fixation for the plants thus having a better utilization. In addition to colonizing the rhizosphere, some *A. brasilense* strains are capable of infecting plants for even greater gain. Through this study, several studies with different inoculation gains and yields were analyzed. However, none of the studies presented conclusions on total N dose replacement, but numerous indicate that when associated with nitrogen management, inoculation can have partially positive effects on culture.

Keywords: *Zea mays*, inoculation, diazotrophic bacteria, nitrogen fertilization.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	09
1.1	OBJETIVOS	11
1.1.1	Objetivo geral	11
1.1.2	Objetivos específicos.....	11
2	METODOLOGIA.....	12
3	INOCULAÇÃO DE <i>AZOSPIRILLUM BRASILENSE</i> PARA REDUÇÃO DE USO DE NITROGÊNIO NA CULTURA DO MILHO.....	13
3.1	CULTURA DO MILHO.....	13
3.2	NUTRIÇÃO MINERAL DE NITROGÊNIO NA CULTURA DO MILHO....	14
3.3	HISTÓRICO E USO DE INOCULANTES	14
3.4	INOCULAÇÃO NA CULTURA DO MILHO	16
3.5	BACTÉRIAS <i>AZOSPIRILLUM BRASILENSE</i>	16
3.6	<i>AZOSPIRILLUM BRASILENSE</i> NA CULTURA DO MILHO	17
3.7	RESULTADOS DE CAMPO	18
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES.....	22
5	REFERÊNCIAS	23

1 INTRODUÇÃO

Com uma produção de 98,7 milhões de toneladas, em uma área cultivada de 4,9 milhões de ha na primeira safra, e 11,6 milhões de hectares na segunda safra de 2019, o milho é o segundo cereal mais produzido no Brasil, ficando atrás somente da soja que na safra 2018/2019 teve produção estimada de 11.3 milhões de toneladas (SIDRA, 2019)

A obtenção de altas produtividades na cultura do milho é ligada à nutrição mineral da cultura, embora muitos outros fatores são essenciais ao bom desempenho produtivo. A nutrição mineral ocupa destaque no manejo, sendo que o macro nutriente nitrogênio é o mais limitante em relação à produtividade (MORTATE et al., 2018). Para o suprimento desse nutriente, muitos métodos são adotados, como adubação orgânica, adubação mineral, rotação de culturas, principalmente com leguminosas que se associam com bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico (bactérias diazotróficas), e mais recentemente o uso de inoculação com bactérias fixadoras de nitrogênio tem ganhado destaque (HUNGRIA, 2011).

Embora muito abundante na atmosfera, o nitrogênio gasoso (N_2) não pode ser utilizado como nutriente por animais e plantas, devido a tripla ligação que existe entre os dois átomos de nitrogênio, e qual impede a metabolização desta molécula. Porém, alguns microrganismos (algumas arqueobactérias mas, principalmente, bactérias), são capazes de fixar o N_2 atmosférico, devido à ação da enzima chamada de nitrogenase, que é capaz de romper a tripla ligação do N_2 e reduzi-lo a amônia. Essas bactérias, também chamadas de diazotróficas ou fixadoras de nitrogênio, se associam a diversas espécies de plantas, levando à classificação como bactérias associativas, endofíticas ou simbióticas (HUNGRIA et al., 2007).

Os benefícios da adubação nitrogenada mineral na cultura do milho são indiscutíveis para o incremento de produtividade até o presente momento, porém, a adubação nitrogenada tem alguns pontos negativos como acidificação do solo e elevado custo financeiro (CAIRES e MILLA, 2016). Apesar do nitrogênio ser o elemento mais abundante da atmosfera, a produção de fertilizantes nitrogenados como ureia, sulfato de amônia e nitrato de amônia é dependente de fontes energéticas não renováveis, o gás de refinaria e carvão, o que torna o processo caro e de pouca sustentabilidade, (FRANCO e NETO, 2007).

A correlação de doses crescentes de nitrogênio com a produtividade é bastante difundida, sendo que com o maior potencial genético dos híbridos cada vez mais tem-se realizado adubações com doses elevadas de adubos minerais (QUEIROZ et al, 2011). Mais recentemente, muitos pesquisadores também vêm abordando o uso de inoculantes associados à adubação mineral, com o intuito de diminuir a adubação nitrogenada, ou até mesmo de incrementar mais produtividade com a mesma dose do nutriente fornecido via adubação mineral (REPKE et al.,2013).

Embora existam inúmeras bactérias capazes de fixar nitrogênio em simbiose com as raízes de leguminosas, em gramíneas este número passa a ser mais limitado. Porém, com ainda algumas opções, as espécies do gênero *Azospirillum* constituem-se num dos grupos mais importantes e estudados até o momento (HARTMANN e BALDAM, 2007). Esses microrganismos pertencem à subclasse α das proteobactérias, a qual comporta um grande número de bactérias simbióticas e associativas a plantas, muitas delas de simbiose obrigatória como *Rhizobium* e *Bradyrhizobium*, bastante difundidas e eficientes com associação a raízes de soja, e outras de simbiose facultativa como *Agrobacterium* e *Gluconacetobacter* (ELMERICH e NEWTON, 2007).

Dentre varias bactérias com capacidade de fixação de nitrogênio em associação a gramíneas, a bactéria *Azospirillum brasilense* é a mais importante até o momento, sendo que os resultados mostraram incrementos de produtividade em milho entre 24% e 30% (EMBRAPA, 2015). Porém o numero de trabalhos com resultados distintos ainda é muito grande, pois se tratando de um organismo vivo, a variabilidade em relação ao tipo de aplicação, solo, características climáticas e híbridos utilizados podem gerar resultados diferentes (REPKE et al., 2013)

Com base no exposto, o presente trabalho tem como objetivo reunir informações e resultados de pesquisa a respeito inoculação de *Azospirillum brasilense* para redução de uso de nitrogênio na cultura do milho no Brasil.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Avaliar a eficiência agronômica da inoculação de sementes de milho com *Azospirillum brasilense*, comparada com a aplicação de fontes de nitrogênio.

1.1.2 Objetivos específicos

Verificar a redução de dependência da cultura do milho às fontes de nitrogênio produzidas industrialmente.

2 METODOLOGIA

O estudo foi desenvolvido por meio de pesquisa bibliográfica, utilizando pesquisa na internet sobre a cultura do milho e a bactéria *Azospirillum brasilense*.

3 INOCULAÇÃO DE *AZOSPIRILLUM BRASILENSE* PARA REDUÇÃO DE USO DE NITROGÊNIO NA CULTURA DO MILHO.

3.1 A CULTURA DO MILHO.

O milho (*Zea mays*) é uma cultura de grande estratégia comercial devido ao seu valor e papel econômico na agricultura brasileira. Teve sua origem no México há milhares de anos, e no Brasil já era cultivado pelas tribos indígenas. Além disso, é uma das culturas mais plantadas nas últimas décadas até mesmo ultrapassando seus concorrentes arroz e trigo (Contini, 2019). Dada a importância da produtividade, a cultura de milho é utilizada em diversos usos, havendo uma estimativa de inúmeras aplicações deste cereal.

No Brasil, essa cultura é considerada aspecto de segurança alimentar, pois é utilizada na alimentação humana e animal. Além disso, é possível produzir com o milho vários sub produtos como combustíveis, bebidas, polímeros, entre outros. O milho é um produto presente na agricultura brasileira, e nos últimos anos tem se tornado uma *commodity* exportável, e um possível potencial na produção de etanol. Atualmente o Brasil é o terceiro maior produtor da cultura no mundo e segundo maior exportador (CONAB, 2018).

No Brasil o milho é produzido em de duas épocas de plantio, a safra de verão ou primeira safra, é realizado 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, e a safrinha ou segunda safra, que compreende os meses de janeiro e fevereiro alcançando o final do verão e início do inverno nas regiões Sul-Sudeste e Centro-Oeste (FILHO, 2015)

Segundo a Conab (2019), a safra 2018/2019 trouxe um aumento de 6,9% em área cultivada desse cereal, em comparação com a safra 2017/2018. A região brasileira com maior destaque para a 1ª safra foi a região Sul, com 45% da produção de 26,3 milhões de toneladas. Já na 2ª safra ocorreu um aumento de 31,1% na produção do milho em todo o país.

3.2 NUTRIÇÃO MINERAL DE NITROGÊNIO NA CULTURA DO MILHO

O nitrogênio tem papel fundamental para as plantas, agindo em vários processos metabólicos. Além de ser um nutriente essencial para um crescimento e desenvolvimento, também é limitante para qualidade e produtividade em plantas. Nas gramíneas, como milho e trigo, é absorvido em grandes quantidades, sendo assim essencial nessas culturas como obtenção de altas produtividades (CAIRES e MILLA, 2016).

A adubação nitrogenada necessita ser planejada e levado em conta que o nitrogênio aplicado pode se perder devido aos efeitos de vários fatores, alguns deles, temperatura, umidade relativa do ar e do solo, períodos de estiagens, momento de aplicação, qualidade do produto, fontes de N. Ainda assim com tudo, pode ficar retido nos microrganismos do solo por até três semanas (FANCELLI, 2010).

As fontes de fertilizantes nitrogenados, são diversas por exemplo, ureia, sulfato de amônio e nitrato de amônio além de outras formulações. Essas fontes quando aplicadas em doses elevadas no plantio podem causar um efeito tóxico ao milho, causando dano ao sistema radicular(queima), ou até mesmo, Geraldo prejuízos e limitações em alguns casos até mesmo um replantio (CANTARELLA, 2007).

Vários trabalhos indicam que a aplicação do fertilizante nitrogenado deve ser parcelada, aplicando parte da dose na semeadura, e restante em cobertura, para um melhor aproveitamento do N pelas plantas. É preciso ter um cuidado ainda maior na época de aplicação e estágio de desenvolvimento fisiológico do milho (PÖTTKER e WIETHÖLTER, 2004).

As doses de N a serem aplicadas dependem das expectativas de produtividade na cultura. Ainda assim, os métodos mais utilizados recomendam a adubação nitrogenada tomando por base o teor da matéria orgânica do solo (BASI, 2013).

3.3 HISTÓRICO E USO DE INOCULANTES

Os inoculantes começaram a ser desenvolvidos no Brasil na cidade de Pelotas, Rio Grande do Sul, em 1956 pelo doutor João Ruy Jardim Freire. Inicialmente eram produzidos na forma de pó, e em 1970, passaram a ser fabricados em maior escala por indústrias nos estados do Paraná e São Paulo. Existem vários tipos de inoculantes a base de bactérias, Devido a expansão da sojicultura na região Centro Oeste, e para sua melhor aplicação, foi desenvolvido também na forma líquida, a qual é muito utilizada atualmente (AGROANALYSIS, 2017).

No Brasil, o primeiro inoculante comercial para as culturas de trigo e milho foi desenvolvido pela Embrapa Soja de Londrina em parceria com a Universidade Federal do Paraná. Estudos mostraram que a cultura de milho teve um aumento na produção de 25 a 30% devido a inoculação de bactérias do gênero *Azospirillum brasilense*, das estirpes AbV5 e AbV6. *A. brasilense* é uma bactéria capaz de fixar biologicamente nitrogênio, fazendo assim com que a planta tenha um maior crescimento de raiz e maior absorção de água e nutrientes. A Embrapa calcula que para a cultura do milho, esse novo processo de inoculação traga uma economia de aproximadamente de US\$ 1 bilhão por safra, considerando uma área de 13 milhões de hectares (Canal Rural, 2009).

Segundo Hungria et al. (2001), o uso de inoculantes no Brasil já é uma prática bem difundida principalmente na cultura da soja, devido aos ótimos resultados alcançados. A fixação biológica de nitrogênio através da simbiose da soja com bactérias do gênero *Bradyrhizobium* foi uma das grandes propulsoras para o cultivo em larga escala dessa cultura no Brasil.

Sobretudo o uso de inoculantes de *Azospirillum* foi ampliado para diversas outras culturas de grande importância como arroz, trigo, milho, feijão entre outras. São adotadas diversas formas de aplicação de inoculantes nessas culturas, via sulco de plantio, inoculação via sementes a co-inoculação entre outras. Todas as técnicas de inoculação têm baixo custo e investimento quando comparadas à adubação mineral de N.

Recentemente estudos realizados, através de parceria entre a Embrapa e a empresa Bioma lançaram o primeiro inoculante comercial capaz de solubilizar fósforo, que pode estar retido ao cálcio, alumínio e ferro no solo. Essas bactérias presentes nesse inoculante produzem diferentes ácidos orgânicos e são capazes de contribuir para mineralização do fósforo presente na matéria orgânica do solo.

3.4 INOCULAÇÃO NA CULTURA DO MILHO

A inoculação de bactérias fixadoras de nitrogênio em plantas não leguminosas, como a cultura do milho, vem crescendo ao longo dos anos, pois essa prática é uma alternativa no manejo para obtenção de altas produtividades. Existem várias formas de inoculação para cultura do milho. As bactérias podem ser inoculadas via sementes, no sulco de plantio (semeadura) ou ainda via foliar (KAPPES, et al., 2017).

A inoculação com *Azospirillum brasiliense*, melhora o crescimento do sistema radicular, aumentando o volume de solo explorado pela planta, promovendo ganhos em rendimentos, através da fixação biológica de nitrogênio ou da produção de hormônios vegetais (KAPPES et al., 2017).

Entretanto alguns fatores são necessários para que as bactérias desempenhem melhor sua função na fixação de nitrogênio e crescimento radicular, são fatores externos ambientais e bióticos, entre eles podemos destacar a microbiologia do solo, quantidade de nitrogênio que a planta está recebendo e seu genótipo.

3.5 BACTÉRIAS *AZOSPIRILLUM BRASILENSE*

Embora reconhecidas há muito tempo, as bactérias do gênero *Azospirillum*, passaram a ganhar destaque a partir de 1970. Vale ressaltar que foram descobertas em meados dos anos 70 na Embrapa, pela Dra. Johanna Döbereiner (1924-2000). O estudo de bactérias do gênero *Azospirillum* indica que essas bactérias contribuem para o crescimento das plantas, sendo capazes de realizar fixação biológica de nitrogênio (REIS, 2007).

No caso dessas bactérias hoje caracterizadas como bactérias associativas, como é o caso do *Azospirillum brasiliense*, o carro chefe das bactérias promotoras de crescimento vegetal, além desse crescimento vegetal, elas promovem um sistema radicular abundante. Planta maior com um vigor melhor representa incremento na produtividade (FUKAMI et al., 2016).

As bactérias que são promotoras de crescimento vegetal contribuem com a produção de fito hormônios que são essenciais ao crescimento e desenvolvimento da planta. Por exemplo, as citocininas são produzidos nas raízes, e dependendo de sua concentração, podem agir aumentando os níveis de clorofila nas folhas. As giberilinas também podem ser encontradas nas raízes, atuam na quebra de dormência e em diversos outros processos na planta. E por fim, o etileno pode ter efeitos na maturação fisiológica, mesmo que em altas concentrações possa ser o hormônio representativo do *stress* abiótico, especialmente em tecidos senescentes ou amadurecimento (GORDILLO DELGADO et al., 2016)

A fixação biológica do nitrogênio ocorre através da atividade das bactérias capazes de realizar a quebra da tripla ligação de nitrogênio gasoso pela ação da enzima nitrogenase. O gás entra no sistema celular da planta e rapidamente é protonado com hidrogênio da rizosfera (HUNGRIA et al., 2007).

Há diversos microrganismos no solo, incluindo as bactérias e fungos, que por sua vez, possuem a capacidade de solubilizar fosfato por diferentes mecanismos, entre eles, pela produção de ácidos orgânicos. Além disso, a presença no solo dessas bactérias e fungos podem acelerar a ciclagem nutrientes, e, assim aumentar a liberação de fosforo presente na matéria orgânica (SOUCHIE et al., 2006).

3.6 AZOSPIRILLUM BRASILENSE NA CULTURA DO MILHO

O uso dessas bactérias, na cultura do milho iniciou-se em 1996, pela Embrapa soja e Universidade Federal do Paraná, através de pesquisas que testaram sua eficiência agrônômica a campo e ensaios de laboratório. Estes ensaios resultaram no surgimento do primeiro inoculante comercializado com *Azospirillum* no Brasil. Obedecendo a todos os critérios da legislação brasileira para inoculantes estabelecidos pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) foram testadas e selecionadas estirpes de *Azospirillum* que apresentavam maior promoção de crescimento das plantas, maior sobrevivência no solo e maior adaptação às técnicas utilizadas na cultura do milho.

A inoculação pode estimular uma série de reações entre raiz e bactéria (milho e *Azospirillum*), envolvendo a produção de vários metabólitos secundários,

produzidos tanto pelas plantas como pelas bactérias inoculadas (WALKER *et al.*, 2011).

A inoculação das sementes de milho com *Azospirillum brasilense* é uma técnica eficiente viável, e capaz de promover ganhos satisfatórios e redução nos custos com adubação nitrogenada na cultura do milho. Hungria (2011) observou que, quando associadas ao sistema radicular, essas bactérias podem promover incrementos na produtividade do milho.

Barros Neto (2008), em experimento realizado município de Ponta Grossa, Paraná, observou que no cultivo de milho na presença de *A. brasilense* pode incorrer em redução de 50 kg de N ha⁻¹ na dose a ser aplicada. O autor verificou incremento na produtividade na ordem de 793 kg ha⁻¹ pela prática de inoculação. Esses valores são altamente significativos, principalmente em um cenário de aumento no custo de produção.

Da mesma maneira, Cavallet *et al.* (2000) verificou que a inoculação de sementes com produto a base de *Azospirillum* foi associada à melhor disponibilidade de N, o que proporcionou aumento na produção do milho de 30%.

3.7 RESULTADOS DE CAMPO

No estudo “Associação de *Azospirillum brasilense* e de nitrogênio em cobertura na cultura do milho”, Basi (2013) diz que as limitações para alcançar altos rendimentos com a cultura do milho estão relacionado ao manejo da adubação nitrogenada, indicando que o nitrogênio tem o papel relevante em vários processos essenciais para a manutenção da vida da planta, como constituinte da molécula de clorofila, aminoácidos, bases nitrogenadas, coenzimas, enzimas e ácidos nucleicos, sendo assim um nutriente que mais limita a produção. Dentre outros fatores primordiais estão o clima, solos, manejo de pragas e doenças. Basi (2013) apresentou um experimento realizado na Fazenda Galo Vermelho no município de Guarapuava, Paraná, mostrando as características da região, apresentou as seguintes conclusões: a inoculação com *Azospirillum brasilense*, independente do método de aplicação (via semente ou sulco), não proporciona incrementos na produtividade do milho, influenciando apenas na altura de plantas. Entretanto, a máxima produtividade, de 11879 kg ha⁻¹ de grãos de milho, seria alcançada com a

dose agronômica de 222 kg N ha⁻¹ e, a máxima eficiência econômica, de 11781 kg ha⁻¹, seria alcançada com a dose de 190 kg ha⁻¹ de N. Assim, a máxima produtividade obtida na ausência da inoculação poderia ser superada com a presença do inoculante em aplicações de doses inferiores de N em cobertura, propiciando uma economia no uso de fertilizantes minerais de 75 kg ha⁻¹ de N. Neste cenário torna-se imprescindível que sejam realizados mais experimentos a campo avaliando os efeitos da inoculação com *A. brasilense* a fim de obter mais resultados desta tecnologia na cultura do milho em condições de ano, clima e solo diferentes (BASI, 2013).

No trabalho intitulado “Desempenho agronômico do milho em função da inoculação com *Azospirillum brasilense* e adubação nitrogenada”, com o experimento executado de março a julho de 2016 no campo experimental do Instituto Federal de Mato Grosso, campus Campo Novo do Parecis, Moreira et al. (2019) concluíram que a inoculação de *Azospirillum brasilense* eleva a produtividade da cultura do milho, mas não é capaz de substituir a adubação nitrogenada. A inoculação em sulco, conjugada com a dose de nitrogênio de 35,0 kg ha⁻¹ em cobertura é a combinação mais indicada por apresentar menor custo-benefício.

Viana (2017), no estudo “Produtividade e eficiência do uso do nitrogênio na cultura do milho inoculado com *Azospirillum brasilense*”, apresenta resultados a partir da realização de dois experimentos que indicou a eficiência do uso do N e dos seus componentes, havendo aumento de 1,77 Mg ha⁻¹ no tratamento inoculado via semente e 1,38 Mg ha⁻¹ no tratamento inoculado via foliar em relação ao tratamento sem inoculação, mas não houve redução na quantidade de N aplicada em cobertura. A inoculação de *A. brasilense* nas sementes proporciona aumento na produtividade e maior eficiência do uso do N e dos seus componentes, o que comprova a eficiência para as condições do tropico úmido maranhense.

No estudo “Produtividade do milho cultivado em baixa latitude na entressafra inoculado com *Azospirillum brasilense* com diferentes doses de nitrogênio”, Coelho et al (2019) indicaram diferenças significativas entre os genótipos de milho, e diferenças significativas no genótipo AG1051, mostrando maior produtividade em segunda época. Por outro lado, na primeira época os genótipos foram sempre superiores à segunda época, quando não houve inoculação das sementes (S/A). A ocorrência de temperaturas médias mais altas durante o desenvolvimento da planta,

resultou em um aumento na respiração noturna, que levou à incrementos nos gastos com manutenção das plantas e no consumo de fotoassimilados, reduzindo, assim, a assimilação líquida de carbono diária e, conseqüentemente, o desenvolvimento e a produtividade dos grãos (SOUZA e BARBOSA, 2015). No caso de Coelho et al (2019), a inoculação com *Azospirillum brasilense* foi benéfica em condições adversas. O genótipo AG 1051 apresentou-se como potencialmente superior quando inoculado sob condições de estresses.

O estudo de Godinho et al (2019) apresentou um questionamento “A inoculação de sementes de milho com *Azospirillum brasilense* poderá substituir a adubação nitrogenada em cobertura?”. A resposta é que a adubação nitrogenada, a base de ureia, pode influenciar positivamente o desenvolvimento das plantas de milho, sendo o nitrogênio um fator limitante para o crescimento e conseqüentemente a produtividade das mesmas, os resultados observados comprovam a necessidade da adubação nitrogenada, sendo necessário um manejo nutricional. Além disso, o estudo de Godinho et al. (2019) indica que é possível inferir que somente com a inoculação, sem adição de fertilizante nitrogenado, não será possível atingir resultados satisfatórios. Entretanto, a combinação de inoculação + adubação nitrogenada é capaz de influenciar positivamente o desenvolvimento das plantas de milhos e obter bons resultados. A inoculação de sementes das cultivares Feroz Viptera 3 e 2B587 com *Azospirillum brasilense* pode ocorrer de forma associada a adubação nitrogenada, reduzindo a aplicação de fertilizantes nitrogenados sem comprometer a altura, número de folhas, matéria seca da parte aérea, clorofila total e matéria seca do sistema radicular das plantas de milho. Resultados observados no trabalho, com incrementos significativos nas variáveis avaliadas, comprovam os benefícios da associação entre *Azospirillum brasilense* e a planta de milho (GODINHO et al., 2019). O trabalho indica que a possibilidade de redução da dose de 100% do fertilizante nitrogenado, o que pode acarretar em economia e minimização da poluição ambiental gerada pelas possíveis perdas no sistema solo-planta dos fertilizantes nitrogenados. O manejo de adubação nitrogenada 50% da dose de ureia + inoculação mostrou-se economicamente viável, apresentado mesma eficiência do manejo 100% da dose de ureia, gerando economia em 50% de fertilizante, sendo resultados positivos para o produtor na tomada de decisão (COELHO et al., 2019). A inoculação das sementes de milho com *Azospirillum*

brasileira é uma técnica eficiente, viável e capaz de promover ganhos satisfatórios e redução nos custos com adubação nitrogenada na cultura do milho.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES.

Através dos trabalhos pesquisados indicam que, a redução de N para cultura do milho não teria um efeito positivo pensando em altas produtividades. Porém quando associada a inoculação independente de regiões pode ter resultados positivos, quanto a produtividade, tamanho de plantas, aproveitamento do nitrogênio e redução de doses. Portanto, os resultados apresentados justificam a continuidade de trabalhos que visem obter respostas da inoculação de bactérias do gênero *Azospirillum* em espécies de gramíneas. O uso da inoculação com *A. brasilense* pode ser considerado como uma alternativa de sustentabilidade e rentabilidade econômica. Por isso o melhor custo benefício até presente momento seria o uso da inoculação associada ao manejo nitrogenado na cultura do milho.

5. REFERENCIAS.

AGROANALYSIS: A fixação biológica de nitrogênio (FBN). Sp: Anpii, v. 37, n. 08, ago. 2017. Pag 41 e 42. Disponível em: <http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/agroanalysis/article/viewFile/74573/71418>. Acesso em 12 de Agosto de 2019.

BARROS NETO, C.R. DE. Efeito do nitrogênio e da inoculação de sementes com azospirillum brasiliense no rendimento de grãos de milho. 2008. 29p. trabalho de conclusão de curso (graduação em agronomia) – Universidade Estadual de Ponta Grossa – UEPG, Ponta Grossa, PR, 2008.

BASI, SIMONE. Associação de azospirillum brasiliense e de nitrogênio em cobertura na cultura do milho: área de concentração em produção vegetal. 2013. 63 f. dissertação (mestrado) - curso de pós graduação em agronomia, universidade estadual do Centro-oeste, Guarapuava, 2013. disponível em: http://www.unicentroagronomia.com/destino_arquivo/dissertacao_de_mestrado_simone_basi.pdf. acesso em 20 de agosto de 2019.

CAIRES, E. F.; MILLA, R. Adubação nitrogenada em cobertura para o cultivo de milho com alto potencial produtivo em sistema de plantio direto de longa duração. Bragantia, Campinas, v. 75, n. 1, p.87-95, 2016. disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=s000687052015005011102&script=sci_abstract&tlng=pt doi: 10.1590/1678-4499.160.

CANAL RURAL, Embrapa e ufpr desenvolvem inoculante para milho e trigo. canal rural, agosto de 2009. disponível em: <https://canalrural.uol.com.br/noticias/embrapa-ufpr-desenvolvem-inoculante-para-milho-trigo-44908/>. Acesso em 02 de julho de 2019.

CAVALLET, L.H.; PESSOA, A.C. DOS S.; HELMICH, J.J.; HELMICH, P.R.; OST, C.F. Produtividade do milho em resposta à aplicação de nitrogênio e inoculação das sementes com azospirillum spp. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.4, n.1, p.129-132, 2000.

COELHO, BRENO ARAUJO ET AL. Produtividade do milho cultivado em baixa latitude na entressafra inoculado com azospirillum brasiliense com diferentes doses de nitrogênio: produtividade de milho inoculado com azospirillum brasiliense. j. bioen food sci, palmas, v. 1, p.18-28, jan. 2019. Disponível em: [periodicos.ifap.edu.br › index.php › jbfs › article › download](http://periodicos.ifap.edu.br/index.php/jbfs/article/download). acesso em 05 de agosto de 2019.

CONAB, Perspectivas para a agropecuária. Brasília.: Conab, v. 6, ago. 2018. p. 1-112. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/perspectivas-para-a-agropecuaria>. Acesso em 10 de julho de 2019.

CONAB, Produção de grãos no brasil deve ser de 238,9 milhões de toneladas. Conab, 2019. disponível em: <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/2933-producao-de-graos-no-brasil-deve-ser-de-238-9-milhoes-de-toneladas>. acesso em 10 de julho de 2019.

CONTINI E., MOTA M. M., MARRA R., BORGHI E., MIRANDA R. A., SILVA A. F., SILVA D. D., JANE RODRIGUES DE ASSIS MACHADO J. R. A., COTA L., V., COSTA R. V., MENDES S. M. Milho Caracterização e Desafios Tecnológicos. Embrapa, fevereiro de 2019. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/195075/1/Milho-caracterizacao.pdf>. Acesso em 10 de Agosto de 2019.

CORRÊA, L.A; CANTARELLA, H.; PRIMAVESI, A.C; PRIMAVESI, O.; FREITAS, A.R.; SILVA, A.G. Efeito de fontes e doses de nitrogênio na produção e qualidade da forragem de capim. Campinas, São Paulo: Revista Brasileira de Zootecnia, v. 36, n. 4, 2007. p. 763 - 772. Disponível https://www.academia.edu/12472463/Efeito_de_fontes_e_doses_de_nitrog%C3%AAnio_na_produ%C3%A7%C3%A3o_e_qualidade_da_forragem_de_capim-coastcross

ELMERICH. C.; NEWTON, W. E. Associative and eudoplytic nitrogen-fíxing bactéria and cyauobacterial associatious. Dordrecht: Springer, 2007. 321 p. Disponível em: <https://www.springer.com/gp/book/9781402035418>. Acesso em 01 de Agosto de 2019.

EMBRAPA: Bactérias aumentam produtividade do milho e reduzem adubos químicos. Brasília: 03 fev. 2015. disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/2467608/bacterias-aumentam-produtividade-do-milho-e-reduzem-adubos-quimicos>. acesso em 15 de junho de 2019.

FANCELLI, ANTONIO LUIZ. Boas práticas para o uso eficiente de fertilizantes na cultura do milho.: informações agronômicas.. IPNI- International Plant Nutrition Institute. Piracicaba, set. 2010. p. 1-16. disponível em: [http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/3F77E1CD143BB9F283257A8F0060D281/\\$FILE/Page1-16-131.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/3F77E1CD143BB9F283257A8F0060D281/$FILE/Page1-16-131.pdf). acesso em 03 de agosto de 2019.

FILHO P. A. I., Cultivo do Milho, Embrapa, Novembro de 2015. Disponível em: https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_id=conteudoportlet_WAR_sistema_sdeproducao16_1ga1ceportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-2&p_p_col_count=1&p_r_p_-76293187_sistemaProducaoId=7905&p_r_p_-996514994_topicId=8658. Acesso em 05 de Agosto de 2019.

FUKAMI, J.; NOGUEIRA, M. A.; ARAUJO, R. S.; HUNGRIA, M. Acessing inoculation methods of maize and wheat with Azospirillum Brasilense. Amb Express v. 6, p. 1-13, 2016. disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/pmc4710622/>. acesso em 01 de maio de 2019.

FRANCO, J. A M.; NETO, A. Produção de fertilizantes nitrogenados e suprimento de matéria-prima. in t. yamada, s. r. s. abdalla e g. c. vitti (eds.), nitrogênio e enxofre na agricultura brasileira (p. 73-112), 2007. Piracicaba: IPNI brasil. disponível em: <shttp://www.scielo.br/pdf/%0d/cr/v34n4/a07v34n4.pdf>. acesso em 14 de julho de 2019.

GODINHO, BRUNO ANTUNES ET AL. A inoculação de sementes de milho com *Azospirillum Brasilense* poderá substituir a adubação nitrogenada em cobertura? **Revista Científica Semana Acadêmica**. Fortaleza, v. 1, n. 167, p.1-19, maio 2019. disponível em
: https://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/a_inoculacao_de_sementes_d_e_milho_com_azospirillum_brasilense_podera_substituir_a_adubacao_nitrogenada_em_cobertura.pdf. Acesso em 15 de julho de 2019.

GORDILLO-DELGADO, F.; MARÍN, E.; CALDERÓN, A. Effect of *azospirillum brasilense* and *burkholderia unamae* bacteria on maize photosynthetic activity evaluated using the photoacoustic technique. julho, 2016. disponível em: https://www.researchgate.net/publication/305416694_effect_of_azospirillum_brasilense_and_burkholderia_unamae_bacteria_on_maize_photosynthetic_activity_evaluated_using_the_photoacoustic_technique. acesso em 15 de agosto de 2019.

HARTMANN, A.; BALDAM, J. I. The genus *Azospirillum*. in: dworkin, m.; falkow, saikia, s. p.; jain, v. biological nitrogen fixation with non-legumes: an achievable target or a dogma? current science. bangalore. v. 92, n. 3, p. 317-322, 2007.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R.J.; MENDES, I.C. A importância do processo de fixação biológica do nitrogênio para a cultura da soja: componente essencial para a competitividade do produto brasileiro. Londrina: Embrapa soja, 2007. 80p. (Embrapa Soja. documentos, 283). (issn 1516- 781x; n 283).
<https://sidra.ibge.gov.br/home/lspa/brasil>, acesso em 31, de agosto de 2019.

HUNGRIA, MARIÂNGELA. Inoculação com *Azospirillum Brasiliense*: inovação em rendimento a baixo custo – Londrina: Embrapa Soja, 2011. 36p. – (documentos / embrapa soja, issn 1516-781x; n.325). Disponível em:
<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/29676/1/Inoculacao-com-azospirillum.pdf>. Acesso em 15 de Agosto de 2019.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; MENDES. I. C. Fixação biológica de nitrogênio na cultura da soja. londrina: Embrapa soja, 2001. 48p. disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/459673/1/circtec35.pdf>. Acesso em 15 de agosto de 2019.

KAPPES, C; SILVA, R.G; FERREIRA, V.E; Aplicação foliar de *Azospirillum brasilense* e doses de nitrogênio em cobertura no milho safrinha. Marechal Cândido Rondon: scientia agraria paranaensis, v. 16, n. 3, jul. 2017. p. 366-373. disponível em: [e-revista.unioeste.br › index.php › scientiaagraria › article › download](http://e-revista.unioeste.br/index.php/scientiaagraria/article/download).

MOREIRA, R.C., VALADÃO, F.C.A., VALADÃO JUNIOR, D.D. Desempenho agrônômico do milho em função da inoculação com *Azospirillum brasilense* e adubação nitrogenada. Rev. Cienc. Agrar., v. 62, 2019. Disponível em file:///C:/Users/user/Downloads/2865-Texto%20do%20artigo-13335-2-10-20190403%20(1).pdf. Acesso em 20 de outubro de 2019.

MORTATE, R. K.; NASCIMENTO, E. F.; GONÇALVES, E. G. S.; LIMA, M. W. P. Resposta do milho (*zea mays* L.) à adubação foliar e via solo de nitrogênio. **Revista**

de Agricultura Neotropical, cassilândia-ms, v. 5, n. 1, p. 1-6, jan./mar. 2018. issn 2358-6303.

POTTKER DELMAR, WIETHÖLTER SIRIO. Épocas e métodos de aplicação em milho no sistema de plantio direto. santa maria: **Ciência Rural**, v. 34, n. 4, julho-agosto, 2004. p.1015 - 1020. disponível em:http://www.scielo.br/scielo.php?pid=s0103-84782004000400007&script=sci_abstract&lng=pt. acesso em 02 de julho de 2019.

QUEIROZ, A. M., SOUZA, C. H. E., MACHADO, V. J., LABA, R. M. Q., KORNDORFER, G. H. E SILVA, A. A. (2011). Avaliação de diferentes fontes e doses de nitrogênio na adubação da cultura do milho (zea mays l.). *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 10, 257-266. <http://dx.doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v10n3p257-266>.

REIS, VERONICA MASSENA. Uso de bactérias fixadoras de nitrogênio como inoculante para aplicação de gramíneas. Embrapa agrobiologia: Documentos 232, Seropédica- rj, p.1-14, jul. 2007. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/629377/1/doc232.pdf>. acesso em 20 de maio de 2019.

REPKE, R.A.; SIHÉLIO, J.S.C.; DA SILVA, C.J.; FIGUEIREDO, p.g.; bicudo, s.j. eficiência da azospirillum brasilense combinada com doses de nitrogênio no desenvolvimento de plantas de milho. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.12, n.3, p. 214-226, 2013.

SIDRA, levantamento sistemático da produção agrícola- agosto 2019. Ibge, 2019. disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/home/lspa/brasil>. acesso em 12 de setembro de 2019.

SOUCHIE, E. L.; AZCÓN, R.; BAREA, J. M.; SAGGIN-JUNIOR, O. J.; SILVA, E. M. R. Phosphate solubilization and synergism between p-solubilizing and arbuscular mycorrhizal fungi. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 41, n. 9, p. 1405-1411, 2006. disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s0100-204x2006000900009. acesso em 20 de julho de 2019.

SOUZA, GUSTAVO MAIA; BARBOSA, ALEXANDRIUS DE MORAES. Fatores de estresse no milho são diversos e exigem monitoramento constante. *Visão Agrícola: Fisiologia*, p.30-34, dez. 2015. nº 13. disponível em: https://www.esalq.usp.br/visaoagricola/sites/default/files/va_13_fisiologia-artigo3.pdf. acesso em 20 de maio de 2019.

VIANA, M.M. Produtividade e eficiência do uso do nitrogênio na cultura do milho inoculado com Azospirillum Brasiliense. dissertação (mestrado) – programa de pós-graduação em agroecologia, universidade estadual do maranhão, 2017. Disponível em: [<http://www.agroecologia.uema.br%20%20download-attachments%20%20includes%20%20download.%20acesso%20em%2010%20de%20julho%20de%202019.%0d>]www.agroecologia.uema.br › download-attachments › includes › download. acesso em 10 de julho de 2019.

WALKER V, BERTRAND C, BELLVERT F, MOËNNE-LOCCOZ Y, BALLY R, COMTE C (2011) host plant secondary metabolite profiling shows a complex, strain-dependent response of maize to plant growth-promoting rhizobacteria of the genus *azospirillum*. *new phytologist*. 189(2):494-506, 2011. disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20946131>. acesso em 02 de julho de 2019.