



**UNIVERSIDADE ESTADUAL VALE DO ACARAÚ**  
**PROGRAMA DE MESTRADO EM ZOOTECNIA**

**PRODUÇÃO DE BIOMASSA NA CULTURA DO MILHO COM**  
***AZOSPIRILLUM BRASILIENSE* E ADUBAÇÃO NITROGENADA EM SOLO**  
**DEGRADADO**

**FRANCISCO MÁRIO NASCIMENTO MENESES**

**SOBRAL – CE**  
**FEVEREIRO – 2017**

**FRANCISCO MÁRIO NASCIMENTO MENESES**

**PRODUÇÃO DE BIOMASSA NA CULTURA DO MILHO COM *AZOSPIRILLUM*  
*BRASILIENSE* E ADUBAÇÃO NITROGENADA EM SOLO DEGRADADO**

Dissertação apresentada ao Programa de  
Mestrado em Zootecnia, da  
Universidade Estadual Vale do Acaraú,  
como requisito parcial para obtenção do  
Título de Mestre em Zootecnia.

Área de concentração: Forragicultura e  
Pastagens

**ORIENTADOR:**

**PESQ. DR. HENRIQUE ANTUNES DE SOUZA**

**CO-ORIENTADOR:**

**PESQ. DR. ROBERTO CLÁUDIO FERNANDES FRANCO POMPEU**

**SOBRAL – CE  
FEVEREIRO – 2017**

## CIP - BRASIL. CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

Universidade Estadual Vale do Acaraú

Sistema de Bibliotecas

Meneses, Francisco Mário Nascimento

Produção de biomassa na cultura do milho com *Azospirillum brasiliense* e adubação nitrogenada em solo degradado [recurso eletrônico] /Francisco Mário Nascimento Meneses. -- Sobral, 2017.

1 CD-ROM : il. ; 4 <sup>3</sup>/<sub>4</sub> pol.

CD-ROM contendo o arquivo em formato pdf do trabalho acadêmico com 00 folhas.

Orientador: Pesq. Dr. Henrique Antunes de Souza

Co-Orientador: Pesq. Dr. Roberto Cláudio Fernandes Franco Pompeu.

Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual Vale do Acaraú / Centro de Ciências Agrárias e Biológicas / Mestrado em Zootecnia, 2017.

1. Semiárido 2. Degradação 3. Fixação Biológica de Nitrogênio I. Título

**FRANCISCO MÁRIO NASCIMENTO MENESES**

**PRODUÇÃO DE BIOMASSA NA CULTURA DO MILHO COM *AZOSPIRILLUM*  
*BRASILIENSE* E ADUBAÇÃO NITROGENADA EM SOLO DEGRADADO**

**SOBRAL – CE  
FEVEREIRO – 2017**

A *Deus*, pelo dom da vida, proteção e justiça entre os homens.

A meus pais *Francisco* e *Nair*, aos meus irmãos *Henrique* e *Cleane*, a todos os familiares e amigos que incentivaram a caminhada.

A minha companheira *Laís Sales*.

A minha Avó (mãe) *Maria Julia* que sempre acreditou em meu esforço e incentivou ao trabalho.

***Dedico***

## **OFEREÇO**

A minha mãe *Maria Nair do Nascimento Meneses* por todo apoio e confiança.

Á minha família.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter proporcionado todos os acontecimentos e permitido que as coisas tenham se resolvido da melhor maneira, somente agradecer.

Aos meus pais, *Francisco* e *Nair* que nunca mediram esforços para investir em minha educação, sempre ao meu lado, com palavras de incentivo e carinho, esse são a base na minha vida.

À minha Avó *Maria Julia* que sempre prestou orações e apoio da maneira que pôde,

À minha *família*, que sempre procurou me ajudar da melhor maneira possível, principalmente nos momentos mais difíceis, não me deixando desanimar nunca diante dos obstáculos.

Ao Dr. *Henrique Antunes de Souza*, pela relevante orientação, paciência, confiança e oportunidade de aprendizado.

Ao Dr. *Roberto Cláudio Fernandes Franco Pompeu* que foi um grande coorientador, colocando-se a disposição sempre que possível.

À Universidade Estadual Vale do Acaraú (UVA), pela oportunidade de realização do Mestrado.

A Coordenação do Programa de Pós-Graduação do Mestrado Acadêmico em Zootecnia, que durante esse tempo sempre se mostrou disponível a resolver qualquer problema.

À Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico FUNCAP, pela concessão da bolsa.

À Embrapa Caprinos e Ovinos, pelas instalações para realização deste estudo.

Ao chefe dos laboratórios da Embrapa *Márcio Ponciono* pelo apoio e disponibilidade.

Aos Laboratoristas da Embrapa *Liduína, João Ricardo* e *Valdecio* por toda presteza e apoio técnico.

Ao Senhor *Pedro* e Senhor *Fábio* por todo apoio e ajuda, além das brincadeiras nos momentos de distração.

Aos meus companheiros de pesquisa *Márcio, Samuel e Ricardo* sempre pacientes e dispostos a ensinar e aprender com o trabalho, acompanhando tudo de perto e sempre me dando apoio, “sem esses caba dificilmente as coisas teriam acontecido” meu muito obrigado e a todos que contribuíram.

A minha noiva *Laís Sales*, sempre companheira em qualquer situação, entendendo meus problemas e ajudando a soluçona-los.

Aos meus companheiros de Republica (CDA) *Arnon, Clemente e Thyarlon* por todo aprendizado sendo ele acadêmico e de vida, pelas “resenhas”, uma irmandade que se formou.

**MUITO OBRIGADO!**



## SUMÁRIO

<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	<b>1</b>
<b>LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS</b> .....	<b>2</b>
<b>RESUMO GERAL</b> .....	<b>3</b>
GENERAL ABSTRACT.....	4
CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	5
<b>CAPÍTULO I - REFERÊNCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>6</b>
1. <b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>7</b>
2. <b>AGROPECUÁRIA NO SEMIÁRIDO NORDESTINO</b> .....	<b>8</b>
3. <b>ÁREAS DEGRADADAS NO SEMIÁRIDO</b> .....	<b>9</b>
3.1 Degradação em Irauçuba .....	11
3.2 Estratégias para produção em áreas degradadas.....	12
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	17
<b>CAPÍTULO II - INOCULAÇÃO DE AZOSPIRILLUM BRASILIENSE E ADUBAÇÃO NITROGENADA EM DOIS GENÓTIPOS DE MILHO CULTIVADOS EM SOLO DE ÁREA DEGRADADA</b> .....	<b>23</b>
RESUMO.....	24
ABSTRACT .....	25
1. <b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>26</b>
2. <b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>28</b>
3. <b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>30</b>
4. <b>CONCLUSÕES</b> .....	<b>39</b>
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	40

## LISTA DE TABELAS CAPÍTULO II

<b>Tabela 1</b> - Características químicas e granulométricas do solo utilizado no ensaio.....	28
<b>Tabela 2</b> - Valores médios dos tratamentos, significância e coeficiente de variação para atributos do solo em função de correção do solo, genótipos e fontes de adubação nitrogenada.....	31
<b>Tabela 3.</b> Valores médios de atributos do solo em função da interação entre correção do solo, genótipos e adubação.....	32
<b>Tabela 4.</b> Valores médios dos tratamentos, significância e coeficiente de variação para micronutrientes, enxofre, sódio e condutividade elétrica em função de correção do solo, genótipos e fontes de adubação nitrogenada.....	33
<b>Tabela 5.</b> Valores médios dos tratamentos, significância e coeficiente de variação para variáveis biométricas, biomassa e teor relativo de clorofila em função de correção do solo, genótipos e fontes de adubação nitrogenada.....	35
<b>Tabela 6.</b> Valores médios de altura e teor relativo de clorofila em função da interação entre correção do solo, genótipos e adubação.....	36
<b>Tabela 7.</b> Valores médios dos tratamentos, significância e coeficiente de variação para variáveis acúmulo de macro e micronutrientes em plantas de milho em função de correção do solo, genótipos e fontes de adubação nitrogenada.....	37
<b>Tabela 8.</b> Valores médios de acúmulo de macro e micronutrientes em função da interação entre correção do solo, genótipos e adubação.....	38

**LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS**

AF: área foliar  
Al: alumínio  
B: boro  
Ca: cálcio  
CE: condutividade elétrica  
cm: centímetro  
CO<sub>2</sub>: dióxido de carbono  
CTC: capacidade de troca catiônica  
Cu: cobre  
CV: coeficiente de variação  
FBN: fixação biológica de nitrogênio  
Fe: ferro  
H+Al: acidez potencial  
kg ha<sup>-1</sup>: quilograma por hectare  
g dm<sup>-3</sup>: grama por decímetro cúbico  
K: potássio  
M.O.: matéria orgânica  
mm: milímetro  
mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>: milimol de carga por decímetro cúbico  
mg dm<sup>-3</sup>: miligrama por decímetro cúbico  
Mg: magnésio  
Mg ha<sup>-1</sup>: micograma por hectare  
Mn: manganês  
MS: massa seca  
N: nitrogênio  
N<sub>2</sub>: nitrogênio atmosférico  
Na: sódio  
NF: número de folhas  
Ninorg: nitrogênio inorgânico  
NO<sub>3</sub><sup>-</sup>: nitrato  
NH<sub>4</sub><sup>+</sup>: amônio  
P: fósforo  
pH: potencial hidrogeniônico  
PST: potencial de sódio trocável  
SB: soma de bases  
S: enxofre  
S-S O<sub>4</sub><sup>2-</sup>: sulfato  
t ha<sup>-1</sup>: toneladas por hectare  
TRC: teor relativo de clorofila  
V: saturação por bases  
Zn: zinco

## RESUMO GERAL

O modelo de agricultura e pecuária trabalhada no semiárido é caracterizado por um manejo que apropria-se de práticas não conservacionista que culminam na degradação dos solos. Portanto ações como o desmatamento, queimadas e o sobrepastejo combinados aos intemperes climáticos têm acelerado os processos de degradação. A degradação em algumas áreas atingiu patamares irreversíveis, e em alguns casos necessitando de ações que proporcionem a recuperação. Há que se considerar que a avaliação de estratégias para recuperação de áreas degradadas é tema recorrente na literatura, no entanto, em muitos dos trabalhos realizados, poucos abordam estratégias como a fixação biológica de nitrogênio (FBN) aliada à adubação mineral em áreas degradadas, principalmente, na cultura do milho que é um importante cereal no semiárido, apresentando múltiplas utilidades. Considerando que recuperar a fertilidade do solo é etapa essencial para produção agrícola, a promoção da FBN objetiva incrementar os sistemas produtivos em nitrogênio, com custos mais baixos em comparação aos fertilizantes minerais sendo alternativa importante de suprimento de nutrientes, principalmente em região Semiárida. Portanto, a avaliação da tecnologia FBN na cultura do milho é preponderante para auxiliar o processo de recuperação de áreas em processos de degradação. Objetivou-se avaliar o comportamento de dois genótipos de milho cultivados em solo degradado submetidos a diferentes níveis de adubação nitrogenada na presença e ausência de inoculação com bactérias diazotróficas. O experimento foi realizado em Sobral – CE nas dependências da Embrapa Caprinos e Ovinos, a pleno sol. O solo utilizado foi coletado em Irauçuba – CE e o delineamento experimental empregado foi em blocos casualizados, sob esquema fatorial sendo os tratamentos a correção do solo (solo corrigido e não corrigido em termos de fertilidade), genótipos de milho (BRS Caimbé e BRS Gorotuba) e fontes de nitrogênio (sem adubação nitrogenada; com inoculação com *Azospirillum brasilense*; com inoculação com *Azospirillum brasilense* + 50 Kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio; 50 Kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio e 100 Kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio); com quatro blocos, sendo a parcela um vaso com 10 dm<sup>3</sup> de solo e duas plantas. As plantas foram conduzidas por 73 dias após a germinação, sendo mensuradas variáveis biométricas, biomassa, acúmulo de nutrientes e a fertilidade do solo. O solo corrigido incrementou os atributos químicos do solo. O genótipo BRS Gorotuba desenvolve-se melhor nas condições trabalhadas. A inoculação + 50 Kg ha<sup>-1</sup> de N permitiu patamares de produção, teor de clorofila, área foliar e altura iguais ou superiores a 100 Kg ha<sup>-1</sup> de N.

**Palavras – chaves:** Semiárido, Degradação, Fixação Biológica de Nitrogênio

## GENERAL ABSTRACT

The model of agriculture and livestock worked in semi-arid is characterized by a management that takes ownership of practices not conservationist that culminate in the degradation of soils, thus actions such as deforestation, burning and the *sobrepastejo* combined with intemperes climatic factors have accelerated the degradation processes. The degradation in some areas reached heights irreversible, and in some cases requiring actions that provide the recovery. It should be noted that the evaluation of strategies for rehabilitation of degraded areas is a recurrent theme in the literature, however, in many of the works performed, few discuss strategies such as biological nitrogen fixation (BNF) combined with the mineral fertilization in degraded areas, in the corn crop that is an important crop in the semiarid, having in its multiple utilities. Whereas recover the fertility of the soil is essential step for agricultural production, the promotion of BNF aims at increasing the productive systems in nitrogen, with lower costs in comparison with mineral fertilizers being important alternative of supply of nutrients, especially in semiarid region. Therefore, the assessment of the technology BNF in corn crop is preponderant to help in the recovery process of areas in degradation processes. The objective of this study was to evaluate the behavior of two maize genotypes grown on degraded soil undergoing different concentrations of nitrogen in the presence and absence of inoculation with diazotrophic bacteria. The experiment was carried out in Auckland - EC in the dependences of the Embrapa Goats and Sheep, in full sun, the soil used was collected in Irauçuba-CE, whose experimental design was in randomized block factorial design the treatments being the correction of the soil (soil corrected and not corrected in terms of fertility), maize genotypes (BRS Caimbé and BRS Gorotuba) and nitrogen sources (without nitrogen fertilization; with inoculation with *Azospirillum brasilense*; with inoculation with *Azospirillum brasilense* + 50 kg ha<sup>-1</sup> of nitrogen; 50 kg ha<sup>-1</sup> of nitrogen and 100 kg ha<sup>-1</sup> of nitrogen); with four blocks, and the plot a vessel with 10 dm<sup>3</sup> soil and two plants. The plants were conducted by 73 days after germination, being measured biometric variables, biomass accumulation of nutrients and soil fertility. The limed soil was increased the soil chemical attributes. The genotype BRS Gorotuba developed best in conditions worked. The inoculation + 50 kg ha<sup>-1</sup> N allowed levels of production, chlorophyll content, leaf area and height equal to or greater than 100 kg ha<sup>-1</sup> of N.

**Key Words:** Semiarid, Degradation, Biological Nitrogen Fixation

## CONSIDERAÇÕES GERAIS

O manejo inadequado do solo pelas práticas pouco conservacionistas das atividades agropecuárias, adicionado às intempéries do clima, ocasionou processos de degradação no semiárido brasileiro, e em alguns casos a capacidade produtiva dos solos ficou comprometida. A degradação em algumas áreas atingiu patamares de desertificação, assim, necessitando de ações que proporcionem a recuperação, para a retomada da produção agrícola.

Em função disto, a comunidade científica vem preocupando-se com essas ações, pois as mesmas têm exaurido os recursos naturais, assim há uma crescente nos estudos relacionados à recuperação de áreas degradadas. Sabe-se que para a produção agrícola em solos degradados a reposição da fertilidade do mesmo é fator imprescindível, logo, a adição de fertilizantes minerais é a estratégia mais usual, no entanto o uso dos mesmos representam custos altos tornando essa técnica inviável para as condições dos produtores inseridos no semiárido brasileiro. Portanto a avaliação de estratégias com baixo custo e que melhorem a fertilidade do solo assim como da produção agrícola devem ser analisadas.

A fixação biológica de nitrogênio (FBN) trata-se de um processo natural realizado por bactérias, onde o nitrogênio atmosférico é convertido em formas acessíveis pelos vegetais. Essa estratégia pode auxiliar ou até suprir o uso de fertilizantes nitrogenados reduzindo drasticamente os custos de produção podendo ser alternativa para a produção em áreas degradadas. Portanto, a avaliação destas tecnologias é preponderante para auxiliar no processo de recuperação e produção nas áreas em processos de degradação.

**CAPÍTULO I**  
**REFERENCIAL TEÓRICO**

---

## 1. INTRODUÇÃO

O modelo agropecuário no semiárido brasileiro é pautado em atividades realizadas de formas inadequadas com relação à conservação dos recursos naturais, o uso de técnicas como a queimada, desmatamento e sobrepastejo de animais é usualmente praticado nessa região, essas ações tem exaurido principalmente a fertilidade do solo e contribuído para os processos erosivos, fatores esses preponderantes para os processos de degradação dos solos (ARAÚJO FILHO, 2013).

A atividade pecuária é de grande relevância para vários setores, sua produtividade tem aumentado paulatinamente. Esse aumento é notório com as taxas de crescimento anual do gado leiteiro (5,69%) e do gado de corte (3,03%) (REICHERT et al.). No Brasil em geral as atividades pecuárias e de agricultura são trabalhadas de forma separadas. O emprego dessa prática por um período longo contribui e acelera os processos de degradação nas áreas de pastagens e de lavoura (VICTÓRIA FILHO, 2003). A pecuária causa uma série de impactos sobre o ambiente, tendo destaque a degradação do solo e a perda da biodiversidade. Os fatores que contribuem para que esse processo tenha acelerado são o aumento da demanda de mercado, onde os principais afetados são os recursos naturais que sofrem percas incalculáveis (ARAÚJO, 2010).

A degradação pode ocorrer em duas fases onde a primeira denominada degradação agrícola e a segunda degradação biológica; no primeiro caso, a degradação agrícola, as perdas estão relacionadas à produtividade econômica, nessa situação, não há perdas com relação à capacidade do solo em produzir biomassa, no entanto ocorrem em função da redução da produção das culturas. A degradação biológica consiste na etapa final onde a produção de fitomassa é comprometida, em reflexo primariamente da degradação do solo, em razão de diferentes processos que levam a perda da fertilidade do solo e de matéria orgânica, assim como processos erosivos, acidificação e compactação (CEARÁ, 2010).

As práticas agropecuárias realizadas de maneiras errôneas são pouco conservacionistas, isto aliado às condições climáticas, ocasionou processos de degradação, e em alguns casos a capacidade produtiva dos solos ficou comprometida. A degradação em algumas áreas atingiu patamares irreversíveis, assim, necessitando de ações que proporcionem a recuperação. A produção agrícola em áreas atingidas por processos de degradação parte ou inicia-se pela recuperação da fertilidade do solo. A adição de fertilizantes minerais pode ser uma alternativa imediata para melhoria dos atributos químicos dos solos nessas condições. No entanto Cantarella (2007) destaca que os maiores



custos de produção agrícola advêm dos fertilizantes minerais, isso torna esta alternativa quase que inviável para o semiárido nordestino, tendo em vista que os produtores são descapitalizados.

Os sistemas agrícolas de produção têm buscado alternativas para potencializar a produtividade de forma rentável e sustentável, a fixação biológica de nitrogênio (FBN) vem sendo estudada com frequência e alguns resultados já apontam que essa opção pode complementar ou até substituir a utilização de fertilizantes nitrogenados (BERGAMASCHI et al., 2006). Salienta-se ainda que inoculantes são produtos de fácil acesso e que com orientação adequada pode vir a ser utilizado por produtores. Sabendo da degradação dos solos no semiárido nordestino e da descapitalização dos produtores, faz-se necessário estudar a FBN em solos degradados. Diante do exposto objetivou-se com este estudo avaliar o comportamento de dois genótipos de milho cultivados em solo degradado sob diferentes regimes de adubação nitrogenada.

## **2. AGROPECUÁRIA NO SEMIÁRIDO NORDESTINO**

O semiárido do Nordeste Brasileiro tem sido refém da expansão demográfica, pois este processo tem exigido maior demanda de produtos agropecuários, exemplo claro é a representatividade do rebanho, onde somente o Nordeste conta com 8.909.076 caprinos, 11.149.336 ovinos e 29.092.184 bovinos. A região tem destaque nacional com os pequenos ruminantes onde representam 91,6% de caprinos e 57,5% de ovinos de todo o rebanho do país. De acordo com o IBGE 2015, têm-se registrado com esse fenômeno, excesso de animais em determinadas áreas, o que acarreta a degradação do solo. (ALBUQUERQUE et al., 2002).

Atividades ligadas ao preparo do solo como revolvimento são comumente utilizadas no semiárido na agricultura de sequeiro, as bacias hidrográficas são frequentemente exploradas, nas encostas, durante o período chuvoso, e com a pequena agricultura irrigada de base familiar nos vales aluviais (BORGES et al., 2014).

De acordo com Volk e Cogo (2014), dentre as práticas de manejo que influenciam expressivamente nos processos erosivos causados pelas precipitações pluviométricas têm destaque as operações de preparo do solo e semeadura das culturas, uma vez que elas determinam as condições físicas de superfície e subsuperfície do mesmo.

O Nordeste brasileiro tem as atividades agropecuárias intimamente ligadas às atividades familiares, essas se apropriam de práticas não conservacionistas, onde as

mesmas estão sendo apontadas como aceleradoras dos processos de degradação ambiental, em função do caráter extrativista e predatório dos recursos naturais (GIONGO, 2011).

O sistema de cultivo tradicional, que utiliza técnicas como queimadas e desmatamento, para preparar a área de cultivo, manejo largamente praticado por pequenos agricultores no sertão nordestino, também chamada de agricultura migratória e se justifica pela limpeza rápida do terreno e melhoria da fertilidade do solo pela adição de cinza, no entanto, a primeira traz apenas a vantagem econômica aparente no primeiro ano de cultivo, pois, com o fogo perdem-se toneladas de matéria orgânica oriunda de serapilheira, que iriam enriquecer o solo, mas acabam sendo transformados em cinza, que em termos de fertilidade do solo é irrelevante quimicamente (ARAÚJO FILHO, 2013).

Como resultado da exploração pecuária é observado que o sobrepastejo de ovinos, caprinos e bovinos têm modificado a composição florística do estrato herbáceo (BESTELMEYER et al., 2006). Esse fenômeno ocorre em função da época do pastejo ou da pressão dos animais acima da capacidade de suporte da área (GARCIA-PRECHAC et al., 2004). O sobrepastejo promove uma série de efeitos na área ocupada pelos animais, esses são expressos com a eliminação da cobertura vegetal e pisoteio em excesso o que ocasiona a exposição do solo e compactação (HIERNAUX et al., 1999).

### **3. ÁREAS DEGRADADAS NO SEMIÁRIDO**

Tratando-se de agricultura um dos atributos do solo mais relevantes é a fertilidade, pois possui participação importante nas relações solo-planta, diversos fatores influenciam esse atributo, tais como, clima, atividade biológica, práticas de manejo e, ainda, vulnerável a forças de natureza mecânica e físico-química. Mesmo não sendo um fator ligado diretamente ao crescimento dos vegetais, exerce influência na disponibilidade de água e ar às raízes das plantas, e no desenvolvimento radicular (CRUZ et al., 2003).

A agricultura possui diversos métodos e técnicas para a implantação de uma determinada cultura, as atividades relacionadas ao preparo solo são as principais responsáveis pelas alterações no comportamento físico do solo, pois influem diretamente na estrutura do mesmo (OLIVEIRA et al., 2003). O solo, em seu estado natural, normalmente mantém suas características físicas intactas como permeabilidade, estrutura, densidade do solo e porosidade, essas adequadas ao desenvolvimento normal de plantas (ANDREOLA et al., 2000). A partir do momento que uma determinada área começa a ser explorada pelos processos agrícolas de forma não conservacionista, os atributos físicos e químicos são alterados (SPERA et al., 2004), onde a intensidade varia com as condições

de clima, natureza do solo, uso e manejos adotados. O uso desenfreado de áreas a partir de práticas agrícolas pouco conservacionistas têm afetado o solo com o aumento da compactação, principalmente na zona de exploração do sistema radicular, o que pode iniciar os processos de degradação (ASSIS e LANÇAS, 2005).

De acordo com Carvalho et al. (2004) a preocupação com a qualidade do solo tem aumentado, isso pelo fato do uso intensivo de áreas e de sua mobilização, o que tem comprometido a capacidade de produção biológica sustentável, tornando algumas áreas improdutivas. Os atributos que indicam a qualidade do solo como fatores químicos e físicos são definidos como propriedades mensuráveis que influenciam a capacidade do solo na produção das culturas ou no desempenho de funções ambientais (DORAN e PARKIN, 1994).

Segundo CEARÁ (2010) a degradação ambiental das terras áridas, semiáridas ou subúmidas secas, têm sido admitida como um problema de proporções globais. Seus efeitos se manifestam em diferentes escalas e os níveis de degradação exibem-se também diferenciados. As escalas espaciais têm repercussão nacional, a exemplo do que ocorre no Nordeste brasileiro. A desertificação supõe processo, ou seja, dinamismo, sendo um conjunto de fenômenos que conduz determinada área a se transformar em deserto ou a ele se assemelhar.

Os impactos ambientais provenientes da degradação estão expostos a diminuição ou perda da biodiversidade, na diminuição e disponibilidade dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, no assoreamento de vales e reservatórios, na perda física e de fertilidade dos solos. Como impactos sociais citam-se mudanças significativas na perda da capacidade produtiva de grupos familiares (CEARÁ, 2010).

A degradação é o resultado acumulado de um contexto climático severo e da utilização inapropriada das terras, em que pode ser destaque quatro atividades humanas que constituem as suas causas diretas: cultivo excessivo que desgasta o solo; o sobrepastejo e o desmatamento – que destroem a cobertura vegetal que protege o solo de possíveis erosões laminares e elimina o banco de sementes impossibilitando uma retomada do extrato herbáceo; e a prática da irrigação em terras inapropriadas, provocando, dentre outros problemas a salinização dos solos (SÁ e ANGELOTTI, 2009).

No estado do Ceará diversos sistemas ambientais da área do bioma Caatinga, constatasse que os impactos produzidos ao longo do processo histórico pelo uso e ocupação da terra degradaram de modo gradativo, e contínuo a base dos recursos naturais e a qualidade ambiental (CEARÁ, 2010).

As necessidades de sobrevivência da população do Semiárido, associadas às diversas características de clima, vegetação e solo, têm causado impactos ambientais, sociais e econômicos. Os impactos ambientais podem ser visualizados por meio da destruição da biodiversidade, da diminuição da disponibilidade hídrica, assoreamento de corpos d'água, perda da qualidade dos solos e salinização, que dentre outros fatores contribuem para redução do potencial biológico da terra e, por conseguinte, da produtividade agropecuária (ANGELOTTI et al., 2009).

### **3.1 Degradação em Irauçuba**

O município de Irauçuba tem sido reconhecido em cenário nacional por ter atingido patamares de degradação consideráveis. Diversos fatores são indicados como responsáveis, no entanto é notável que o mais incisivo trata-se do superpastejo de bovinos, caprinos e ovinos, tendo em vista que a pecuária foi durante um logo período atividade mais importante nesta área. O excesso de animais em um local pode representar a eliminação do extrato herbáceo tornando o solo desprotegido, compactação do solo e comprometimento do banco de sementes natural.

A recuperação de áreas em processos de degradação pode ser efetivada com a retirada dos animais da área, no entanto para que a vegetação nativa seja recuperada é necessário um período de 20 anos pós-remoção dos animais (VALLONE & SAUTER, 2005; PEI et al., 2007; ZHAO et al., 2007).

Historicamente a região de Irauçuba inicialmente foi ocupada pela pecuária, junto a isto atividades como a agricultura e extração madeireira passaram a ser desenvolvida em função da colonização. Araújo Filho (2013) destaca que a capacidade de suporte da área de Irauçuba para pastejo excede 42 % o que tem trazido danos incalculáveis para o extrato herbáceo e em consequência acelerando processos para a degradação.

Em sequência ao sobrepastejo, à que se destacar atividades relacionadas à agricultura que se apropria de técnicas como o desmatamento indiscriminado e a queimada generalizada. A Caatinga é caracterizada por possuir solos poucos profundos, logo, é necessário que se faça um manejo adequado para que não haja perdas significativas que encaminhem para a degradação, no entanto, o que tem-se registrado são a aplicação de métodos não convencionais para áreas de clima temperado (ARAUJO FILHO, 2013).

Araújo Filho (2013) destaca que o solo mais utilizado pela agricultura migratória no Semiárido nordestino trata-se dos Luvisolos. O mesmo destaca que as praticas rotineiras tais como o desmatamento e as queimadas tornam o solo exposto e o pequeno

intervalo de pousio têm intensificado os processos de degradação, em consequências a erosão. Estima-se que 65% destes solos apresentam estado grave ou muito grave de erosão.

Os impactos causados pela degradação em Irauçuba são claramente expostos no resultado obtido pela agricultura, ao invés de uma produção potencial de 2000 kg/ha este setor colhe 500 kg/ha, isto mostra a pouca participação da agricultura na agropecuária desse município, esta produção acaba não pagando os custos de produção, em síntese significa dizer que os produtores estão pagando para plantar (ARAÚJO FILO, 2013).

### **3.2 Estratégias para produção em áreas degradadas**

A preocupação com prevenção da degradação do solo, desertificação e recuperação de solos degradados, tem conduzido a necessidade de adição de matéria orgânica do solo, com isso, a adubação verde vem se destacando, como uma alternativa viável na prática da agricultura sustentável, sendo a família das leguminosas a mais utilizada como adubo verde (ALCÂNTARA et al., 2000).

Gonçalves, Nogueira Júnior e Ducatti (2008) destacam que, os métodos utilizados para recuperação de solos degradados devem basear-se em tecnologias que promovam não apenas a utilização de espécies vegetais de rápido crescimento, mas também que sejam capazes de melhorar o solo por meio do aporte de matéria orgânica.

Segundo Bayer e Mielniczuk (2008) a matéria orgânica é um fator essencial para a produtividade, isso justifica-se pelo fato da implementação na disponibilidade de nutrientes, capacidade de troca de cátions (CTC), complexação de elementos tóxicos e micronutrientes, agregação, infiltração e retenção de água, aeração e a atividade da biomassa microbiana. Sendo oportuno o uso destes materiais na recuperação de áreas em processo de degradação.

No semiárido nordestino a grande maioria dos produtores rurais são descapitalizados, assim, a busca por alternativas que diminuam os custos de produção e que maximizem a produtividade devem ser explorados pelos que estão inseridos nesta área. Cantarella et al. (2007) enfatiza que os maiores gastos na agricultura advêm do uso de fertilizantes minerais. Machado et al. (2001) cita que os fertilizantes nitrogenados são responsáveis por 75% dos custos da adubação do milho, o que representa aproximadamente 40% dos custos totais de produção da cultura.

O adubo nitrogenado é responsável pelo maior gasto em termos de capital na produção agrícola, no que concerne a custos com adubação, chegando a representar cerca

de 40% do custo total de produção em culturas importantes como o milho (REIS-JÚNIOR, 2008).

Afora a necessidade de amenizar gastos com adubação nitrogenada, salienta-se ainda a crescente preocupação com a poluição dos recursos hídricos e da atmosfera causados pelo uso inadequado de fertilizantes nitrogenados, em virtude de este nutriente estar sujeito a perdas por erosão, lixiviação, volatilização e desnitrificação (PANG et al., 1997; LARA CABEZAS et al., 2000).

O impacto da adição de fertilizantes nitrogenados em excesso no solo influencia na sustentabilidade dos sistemas produtivos, tanto ambientalmente como economicamente, já que 70% dos fertilizantes nitrogenados utilizados no Brasil necessitam ser importados, encarecendo-os ainda mais para o produtor (MARIANO et al, 2011).

Outro ponto a destacar é que a liberação de nitrogênio em sistemas naturais ou agroecológicos é proveniente da matéria orgânica do solo (MOS), assim, considerando os baixos teores presentes em solos da região Semiárida (Menezes et al., 2005; Souza et al., 2015), a nutrição nitrogenada das plantas torna-se dependente da mineralização da MOS, assim, assume-se necessária a estratégia de inserir nitrogênio em sistemas produtivos de base ecológica e com baixa capacidade de investimento empregando o uso de tecnologias como adubação orgânica, adubação verde e inoculação com bactérias.

A fixação biológica de nitrogênio (FBN) é o processo realizado por bactérias diazotróficas que convertem nitrogênio atmosférico ( $N_2$ ) em amônio ( $NH_3$ ) forma assimilável pelas plantas. Este N pode ser transferido diretamente para as plantas ou ser liberado com a morte das bactérias, contribuindo para o suprimento de N de plantas capazes de formar associações com as mesmas (BALDANI et al., 1997).

As bactérias diazotróficas são dotadas de complexo enzimático denominado nitrogenase, esse é responsável pela redução do nitrogênio atmosférico ( $N_2$ ) por meio da quebra da tripla ligação do nitrogênio. Com o processo de redução, a amônia é rapidamente convertida a  $NH_4^+$  que ao ser conduzido para o meio extracelular da célula bacteriana, é assimilado pela célula vegetal sob a forma de glutamina. A nitrogenase é uma enzima que quebra 16 moléculas de ATP (adenosinas trifosfatos) e transfere 8 elétrons por molécula de N fixado. Este processo metabólico é o de maior demanda energética para a célula. Na ausência de molibdênio, o mesmo pode ser substituído por vanádio ou ferro. Devido ao alto custo energético da FBN, alguns fatores regulam a atividade da nitrogenase, entre eles merecem destaque a concentração de  $O_2$ , disponibilidade energética da célula, idade fisiológica (RODRIGUES et al., 2006), disponibilidade de N,

principalmente na forma de amônio (PRAKAMHANG et al., 2009).

Estas bactérias podem trazer benefícios que podem se expressar de forma direta e indireta, podendo destacar de início o processo de fixação biológica de nitrogênio, produção de fitormônios (sobretudo auxinas) e solubilização de fosfato inorgânico.

Os benefícios indiretos estão atribuídos à indução sistêmica de resistência a doenças, controle biológico e produção de compostos orgânicos que captam ferro (sideróforos) (DOBBELAERE & OKON, 2007).

Assim, as bactérias diazotróficas podem melhorar a absorção de nitrogênio pela planta, abatendo a quantidade de adubo mineral. Além disto, atuam estimulando o crescimento vegetal, gerando aumento na atividade da redutase do nitrato quando crescem endofiticamente nas plantas (CASSÁN et al., 2009). Também auxiliam na produção de hormônios como auxinas, citocininas (TIEN et al., 1979), giberelinas (BOTTINI et al., 1989), etileno (STRZELCZYK et al., 1994) e podem atuar como agente de controle biológico de patógenos (CORREA et al., 2008). Em geral, acredita-se que as bactérias promotoras de crescimento beneficiam o crescimento das plantas por uma combinação de todos esses mecanismos (DOBBELAERE et al., 2003).

Uma série de bactérias diazotróficas foram isoladas da cultura de milho, destacando-se as espécies do gênero *Azospirillum* com destaque para as espécies *Azospirillum lipoferum*, *Azospirillum brasilense* e *Herbaspirillum seropedicae*, sendo as espécies mais estudadas as do gênero *Azospirillum* (REIS et al., 2000).

O uso em práticas agrícolas das bactérias do gênero *Azospirillum* tem-se tornando proeminente. A inoculação com a bactéria *Azospirillum* spp. surgiu como importante alternativa para ampliar o rendimento de grãos de muitos cereais no campo em até 30%, sendo estes resultados mais expressivos em condições controladas (BASHAN & HOLGUIN, 1997). Entretanto Holguin et al. (1999) cita que estes resultados benéficos têm sido difíceis de se repetirem, o autor ainda destaca que as variantes responsáveis por essas irregularidades não foram ainda catalogadas com precisão, principalmente porque as características básicas das interações planta e *Azospirillum* não são bem compreendidas.

Ainda não se sabe tudo a respeito dos mecanismos de funcionamento dessas bactérias. A literatura aponta uma série de estudos publicados que informam que bactérias do gênero *Azospirillum* são capazes de produzir fitohormônios estimuladores do crescimento e desenvolvimento de raízes em diversas espécies de plantas (HUNGRIA, 2011). Um sistema radicular mais desenvolvido implica numa maior exploração de água e nutrientes, maior tolerância a estresses, tais como salinidade e seca, o que vem a melhorar

o vigor e produção da planta (BASHAN & HOLGUIN, 1997; DOBBELAERE et al., 2001; BASHAN et al., 2004), e maior tolerância a fitopatógenos (CORREA et al., 2008).

Recentemente alguns trabalhos apontam melhorias nas respostas fisiológicas induzidas por *Azospirillum*, como aspectos fotossintéticos das folhas, tais como teor de clorofila e condutância estomática, maior teor de prolina na parte aérea e raízes, melhoria no potencial hídrico, aumento no teor de água do apoplasto, melhor elasticidade da parede celular, maior produção de biomassa e altura de plantas (BARASSI et al. 2008). Conforme Verma et. al, (2001) essas bactérias além de fixar o nitrogênio atmosférico quando estão associadas com gramíneas, podem atuar na solubilização do fosfato inorgânico

Didonet et al. (1996) destacam que é notório os indicativos que a inoculação das sementes de milho com *Azospirillum brasilense* contribui no aumento da taxa de acúmulo de matéria seca, principalmente na presença de elevadas dosagens de nitrogênio, o que parece estar relacionado com o aumento da atividade das enzimas fotossintéticas e de assimilação de nitrogênio. Muñoz-Garcia et al. (1991) verificaram que a inoculação das sementes de milho com *Azospirillum brasiliense* cepa UAP 77, incrementou na matéria seca de raízes, da ordem de 54 a 86% e de 23 a 64% no peso seco da parte aérea.

Em trabalho avaliando a resposta de vários genótipos de milho à inoculação de quatro estirpes de *Azospirillum spp.* isoladas na Argentina e três de raízes de sorgo e milho isoladas no Brasil Salomone e Döbereiner (1996), verificaram uma crescente no peso de grãos, variando em diferentes genótipos, da ordem de 1.700 a 7.300 kg ha<sup>-1</sup>; mas, tais resultados sofrem influencia de variáveis como condições de solo, ambiente e genótipos de planta.

Uma serie de autores tem confirmado a interação positiva entre bactérias diazotróficas e o milho. A técnica de inoculação das sementes ainda não é usualmente utilizada por produtores, no entanto a literatura mostra diversos trabalhos realizados em vários países que apontam aumentos na produção de massa seca, na produção de grãos e no acúmulo de nitrogênio em plantas inoculadas.

O estabelecimento de Sistemas Agroflorestais é alternativa relevante para a diversificação da produção agrícola, esse é caracterizado pela presença do componente arbóreo, e tem sido utilizado como ferramenta importante para a recuperação dos solos em estados de degradação (KAGEYAMA et al, 2003).

A serapilheira depositada pela copa das arvores no solo evita ou amortecem o impacto direto das gotas de chuva. Os resíduos vegetais atuam como obstáculos ao caminhamento de excedentes hídricos, retardando a velocidade da enxurrada. Com o



aumento do tempo de permanência das águas de escoamento sobre o terreno, as taxas de infiltração são maiores diminuindo as perdas d'água do sistema, com isso a erosão é amenizada. O controle dos processos erosivos implica na redução das perdas de solo e de água, esses têm importantes implicações sobre sua fertilidade, basicamente porque as camadas superficiais (mais férteis) são as primeiras a serem erodidas (KAGEYAMA et al, 2003).

O componente arbóreo a partir da deposição de matéria orgânica pode garantir a manutenção ou incrementar a fertilidade das camadas superficiais do solo, da ciclagem de nutrientes, da fixação biológica de nitrogênio, da melhoria das propriedades físicas do solo, como, por exemplo, a aeração. O uso de espécies variadas no reflorestamento, intercalando classes ecológicas, pode melhorar as taxas de absorção e ciclagem de nutrientes, isso favorece a eficiência de aproveitamento dos nutrientes. Assim, o reflorestamento com várias espécies é uma estratégia adequada para equilibrar o balanço de nutrientes no meio (KAGEYAMA et al, 2003).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBUQUERQUE, A. W.; LOMBARDI NETO, F.; SRINIVASAN, V. S.; SANTOS, J. R. Manejo da cobertura do solo e de práticas conservacionistas nas perdas de solo e água em Sumé, PB. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.6, n.1, p.136-141, 2002.
- ALMEIDA, M. M. T. B.; LIXA, A. T.; SILVA, E. E.; AZEVEDO, P. H. S.; DE-POLLI, H.; RIBEIRO, R. L. D. Fertilizantes de leguminosas como fontes alternativas de nitrogênio para produção orgânica de alface. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, p. 675-682, 2008.
- ANCHÃO, P.P. **Algumas considerações sobre a recuperação de pastos degradados**. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1997. p.1-4. (Boletim do Leite, 39).
- ANDREOLA, F.; COSTA, L.M.; OLSZEWSKI, N. Influência da cobertura vegetal de inverno e da adubação orgânica e, ou, mineral sobre as propriedades físicas de uma Terra Roxa Estruturada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, p.857-865, 2000.
- ANGELOTTI, F.; SÁ, I. B.; MELO, R. F. Mudanças Climáticas e Desertificação no Semiárido brasileiro. In: ANGELOTTI, F.; SÁ, I. B.; MENEZES, E. A.; PELLEGRINO, G. Q. Mudanças climáticas e desertificação no Semiárido brasileiro. Petrolina: Embrapa Semiárido, Campinas: **Embrapa Informação Agropecuária**, 2009. p. 41-52.
- ARAÚJO FILHO, J. A.; VALE, L. V.; ARAÚJO NETO, R.; BARBOSA, P. ; SERPA, M. S. M. Dimensões de parcelas para amostragem do estrato herbáceo da Caatinga raleada. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 23, Campo Grande, 1986. **Anais...** Campo Grande: SBZ, 1986. p. 268.
- ASSIS, R.L.; LANÇAS, K.P. Avaliação dos atributos físicos de um Nitossolo Vermelho Distroférrico sob sistema plantio direto, preparo convencional e mata nativa. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.29, p.515-522, 2005.
- BALDANI, J. I.; CARUSO, L.; BALDANI, V. L. D.; GOI, S. R.; DOBEREINER J. Recent advances in BNF with non-legume plants. **Soil Biology and Biochemistry**, v.29, p.911-922, 1997.
- BARASSI, C.A.; SUELDO, R.J.; CREUS, C.M.; CARROZZI, L.E.; CASANOVAS, W.M.; PEREYRA, M.A. Potencialidad de *Azospirillum* en optimizar el crecimiento vegetal bajo condiciones adversas. In: CASSÁN, F.D.; GARCIA DE SALAMONE, I. ***Azospirillum sp.: cell physiology, plant interactions and agronomic research in Argentina***. Argentina: Asociación Argentina de Microbiología, 2008. p.49-59.
- BASHAND, Y. & HOGUIN, G. *Azospirillum*-plant relationship: Environmental and physiological advances (1990-1996). **Canadian Journal Microbiology**, Ottawa, v. 43, p. 103-121, 1997.
- BASHAN, Y.; HOLGUIN, G.; DE-BASHAN, L. *Azospirillum*-plant relationships:

- physiological, molecular, agricultural, and environmental advances (1997–2003) **Canadian Journal Microbiology**, Ottawa, v. 50, p. 521–577, 2004.
- BATAGLIA, O. C.; FURLANI, A. M. C.; TEIXEIRA, J. P. F.; FURLANI, P. R.; GALLO, J. R. **Métodos de análise química de plantas**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1983. 48 p. (Boletim técnico, 78).
- BAYER, C; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G. A.; SILVA, L. S.; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. A. O. (Eds.). **Fundamentos de matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p.7- 18.
- BODDEY, R.M.; DÖBEREINER, J. Nitrogen fixation associated with grasses and cereals: Recent progress and perspectives for the future. **Fertilizer Research**, Oxford, v.42, p.241-250, 1995.
- BORGES, T. K. DE S.; MONTENEGRO, A. A. DE A.; SANTOS, T. E. M. DOS; SILVA, D. D. DA; JUNIOR, V. DE P. E S. Influência de Práticas Conservacionistas na Umidade do Solo e no Cultivo do M (*Zea Mays* L.) em Semiárido Nordeste. Comissão 3.3 - Manejo e conservação do solo e da água. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, Viçosa, v.38, p.1862-1873, 2014.
- BOTTINI, R.; FULCHIERI, M.; PEARCE, D.; PHARIS, R. P. Identification of gibberellins A1, A3 and iso-A3 in culture of *Azospirillum lipoferum*. **Plant Physiology**, Bethesda, v. 89, p. 1-3, 1989.
- CANTARELLA, H.; TRIVELIN, P. C. O. Determinação de nitrogênio inorgânico em solo pelo método da destilação a vapor. In: RAIJ, B. van; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2001. p. 270-276.
- CANTARELLA, H.; RAIJ, B. van; CAMARGO, C. E. O. Cereais. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônômico/Fundação IAC, 1997. p. 43.
- CARDOSO, E.L.; OLIVEIRA, H. Sugestões de uso e manejo dos solos do assentamento Taquaral. Corumbá - MS: **Embrapa Pantanal**, 2002. 4 p. (Circular Técnica, 35).
- CARVALHO, R.; GOEDERT, W.J.; ARMANDO, M.S. Atributos físicos da qualidade de um solo sob sistema agroflorestal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.11, p.1153-1155, 2004.
- CASSÁN, F.; MAIALE, S.; MASCIARELLI, O.; VIDAL, A.; LUNA, L.; RUIZ, O. Cadaverine production by *Azospirillum brasilense* and its possible role in plant growth promotion and osmotic stress mitigation. **European Journal of Soil Biology**, Cordoba, v. 45, n. 1, p. 12-19, 2009.
- CHAER, G. M.; RESENDE, A. S.; CAMPELLO, E. F. C.; FARIA, S. M.; BODDEY, R. M. Nitrogen-fixing legume tree species for the reclamation of severely degraded lands in Brazil. **Tree Physiology**, Oxford, v. 31, n. 2, p. 139-149, 2011.

- COSTA, M. P. **Efeito da matéria orgânica em alguns atributos do solo**. 1983. 137f. Tese (mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1983.
- CORREA, O.S.; ROMERO, A.M.; SORIA, M.A.; DE ESTRADA, M. *Azospirillum brasilense*-plant genotype interactions and tomato response to bacterial diseases, and root and foliar microbial communities. In: CASSÁN, F.D.; GARCIA DE SALAMONE, I. ***Azospirillum* sp. cell physiology, plant interactions and agronomic research in Argentina**. Argentina: Asociación Argentina de Microbiología, 2008. p.87-95.
- CRUZ, A.C.R.; PAULETO, E.A.; FLORES, C.A.; SILVA, J.B. Atributos físicos e carbono orgânico de um Argissolo Vermelho sob sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, p.1105- 1112, 2003.
- DIAS-FILHO, M. B. Degradação de pastagens: processos, causas e estratégias de recuperação. 3. ed. Belém: **Embrapa Amazônia Oriental**, 2007. 190 p.
- DIDONET, A.D.; RODRIGUES, O; KENNER, M.H. Acúmulo de nitrogênio e de massa seca em plantas de trigo inoculadas com *Azospirillum brasilense*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.16, n.9, p.645-651, 1996.
- DOBBELAERE, S.; CROONENBORGH, A.; THYS, A.; PTACEK, D.; VANDERLEYDEN, J.; DUTTO, P.; LABANDERA-GONZALEZ, C.; CABALLERO-MELLADO, J.; AGUIRRE, J.F.; KAPULNIK, Y.; BRENER, S.; BURDMAN, S.; KADOURI, D.; SARIG, S.; OKON, Y. Response of agronomically important crop to inoculation with *Azospirillum*. **Aust. J. Plant Physiology**, Waterbury v. 28, p.871-879, 2001.
- DOBBELAERE, S. & OKON, Y. The plant growth-promoting effect and plant responses. In: **Associative and Endophytic Nitrogen-Fixing Bacteria and Cyanobacterial Associations** (Elmerich, C.; Newton, W.E. eds.), p. 145-170. Springer, Dordrecht, The Netherlands. 2007.
- DOBBELAERE, S.; VANDERLEYDEN, J.; OKON, Y. Plant growth-promoting effects of diazotrophs in the rhizosphere. **Critical Reviews in Plant Science**, Elsevier, v. 22, p. 107-149. 2003.
- DONAGEMMA, G. K.; CAMPOS, D. V. B.; CALDERANO, S. B.; TEIXEIRA, W. G.; VIANA, J. H. M. **Manual de métodos de análise de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, (Documentos, 132).p. 230.2011.
- DORAN, J.W.; PARKIN, T.B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F.; STEWART, B.A. (Eds). **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison: Soil Science Society of America, 1994. p.3-21. (SSSA Special Publication, 35).
- FEITOSA, H. O.; AMORIN, A. V.; LACERDA, C. F.; SILVA, F. B. Crescimento e extração de micronutrientes em abacaxizeiro 'Vitória'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, p.706-712, 2011.

- GONÇALVES, J. L. M.; NOGUEIRA JUNIOR, L. R.; DUCATTI, F. Recuperação de solos degradados. In: KAGEYAMA, P. Y.; OLIVEIRA, R. E.; MORAES, L. F. D.; ENGEL, V. L.; GANDARA, F. B. (Org.). **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. Botucatu: FEPAF, 2008. p. 111-164.
- HOLGUIN, G.; PATTEN, C. L.; GLICK, B. R. Genetics and molecular biology of *Azospirillum*. **Biol Fertil Soils**, Ontário, v. 29, p. 10-23, 1999.
- HUNGRIA, M. **Inoculação com *Azospirillum brasiliense*: inovação em rendimento a baixo custo**. 1ª ed. Londrina: Embrapa Soja, 2011. (Documento 325).
- IPECE - Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. **Perfil Básico Municipal 2011 – Irauçuba**. Fortaleza: IPECE, 2011. 18 p.
- IPECE - Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. **Condições de Vulnerabilidade dos Municípios em Situação de Emergência** em 2012. Fortaleza: IPECE, 2012. 33p. (Informe, 33).
- KAGEYAMA, P. Y.; OLIVEIRA, R. E. DE; MORAES, L. F. D.; ENGEL, V. L.; GANDARA, F. B. Restauração Ecológica de Ecossistemas Naturais. Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais - **FEPAF**, Botucatu - SP, 1a ed., p.340, 2003.
- LARA CABEZAS, W. A. R.; TRIVELIN, P. C. O.; KORNODÔRF, G. H.; PEREIRA, S. Balanço da adubação nitrogenada sólida e fluida de cobertura na cultura do milho em sistema plantio direto no Triângulo Mineiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 14, p. 363-376, 2000.
- MAFRA, A. L.; MIKLÓS, A. A. W.; VOCURCA, H. L.; HARKALY, A. H.; MENDONZA, E. Adição de nutrientes ao solo em sistema agroflorestal do tipo “cultivo em aleias” e em cerrado na região de Botucatu, SP. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 54, p. 41-54, 1998.
- MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola: Adubos e Adubação**. São Paulo: Agronomia Ceres, 1981.
- MARIANO, E.; COSTA, H. T.; CORRALES, R. A. F. **Uréia: novas tecnologias para fertilizantes nitrogenados**. Piracicaba: Universidade de São Paulo, 2011.
- MUÑOZ-GARCIA, A.; CABALLERO-MELLADO, J.; VALDÉS, M. Promoción del crecimiento del maíz por cepas productoras de siderófos de *Azospirillum* y *Pseudomonas* fluorescentes. In: CONGRESO NACIONAL DE LA FIJACION BIOLOGICA DEL NITROGENO Y I ENCUENTRO IBEROAMERICANO DE INVESTIGACION SOBRE FIJACION DE NITROGENO, 3., 1991. Cuernavaca. **Anais...** Cuernavaca, México, p.61. 1991.
- NASCIMENTO, T. J.; SILVA, I. F.; SANTIAGO, R. D.; SILVA NETO, L. F. Efeito de leguminosas nas características químicas e matéria orgânica de um solo degradado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 3, p. 457-462, 2003.

- OKON, Y.; VANDERLEYDEN, J. Root-associated *Azospirillum* species can stimulate plants. **Applied and Environmental Microbiology**, New York, v.63, n.7, p.366-370, 1997.
- OLIVEIRA, P.P.A.; TRIVELIN, P.C.O.; OLIVEIRA, W.S. et al. Eficiência da fertilização nitrogenada com uréia (15N) em *Brachiariabrizantha* cv. Marandu associada ao parcelamento de superfosfato simples e cloreto de potássio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, p.613-620, 2003.
- OLIVEIRA, G.C.; DIAS JÚNIOR, M.S.; RESCK, D.V.S.; CURI, N. Alterações estruturais e comportamento compressivo de um Latossolo Vermelho distrófico argiloso sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.38, n.2, p.291-299, 2003.
- PANG, X. P.; LETEY, J.; WU, L. Irrigation quality and uniformity and nitrogen application effects on crop yield and nitrogen leaching. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 61, p. 257-261, 1997.
- PRAKAMHANG,J; MINAMISAWA, K; TEAMTAISONG, K; BOONKERD, N; TEAUMROONG, N. The communities of end ophitic diazotrophic bacteria in cultivated Rice (*Oryza sativa* L.) **Applied Soil Ecology**, Ireland, v. 42 , p.141–149 , 2009.
- REIS JUNIOR, F. B.; TOLEDO, C. T.; MACHADO, A. T.; SODEK, L. Inoculação de *Azospirillum amazonense* em dois genótipos de milho sob diferentes regimes de nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 3, p. 1139-1146, 2008.
- REIS, V. M.; BALDANI, V. L. D.; BALDANI, J. I.; DÖBEREINER, J. Biological nitrogen fixation in gramineae and palm trees. **Critical Review in Plant Sciences**, Amsterdam, v. 19, n. 3, p. 227-247, 2000.
- RODRIGUES, L.S.; BALDANI, V.L.D.; REIS, V.M.; BALDANI, J.I. Diversidade de bactérias diazotróficas endofíticas dos gêneros *Herbaspirillum* e *Burkholderia* na cultura do arroz inundado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41. n. 2. p. 275-284, 2006.
- SÁ, I. B.; ANGELOTTI, F. Degradação ambiental e desertificação no semi-árido brasileiro. In: ANGELOTTI, F.; SÁ, I. B.; MENEZES, E. A.; PELLEGRINO, G. Q. Mudanças climáticas e desertificação no Semiárido brasileiro. Petrolina: Embrapa Semi- Árido, Campinas: **Embrapa Informação Agropecuária**, 2009. p. 53-76.
- SALOMONE, G.; DÖBEREINER, J. Maize genoty peseffectson the response to *Azospirillum* inoculation. **Biology Fertilizer Soils**, Oxford, v.21, p.193-196, 1996.
- SEITER, S.; HORWATH, W.R. Strategies for managing soil organic matter to supply plans nutrition. In: MAGDOFF, F.; WEIL, R.R. (Ed.). **Soil organic matter in sustainable agriculture**. London, p.269-293, 2004.
- SPERA, S.T.; SANTOS, H.P.; FONTANELI, R.S.; TOMM, G.O. Efeitos de sistemas de

produção de grãos envolvendo pastagens sob plantio direto nos atributos físicos de solo e na produtividade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, p.533-542, 2004.

STRECK, E. V.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R. S. D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P. C. do; SCHNEIDER, P.; GIASSON, E.; PINTO, L. F. S. **Solos do Rio Grande do Sul**. 2.ed. rev. e ampl. Porto Alegre: Emater/RS, 2008. 222 p.

VOLK, L. B. S.; COGO, N. P. Erosão hídrica, em três momentos da cultura do milho, influenciada por métodos de preparo do solo e semeadura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.38, n.1, p.565-574, 2014.

ZIMMER, A.H.; MACEDO, M.C.M.; BARCELLOS, A.O. et al. Estabelecimento e recuperação de Brachiaria. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 11., 1994, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários “Luiz de Queiroz”, .p.153-208,1994.

## **CAPÍTULO II**

### **INOCULAÇÃO DE *AZOSPIRILLUM BRASILIENSE* E ADUBAÇÃO NITROGENADA EM DOIS GENÓTIPOS DE MILHO CULTIVADOS EM SOLO DE ÁREA DEGRADADA**

---



## RESUMO

Objetivou-se avaliar o comportamento de dois genótipos de milho cultivados em solo degradado sob diferentes níveis de adubação nitrogenada. O experimento foi conduzido em Sobral – CE nas dependências da Embrapa Caprinos e Ovinos, a pleno sol e solo coletado em Irauçuba-CE, cujo delineamento adotado foi em blocos casualizados, em esquema fatorial sendo os tratamentos a correção do solo (solo corrigido e não corrigido em termos de fertilidade), genótipos de milho (BRS Caimbé e BRS Gorotuba) e fontes de nitrogênio (sem adubação nitrogenada; com inoculação com *Azospirillum brasilense*; com inoculação com *Azospirillum brasilense* + 50 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio; 50 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio e 100 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio); com três blocos, sendo a parcela um vaso com 10 dm<sup>3</sup> de solo e duas plantas. As plantas foram conduzidas por 73 dias após a germinação, sendo mensuradas variáveis biométricas, biomassa, acúmulo de nutrientes e a fertilidade do solo. O solo corrigido apresentou incremento nos atributos químicos do solo. O genótipo Gorotuba desenvolveu-se melhor nas condições trabalhadas. A inoculação + 50 kg ha<sup>-1</sup> de N permitiu patamares de produção, teor de clorofila, área foliar e altura iguais ou superiores a 100 kg ha<sup>-1</sup> de N.

**Palavras-Chave:** fixação biológica de nitrogênio; semiárido; *Zea mays*

## ABSTRACT

This study aimed to evaluate the behavior of two corn genotypes grown on degraded soil under different levels of nitrogen fertilization. The experiment was conducted in Sobral - CE on the premises of Embrapa Goats and Sheep, full sun and soil collected in Irauçuba - CE, whose design adopted was randomized blocks in a factorial with treatments soil correction (corrected soil and not corrected in terms of fertility), corn genotypes (BRS Caimbé and BRS Gorutuba) and nitrogen sources (without nitrogen fertilization, inoculation with *Azospirillum brasilense*; inoculated with *Azospirillum brasilense* + 50 kg ha<sup>-1</sup> of nitrogen, 50 kg ha<sup>-1</sup> of nitrogen and 100 kg ha<sup>-1</sup> of nitrogen); with three blocks, and the share a vase with 10 dm<sup>3</sup> of soil and two plants. The plants were conducted for 73 days after germination, biometric variables being measured, biomass accumulation of nutrients and soil fertility. The limed soil was more efficient with respect to fertility. The Gorotuba genotype developed in the best conditions worked. Inoculation + 50 kg ha<sup>-1</sup> N allowed production levels, chlorophyll content, leaf area and height equal to or greater than 100 kg ha<sup>-1</sup> N.

**Key words:** biological nitrogen fixation, semiarid, *Zea mays*.

## 1. INTRODUÇÃO

No Semiárido Nordeste as atividades econômicas relacionadas à agropecuária são baseadas em três vertentes, agricultura, pecuária e a extração de madeira, essas realizadas por métodos não conservacionistas exaurindo os recursos naturais. Ações desta natureza têm contribuído para aceleração de processos erosivos e perda da fertilidade do solo (ARAÚJO FILHO, 2013).

Em Irauçuba município na região norte do estado do Ceará verifica-se que áreas consideráveis, apresentam solos em algum estado de degradação. Historicamente, a região tem na pecuária a mais importante atividade, isto porque apresenta extensas áreas recobertas por Planossolos sob uma caatinga do tipo savana com cobertura herbácea de excelente potencial forrageiro. Considerando a ocupação da área municipal, 67,1% são ocupadas pela pecuária (ARAÚJO FILHO E SILVA, 2015). Tal fato gera um efeito de sobrepastejo, o que de acordo com Bestelmeyer et al. (2006) altera a composição florística do estrato herbáceo, promove compactação e erosão do solo. O efeito do sobrepastejo aliado aos intemperes climáticos ocasionam processos de degradação, comprometendo em muitos casos a capacidade produtiva da área.

A recuperação de áreas em processos de degradação pode ser efetivada com a retirada dos animais da área, no entanto, para que a vegetação nativa seja recuperada é necessário um período de 20 anos pós-remoção dos animais segundo os autores Vallone e Sauter, (2005); Pei et al. (2007) e Zhao et al. (2007). Sabendo que a base da economia e alimentação na região do semiárido é a agricultura e pecuária praticada principalmente pelas famílias, tal fato torna-se quase que inviável, levando em consideração a necessidade do uso da terra. A recuperação da fertilidade do solo em áreas degradadas pode ser amenizada com a adição de adubos orgânicos ou minerais. Em trabalhos realizados em Irauçuba, Araújo Filho (2013) constatou que a aplicação de 400 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio (N) incrementou a produção de estrato herbáceo para 2,4 t ha<sup>-1</sup> no primeiro ano, correspondendo a um acréscimo de 120,2% com relação à testemunha. No entanto o uso de fertilizantes nitrogenados aumentam drasticamente os custos de produção (CANTARELLA, 2007) tornando alternativa difícil tendo em vista a descapitalização dos produtores da região.

Os sistemas agrícolas de produção têm buscado alternativas para potencializar a produtividade de forma rentável e sustentável, a fixação biológica de nitrogênio (FBN) vem sendo estudada com frequência e alguns resultados já apontam que essa opção pode complementar ao até substituir a utilização de fertilizantes nitrogenados

(BERGAMASCHIET et al., 2006). O processo de conversão do nitrogênio atmosférico na forma inorgânica combinada de amônia e a partir daí, em formas reativas orgânicas e inorgânicas é conhecido como FBN. A reação de redução do  $N_2$  a  $NH_3$  é realizada por microrganismos que contém a enzima dinitrogenase e são conhecidos como diazotróficos (BERGAMASCHIETET et al., 2006).

As bactérias da espécie *Azospirillum brasilense* são consideradas bactérias diazotróficas fixadoras de nitrogênio atmosférico, que associadas à rizosfera das plantas podem, possivelmente, contribuir com a nutrição nitrogenada delas (Boddey e Döbereiner, 1995). Essas bactérias diazotróficas estão amplamente distribuídas no solo e podem colonizar as raízes e o colmo da planta. Reis Junior et al. (2008) destacam que genótipos de milho têm particularidades no que concerne a eficiência na fixação do nitrogênio, dentro deste contexto, uma serie de estudos vem sendo desenvolvidos para avaliar estirpes de bactérias que se adaptem a um determinado genótipo de milho (GARCIA-OLIVARES et al., 2007; MARTINS et al., 2013).

Sabendo-se que a fertilidade do solo pode ser recuperada com a adição de fertilizantes e que a seleção de genótipos adaptados às mais variadas condições climáticas, combinados a inoculação de bactérias fixadoras de nitrogênio pode ser opção para que a produção em áreas degradadas atinjam patamares satisfatórios, objetivou-se com este estudo verificar o comportamento de dois genótipos de milho cultivados em Planossolo Nátrico Órtico, corrigido e não corrigido em termo de fertilidade, submetidos à inoculação com *Azospirillum brasiliensis* e adubação nitrogenada.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi conduzido na Embrapa Caprinos e Ovinos em Sobral - CE, a 3° 41'S e 40° 20'W. O clima da região é do tipo BShw, segundo a classificação de Köppen, com estação chuvosa de janeiro a junho. A temperatura média anual é de 28°C e a precipitação média de 759 mm por ano. A experimentação ocorreu no 2° semestre de 2015 em área aberta a pleno sol em bancadas com 1 m de altura.

O solo utilizado foi coletado em propriedade rural em Irauçuba-CE (3° 47' 59.58601''S e 39° 47' 27.96359''W) região em processo de desertificação e classificado como Planossolo Nátrico órtico.

Na Tabela 1 é apresentada a análise de fertilidade e granulométrica do solo empregado na experimentação, cuja coleta foi procedida na camada de 0-0,2 m.

**Tabela 1.** Características químicas e granulométricas do solo utilizado no ensaio

pH (H <sub>2</sub> O)	M.O.	P (Mehlich)	K	Ca	Mg	H+Al	SB	CTC	V
	g dm <sup>-3</sup>	----- mg dm <sup>-3</sup> -----		----- mmolc dm <sup>-3</sup> -----					%
5.4	5	8	47	16	7	22	26.2	48.2	54
Na	S-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	B	Cu	Fe	Mn	Zn	PST		
		----- mg dm <sup>-3</sup> -----							%
47	4	0.16	0.1	19	8.2	0.55	4.2		
Argila	Silte	Areia Total	Areia Grossa	Areia Fina	Ds				
		----- g kg <sup>-1</sup> -----			kg dm <sup>-3</sup>				
72	48	880	780	100	1,68				

O solo em questão apresentava textura arenosa e os atributos podem ser classificados com concentrações muito baixa para P, M.O. e Cu; médio para K, Ca e Mg; baixo para B e Zn; e alto para Fe segundo Alvarez et al. (1999).

O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados, em esquema fatorial, cujos tratamentos foram correção do solo (solo corrigido e não corrigido em termos de fertilidade); genótipos de milho (BRS Caimbé e BRS Gortuba) e fontes de nitrogênio (sem adubação nitrogenada; com inoculação com *Azospirillum brasilense*; com inoculação com *Azospirillum brasilense* + 50 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio; 50 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio e 100 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio); com quatro blocos, sendo a parcela um vaso com 10 dm<sup>3</sup> de solo e uma planta.

A irrigação dos vasos foi realizada com base na evapotranspiração da cultura (ETc), sendo a evapotranspiração de referência obtida por um tanque classe 'A' do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) localizado na Embrapa Caprinos e Ovinos.

Os cálculos das lâminas foram procedidos conforme Medeiros et al. (2013), Salomão et al. (2009) e Souza et al. (2009) e o kc empregado foi o preconizado por Santos et al. (2014) para condição semiárida.

Para os tratamentos que receberam correção do solo foi realizada elevação da saturação por bases para 75%, com a aplicação de carbonato de cálcio (PA), equivalente a  $1 \text{ Mg ha}^{-1}$ ; ainda, aplicou-se  $80 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  (fonte: superfosfato simples);  $40 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$  (fonte: cloreto de potássio);  $2 \text{ kg ha}^{-1}$  de Zn (fonte: FTE BR-12) de acordo com as recomendações de UFC (1993), ainda para os tratamentos que receberam adubação mineral nitrogenada, aplicou-se no plantio  $25 \text{ kg ha}^{-1}$  (fonte: uréia), sendo o restante aplicado em cobertura após 35 dias das plantas germinadas. Devido aos baixos valores de fósforo no solo, aplicou-se somente este nutriente na mesma quantidade dos tratamentos com correção do solo para os vasos que não foram corrigidos em termos de fertilidade.

A inoculação foi realizada no momento da sementeira, utilizando-se inoculante Azototal® com bactérias de *Azospirillum brasiliensis* (estirpes AbV5 e AbV6) e para maior aderência foi adicionado açúcar ao caldo dos inoculantes, a solução para inoculação foi realizada de acordo com recomendações do fabricante. Foram semeadas sete sementes por vaso, sendo que cinco dias após a germinação foi realizado o desbaste deixando-se uma planta por vaso.

As plantas foram conduzidas por 73 dias após a germinação, sendo mensuradas as seguintes variáveis: altura das plantas em cm (do colo até o pendão); diâmetro do colmo em cm (a 8 cm do colo da planta); número de folhas; área foliar em  $\text{cm}^2$  (LI3100 - LICOR®); teor relativo de clorofila (Minolta SPAD 502®) coletado na folhas +3; e biomassa da parte aérea. Parte do material coletado foi encaminhado para análise de macro e micronutrientes, conforme Bataglia et al. (1983). De posse dos dados de biomassa da parte aérea e teor de macro e micronutrientes, calculou-se o acúmulo de nutrientes na planta (massa x teor).

Ainda, após o corte das plantas procedeu-se a coleta de solo para avaliação da fertilidade (pH; M.O.; P; K; Ca; Mg; H+Al; Al; H+Al; SB; CTC; V; S- $\text{SO}_4^{2-}$ ; Na; C.E.; B; Cu; Fe; Mn e Zn), conforme Donagema et al. (2011); mensurou-se, também, as concentrações de nitrogênio inorgânico ( $\text{NO}_3^-$ ;  $\text{NH}_4^+$  e  $\text{NO}_3^- + \text{NH}_4^+$ ) conforme Cantarella e Trivelin (2001).

De posse dos dados, procedeu-se análise pelo teste F; e quando significativo aplicou-se teste de médias; empregando-se o software estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 é apresentado o resumo da análise de variância para atributos do solo, verifica-se para o fator correção do solo que houve resultados positivos com aumentos das concentrações para pH; P; Ca; SB e V e resultado oposto para Al e H+Al. Este resultado era esperado em função da aplicação de corretivos e fertilizantes; no entanto, mesmo tendo sido aplicado fósforo nos tratamentos sem correção do solo, verifica-se efeito sinérgico quando do emprego junto ao carbonato de cálcio; o resultado não significativo para Mg situa-se na não aplicação de fonte deste nutrientes e para o potássio a possível justificativa para não verificação de resultado significativo com a aplicação da adubação reside nas concentrações médias presentes no solo estudado (Tabela 1). Para o fator genótipos não houve diferença para os atributos do solo. Para o fator adubação nitrogenada verifica-se significância para o teor de amônio no solo, com superioridade para os tratamentos inoculados, 50 e 100 kg ha<sup>-1</sup> de N; para o teor de nitrogênio inorgânico (soma das frações nitrato e amônio) houve superioridade do tratamento com 100 kg ha<sup>-1</sup> de N em relação ao inoculado +50 kg ha<sup>-1</sup> de N e a testemunha; e os tratamentos com 50 kg ha<sup>-1</sup> de N e inoculado foram superiores a testemunha. Com relação ao pH a dose de 100 kg ha<sup>-1</sup> promoveu menores valores para esta variável em comparação com a testemunha, inoculado e inoculado + 50 kg ha<sup>-1</sup> de N. São escassas na literatura informação sobre a influencia de *Azospirillum brasiliensis* sobre a fertilidade do solo.

**Tabela 2.** Valores médios dos tratamentos, significância e coeficiente de variação para atributos do solo em função de correção do solo, genótipos e fontes de adubação nitrogenada

Correção (C)	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Ninorg	pH (H <sub>2</sub> O)	M.O	P (Mehlich)	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	CTC	V
	----- mg kg <sup>-1</sup> -----				g dm <sup>-3</sup>	--- mg dm <sup>-3</sup> ---		----- mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----					%	
Corrigido	3,11	2,16	5,28	6,74a	5,60	23,09a	29,34	13,30a	7,17	0,00b	11,57b	22,76b	36,99	68,51a
Não Corrigido	2,91	2,11	5,03	5,91b	5,85	20,75b	29,96	9,90b	7,25	0,47a	14,60a	25,42a	37,55	60,57b
Significância	0,38ns	0,049ns	0,30ns	197,95**	1,24ns	3,79*	0,25ns	79,69**	0,11ns	24,46**	124,61**	12,26**	0,45ns	78,83**
Genótipo (G)														
Caimbé	3,16	1,90	5,06	6,35	5,94	22,62	29,21	1183	7,27	0,27	13,12	24,22	37,35	64,66
Gorutuba	2,86	2,38	5,25	6,29	5,51	21,22	30,09	11,36	7,15	0,20	13,05	23,96	37,19	64,42
Significância	0,85ns	3,97ns	0,16ns	0,95ns	3,85ns	1,36ns	0,52ns	1,50ns	0,30ns	0,61ns	0,07ns	0,12ns	0,03ns	0,07ns
Adubação (A)														
Testemunha	1,70b <sup>1</sup>	1,82	3,52c	6,45a	5,95	25,04	30,46	12,45	7,56	0,62	12,75	24,89	37,64	65,89
<i>Azospirillum</i>	3,39a	2,51	5,90ab	6,42a	5,41	20,37	28,76	11,06	6,93	0,25	12,81	23,17	35,99	64,33
<i>Azospirillum</i> + 50 kg ha <sup>-1</sup> (N)	2,89ab	1,83	4,72bc	6,41a	5,50	21,25	28,76	11,62	7,00	0,25	13,00	24,08	37,08	64,83
50 kg ha <sup>-1</sup> (N)	2,90a	1,91	4,81ab	6,22ab	6,33	21,53	32,33	11,29	7,25	0,31	13,56	24,37	38,40	63,50
100 kg ha <sup>-1</sup> (N)	4,18a	2,63	6,81a	6,12b	5,43	21,37	27,95	11,56	7,31	0,31	13,31	23,93	37,24	64,15
Significância	6,47**	2,15ns	6,09**	4,77**	2,78ns	1,80ns	1,67ns	1,54ns	0,99ns	0,91ns	1,28ns	0,55ns	0,89ns	0,79ns
C x G	0,01ns	0,82ns	0,16ns	0,33ns	0,92ns	0,46ns	2,84ns	0,12ns	0,99ns	0,61ns	0,07ns	1,34ns	0,86ns	0,15ns
C x A	0,20ns	0,72ns	0,32ns	0,28ns	1,86ns	0,83ns	0,13ns	0,06ns	0,44ns	0,91ns	0,62ns	0,17ns	0,30ns	0,40ns
G x A	1,62ns	1,24ns	0,17ns	1,18ns	0,49ns	3,73**	1,14ns	1,12ns	2,29*	0,77ns	1,20ns	1,28ns	0,70ns	1,59ns
C x G x A	1,99ns	0,18ns	1,03ns	3,20*	0,74ns	0,49ns	0,73ns	1,25ns	1,81ns	0,77ns	0,86ns	0,48ns	0,55ns	0,83ns
CV (%)	47,1	50,1	39,3	4,1	16,8	24,4	18,3	14,6	14,0	180,8	9,2	14,0	10,0	6,2

**Nota:** M.O – Matéria orgânica; P – Fósforo; NH<sub>4</sub><sup>+</sup> - Nitrogênio amoniacal; NO<sub>3</sub><sup>-</sup> - Nitrogênio nítrico; Nt – Nitrogênio total; Ph – Potencial de hidrogênio; K – Potássio; Ca – Cálcio; Mg – Magnésio; Al – Alumínio; H+Al – Acidez potencial; CTC – Capacidade de troca de cátions; SB – Soma de bases; V – Saturação por bases.

<sup>ns</sup>, \* e \*\* – Não significativo e significativo a 5 e 1% de probabilidade. <sup>1</sup>Médias seguidas das mesmas letras não diferem entre se ao nível de 5% pelo teste de Tukey.



A interação genótipos e fontes de nitrogênio apresentou significância para P e Mg; e também para pH, em função da significância tripla (Tabela 2); quando avalia-se o efeito tipos de adubação em cada genótipo para a variável pH não houve diferença entre os materiais genéticos e as diferentes adubações; no entanto, para P e Mg para a testemunha observa-se maiores concentrações no solo explorado pelo BRS Caimbé; resultado similar ocorreu para P com a adubação inoculada + 50 kg ha<sup>-1</sup> de N e resultado oposto para este elemento com o tratamento com inoculação. A possível justificativa para estes resultados pode ser a maior extração de nutrientes pelo material genético em função do tratamento aplicado; sendo que a capacidade de absorção é inerente ao potencial genético e as condições edafoclimáticas. Avaliando o pH em função da adubação dentro de cada genótipo, para o Caimbé não houve diferença para pH e resultado similar ocorreu para o Gorutuba com relação ao P e Mg; para o Gorutuba foi observado menor valor pH para o tratamento com 100 kg ha<sup>-1</sup> de N em comparação com a testemunha. Para o Caimbé a maior concentração de P esteve atrelado a testemunha e os menores valores para inoculado e 50kg ha<sup>-1</sup> de N; fazendo o mesmo raciocínio, porém para o nutriente Mg a maior concentração esteve atrelada a testemunha. Os maiores valores verificados para testemunha, independente do genótipo residem na menor absorção dos nutrientes, havendo, assim, menor extração e conseqüente menor crescimento.

Para a interação correção e genótipos quando avalia-se o efeito da correção observa-se valores superiores para pH quando não corrigido, independente do genótipo. Entre os genótipos não houve diferença quando corrigido ou não.

Com relação à interação correção do solo e as diferentes fontes de nitrogênio, em todos os casos a correção apresentou valores maiores de pH quando não corrigido o solo, independente da fonte estudada. Quando avalia-se o efeito da correção em função das diferentes adubações não observa-se diferença entre os valores de pH, resultado oposto quando não corrige-se o pH do solo, cujo menor valor foi verificado para a adubação de 100 kg ha<sup>-1</sup> de N quando em comparação com a testemunha. Considerando que a fonte empregada foi à ureia o resultado encontrado se justifica em função do efeito acidificante desta fonte (NAGIB JORGE et al., 2001).

**Tabela 3.** Valores médios de atributos do solo em função da interação entre correção do solo, genótipos e adubação

	Correção x Genótipo	
	pH	
	Corrigido	Não Corrigido
Caimbé	6,75aA <sup>1</sup>	5,95bA
Gorutuba	6,73aA	5,86bA

Correção x Adubação						
	pH					
	Corrigido	Não Corrigido				
Testemunha	6,83aA	6,06bA				
<i>Azospirillum</i>	6,82aA	6,01bAB				
<i>Azospirillum</i> + 50 kg ha <sup>-1</sup> (N)	6,81aA	6,01bAB				
50 kg ha <sup>-1</sup> (N)	6,63aA	5,81bAB				
100 kg ha <sup>-1</sup> (N)	6,60aA	5,65bB				

  

Genótipo x Adubação						
	pH		P (mg dm <sup>-3</sup> )		Mg (mmolc dm <sup>-3</sup> )	
	Caimbé	Gorutuba	Caimbé	Gorutuba	Caimbé	Gorutuba
Testemunha	6,52aA	6,38aAB	28,25aA	21,83bA	8,25aA	6,87bA
<i>Azospirillum</i>	6,41aA	6,42aA	17,62bB	23,12aA	6,62aB	7,25aA
<i>Azospirillum</i> + 50 kg ha <sup>-1</sup> (N)	6,42aA	6,36aAB	24,25aAB	18,25bA	7,12aAB	6,87aA
50 kg ha <sup>-1</sup> (N)	6,15aA	6,30aAB	20,50aB	22,66aA	7,12aAB	7,37aA
100 kg ha <sup>-1</sup> (N)	6,23aA	6,01aB	22,50aAB	20,25aA	7,25aAB	7,37aA

<sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

O resumo da análise de variância para micronutrientes, enxofre, sódio e condutividade elétrica no solo está apresentado na Tabela 4, sendo que para o fator correção do solo houve diferença para boro, ferro e zinco em que os maiores valores foram observados para o tratamento com correção; para o fator genótipos o solo em que foi cultivado o material Caimbé apresentou maiores concentrações de B; Zn e Mn, em que a justificativa pode ser a maior extração de nutrientes pelo material Gorutuba. Em relação ao fator adubação não houve resultados significativos, bem como para as interações.

**Tabela 4.** Valores médios dos tratamentos, significância e coeficiente de variação para micronutrientes, enxofre, sódio e condutividade elétrica em função de correção do solo, genótipos e fontes de adubação nitrogenada

Correção (C)	B	Cu	Fe	Zn	Mn	S-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Na	CE
	----- mg dm <sup>-3</sup> -----							dS m <sup>-1</sup>
Corrigido	0,25a <sup>1</sup>	0,26	51,22a	0,75a	4,35	12,07	96,42	0,05
Não Corrigido	0,21b	0,24	44,93b	0,40b	4,43	13,90	99,78	0,05
Significância	3,50*	1,78ns	4,31*	51,35**	0,20 ns	1,65ns	0,22ns	0,00ns
Genótipo (G)								
Caimbé	0,25 <sup>a</sup>	0,25	48,77	0,62a	4,60 a	13,40	100,08	0,05
Gorutuba	0,21b	0,25	47,38	0,53b	4,18 b	12,57	96,13	0,05
Significância	4,20*	0,32ns	0,21ns	3,79*	5,67*	0,33ns	0,30ns	0,33ns
Adubação (A)								
Testemunha	0,23	0,23	45,20	0,50	4,62	13,12	93,18	0,06
<i>Azospirillum</i>	0,26	0,25	47,50	0,49	4,39	13,93	101,6	0,05
<i>Azospirillum</i> + 50 kg ha <sup>-1</sup> (N)	0,22	0,25	49,43	0,62	4,46	13,12	108,72	0,05

50 kg ha <sup>-1</sup> (N)	0,25	0,25	52,00	0,57	4,16	12,18	88,55	0,04
100 kg ha <sup>-1</sup> (N)	0,21	0,28	46,25	0,70	4,31	12,43	98,46	0,05
Significância	0,79ns	1,24ns	0,63ns	2,59ns	0,78ns	0,19ns	0,94ns	0,72ns
C x G	2,44ns	0,03ns	0,00ns	0,50ns	0,13ns	1,01ns	0,094ns	0,00ns
C x A	1,47ns	0,32ns	0,98ns	0,92ns	0,71ns	1,94ns	1,08ns	0,81ns
G x A	0,33ns	0,87ns	0,51ns	2,18ns	1,78ns	1,35ns	0,98ns	1,55ns
C x G x A	1,01ns	0,40ns	0,53ns	0,97ns	1,04ns	2,44ns	1,04ns	0,73ns
CV (%)	36,5	23,0	28,1	37,3	17,6	48,7	32,6	44,2

**Nota:** B – Boro; Cu – Cobre; Fe – Ferro; Zn – Zinco; Mn – Manganês; S-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> – Enxofre; Na – Sódio; CE – condutividade elétrica. <sup>ns</sup>, \* e \*\* – Não significativo e significativo a 5 e 1% de probabilidade. <sup>1</sup>Médias seguidas das mesmas letras não diferem entre se ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

Para dados biométricos, massa seca e teor indireto de clorofila os valores médios estão apresentados na Tabela 5. O fator correção apresentou diferença significativa para altura e diâmetro, em que para altura a correção proporcionou maiores valores e para diâmetro houve efeito oposto. Para genótipos houve diferença para as variáveis altura, número de folhas, massa seca e medida indireta de clorofila, em que o material Gorutuba apresentou superioridade para altura, biomassa e teor de clorofila, tal fato pode ser justificado pela maior adaptabilidade deste genótipo as condições a qual foi submetido. Em relação ao fator adubação observa-se diferença para as variáveis altura, área foliar, biomassa e clorofila; sendo que para altura o tratamento inoculado + 50 kg ha<sup>-1</sup> de N apresentou maiores valores em relação a 100 kg ha<sup>-1</sup> de N; inoculado e testemunha ; para área foliar a testemunha apresentou os menores valores; para biomassa verifica-se superioridade dos tratamentos inoculado + 50 kg ha<sup>-1</sup>; 100 e 50 kg ha<sup>-1</sup> de N em relação a testemunha, resultados similares de aumento de produção com *Azospirillum*, principalmente, na presença de adubação nitrogenada também são descritos por Cavallet et al. (2000) e Dinonet et al. (1996), no entanto Dartora et al. (2013) e Lana et al. (2012) verificaram que o uso de inoculante combinado a adubação nitrogenada não influenciou em variáveis biométricas como altura. Em trabalho com *Azospirillum brasilense* associado à aplicação de 50 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio na base, Quadros (2009) constatou que a inoculação revelou rendimento de grãos equivalente à aplicação de 130 kg ha<sup>-1</sup> de N particularmente para dois híbridos de milho. De acordo com Dobbelaere et al. (2003) respostas positivas são obtidas pela inoculação com *A. brasilense* inclusive quando cultivadas com altos níveis de nitrogênio, o que indica que as respostas da planta não ocorrem apenas em razão do N<sub>2</sub> fixado, mas, também, da produção de outras substâncias. Tal fato, possivelmente pode ter afetado o desenvolvimento radicular do milho melhorando a eficiência de aproveitamento do N residual, absorção de água e de outros nutrientes. Bashan et al. (2004) mencionaram que ocorre excreção de hormônios vegetais, com destaque para o ácido indolacético (AIA) por bactérias do gênero *Azospirillum* que têm funções importantes na promoção do crescimento de plantas, e que podem melhorar, segundo Hungria

et al. (2010), a absorção de vários macro e micronutrientes aumentando a eficiência do uso do nutriente disponível. Para o teor relativo de clorofila os maiores índices foram verificados para o tratamento com 100 kg ha<sup>-1</sup> de N em relação a 50 kg ha<sup>-1</sup> de N; inoculado e testemunha. Os resultados obtidos permitem que sejam feitas algumas inferências, como por exemplo, o tratamento inoculação com 50 kg ha<sup>-1</sup> de N permitiu patamares de produção, teor de clorofila, área foliar e altura iguais ou superiores a 100 kg ha<sup>-1</sup> de N, sendo alternativa interessante como forma de economia de fertilizantes.

**Tabela 5.** Valores médios dos tratamentos, significância e coeficiente de variação para variáveis biométricas, biomassa e teor relativo de clorofila em função de correção do solo, genótipos e fontes de adubação nitrogenada

Correção (C)	Altura	Diâmetro	NF	AF	MS	TRC
	----- cm -----			cm <sup>2</sup>	g vaso <sup>-1</sup>	
Corrigido	72,15a	1,45b	10,1	1228,35	33,15	23,28
Não Corrigido	67,26b	1,58a	10,12	1276,26	33,13	22,94
Significância	10,31**	7,37**	0,01ns	0,81ns	0,01ns	0,16ns
Genótipo (G)						
Caimbé	67,56b	1,52	10,76a	1292,98	31,31b	21,13b
Gorutuba	71,85a	1,51	9,45b	1211,62	34,97a	25,09 <sup>a</sup>
Significância	7,94**	0,04ns	26,06**	2,35ns	11,23**	22,72**
Adubação (A)						
Testemunha	64,65c	1,47	10,00	1067,19b	28,19b	16,68c
<i>Azospirillum</i>	69,31bc	1,47	10,50	1326,83a	32,30ab	23,57b
<i>Azospirillum</i> + 50 kg ha <sup>-1</sup> (N)	77,04a	1,55	10,39	1371,66a	36,15a	24,74ab
50 kg ha <sup>-1</sup> (N)	71,47ab	1,52	9,68	1163,80ab	33,44a	22,99b
100 kg ha <sup>-1</sup> (N)	66,04bc	1,56	9,97	1332,03a	35,63a	27,55 <sup>a</sup>
Significância	8,29**	0,02ns	1,34ns	4,85**	6,78**	18,54**
C x G	9,90**	1,93ns	0,02ns	0,64ns	0,20ns	7,56**
C x A	7,17**	0,22ns	0,91ns	0,74ns	1,70ns	2,48*
G x A	4,22**	2,05ns	0,79ns	0,58ns	0,41ns	5,32**
C x G x A	1,84ns	2,02ns	0,97ns	1,51ns	0,53ns	7,00**
CV (%)	9,7	14,4	11,3	18,9	14,7	16,0

**Nota:** NF – Número de folhas; AF – Área foliar; MS – massa seca; TRC – Teor relativo de clorofila. <sup>ns</sup>, \* e \*\* – Não significativo e significativo a 5 e 1% de probabilidade. <sup>1</sup>Médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

Verifica-se efeito da interação para as variáveis altura e medida indireta de clorofila (Tabela 6); quando estuda-se a interação correção do solo em cada genótipo, para altura a correção proporcionou maiores valores para o material Caimbé e de maneira análoga o mesmo ocorreu para teor de clorofila para o Gorutuba; comparando os materiais, quando o solo não foi corrigido o Gorutuba apresentou maior altura e quando corrigido ele apresentou maior teor de

clorofila. Com relação à interação entre correção do solo e fontes de N (adubação) quando o solo foi corrigido houve superioridade do tratamento inoculado + 50 kg ha<sup>-1</sup> de N em relação à testemunha e 50 kg ha<sup>-1</sup> de N; procedendo o mesmo raciocínio, porém quando o solo não é corrigido os maiores valores foram para inoculado + 50 kg ha<sup>-1</sup> de N e 50 kg ha<sup>-1</sup> de N em relação a testemunha e 100 kg ha<sup>-1</sup> de N; ainda para a variável teor de clorofila a adubação com 100 kg ha<sup>-1</sup> de N apresentou maiores valores que os demais tratamentos quando corrigido e a testemunha apresentou o menor teor de clorofila quando o solo não foi corrigido. Para a verificação da interação de cada adubação para solo corrigido ou não, tanto para altura, quando para TRC os maiores valores foram obtidos para o solo corrigido. Com relação à interação genótipos e adubação; para o fator adubação comparado para o material genético Caimbé há superioridade das alturas para o tratamento inoculado + 50 kg ha<sup>-1</sup> de N em detrimento da testemunha; 50 e 100 kg ha<sup>-1</sup> de N; porém para o material Gorutuba não houve diferença. Para TRC para Caimbé todas as formas de adubação foram superiores a testemunha e para o Gorutuba a aplicação de 100 kg ha<sup>-1</sup> de N se sobressaiu em relação às demais. Procedendo comparação dos genótipos entre cada forma de adubação observa-se superioridade do Gorutuba em relação ao Caimbé para altura da testemunha, de maneira análoga ocorreu para o TRC; ainda a medida indireta de clorofila foi superior para o Gorutuba para os tratamentos inoculado e 100 kg ha<sup>-1</sup> de N e o oposto foi observado para inoculado + 50 kg ha<sup>-1</sup> de N e 50 kg ha<sup>-1</sup> de N.

**Tabela 6.** Valores médios de altura e teor relativo de clorofila em função da interação entre correção do solo, genótipos e adubação

Correção x Genótipo				
	Altura (cm)		TRC	
	Corrigido	NãoCorrigido	Corrigido	NãoCorrigido
Caimbé	72,4 aA <sup>1</sup>	62,73bB	20,16aB	22,11aA
Gorutuba	71,90aA	71,80aA	26,40aA	23,78bA
Correção x Adubação				
	Altura (cm)		TRC	
	Corrigido	NãoCorrigido	Corrigido	NãoCorrigido
Testemunha	65,41aC	63,89aBC	16,33aC	17,03aB
<i>Azospirillum</i>	70,75aABC	67,87aAB	23,23aB	23,92aA
<i>Azospirillum</i> + 50 kg ha <sup>-1</sup> (N)	79,83aA	74,25aA	23,53aB	25,95aA
50 kg ha <sup>-1</sup> (N)	69,91aBC	74,04aA	23,10aB	22,88aA
100 kg ha <sup>-1</sup> (N)	75,83aAB	56,25bC	30,20aA	24,91bA
Genótipo x Adubação				
	Altura (cm)		TRC	
	Caimbé	Gorutuba	Caimbé	Gorutuba
Testemunha	57,06bC	72,25aA	14,82bB	18,55aC
<i>Azospirillum</i>	69,70aAB	68,91aA	20,49bA	26,66aB

<i>Azospirillum</i> + 50 kg ha <sup>-1</sup> (N)	78,41aA	75,66aA	23,30aA	26,18aB
50 kg ha <sup>-1</sup> (N)	69,29aBC	73,66aA	24,12aA	21,85bBC
100 kg ha <sup>-1</sup> (N)	63,33aBC	68,75aA	22,91bA	32,20aA

<sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

Para acúmulo de macro e micronutrientes o fator correção do solo apresentou diferenças para nitrogênio, magnésio, ferro, zinco e manganês sendo que em todos os casos houve superioridade para o tratamento sem correção (Tabela 7). A possível justificativa para este resultado reside em um possível efeito concentração dos nutrientes. Em relação ao fator genótipos o material Gorutuba apresentou superioridade no acúmulo dos nutrientes N, P, K, Cu e Zn em relação ao Caimbé. Para as fontes de adubação observa-se superioridade dos tratamentos inoculado e inoculado mais adubação nitrogenada (50 kg ha<sup>-1</sup> de N) para a variável acúmulo de N, em detrimento da testemunha. A absorção em quantidades elevadas de nitrogênio tem como resultado maiores teores de N, isto pode ser explicado pelo fato de que este elemento participa ativamente do metabolismo da planta, síntese de proteínas e clorofila (NOVAKOWISKIET al., 2011).

**Tabela 7.** Valores médios dos tratamentos, significância e coeficiente de variação para variáveis acúmulo de macro e micronutrientes em plantas de milho em função de correção do solo, genótipos e fontes de adubação nitrogenada

Correção (C)	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Zn	Mn	B
	----- mg planta <sup>-1</sup> -----						----- µg planta <sup>-1</sup> -----				
Corrigido	218b	33	265	171	112b	51b	75	4133b	475b	1983b	721
Não Corrigido	297a	37	298	170	135a	71a	83	5426a	612a	6916a	855
Significância	21,91**	3,10ns	3,61ns	0,00ns	7,08*	15,04**	1,38ns	5,64*	9,92**	87,27**	3,54ns
Genótipo (G)											
Caimbé	227b	29b	257b	163	122	57	67b	4704	453b	4446	742
Gorutuba	288a	41a	306a	178	125	66	91a	4856	634a	4453	833
Significância	13,21**	22,32**	7,93**	1,50ns	0,12ns	2,73ns	12,56**	0,07ns	17,20**	0,00ns	1,62ns
Adubação (A)											
Testemunha	201b	36	268	157	111	49	72	4271	519	4132	778
<i>Azospirillum</i>	225ab	37	284	171	129	55	68	5765	560	4675	837
<i>Azospirillum</i> + 50 kg ha <sup>-1</sup> (N)	297a	30	307	166	125	71	86	4982	589	4619	813
50 kg ha <sup>-1</sup> (N)	292a	35	283	178	130	63	85	4127	576	5138	785
100 kg ha <sup>-1</sup> (N)	275ab	28	265	179	123	69	84	4755	474	3683	725
Significância	5,12**	2,10ns	0,74ns	0,41ns	0,63ns	2,52ns	1,19ns	1,14ns	0,93ns	0,89ns	0,27ns

C x G	3,24ns	1,10ns	0,74ns	0,26ns	0,55ns	1,64ns	0,57ns	3,25ns	1,24ns	0,01ns	0,36ns
C x A	2,56ns	2,25ns	1,98ns	3,02*	4,21**	2,69*	1,37ns	1,89ns	1,41ns	2,21ns	4,57**
G x A	0,26ns	0,94ns	0,48ns	0,97ns	1,35ns	0,92ns	1,02ns	0,70ns	1,46ns	1,56ns	0,21ns
C x G x A	0,84ns	1,12ns	0,91ns	1,35ns	1,44ns	0,97ns	0,52ns	3,14*	1,82ns	1,57ns	0,37ns
CV (%)	29,2	31,1	27,5	32,8	30,5	37,5	38,1	50,9	35,7	53,0	40,4

**Nota:** N – Nitrogênio; P – Fósforo; K – Potássio; Ca – Cálcio; Mg – Magnésio; S – Enxofre; Cu – Cobre; Fe – Ferro; Zn – Zinco; Mn – Manganês; B - Boro. <sup>ns</sup>, \* e \*\* – Não significativo e significativo a 5 e 1% de probabilidade.  
<sup>1</sup>Médias seguidas das mesmas letras não diferem entre se ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

Em relação à interação entre os fatores observa-se significância para correção do solo e adubação para Ca, Mg, S, B e Fe, sendo que o micronutrientes Fe apresentou interação tripla (Tabela 8). Quando avalia-se o efeito da correção do solo dentro dos tratamentos de adubação houve diferença apenas para enxofre quando o solo não foi corrigido em que a inoculação mais adubação nitrogenada proporcionaram maiores valores de acúmulo em relação a testemunha. Realizando raciocínio oposto, ou seja, comparando a correção do solo em cada nível de adubação para a testemunha houve diferença somente para boro, cujo maior acúmulo esteve atrelado à correção do solo; para o tratamento com inoculação o resultado foi o oposto ao verificado para a testemunha; para a inoculação mais a adubação nitrogenada (50 kg ha<sup>-1</sup> de N) a não correção do solo proporcionou maiores acúmulos para Mg; S; Fe e B; para a aplicação de 50 kg ha<sup>-1</sup> de N houveram resultados divergentes entre o Mg e o S, sendo que para o primeiro a correção do solo proporcionou maior acúmulo e para o segundo resultado inverso; e para a maior quantidade de nitrogênio aplicado (100 kg ha<sup>-1</sup> de N) a correção do solo proporcionou maior acúmulo de Ca e Fe.

**Tabela 8.** Valores médios de acúmulo de macro e micronutrientes em função da interação entre correção do solo, genótipos e adubação

	Correção x Adubação									
	Ca (mg planta <sup>-1</sup> )		Mg (mg planta <sup>-1</sup> )		S (mg planta <sup>-1</sup> )		Fe (µg planta <sup>-1</sup> )		B (µg planta <sup>-1</sup> )	
	Corrigido	NãoCorrigido	Corrigido	NãoCorrigido	Corrigido	NãoCorrigido	Corrigido	NãoCorrigido	Corrigido	NãoCorrigido
Testemunha	171aA <sup>1</sup>	143aA	107aA	115aA	45Aa	54aB	3875Aa	4667aA	887aA	669bA
<i>Azospirillum</i>	166aA	176aA	110aA	147aA	45Aa	64aAB	5039aA	6490aA	606bA	1068aA
<i>Azospirillum</i> + 50 kg ha <sup>-1</sup> (N)	140aA	192aA	92bA	157aA	48bA	93aA	3429bA	6534aA	565bA	1062aA
50 kg ha <sup>-1</sup> (N)	162aA	194aA	149aA	110bA	48Ba	79aAB	2942aA	5312aA	730aA	841aA
100 kg ha <sup>-1</sup> (N)	214aA	144bA	142aA	105aA	71aA	67aAB	5381aA	4129bA	817aA	634aA
	Genótipo x Adubação				Correção x Genótipo					
	Fe (µg planta <sup>-1</sup> )		Fe (µg planta <sup>-1</sup> )				Fe (µg planta <sup>-1</sup> )		Fe (µg planta <sup>-1</sup> )	
	Caimbé	Gorutuba	Corrigido	NãoCorrigido	Corrigido	NãoCorrigido	Corrigido	NãoCorrigido		
Testemunha	3785aA	4757aA	Caimbé	4548aA	4860aA					

<i>Azospirillum</i>	5798aA	5731aA	Gorutuba	3719bA	5993aA
<i>Azospirillum</i> + 50 kg ha <sup>-1</sup> (N)	5395aA	4569aA			
50 kg ha <sup>-1</sup> (N)	4508aA	3746aA			
100 kg ha <sup>-1</sup> (N)	4033aA	5476aA			

<sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

Para a interação entre genótipos e adubação para acúmulo de Fe, não houve diferença entre os adubos aplicados entre os genótipos e nem entre os genótipos em cada adubação utilizada. Para a interação correção do solo e genótipo houve diferença somente quando o solo não foi corrigido para o material Gorutuba, o qual apresentou maior acúmulo de Fe.

#### 4. CONCLUSÕES

O *Azospirillum brasiliense* pode ser empregado na cultura do milho em solo não corrigido em termos de fertilidade, pois proporcionou maiores valores biométricos e medida indireta de clorofila.

O genótipo BRS Gorutuba foi mais responsivo para variáveis biométricas e acúmulo de nutrientes em detrimento do BRS Caimbé.

A inoculação com *Azospirillum brasiliense* + 50 kg ha<sup>-1</sup> N permitiu patamares de produção, teor de clorofila, área foliar e altura iguais ou superiores a 100 kg ha<sup>-1</sup> de N, sendo alternativa interessante como forma de economia de fertilizantes.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAÚJO, E. DE O.; MERCANTE, F. M.; VITORINO, A. C. T.; NUNES, D. P.; PAIM, L. R.; MENDES, D. A. E. Absorção de nitrogênio por genótipos de milho inoculados com *Herbaspirillum seropedicae* sob diferentes níveis de nitrogênio. In: Seminário Nacional [de] Milho Safrinha, 12., 2013, Dourados. Estabilidade e produtividade: **anais**. Brasília, DF: Embrapa; Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2013. Editado por: Germani Concenço, Gessi Ceccon. 1 CD-ROM.
- BERGAMASCHI, C. Ocorrência de bactérias diazotróficas associadas às raízes e colmos de cultivares de sorgo. 2006. **Dissertação** (Mestrado em Microbiologia Agrícola) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- BASHAN, Y.; HOLGUIN, G.; DE-BASHAN, L. E. *Azospirillum*-plant relationships: physiological, molecular, agricultural and environmental advances (1997-2003). **Canadian Journal of Microbiology**, Ottawa, v. 50, n. 8, p. 521-577, 2004.
- BESTELMEYER, B. T.; TRUJILLO, D. A.; TUGEL, A. J. & HAVSTAD, K. M. A multi-scale classification of vegetation dynamics in arid lands: What is the right scale for models, monitoring and restoration. **Journal of Arid Environments**, 65: p. 296-318, 2006.
- BATAGLIA, O. C.; FURLANI, A. M. C.; TEIXEIRA, J. P. F.; FURLANI, P. R.; GALLO, J. R. Métodos de análise química de plantas. Campinas: Instituto Agrônomo, p. 48. (**Boletim técnico**, 78). 1983.
- BODDEY, R. M.; DÖBEREINER, J. Nitrogen fixation associated with grasses and cereals: recent progress and perspectives for the future. **Fertilizer Research**, Oxford, v. 42, p. 241-250, 1995.
- CANTARELLA, H. NITROGÊNIO. IN: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.). Fertilidade do solo. Viçosa, MG: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, p. 375-470. 2007.
- CANTARELLA, H.; RAIJ, B. VAN; CAMARGO, C. E. O. CEREAIS. IN: RAIJ, B. VAN; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo. Campinas: **Instituto Agrônomo/Fundação IAC**, p. 43. 1997.
- CANTARELLA, H.; TRIVELIN, P. C. O. Determinação de nitrogênio inorgânico em solo pelo método da destilação a vapor. In: Raij, B. van; Andrade, J. C.; Cantarella, H.; Quaggio, J. A. Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas: **Instituto Agrônomo**, p. 270-276. 2001.
- CANTARELLA, H. NITROGÊNIO. IN: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.). Fertilidade do solo. Viçosa, MG: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, p. 375-470. 2007.
- CANTARELLA, H.; TRIVELIN, P. C. O. Determinação de nitrogênio inorgânico em solo pelo método da destilação a vapor. In: Raij, B. van; Andrade, J. C.; Cantarella, H.; Quaggio, J.

- A. Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas: **Instituto Agrônômico**, p. 270-276. 2001.
- CARVALHO, H.W.L. DE; SOUZA, E.M. de. Ciclos de seleção de progênies de meios-irmãos do milho BR 5011 Sertanejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.6, p.803-809, 2007.
- CAVALLET L. E.; PESSOA A. C. 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.* **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, Campina Grande, v.4, n.1, p.129-132, 2000.
- DARTORA, J.; GUIMARÃES V. F.; MARINI, D.; SANDER G. Adubação nitrogenada associada à inoculação com *Azospirillum brasilense* e *Herbaspirillum seropedicae* na cultura do milho. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.17, n.10, p.1023–1029, 2013.
- DIDONET, A. D.; RODRIGUES, O.; KENNER, M. H. Acúmulo de nitrogênio e de massa seca em plantas de trigo inoculadas com *Azospirillum brasiliense*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 31, n. 9, p. 645-651, 1996.
- DOBBELAERE, S.;VANDERLEYDEN, J.; OKON, Y. Plant growth-promoting effects of diazotrophs in the rhizosphere. **Critical Reviews in Plant Sciences**, Amsterdam, v. 22, n. 2, p. 107-149, 2003.
- DONAGEMMA, G. K.; CAMPOS, D. V. B.; CALDERANO, S. B.; TEIXEIRA, W. G.; VIANA, J. H. M. Manual de métodos de análise de solos. Rio de Janeiro: **Embrapa Solos**, p. 230. (Documentos, 132). 2011.
- FERNANDES, F. C. S.; LIBARDI, P. L.; TRIVELIN, P. C. O. Parcelamento da adubação nitrogenada na cultura do milho e utilização do N residual pela sucessão aveia preta - milho. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 4, p. 1138-1141, 2008.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistic alanalysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, p. 1.039-1.042, 2011.
- GARCÍA-OLIVARES, J. G. et al. Efecto de cepas de *Azospirillum brasilense* en el crecimiento y rendimiento de grano del maíz. **Revista Fitotecnia Mexicana**, Chapingo, v. 30, n. 3, p. 305-310, 2007.
- HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; SOUZA, E. M. S.; PEDROSA, F. O. Inoculation with selected strains of *Azospirillum brasilense* and *A. lipoferum* improves yields of maize and wheat in Brazil. **Plant and Soil**, Netherlands, v. 331, n. 1/2, p. 413-425, 2010.
- IPECE - Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. **Perfil Básico Municipal 2011** – Irauçuba. Fortaleza: IPECE, p. 18. 2011.
- JUNIOR, N. J. M.; MAZZA, J. A.; DIAS, C. T. S.; BRISKE, E. G. Efeito de fertilizantes nitrogenados na acidificação de um argissolo vermelho amarelo latossólico distrófico cultivado com milho. **Eng. Agr.** Amapá, v.2, n. 1, p.75-89, 2001.
- LANA, M. DO C.; DARTORA, J.; MARINI, D.; HANN, J. E. H. Inoculation with

- Azospirillum*, associated with nitrogen fertilization in maize. **Revista Ceres**, v.59, p.399-405, 2012.
- MARTINS F. A. D. et al. Avaliação de híbridos de milho inoculados com *Azospirillum brasilense*. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Patos de Minas, v.18, n.2, p. 102-109, 2013.
- NOVAKOWISKI, J. H. et al. Efeito residual da adubação nitrogenada e inoculação de *Azospirillum brasilense* na cultura do milho. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, suplemento 1, p. 1687-1698, 2011.
- OLIVEIRA J. G. B.; SALES M. C. L. Monitoramento da desertificação em Irauçuba. In: Araújo Filho J. van; Silva N. L. Impactos e mitigação do antropismo no núcleo de desertificação de Irauçuba – CE. Fortaleza: **Imprensa Universitária**, p. 21 – 43. 2015.
- QUADROS, P. D. de. Inoculação de *Azospirillum* spp. em sementes de genótipos de milho cultivados no Rio Grande do Sul. Dissertação Mestrado. Porto Alegre: UFRGS, 62p. 2009.
- UFC – Universidade Federal do Ceará, Recomendações de adubação e calagem para o Estado do Ceará. Fortaleza: **Imprensa Universitária**, 247 p. 1993.
- VALLONE, T. J. & SAUTER, P. Effects of long-term cattle enclosure on vegetation and rodents at a desertified arid grassland site. **Journal of Arid Environments**, 61: 167-170. 2005.