

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL

Érika Manuela Gonçalves Lopes

**PERSPECTIVAS DE USO DE FORMULAÇÃO DE *Azospirillum brasilense* VIA
FOLIAR EM LINHAGENS DE SORGO**

**Montes Claros
2019**

Érika Manuela Gonçalves Lopes

PERSPECTIVAS DE USO DE FORMULAÇÃO DE *Azospirillum brasilense* VIA FOLIAR EM LINHAGENS DE SORGO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Junio Cota Silva

Coorientador: Prof. Dr. Carlos Juliano Brant Albuquerque
Profa. Dra. Carolina Liboreiro Paiva

Montes Claros
Fevereiro de 2019

Érika Manuela Gonçalves Lopes

**PERSPECTIVAS DE USO DE FORMULAÇÃO DE *Azospirillum brasilense* VIA FOLIAR EM
LINHAGENS DE SORGO**

Aprovado pela banca examinadora constituída pelos professores:

Prof. Dr. Sergio Avelino Mota Nobre
UNIMONTES

Dra. Carolina Magalhães Caires
UFMG

Prof. Dr. Carlos Juliano Brant Albuquerque
UFMG

Prof. Dr. Junio Cota Silva
Orientador
UFMG

Montes Claros, 13 de fevereiro de 2019

AGRADECIMENTOS

A Deus, que me concedeu a vida e sempre iluminou meus caminhos.

Ao meu pai Gilmar, à minha mãe Antônia e à minha irmã Gabriela pelo amor, carinho e o apoio incondicional.

Ao Instituto de Ciências Agrárias- UFMG pela oportunidade de realizar o mestrado.

Ao professor Junio Cota pela amizade, apoio, confiança e orientação na execução deste trabalho.

Aos professores Carlos Juliano, Anna Cristina, Caroline e Sergio Avelino (UNIMONTES), pelos ensinamentos fornecidos.

À CAPES pela bolsa de estudo concedida.

Ao meu namorado Matheus Mendes pelo apoio, carinho, amor, paciência, incentivo e compreensão durante esta etapa. Pela colaboração ativa, na realização deste trabalho, sem sua apoio não conseguiria e, também, por ter com quem contar nos momentos difíceis e alegres, tornando tudo mais fácil.

À minha melhor amiga Marinalva Martins pelo apoio, ajuda e carinho.

Aos meus colegas de mestrado Lorena e Ernesto por tanta ajuda, carinho e amizade.

Aos meus colegas do grupo Biotech Industrial Team, em especial, Victor Souza e Amanda Santos.

Aos alunos do segundo período de Agronomia e Amara.

Aos técnicos Sergio, Carolina, Cintya, Mariuze e Ronize (UNIMONTES), sem sua ajuda não seria possível.

À minha família e amigos que sempre me apoiam e torcem por mim.

Às demais pessoas que, mesmo não citadas, contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho.

Muito Obrigada!

“A persistência é o caminho do êxito”

(Charles Chaplin).

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	7
2	Artigo - PERSPECTIVAS DE USO DE FORMULAÇÃO DE <i>Azospirillum brasilense</i> VIA FOLIAR EM LINHAGENS DE SORGO	8
3	CONSIDERAÇÕES FINAIS	27

1 INTRODUÇÃO

O sorgo, *Sorghum bicolor* (L.) Moench é uma gramínea, apresenta metabolismo C4, de origem Africana. O sorgo é fonte de carboidratos, proteínas, micronutrientes, fitoquímicos com propriedades nutracêuticas, gorduras, carboidratos e fibra alimentar, sendo bastante utilizado na alimentação animal. Fisiologicamente, o sorgo é tolerante à seca e demanda pouca quantidade de água, quando comparado com outras culturas, como o milho, tornando-se, portanto uma cultura de grande importância em regiões áridas e semiáridas (ALBUQUERQUE *et al.*, 2011).

O nitrogênio é um elemento essencial ao crescimento e desenvolvimento do sorgo, podendo ser fornecido via fertilizantes minerais e/ou processo de fixação biológica do nitrogênio atmosférico (N₂) (TAIZ & ZEIGER, 2009). Em razão do alto consumo e do custo de adubos químicos, cada vez mais se faz necessário estudo de alternativas de adubos, para nutrição vegetal, de forma que não prejudique o meio ambiente e reduza os custos de produção (SCHLINDWEIN *et al.*, 2008).

Uma das alternativas à adubação convencional é a utilização de bactérias fixadoras de nitrogênio (FBN), visto que proporcionam diversos benefícios às plantas e possuem menor custo, quando comparadas aos adubos convencionais, além de assegurar maior preservação do meio ambiente (SCHLINDWEIN *et al.*, 2008). A FBN é realizada por diversas bactérias diazotróficas, em que o N é absorvido na forma de N₂ e transformado em NH₄ por meio do processo simbiótico ou associativo. Um caso típico dessa associação é entre gramíneas e as bactérias do gênero *Azospirillum* spp.

Além de fixarem N₂, bactérias *Azospirillum* spp. colonizam o interior das plantas (tecidos vegetais) de algumas gramíneas e cereais sem causarem danos. Dessa forma, atuam como promotoras de crescimento (PGPR), produzindo hormônios como auxinas e giberelinas, possibilitando maior desenvolvimento das plantas, principalmente, raízes e também melhor absorção de água e nutrientes (PEOPLES *et al.*, 1995). Essas vantagens são apresentadas, em diversos trabalhos, nos quais o *A. brasilense* foi utilizado como inoculante em culturas, como trigo, aveia, cana-de-açúcar, braquiárias e milho (DALLA SANTA *et al.*, 2008; MONTAGNER *et al.*, 2014; CHAVES *et al.*, 2015).

Assim, o entendimento do processo de fixação biológica do nitrogênio e de fatores que o controlam ou interferem é de suma importância para pesquisadores e produtores, possibilitando adequação do manejo da planta com vista ao aumento da eficiência de utilização de N e incremento na produtividade da cultura. Com isso, o objetivo deste trabalho foi caracterizar diferentes linhagens/genótipos de sorgo, quanto à adaptação, à adubação biológica com *Azospirillum brasilense*. Além disso, avaliou-se o valor nutricional dos grãos de sorgo submetidos à aplicação foliar de *A. brasilense* e nitrogênio mineral.

2 ARTIGO - PERSPECTIVAS DE USO DE FORMULAÇÃO DE *Azospirillum brasilense* VIA FOLIAR EM LINHAGENS DE SORGO

Este artigo foi elaborado conforme normas da Revista Nativa.

PERSPECTIVAS DE USO DE FORMULAÇÃO DE *Azospirillum brasilense* VIA FOLIAR EM LINHAGENS DE SORGO

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi caracterizar as principais características agronômicas e a qualidade nutricional dos grãos de diferentes linhagens de sorgo submetidas à adubação nitrogenada com ureia e *Azospirillum brasilense* no semiárido. O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 8 x 2, consistindo de oito linhagens de sorgo com dois tipos de adubação nitrogenada de cobertura (ureia e *A. brasilense*). A adubação biológica mostrou igualmente eficiente à adubação com ureia, quanto à altura das plantas, fibra detergente ácido (FDA) e fibra detergente neutra (FDN) para todas as oito linhagens de sorgo estudadas. LB26, LR276 e LR277 foram as linhagens que mais se destacaram, em termos produtivos e qualidade dos grãos, quando comparadas com as demais linhagens. A linhagem LR277 apresentou elevados índices produtivos independentemente do tipo de adubação de cobertura, ureia ou *A. brasilense*, enquanto LB26 e LR276 apresentaram maior potencial de uso de adubação química, tendo em vista o aumento nos índices produtivos, quando utilizada ureia na adubação de cobertura. As linhagens LR276 e LR277 apresentaram maior teor de produtividade, quando adubadas em cobertura com *A. brasilense*.

Palavras chave: *Sorghum bicolor*. Nitrogênio. Produtividade. Bactérias diazotróficas. Composição bromatológica.

PERSPECTIVES OF USE OF FORMULATION OF *Azospirillum brasilense* VIA FOLIAR IN SORGO LINES

ABSTRACT

The objective of this work was to characterize the main agronomic and nutritional quality attributes of the grains of different sorghum strains submitted to nitrogen fertilization with urea and *Azospirillum brasilense* in the semiarid region. The experimental design was 8 x 2 factorial blocks, constituting sorghum strains with two types of nitrogen fertilization (urea and *A. brasilense*). Biological fertilization was also efficient to fertilize with urea for the height of plants, detergent-acid fiber (FDA) and detergent neutral fiber (NDF) to all sorghum seeds studied. LB26, LR276 and LR277 were the most prominent strains in productive terms and grain quality, when they were followed as other rows. The LR277 line presented growth rates of cover types, urea and *A. brasilense*, while LB26 and LR276 increased the potential of use of chemical fertilization with the increase in the productive indexes when used in cover fertilization. As lineages, LR276 and LR277, higher load content when fertilized in cover with *A. brasilense*.

Key words: *Sorghum bicolor*.nitrogen. Productivity. Diazotrophic bacteria. Bromatological composition.

2.1 INTRODUÇÃO

O sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) é fonte de carboidratos, proteínas, micronutrientes, fitoquímicos com propriedades nutraceuticas, gorduras, carboidratos e fibra alimentar, sendo, por isso, frequentemente utilizado na alimentação animal e humana. Em razão das qualidades nutricionais semelhantes ao milho, pode ser considerada uma estratégia, para manutenção de alimentação animal e humana, em regiões com maior carência na produção de milho (MOREIRA *et al.*, 2014).

A estabilidade climática, em regiões com menores índices pluviométricos, limita o cultivo da maioria dos cereais. Pelo sistema radicular profundo, o sorgo possui a capacidade de crescer e se desenvolver, em situações de deficiência hídrica, o que torna essa cultura alternativa produtiva em regiões semiáridas (MARTINOI *et al.*, 2012; DE JESUS *et al.*, 2016). Entre as opções de cultivo, o sorgo tem-se destacado pelas produtividades de grãos (ALBUQUERQUE *et al.*, 2011). Ademais, o clima também dificulta a eficiência da adubação nitrogenada em cobertura, em que, em muitos casos, sua recomendação pode acarretar prejuízos ao agricultor tanto do ponto de vista econômico quanto em termos ambientais (CASTANON *et al.*, 2014).

Diante disso, é crescente a busca por cultivares que, por meio de programas de melhoramento, apresentem melhor uso e maior eficiência do nitrogênio (N) disponível no solo ou maior associação com bactérias diazotróficas (VITORINO, 2015; MANTAI *et al.*, 2015; NEUMANN *et al.*, 2002; PRANDO *et al.*, 2013). As bactérias diazotróficas são formas alternativas para suprir a necessidade das plantas por nitrogênio sem o uso de fertilizantes químicos. Esses microrganismos propiciam o aumento da disponibilidade de nitrogênio do solo, por meio de fixação biológica (FBN) (BREDA *et al.*, 2016; DARTORA *et al.*, 2013), além de favorecerem o crescimento radicular das plantas, ocasionado pela indução de substâncias promotoras de crescimento como auxina e citocinina (BHATTACHARYYA & JHA, 2011).

As bactérias diazotróficas gênero *Azospirillum*, em especial a espécie *A. brasilense*, tem sido utilizadas como inoculante em culturas de importância agrônômica, tais como trigo, aveia, cana-de-açúcar, braquiárias e milho (DALLA SANTA *et al.*, 2008; HUNGRIA *et al.*, 2016; SCHULTZ *et al.*, 2016; VANSCONCELOS *et al.*, 2016), devido a sua capacidade de fixar nitrogênio (N₂) e produzir hormônios que estimulam o crescimento vegetal (auxina e giberelina) (OKON; LABANDERA-GONZALEZ, 1994; CASTRO *et al.*, 2008). Pesquisas demonstram que a inoculação de *A. brasilense* pode promover variações significativas, em parâmetros de crescimento, tais como biomassa, teor de nitrogênio nos tecidos, altura de planta, área foliar, perfilhamento e comprimento e volume de raiz (SALANTUR *et al.*, 2006).

Assim, o entendimento do processo de fixação biológica do nitrogênio é de suma importância, para pesquisadores, melhoristas e produtores, ao possibilitar a adequação do manejo da planta, com vista ao aumento da eficiência de utilização de N e incremento na produtividade da cultura. Com isso, o objetivo deste trabalho foi caracterizar as principais características agrônômicas e a qualidade nutricional dos grãos de diferentes linhagens de sorgo submetidas à adubação nitrogenada com ureia e *A. brasilense* no semiárido.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida em área sob solo caracterizado como Argissolo Vermelho Amarelo Eutrófico (EMBRAPA, 2013), na Fazenda Experimental do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais, município de Montes Claros, MG, nas 16° 40' 50" Sul; 43° 50' 26" Oeste, durante o período de 10/11/2017 a 24/04/2018.

O clima da região é considerado, segundo Köppen, como Aw, tropical com inverno seco. Os dados de temperatura média e precipitação pluviométrica foram obtidos pela estação meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). A precipitação total, no decorrer do experimento, foi de 828 mm (Figura 1).

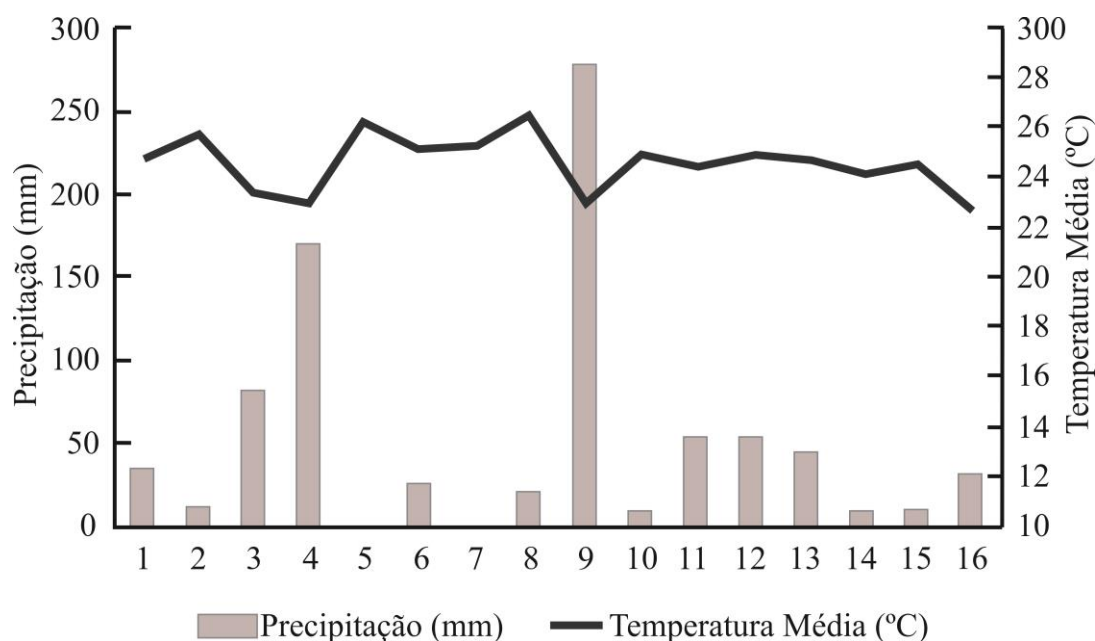


Figura 1. Temperaturas médias e precipitação acumulada por decêndios durante o experimento.

Antes da instalação do experimento, foi realizada a amostragem do solo, na camada de 0-20 cm de profundidade, para a determinação das características químicas e físicas do solo, além da contagem de bactérias diazotróficas presentes na área do experimento (Tabela 1).

Tabela 1. Características físico-químicas e contagem de bactérias diazotróficas do solo da área experimental, na camada de 0 – 0,20 m de profundidade.

Características químicas ⁽¹⁾	0-20 cm
pH em H ₂ O	5.90
H + Al (cmolc dm ⁻³)	4.32
Al (cmolcdm ⁻³)	0.20
Ca (cmolcdm ⁻³)	4.40
Mg (cmolcdm ⁻³)	1.90
K (mg dm ⁻³)	96.00
P (mg dm ⁻³)	1.60
Matéria Orgânica (dag kg ⁻¹)	3.88
Carbono Orgânico (dag kg ⁻¹)	2.25

Soma de Bases - SB (cmolcdm ⁻³)	6.55
CTC potencial - T (cmolcdm ⁻³)	10.87
CTC efetiva - t (cmolcdm ⁻³)	6.75
Características físicas ⁽¹⁾	
Areia Grossa (dag kg ⁻¹)	7.40
Areia Fina (dag kg ⁻¹)	18.60
Silte (dag kg ⁻¹)	42.00
Argila (dag kg ⁻¹)	32.00
Classe Textural	Textura Média
Bactérias do Solo ⁽²⁾	
Umidade do Solo (%)	9.20
Bactérias Totais (UFC g ⁻¹ solo seco)	2.7 x 10 ⁷
<i>Bradyrhizobium</i> (UFC g ⁻¹ solo seco)	2.8 x 10 ⁷
Bactérias Diazotróficas (UFC g ⁻¹ solo seco)	2.1 x 10 ⁷

P e K, extrator Mehlich1. ⁽¹⁾ Dados obtidos, no laboratório de fertilidade dos solos da UFMG, em Montes Claros, MG, e ⁽²⁾ dados obtidos, no laboratório de Microbiologia Agrícola da UNESP, em Jaboticabal, SP.

O delineamento estatístico do estudo foi em blocos casualizados, com 3 repetições e disposto em esquema fatorial 8 x 2. Os tratamentos consistiram em oito linhagens de sorgo (LB17, LB23, LB26, LB38, LR88, LR270, LR276 e LR277) e dois tipos de adubação nitrogenada de cobertura (adubação química com ureia e adubação biológica com a bactéria *A. brasilense*). As linhagens de sorgo foram gentilmente cedidas pelo programa de melhoramento da LuAI Agropecuária Ltda. A bactéria *A. brasilense* foi suplementada, por meio do produto comercial Masterfix Gramíneas®, o qual contém as estirpes Ab-V5 e Ab-V6 (2x10⁸ células viáveis mL⁻¹), gentilmente fornecidas pela Stoller do Brasil.

A adubação de semeadura com nitrogênio, fósforo e potássio (N-P-K) foi realizada, de acordo com a análise de solo, conforme recomendação de Fontes (1999). Para isso, utilizaram-se, nos sulcos previamente confeccionados, 400 kg ha⁻¹ da fórmula 4-30-10, correspondendo a 16 kg ha⁻¹ de N, 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 40 kg ha⁻¹ de K₂O. Posteriormente, as sementes de sorgo foram depositadas nos sulcos de plantio. A parcela experimental foi constituída de duas linhas de 3 m de comprimento espaçadas 50 cm com stand de 140 mil plantas ha⁻¹.

Para o controle de plantas daninhas, foi realizada capina manual aos 15 dias após o plantio (DAP) e aplicação de 4,00 L ha⁻¹ do herbicida Atrazina aos 36 DAP. Para o controle da lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*), foi feita a aplicação de 0,10 L ha⁻¹ do inseticida Deltametrina. Após o florescimento das parcelas, as panículas do sorgo foram cobertas com sacos de papel Kraft, a fim de protegê-las contra o ataque de pássaros.

Para a diferenciação dos tratamentos quanto à adubação, foi realizada a adubação de cobertura, aos 26 DAP, período em que a lígula da quinta folha torna-se visível. Nas parcelas com adubação biológica, a bactéria *A. brasilense*, contida no produto comercial, foi usada na dose de 300 mL ha⁻¹ por meio de pulverização foliar com auxílio de pulverizador costal de pressão constante (CO₂). Quanto às parcelas adubadas em cobertura, por meio de fertilizante químico, foram aplicados 200 kg ha⁻¹ de ureia (90 kg há⁻¹ de N), manualmente, ao lado da linha de plantio e, em seguida, foi realizada a incorporação com enxada, segundo recomendação de Fontes (1999).

Os dados de altura de plantas foram obtidos, momentos antes da colheita com auxílio de uma régua graduada e compreendeu a distância entre a região do colo e a inserção da panícula. Dez plantas

dentro da área útil de cada parcela foram medidas e, posteriormente, determinada a média aritmética simples.

As panículas de sorgo foram colhidas, manualmente, à medida que as parcelas atingiram o ponto de maturação de colheita, momento caracterizado pela camada negra nos grãos. Para determinar o peso de grãos, as panículas colhidas dentro da área útil da parcela foram debulhadas manualmente e pesadas. Para a produtividade de grãos, os resultados obtidos foram transformados para kg ha^{-1} , corrigindo-se a umidade para 13% em base úmida (BRASIL, 2009).

As amostras de grãos de cada parcela experimental foram moídas e levadas ao laboratório de Bromatologia do Instituto de Ciências Agrário da UFMG, para a análise centesimal. Os parâmetros avaliados nos grãos foram: proteína bruta, por meio do método Kjeldahl (AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS, 2000); teor de cinzas ou matéria mineral, por meio da incineração prévia e calcinação em mufla a 560 - 580°C, até peso constante (ASSOCIATION OF ANALYTICAL CHEMISTS, 1990); lipídios, peso de mil grãos, fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) e fibra insolúvel em detergente ácido (FDA), segundo a metodologia descrita por Detmann *et al.*, (2012).

Os dados experimentais foram submetidos à análise da variância pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade de erro e, em caso de significância, as médias foram agrupadas pelo teste de Scott-Knott (1974), a 5% de probabilidade.

2.3 RESULTADOS

A análise dos dados experimentais sugere que houve interação ($p \leq 0,05$) entre os fatores linhagens e adubação, para a produtividade de grãos, teor de cinzas, proteínas e lipídios (Tabela 2). Ao analisar os fatores de forma independente, as linhagens de sorgo influenciaram, significativamente ($p \leq 0,05$), altura de plantas, o peso de mil de grãos, fibra de detergente ácido (FDA), produtividade e os teores de proteína, lipídio e cinzas dos grãos. A substituição de adubação nitrogenada por *A. brasilense* influenciou significativamente ($p \leq 0,05$) os teores de cinzas, proteína, lipídio dos grãos e o peso de mil grãos (Tabela 2).

Tabela 2. Resumo da análise de variância para as características de altura de plantas (AP), produtividade de grãos (PG), cinzas (CI), peso de mil grãos (MIL), teor de proteína bruta dos Grãos (PB), fibra em detergente ácido (FDA), fibra em detergente neutro (FDN) e lipídeos (LI) de linhagens de sorgo adubadas com ureia e *Azospirillum brasilense*.

	GL	Quadrado Médio							
		AP (m)	PG (t ha ⁻¹)	Cinzas (%)	MIL (G)	PB (%)	FDN (%)	FDA (%)	Lipídios (%)
Linhagens (Lr)	7	0,618**	11,524**	86,037**	95,769**	5,479**	27,734 ^{ns}	6,151**	9,824**
Adubação (Ad)	1	0,060 ^{ns}	0,020 ^{ns}	197,397**	42,225**	0,6533 ^{ns}	71,028 ^{ns}	1,514 ^{ns}	41,027**
Ad x Lr	7	0,011 ^{ns}	3,606*	85,314**	9,730 ^{ns}	11,621**	20,309 ^{ns}	1,577 ^{ns}	8,079**
Blocos	2	0,126**	0,523 ^{ns}	0,654 ^{ns}	1,545 ^{ns}	0,059 ^{ns}	30,877 ^{ns}	0,883 ^{ns}	0,52 ^{ns}
Resíduo	31	0,021	1,140	0,701	5,414	1,31	39,836	1,116	0,713
CV (%)		9,34	18,27	20,80	9,64	9,97	34,64	23,92	20,58
Média		1,54	5,84	1,99	24,13	11,49	18,22	4,42	4,10

** = significativo ao nível de 1% pelo teste F; * = significativo ao nível de 5% pelo teste F; e ns = não significativo. FV = fator de variação, GL = graus de liberdade; Lin x Adub = interação entre os fatores linhagens e Adubação; CV = coeficiente de variação; ** = significativo ao nível de 1% do teste F; * = significativo ao nível de 5% e ns = não significativo.

Os resultados demonstram que os grãos das linhagens LB17, LB23, LR276 e LR277 apresentaram um teor de proteína superior quando aplicado o *A. brasilense* (Tabela 3). Quanto à aplicação de ureia, em cobertura no sorgo, as linhagens LB26, LR88 e LR270 apresentaram resultados superiores, com incrementos no teor de proteína de 28, 39 e 33%, respectivamente (Tabela 3). Em relação à adubação, as linhagens LB17, LR276 e LR277 se destacaram, por apresentarem maior teor de proteína, quando adubadas com *A. brasilense* com valores médios de 26, 17 e 23%, respectivamente, maiores que os das plantas adubadas com uréia.

Tabela 3. Teor de proteínas dos grãos (%) de linhagens de plantas de sorgo adubadas com e sem *Azospirillum brasilense*

Linhagens	Com <i>Azospirillum</i>	Ureia
LB17	13,63aA	10,86bB
LB23	12,57aA	10,86bA
LB26	9,47bB	12,17aA
LB38	9,07bA	10,21bA
LR88	9,80bB	13,69aA
LR270	9,45bB	12,60aA
LR276	13,59aA	11,58bB
LR277	13,40aA	10,87bB

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knotta 5% de probabilidade.

A inoculação de *A. brasilense*, na adubação de cobertura de plantas de sorgo, proporcionou maiores ganhos produtivos das linhagens LB23, LB38 e LR277, quando comparadas com as demais linhagens. Em relação às plantas adubadas em cobertura com ureia, LR277, LR276, LB26 e LB23 foram as linhagens que alcançaram os maiores valores de produtividade de grãos (Tabela 4).

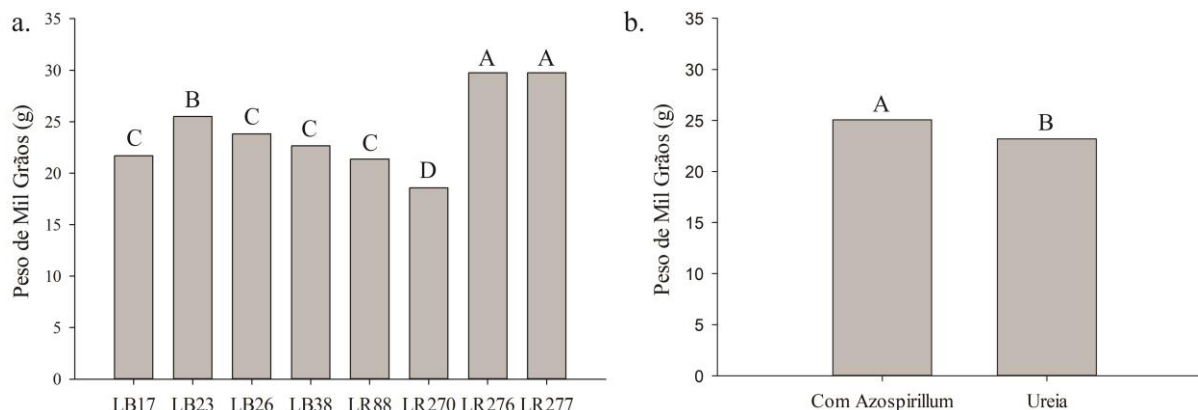
Em relação ao uso do *A. brasilense* ou da ureia na adubação de cobertura do sorgo, apenas as linhagens LB38 e LR276 apresentaram produtividade de grãos estatisticamente diferentes ($p < 0,05$), sendo que a linhagem LB38 adubada com *A. brasilense* apresentou maior produtividade de grãos (ganho de 71%), ao contrário do observado na linhagem LR276, em que a adubação com ureia promoveu um aumento de 35% na produtividade de grãos, quando comparado com as plantas adubadas com *A. brasilense* (Tabela 4).

Tabela 4. Produtividade de grãos ($T\ ha^{-1}$) de linhagens de plantas de sorgo adubadas com e sem *Azospirillum brasilense*

Linhagens	Com <i>Azospirillum</i>	Ureia
LB17	5,23bA	4,71bA
LB23	6,74aA	6,27aA
LB26	5,93bA	7,65aA
LB38	6,79aA	3,97bB
LR88	4,16bA	4,56bA
LR270	4,38bA	3,59bA
LR276	5,71bB	7,74aA
LR277	7,63aA	8,39aA

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knotta 5% de probabilidade.

Quanto ao atributo peso de mil grãos, as linhagens LR277 e LR276 apresentaram os maiores valores médios de 29,74 e 29,75 g, respectivamente. LR270 foi a linhagem que apresentou o menor valor de peso de mil grãos, com valor médio de 18,57 g (Figura 2a). A inoculação de *A. brasilense*, na adubação de cobertura de plantas de sorgo, promoveu o aumento do peso de mil grãos, quando comparado com as linhagens adubadas em cobertura com ureia (Figura 2b).



*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

FIGURA 2. Comparação estatística entre os valores de peso de mil grãos das linhagens de sorgo e dos tipos de adubação com e sem *A. brasilense* (B).

Dentre as linhagens adubadas em cobertura com *A. brasilense*, apenas LB17 apresentou diferença estatística ($p \leq 0,05$), no teor de cinzas em grãos, com valor médio de 13% menor que as demais linhagens. Em relação às plantas adubadas em cobertura com ureia, a linhagens LB26 e LR276 se destacaram, apresentando um maior teor de cinzas (Tabela 5).

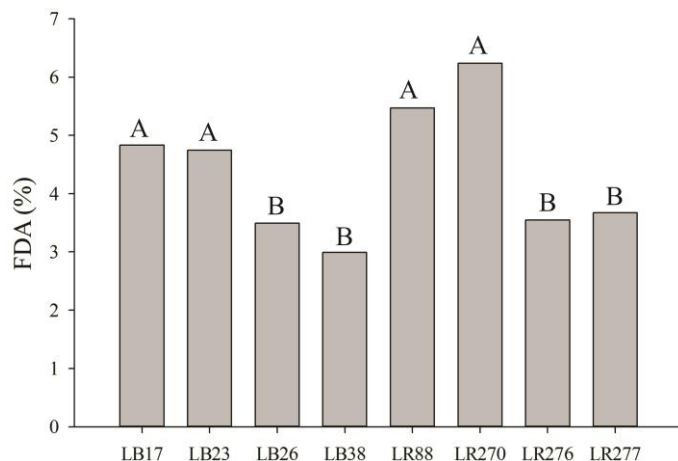
Em relação ao uso do *A. brasilense* ou da ureia na adubação de cobertura do sorgo, as linhagens LB17, LB23, LR88, LR270 e LR277 apresentaram teor de cinzas dos grãos estatisticamente diferentes ($p \leq 0,05$), sendo que as linhagens LB23, LR88, LR270 e LR277 adubadas com *A. brasilense* apresentaram maior teor de cinzas (ganho de 4, 3, 3 e 3%), ao contrário do observado na linhagem LB17, em que a adubação com ureia promoveu um aumento de 9%, no teor de cinzas dos grãos, quando comparado com as plantas adubadas com *A. brasilense* (Tabela 5).

Tabela 5. Teor de cinzas (%) presentes em grãos de linhagens de plantas de sorgo adubadas com e sem *Azospirillum brasilense*

Linhas	Com Azospirillum	Ureia
LB17	1,80bB	1,96bA
LB23	2,03aA	1,95bB
LB26	2,03aA	2,02aA
LB38	2,00aA	1,98bA
LR88	2,02aA	1,96bB
LR270	2,03aA	1,96bB
LR276	2,01aA	2,03aA
LR277	2,04aA	1,98bB

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knotta 5% de probabilidade.

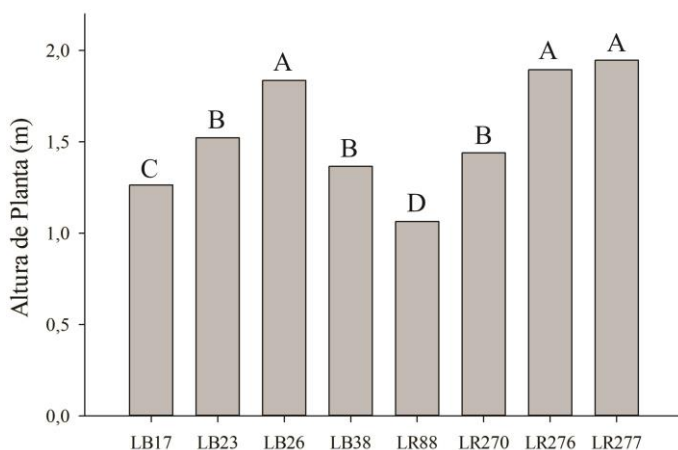
As linhagens LB17, LB23, LR88 e LR270 apresentaram os maiores valores médios de fibra de detergente ácido (FDA), e as linhagens LB26, LB38, LR276 e LR277 apresentaram valores baixos de FDA, não diferindo estatisticamente (Figura 3). Quanto à porção fibrosa, representada pelo FDN, não houve diferença estatística entre as linhagens e nem em relação ao uso de *A. brasilense* ou ureia na adubação de cobertura (Tabela 2).



Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Figura 3. Teor de fibras de detergente ácido (FDA) em grãos de linhagens de plantas de sorgo adubadas com e sem *Azospirillum brasilense*.

Em relação ao fator linhagem, as linhagens LR277, LR276 e LB26 apresentaram as maiores alturas, com valores médios de 1,95 m, 1,89 m e 1,83 m, respectivamente. Já a linhagem LR88 apresentou menor altura (Figura 4).



Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Figura 4. Altura de linhagens de plantas de sorgo adubadas com e sem *Azospirillum brasilense*

LB17 foi a linhagem que apresentou maior teor de lipídios nos grãos, quando adubada em cobertura com *A. brasilense*. Em relação às linhagens adubadas em cobertura com ureia, a LB23 foi a linhagem que apresentou maior valor médio de maior teor de lipídios nos grãos. As linhagens LB17, LB26, LR276 e LR277 adubadas em cobertura com *A. brasiliense* apresentaram teores de lipídios nos grãos, estatisticamente iguais, quando adubadas com ureia. As demais linhagens apresentaram maiores teores de lipídios nos grãos quando adubadas com ureia (Tabela 6).

Tabela 6: Teor de lipídios em grãos (%) de linhagens de plantas de sorgo adubadas com e sem *Azospirillum brasilense*

Linhagens	Com Azospirillum	Ureia
LB17	5,09aA	5,59bA
LB23	3,30bB	8,70aA
LB26	3,71bA	3,09cA
LB38	2,50cB	6,59bA
LR88	2,30cB	6,47bA
LR270	1,89cB	4,07cA
LR276	2,11cA	2,25cA
LR277	3,86bA	3,47cA

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knotta 5% de probabilidade.

2.4 DISCUSSÃO

A adubação em cobertura de plantas de sorgo com *A. brasilense* apresentou resultados estatisticamente iguais ($p > 0,05$), quanto a parâmetros importantes de qualidade de grãos como FDN e FDA, e crescimento de plantas (altura), quando comparado com os tratamentos adubados em cobertura com ureia (Tabela 2). Além disso, a adubação com *A. brasilense* promoveu aumento do teor de proteínas, nas linhagens LB17, LR276 e 277, quando comparado com a adubação com ureia. Já nas linhagens LB23 e LB38, o teor de proteína foi estatisticamente igual independentemente do tipo de adubação (Tabela 3). As linhagens LB17, LB26, LR276 e LR277 adubadas com *A. brasilense* e ureia apresentaram teores de lipídios estatisticamente iguais (Tabela 6). Esses resultados demonstram o potencial da bactéria *A. brasilense*, para aumento da disponibilidade de nitrogênio (N) às plantas de sorgo, em substituição ao uso de fertilizantes químicos.

A elevação do teor de N no solo disponível, para as plantas, seja por meio de fontes minerais ou por meio de fixação biológica de N, contribui para o aumento no teor de proteínas e lipídeos em grãos, uma vez que esse elemento participa dos processos de formação dessas moléculas (ZIMMER, 2012). Os resultados observados corroboram com os de MONTAGNER SOUZA *et al.*, (2014) e LEMOS (2013), que, ao avaliarem a inoculação de *A. brasilense* associada à aplicação de doses crescentes de nitrogênio, em cobertura, resultou no aumento de produtividade e teor de proteína nos grãos de trigo.

Além disso, o N, quando disponibilizado às plantas em quantidades adequadas, está diretamente associado ao aumento de produtividade em sistemas agrícolas, pois esse elemento contribui para o aumento da atividade fotossintética, o que favorece o crescimento e desenvolvimento de células e tecidos vegetais (TAIZ; ZEIGER, 2008; FIDELIS *et al.*, 2011). Esse resultado demonstra o potencial do uso de *A. brasilense*, na adubação de cobertura de todas as linhagens analisadas, exceto LR276, que apresentou maior produtividade, quando adubada em cobertura com ureia (Tabela 4). Resultados semelhantes aos de produtividade foram observados por Dalla Santa *et al.*, (2004); Cavallet *et al.*, (2000); Hungria *et al.*, (2010) e Lana *et al.*, (2012), que, ao analisarem o uso de *Azospirillum* spp. na adubação de trigo e milho, verificaram ganhos produtivos entre 23,9 a 7,2%. Por outro lado, Repke *et al.*, (2013) relataram que a aplicação de *A. brasilense*, acompanhada ou não de doses de nitrogênio sintético, não interferiu no crescimento e desenvolvimento de plantas de milho.

As linhagens que apresentaram maiores valores de peso mil grãos e altura foram LR276 e LR277 (Figuras 3 e 4). O peso de mil grãos é um importante parâmetro, na avaliação de qualidade de grãos, porém pode apresentar grande variabilidade mesmo dentro de uma mesma espécie (FORTES *et al.*, 2008). Assim, pode-se aferir que os parâmetros de peso mil grãos, altura e produtividade (Tabela 4) podem estar associadas ao efeito que as bactérias promovem, no crescimento radicular das plantas, ocasionado pela indução de substâncias promotoras de crescimento como auxina e citocinina (OKON & LABANDERA-GONZALEZ, 1994; CASTRO *et al.*, 2008). Resultado semelhante foi relatado por Costa *et al.*, (2015), que observaram aumento nos valores de peso de mil grãos em milho. Por outro lado, Mumbach *et al.*, (2017); Silva & Pires (2017) não observaram acréscimos, no peso de mil grãos de trigo, quando inoculados com *A. brasilense*.

O teor de cinzas está relacionado ao conteúdo mineral, assim, linhagens com maiores concentrações de cinzas podem apresentar maiores teores de nutrientes (QUEIROZ *et al.* 2015), o que é desejável, visto que o sorgo é utilizado em dietas animais e humanas. Diante dos resultados (Tabela 5),

pode-se aferir que todas as linhagens, exceto a LB17, destacaram-se, ao aplicar *A. brasilense* na adubação de cobertura do sorgo, apresentando um bom teor conteúdo mineral em relação à LB17, confirmando o potencial da bactéria *A. brasilense* e de contribuir, positivamente, no conteúdo mineral das linhagens de sorgo. Entretanto Bertoncilli *et al.*, (2017), também utilizando *A. brasilense* em seu trabalho, observaram que a inoculação da bactéria, nas sementes de milho, não foi capaz de provocar alterações no teor de cinzas nas plantas.

A porção fibrosa representada pelo FDA é composta por celulose e lignina, componentes da fibra de menor digestibilidade (HENZ *et al.*, 2016; MENDES *et al.*, 2018). Diversos estudos demonstram o impacto negativo do aumento de FDA na digestibilidade de forragem, grãos e silagem (HENZ *et al.*, 2016; MENDES *et al.*, 2018; RIBAS *et al.*, 2007; MENDES *et al.*, 2008; LIMA *et al.*, 2012). A porção fibrosa representada pelo FDN é constituída de celulose, hemicelulose e lignina, sendo que seus teores também são inversamente proporcionais à digestibilidade (MENDES *et al.*, 2008; LIMA *et al.*, 2012; VAN SOEST, 2018). Em relação a esse parâmetro de qualidade dos grãos, observaram-se resultados estatisticamente iguais em relação às linhagens e ao uso de *A. brasilense* ou ureia na adubação de cobertura (Tabela 2). Demonstra-se, assim, o potencial dessa bactéria em substituição à ureia em cobertura. Diante dos resultados, é importante ressaltar a linhagem LR277 que se destacou em altura de plantas, peso mil grãos e altos índices produtivos independentemente do uso de ureia ou *A. brasilense* na adubação de cobertura (Tabela 4, Figuras 2 e 4) e, também, apresentou altos índices de proteína e cinzas quando aplicada *A. brasilense* em cobertura. Esse fato indica a possibilidade de redução da adubação nitrogenada química sem perdas produtivas (Tabelas 3 e 5). A linhagem LR276, ainda, apresentou maior altura de plantas, alto teor de cinzas, peso mil grãos; ademais, exibiu altos índices produtivos, porém não foram mantidos, quando ocorreu inoculação de *A. brasilense* em substituição à ureia na adubação de cobertura (Tabelas 4 e 5, Figuras 2 e 4). A linhagem LB26, de igual modo, merece destaque, apresentando alto teor de cinzas, produtividade e proteínas quando adubadas com ureia.

Além disso, independente o tipo de adubação aplicado às plantas de sorgo, as linhagens LB26, LR276 e LR277 apresentaram maiores valores para altura produtividade (Figura 4 e Tabela 4). LB26 e LR276 encontravam-se no mesmo grupo de proteínas e teor de cinzas quando se aplicou ureia. Já as linhagens LR276 e LR277 foram destaque, nos parâmetros de peso de mil grãos, altura de plantas e baixo teor de FDA reforçando, assim, o destaque dessas linhagens.

2.5 CONCLUSÕES

Os resultados indicam que a aplicação de *A. brasilense*, na adubação de cobertura, não altera a produtividade das linhagens de sorgo LB17, LB23, LB26, LR88, LR270 e LR277 e, no caso da linhagem LB38, a adubação com *A. brasilense* apresentou maior produtividade.

Além disso, a adubação biológica mostra-se igualmente eficiente à adubação com ureia quanto à altura das plantas, FDA e FDN para todas as oito linhagens de sorgo estudadas. LB26, LR276 e LR277 são as linhagens que mais se destacaram, em termos produtivos e de qualidade de grãos, quando comparadas com as demais linhagens. A linhagem LR277 apresentou elevados índices produtivos independentemente do tipo de adubação de cobertura, ureia ou *A. brasilense*, enquanto LB26 e LR276 apresentaram um maior potencial de uso de adubação química, tendo em vista o aumento nos índices produtivos quando utilizada ureia na adubação de cobertura. Essas linhagens, LR276 e LR277, apresentam maior teor de produtividade quando adubadas em cobertura com *A. brasilense*.

2.6 REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, C. J. B.; PINHO, R. G.V; RODRIGUES, J. A. S.; BRANT, R. S.; MENDES, M. C. Espaçamento e densidade de semeadura para cultivares de sorgo granífero no semiárido. **Bragantia**, v. 70, n. 2, 2011.
- AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS A. A. C. C. **Approved methods of American Association of Cereal Chemists**. 10th ed. St. Paul, MN: The Association, 2000.
- ASSOCIATION OF ANALYTICAL CHEMISTS A. O. A. C. **Official methods of analysis of Association of Analytical Chemists**., 15th ed. Arlington, Virginia, USA, 1990.
- BERTONCELLI, P., MARTIN, T. N., STECCA, J. D. L., DEAK, E., PINTO, M. A. B., & SCHONELL, A. O. manejo de inverno e inoculação de sementes influenciam na produtividade e qualidade da silagem de milho sob sistema plantio direto. **Ceres**, v. 64, n. 5, 2017. DOI: 10.1590/0034-737X201764050010.
- BHATTACHARYYA, P. N., & JHA, D. K. Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): emergence in agriculture. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 28, n. 4, p. 1327-1350, 2012. DOI: 10.1007/s11274-011-0979-9.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de sementes/ Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. – Brasília: Mapa/ACS. 399 p, 2009.
- BREDA, F. D. F., Alves, G. C., & Reis, V. M. Produtividade do milho na presença de doses de nitrogênio e inoculação com *Herbaspirillum seropedicae*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 51, n. 1, p. 45-52, 2016. DOI:<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2016000100006>.
- CASTAÑON, T. H. F. M; OLIVEIRA, F. C. S; FILHO, J. S. O; CUNHA, C. S. M; AQUINO, B.F. Adubação nitrogenada de cobertura na produtividade do milho safrinha em semeadura direta. **Agropecuária científica no semiárido**, v. 10, n. 2, p. 18-22, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.30969/acsa.v10i2.509>.
- CASTRO, P. R. C.; KLUGE, R. A.; SESTARI, I. **Manual de fisiologia vegetal: fisiologia de cultivos**. São Paulo: Agronômica Ceres. 864 p, 2008.
- CAVALLET, L. E., DOS SANTOS PESSOA, A. C., HELMICH, J. J., HELMICH, P. R., & OST, C. F. Produtividade do milho em resposta à aplicação de nitrogênio e inoculação das sementes com *Azospirillum* spp. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi**, v. 4, n. 1, p. 129-132, 2000. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662000000100024>.
- CHAVES, V. A.; SANTOS, S. G.; SCHULTZ, N.; PEREIRA, W.; SOUSA, J. S.; MONTEIRO, R. C.; REIS, V. M. Desenvolvimento inicial de duas variedades de cana-de-açúcar inoculadas com bactérias diazotróficas. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 39, p. 1595-1602, 2015.
- COSTA, R. R. G. F., QUIRINO, G. D. S. F., NAVES, D. C. D. F., SANTOS, C. B., & ROCHA, A. F. D. S. Efficiency of inoculant with *Azospirillum brasilense* on the growth and yield of second-harvest maize. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 45, n. 3, p. 304-311, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1983-40632015v45i3a4593>.
- DALLA SANTA, O. R., DALLA SANTA, H. S., FERNÁNDES, R., MICHELENA, G., JUNIOR, P. R., & SOCCOL, C. R. Influence of *Azospirillum* sp. inoculation in wheat, barley and oats. **Ambiência**, v. 4, n. 2, p. 197-207, 2008.
- DALLA SANTA, O. R., HERNÁNDEZ, R. F., ALVAREZ, G. L. M., RONZELLI JUNIOR, P., & SOCCOL, C. R. *Azospirillum* sp. inoculation in wheat, barley and oats seeds greenhouse experiments. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 47, n. 6, p. 843-850, 2004. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-89132004000600002>.
- DARTORA, J., GUIMARÃES, V. F., MARINI, D., & SANDER, G. Adubação nitrogenada associada à inoculação com *Azospirillum brasilense* e *Herbaspirillum seropedicae* na cultura do milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi**, v. 17, n. 10, 2013. DOI:<http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662013001000001>.

DE JESUS SILVA, K. M., ASPIAZÚ, I., PORTUGAL, A. F., DE OLIVEIRA, R. M., DE OLIVEIRA, P. M., DOS SANTOS, S. R., & MOREIRA, J. A. A. Determination of soilwater tension for irrigation management of sweet sorghum. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 37, n. 3, p. 1189-1200, 2016. DOI: 10.5433/1679-0359.2016v37n3p1189. DOI: 10.5433 / 1679-0359.2016v37n3p1189.

DETMANN, E.; INSTITUTO NACIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE CIÊNCIA ANIMAL. **Métodos para análise de alimentos**. Visconde do Rio Branco: Suprema, 214 p.204, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0034-737x201663050019>.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília, 2013. 353p.

FAO, 2017. FAOSTAT- Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy, 2017.

FIDELIS, R.R.; ROTILI, E. A.; SANTOS, M. M.; BARROS, H. B; MELO, A. V.; DOTTO, M. Eficiência no uso de nitrogênio em cultivares de arroz irrigado. **Revista Brasileira Ciência Agrária**. Recife, v.6, n.4, p.622-626, 2011. DOI:10.5039/agraria.v6i4 a1359.

FONTES, P. C. R. Sugestões de Adubação para hortaliças. In: RIBEIRO, A. C; GUIMARÃES, P. T. G.; VENEGAS, V. H. A. (Org.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª Aproximação**. 5. ed. Viçosa: UFV, 1999.

FORTES, F. O.; LÚCIO, A. D.; LOPES, S. J.; CARPES, R. H.; SILVEIRA, R. D. Agrupamento em amostras de sementes de espécies florestais nativas do Estado do Rio Grande do Sul – Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 6, p. 1615-1623, 2008.

HENZ, E. L.; ALMEIDA, P. S. G. de.; VELHO, J. P.; NÖRNBERG, J. L.; SILVA, L. das D. F.; BACKES, T. R.; GUERRA, G. L. Produção de trigo duplo propósito com diferentes doses de adubação nitrogenada em cobertura. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 37, n. 2, p. 1091-1100, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2016v37n2p1091>.

HUNGRIA, M., NOGUEIRA, M. A., & ARAUJO, R. S. Inoculation of *Brachiaria* spp. with the plant growth-promoting bacterium *Azospirillum brasilense*: Na environment-friendly component in there clamation of degraded pastures in the tropics. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 221, p. 125-131, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.01.024>.

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. DOI:<https://doi.org/10.1007/s11104-009-0262-0>.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. Estações Automáticas. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesautomaticas>>. Acesso em 20 fev de 2018.

LANA, M. C.; DARTORA, J.; MARINI, D.; HANN, J. E. Inoculation with *Azospirillum*, associated with nitrogen fertilization in maize. **Revista Ceres** v. 59, p. 399-405, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-737X2012000300016>.

LEMONS, J. M.; GUIMARÃES V. F.; VENDRUSCOLO, E. C. G ; SANTOS, M. F. ; OFFEMANN, L. C. . Resposta de cultivares de trigo à inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense*, e à adubação nitrogenada em cobertura. **Científica** (Jaboticabal. Online), v. 41, p. 189-198, 2013.

LIMA, M. L. M.; CARVALHO, E. R.; MATTOS, W. R. S.; NUSSIO, L. G.; CASTRO, F. G. F.; AMARAL, A. G. Comparação da fibra em detergente neutro de forragens: Comportamento ingestivo e cinética ruminal. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.7, n.3, p.535-542, 2012. DOI:10.5039/agraria.v7i3a1874.

MANTAI, R. D.; SILVA, J. A. G.; SAUSEN, A. T. Z. R.; COSTA, J. S. P.; FERNANDES, S. B. V.; UBESS, C. A eficiência na produção de biomassa e grãos de aveia pelo uso do nitrogênio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.4, p.343–349, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n4p343-349>.

MARTINOI, H. S. D., TOMAZ, P. A., MORAES, É. A., CONCEIÇÃO, L. L. D., OLIVEIRA, D. D. S., QUEIROZ, V. A. V.,... & RIBEIRO, S. M. R.. Chemical characterization and size distribution of sorghum genotypes for human consumption. *Rev. Inst. Adolfo Lutz (Impr.)*, São Paulo, v. 71, n. 2, 2012.

MENDES, M. C.; VON PINHO, R. G.; PEREIRA, M. N.; FARIA FILHO, E. M.; SOUZA FILHO, A. X. Avaliação de híbridos de milho obtidos do cruzamento entre linhagens com diferentes níveis de degradabilidade da matéria seca. *Bragantia*, v.67, n.2, p.285-297, 2008.

MENDES, M. C; MENDES, E. D; NEUMANN, M; STADLER, A. J; NEIVERTH, J. Características bromatológicas de trigo duplo propósito associado à aplicação foliar de fungicida. *Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia*, Guarapuava-PR, v.11, n.1, p.43-50, jan-abr., 2018. DOI: 10.5935/PAeT.V11.N1.05.

MONTAGNER SOUZA, T., MATEUS PRANDO, A., REIKA TAKABAYASHI, C., SIFUENTES DOS SANTOS, J., TIEME ISHIKAWA, A., DE SOUZA MADUREIRA FELÍCIO, A. L., ... & YOKO HIROOKA, E. Composição química e desoxinivalenol em trigo da região Centro-Sul do Paraná: adubação nitrogenada em cobertura associada com *Azospirillum* brasileiro. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 35, n. 1, 2014. DOI:10.5433/1679-0359.2014v35n1p327.

MOREIRA, F. R. D. C., COSTA, A. N., MARTINS, T. D. D., SILVA, J. H. V. D., MEDEIROS, H. R. D., & CRUZ, G. R. B. D. Substituição parcial do milho por sorgo granífero na alimentação de suínos nas fases de creche, crescimento e terminação. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 15(1), (2014).

MUMBACH, G. L.; KOTOWSKI, I. E.; SCHNEIDER, F. J. A.; MALLMANN, M. S.; BONFADA, E. B.; PORTELA, V. O.; BONFADA, E. B.; KAISE, D. R. Resposta da inoculação com *Azospirillum* brasileiro nas culturas de trigo e de milho safrinha. *Revista Scientia Agraria*, v. 18, n. 2, p. 97-103, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/rsa.v18i2.51475>.

NEUMANN, M., RESTLE, J., ALVES FILHO, D. C., BRONDANI, I. L., PELLEGRINI, L. D., & FREITAS, A. D. Avaliação do valor nutritivo da planta e da silagem de diferentes híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench). *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 31, n. 1, p. 293-301, 2002. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982002000200002>.

OKON, Y.; LABANDERA-GONZALEZ, C. A. Agronomic applications of *Azospirillum*: na evaluation of 20 years world wide field inoculation. *Soil Biology and Biochemistry*, v.26, p.1591-1601, 1994. DOI: [https://doi.org/10.1016/0038-0717\(94\)90311-5](https://doi.org/10.1016/0038-0717(94)90311-5).

PEOPLES, M. B.; HERRIDGE, D. F.; LADHA, J. K. Biological nitrogen fixation: na efficient source of nitrogen for sustainable agricultural production?. *Plant and soil*, v.174, n. 1-2, p. 3-28, 1995.

PRANDO, A. M.; ZUCARELLI, C.; FRONZA, V.; OLIVEIRA, F. A.; OLIVEIRA JÚNIOR, A. Características produtivas do trigo em função de fontes e doses de nitrogênio. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v.43, p.34-41, 2013. DOI:<http://dx.doi.org/10.1590/S1983-40632013000100009>.

QUEIROZ, V. A. V., DA SILVA, C. S., DE MENEZES, C. B., SCHAFFERT, R. E., GUIMARÃES, F. F. M., GUIMARÃES, L. J. M., ...&TARDIN, F. D. Nutritional composition of sorghum [*sorghum bicolor* (L.) Moench] genotypescultivated with out and with water stress. *Journal of Cereal Science*, v. 65, p. 103-111, 2015. DO: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2015.06.018>.

REPKE, R. A., CRUZ, S. J. S., SILVA, C. J. D., FIGUEIREDO, P. G., & BICUDO, S. J. Eficiência da *Azospirillum* brasileiro combinada com doses de nitrogênio no desenvolvimento de plantas de milho. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, p. 214-226, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v12n3p214-226>.

RIBAS, M. N.; GONÇALVES, L. C.; IBRAHIM, G. H. F.; RODRIGUEZ, N. M.; BORGES, A. L. C. C.; BORGES, I. Consumo e digestibilidade aparente de silagens de milho com diferentes graus de vitreosidade no grão. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.6, n.1, p.104-115, 2007. DOI: <http://dx.doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v6n01p%25p>.

SALANTUR, A., OZTURK, A., & AKTEN, S. Grow thand yield response of spring wheat (*Triticuma estivum* L.) to inoculation with rhizobacteria. *Plant Soil and Environment*, v. 52, n. 3, p. 111, 2006. DOI: 10.3103/S106836741201003X.

SCHLINDWEIN, G.; VARGAS, L.K.; LISBOA, B.B.; AZAMBUJA, A.C.; GRANADA, C.E.; GABIATTI, N.C.; PRATES, F.; STUMPF, R. Influência da inoculação de rizóbios sobre a germinação e o vigor de plântulas de alface. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.3, p. 658-664, 2008.

SCHULTZ, N.; PEREIRA, W.; REIS, V. M.; URQUIAGA, S. S. Produtividade e diluição isotópica de ^{15}N em cana-de-açúcar inoculada com bactérias diazotróficas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.51, n.9, p.1594-1601, 2016. DOI: 10.1590/S0100-204X2016000900059.

SILVA, S. R., & PIRES, J. L. F. Resposta do trigo BRS Guamirim à aplicação de Azospirillum, nitrogênio e substâncias promotoras do crescimento. Embrapa Trigo-Artigo em periódico indexado (ALICE), 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.5935/1806-6690.20170073>.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed. p.819, 2008.

VAN SOEST, P. J. **Ecologia nutricional do ruminante**. Imprensa da universidade de Cornell, 2018.

VAN SOEST, Peter J. **Nutritional ecology of the ruminant**. Cornell university press, 2018.

VASCONCELOS, A. C. P. D., SIQUEIRA, T. P., LANA, R. M. Q., FARIA, M. V. D., NUNES, A. A., & LANA, Â. M. Q. Seed inoculation with Azospirillum brasilense and N fertilization of corn in the Cerrado biome. **Revista Ceres**, v. 63, n. 5, p. 732-740, 2016.

VITORINO, A. C. T. Effect of nitrogen fertilization associated with inoculation of Azospirillum brasilense and Herbaspirillum seropedicae on corn. **African Journal of Agricultural Research**, v. 10, n. 3, p. 137-145, 2015. DOI: 10.5897/AJAR2914.8866.

WARD, J. H. (1963). Hierarchical Grouping to Optimize na Objective Function. Journal of the American Statistical Association, 58 (301), 236–244. DOI: <https://doi.org/10.2307/2282967>.

ZIMMER, P. D. **Fundamentos da qualidade de sementes**. In: PESKE, S. T.; VILLELA, F. A.; MENEGHELLO, G. E (Orgs.). Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos. 3.ed. Pelotas: Editora. Universitária/UFPel., p.106-160, 2012.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A execução desse estudo gerou informações importantes sobre os temas de seleção genética de plantas, utilização de *A. brasilense* na adubação de cobertura e a importância da seleção de plantas para serem cultivadas em associação com bactérias diazotróficas.

O *A. brasilense* tem a capacidade de fixar nitrogênio, aumentando a disponibilidade de nutriente no solo, e produzir hormônios que estimulam o crescimento vegetal, apesar disso, nem todos os trabalhos científicos sugerem que essa bactéria substitua, total ou parcialmente, os fertilizantes químicos. Essa divergência nas respostas de plantas pode estar associada às diferentes capacidades de cultivares em utilizarem o nitrogênio disponível na forma mineral ou por meio de associação com bactérias. Sendo assim, os programas de melhoramento genético são fundamentais na seleção de linhagens com capacidade de utilizarem o nitrogênio disponível por meio de associação com bactérias e que mantenham a capacidade produtiva e nutricional das plantas. Assim, a realização de novos estudos com diferentes doses de *A. brasilense* aplicado em cobertura em todas as linhagens analisadas, LB17, LB23, LB26, LB38, LR88, LR270, LR 276 e LR277, são de suma importância para se estabelecer recomendações quantitativas de adubação.