



UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL
CAMPUS ERECHIM
AGRONOMIA

YURI COPINI STIVANIN

AVEIA PRETA INOCULADA POR *Azospirillum brasilense* E SUBMETIDA A
DIFERENTES DOSES DE NITROGÊNIO

ERECHIM-RS

2023

YURI COPINI STIVANIN

**AVEIA PRETA INOCULADA POR *Azospirillum brasilense* E SUBMETIDA A
DIFERENTES DOSES DE NITROGÊNIO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Agronomia da Universidade Federal da Fronteira Sul – *campus* Erechim, como parte das exigências para obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Alfredo Castamann

ERECHIM – RS

2023

Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS

Stivanin, Yuri Copini

AVEIA PRETA INOCULADA POR *Azospirillum brasilense* E SUBMETIDA A DIFERENTES DOSES DE NITROGÊNIO / Yuri Copini Stivanin. -- 2023.
25 f.

Orientador: Prof. Dr. Alfredo Castamann

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -
Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de Bacharelado em
Agronomia, Erechim,RS, 2023.

1. Avena strigosa. 2. adubação. 3. inoculantes. 4.
nitrogênio. I. Castamann, Alfredo, orient. II. Universidade Federal da
Fronteira Sul. III. Título.

YURI COPINI STIVANIN

**AVEIA PRETA INOCULADA POR *Azospirillum brasilense* E SUBMETIDA A
DIFERENTES DOSES DE NITROGÊNIO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Federal da Fronteira Sul – UFFS – *campus* Erechim, como parte das exigências para obtenção do título Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Alfredo Castamann

Este trabalho de conclusão de curso foi defendido e aprovado pela banca em:
24/02/2023

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Alfredo Castamann
(Orientador)
UFFS – Erechim

Prof. – Gismael Francisco Perin
UFFS – Erechim

Prof. – Sandra Maria Maziero
UFFS - Erechim

Erechim/RS, Fevereiro de 2023.

AVEIA PRETA INOCULADA POR *Azospirillum brasilense* E SUBMETIDA A DIFERENTES DOSES DE NITROGÊNIO

RESUMO – Na maioria das atividades agrícolas, a disponibilidade de nitrogênio é um dos fatores que mais limita a produção, não sendo diferente na cultura da aveia preta. A aveia preta é muito utilizada tanto para alimentação animal, quanto para cobertura de solo, pelo seu alto valor nutritivo e boa capacidade de se estabelecer em diversas condições climáticas. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar se a variação de dose de nitrogênio e adição ou não do inoculante *Azospirillum brasilense* tem interferência na fisiologia da aveia preta. O experimento foi conduzido em casa de vegetação em Severiano de Almeida, e o delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições. Os tratamentos foram compostos por diferentes doses de adubação nitrogenada com e sem adição de inoculante *Azospirillum brasilense* na semente. Foram avaliados a altura de planta, o diâmetro de caule, o número de perfilhos e a biomassa verde, e em laboratório foi determinado porcentagem de N, P e K nas raízes e na parte aérea. Com base nos resultados obtidos, pode-se concluir que a bactéria *Azospirillum* associada as doses de nitrogênio ou não proporcionou resultados favoráveis na cultura da aveia em relação a diâmetro de colmo, altura de planta, número de perfilhos. Com relação aos teores de potássio, fósforo e nitrogênio nas folhas, não houve interação entre as doses de N e o uso de inoculante. A massa seca da parte aérea e das raízes foi maior conforme houve aumento das doses de N e o uso de *Azospirillum brasilense*.

Palavras-chave: *Avena strigosa*, adubação, inoculantes, nitrogênio.

AVEIA PRETA INOCULADA POR *Azospirillum brasilense* E SUBMETIDA A DIFERENTES DOSES DE NITROGÊNIO

ABSTRACT – In most agricultural activities, the availability of nitrogen is one of the factors that most limits production, and it is no different in the culture of black oats. Black oat is widely used both for animal feed and as ground cover, due to its high nutritional value and good capacity to establish itself in various climatic conditions. Thus, the objective of this work was to evaluate whether the variation of nitrogen dose and addition or not of the inoculant *Azospirillum brasilense* has interference in the physiology of black oat. The experiment was conducted in a greenhouse in Severiano de Almeida, and the experimental design used was randomized block design with four repetitions. The treatments were composed of different doses of nitrogen fertilization with and without addition of inoculant *Azospirillum brasilense* in the seed. Plant height, stem diameter, number of tillers and green biomass were evaluated and, in the laboratory, the percentage of N, P and K in roots and aboveground was determined. Based on the results obtained, it can be concluded that the *Azospirillum* bacterium associated with doses of nitrogen or not provided favourable results in the oat crop in relation to the diameter of the stem, height of the plant, number of tillers. There was no interaction between doses of N and the use of inoculant with respect to the levels of potassium, phosphorus and nitrogen in the leaves. The dry mass of the aerial part and roots was greater as there was an increase of the N doses and the use of *Azospirillum brasilense*.

Keywords: *Avena strigosa*, fertilization, inoculants, nitrogen.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
2 METODOLOGIA.....	10
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	15
4 CONCLUSÃO	22
REFERÊNCIAS.....	23

1 INTRODUÇÃO

As pastagens são uma das alternativas mais econômicas para o fornecimento de alimento para os ruminantes, sendo que a produção da aveia preta como forrageira tem grande importância (MATTIONI et al., 2014). Sua qualidade pode ser influenciada pela fertilidade do solo, condições climáticas e manejo, podendo reduzir significativamente a capacidade de suporte das pastagens, o número de animais e sua persistência; o valor nutritivo também pode ser influenciado, diminuindo sua digestibilidade, palatabilidade, produção e/ou ganho por animal (COSTA et al., 2006).

A aveia preta (*Avena strigosa*) é um cereal originário da Ásia, pertence à família botânica das Poaceae, podendo ser cultivada em diferentes condições climáticas (FLOSS, 1988). A cultura é importante fonte para alimentação humana e animal, sendo uma excelente alternativa para o cultivo de inverno e para sistemas de rotação de culturas, pois apresenta ótima cobertura do solo e pode ser utilizada como forrageira possuindo um alto valor nutritivo (SANTI et al., 2003).

A aveia preta passou a ser fundamental na rotação de culturas e na formação de palha a partir do plantio direto que é um sistema conservacionista e devido a esta prática a área plantada desta cultura nos últimos 15 anos sofreu grande incremento no Sul do Brasil (SANTI et al., 2003). Além disso, com o crescimento dos modelos de exploração envolvendo a produção animal, com o manejo de integração lavoura-pecuária, a importância das aveias tornou-se ainda maior neste sentido (PORTAS et al., 2007).

No sistema plantio direto, a rotação de culturas contribui com o aumento dos teores de matéria orgânica do solo e na reciclagem de nutrientes (SILVA et al., 2009). Neste sentido, a aveia preta é de grande interesse devido sua rusticidade, grande produção de fitomassa, rápido crescimento inicial e conseqüentemente sua cobertura do solo (SILVA et al., 2009). Além disso, sua palhada acarreta redução da população de plantas daninhas em razão do seu efeito alelopático, principalmente sobre as de folhas estreitas, como azevém, reduzindo, assim, os custos com manejo nas culturas seguintes (PORTAS et al., 2007). Como cobertura verde pode ser dessecada, manejada com rolo-faca, além de ser possível a oferta a animais fazendo cortes como forragem a ser dada no cocho, pastoreio e produção de feno ou silagem (PORTAS et al., 2007).

Dentre as principais vantagens do cultivo da aveia preta mencionadas, destaca-se também a redução de erosão e escoamento superficial, o aumento da infiltração de

água e do conteúdo de carbono orgânico no solo, a ciclagem de nutrientes, a mobilização de cátions no perfil, dentre outros (SANTI et al., 2003).

O nitrogênio é um dos principais nutrientes tanto para as aveias como para as demais pastagens, sendo responsável pelo metabolismo das plantas, tendo ação direta na formação de compostos orgânicos e síntese de proteínas (CHAPIN, 1980). Este é o nutriente com maior efeito no crescimento da aveia, tanto aéreo quanto radicular e que limita a produção da fitomassa além de auxiliar na absorção de outros nutrientes e na quantidade de matéria seca produzida pela aveia (SANTI, 2001).

Na maioria das atividades agrícolas, a disponibilidade de nitrogênio é um dos fatores que mais limita a produção. Este nutriente é encontrado em uma forma quimicamente estável, porém para ser assimilado pelas plantas deve ser transformado para que sua absorção seja facilitada. Além disso, almeja-se maximizar sua utilização e eficiência, diminuindo perdas por lixiviação e aumentando sua fixação e absorção pelas plantas (MARIN et al., 1999).

Ressalta-se que não são apenas perdas econômicas que devem ser levadas em consideração quando da ocorrência da lixiviação, mas também a poluição da água devido ao aumento de nitrato (NO_3^-), que propicia a eutrofização de corpos d'água e o desenvolvimento de bactérias prejudiciais a saúde dos seres humanos (BARBOSA; CONSALTER e VARGAS MOTTA, 2012).

Há organismos na natureza com capacidade de assimilar o nitrogênio da atmosfera, através da Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN) (CANTARELLA, 2007), sendo esta uma alternativa ao emprego da adubação com fertilizantes sintéticos. O processo de FBN ocorre à partir da simbiose entre as raízes das plantas e bactérias fixadoras de N em leguminosas e consiste na transformação do N_2 atmosférico em NH_3 (amônia) (TAIZ e ZEIGER, 2013). Posteriormente o NH_3 é transformado pela ação de enzimas em NH_4^+ (amônio), para que as plantas possam utilizar o N em seu metabolismo (TAIZ e ZEIGER, 2013).

A FBN em poáceas ocorre com menor frequência, porém as bactérias do gênero *Azospirillum*, mais especificamente *A. brasilense* possuem interações com raízes de gramíneas de maneira satisfatória (HARTMANN, 2006; ROSÁRIO, 2013)

As bactérias do gênero *Azospirillum* possuem vantagens além da FBN, pois auxiliam também no crescimento de raízes e aumento de absorção de outros nutrientes. Por este motivo a inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* tem gerado

resultados satisfatórios, principalmente no sistema radicular, no acúmulo de massa seca e no rendimento das culturas (DARTORA et al., 2013).

Diante disso, mesmo com a capacidade do *Azospirillum brasilense* fixar nitrogênio da atmosfera e auxiliar na produção de hormônios vegetais para as plantas, estudos sobre sua utilização em condições de campo, principalmente em áreas de pastagens, que são ambientes com a presença de animais em pelo menos um período do ano, são necessários para verificar se a presença desta bactéria melhora o desempenho das culturas. Assim, este trabalho teve por objetivo avaliar se a variação de dose de nitrogênio e adição ou não do inoculante *Azospirillum brasilense* tem interferência na fisiologia da aveia preta.

2 METODOLOGIA

O experimento foi conduzido em casa de vegetação em Severiano de Almeida, em latitude 27°24'15,1''S, longitude 52°06'40,4''W e altitude de 412 m. De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região é classificado como Cfa, subtropical úmido, temperaturas são superiores a 22°C no verão e com mais de 30 mm de chuva no mês mais seco (CEMETRS, 2012). O experimento foi conduzido entre os meses de maio a agosto de 2022. As unidades experimentais foram constituídas por vasos plásticos com capacidade para 8 dm³, preenchidos com solo oriundo de área agrícola, caracterizado por Latossolo Vermelho Aluminoférrico típico, pertencente à unidade de mapeamento Erechim (EMBRAPA, 2013, STRECK et al., 2018). O solo apresentava as seguintes características físico-químicas: pH em água de 5,3; MO = 1,9 %; P = 2,8 mg dm⁻³; K = 141,1 mg dm⁻³; Al³⁺ = 0,3 cmolc dm⁻³; Ca²⁺ = 9,7 cmolc dm⁻³; Mg²⁺ = 4,3 cmolc dm⁻³; CTC_{efetiva} = 14,6 cmolc dm⁻³; CTC_{pH7} = 20,9 cmolc dm⁻³; H+Al = 6,6 cmolc dm⁻³; Saturação de bases = 68,4 %; e Argila = 33%.

A semeadura foi realizada nos vasos no dia 28 de maio de 2022, colocando-se no solo em torno de 6 sementes para após a germinação manter 3 plantas. A correção da fertilidade do solo foi realizada com base na análise química e seguindo as recomendações técnicas de adubação para a cultura da aveia preta (ROLAS, 2016). A adubação utilizada como fonte de fósforo e potássio foi Super Simples e o Cloreto de Potássio, respectivamente, incorporados ao solo no momento da semeadura, sem variações ao longo dos tratamentos.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições. Os tratamentos foram compostos por diferentes doses de adubação nitrogenada com e sem adição de inoculante *Azospirillum brasilense* na semente, conforme pode ser observado na Tabela 1.

Tabela 1. Tratamentos utilizados no experimento, variando a utilização de *Azospirillum brasilense* e doses de nitrogênio aplicadas na cultura da Aveia preta. UFFS, Severiano de Almeida, RS, 2022.

Tratamentos	<i>Azospirillum brasilense</i> (mL/Kg semente)	Dose de Nitrogênio (Kg ha ⁻¹)
T1	Sem	0
T2	Com	0
T3	Sem	110
T4	Com	110
T5	Sem	220
T6	Com	220
T7	Sem	330
T8	Com	330
T9	Sem	440
T10	Com	440

A dose do nitrogênio calculada com base na análise de solo foi de 220 Kg ha⁻¹, sendo assim, foram feitas variações de 50 % da dose (110 Kg ha⁻¹), 100 % da dose (220 Kg ha⁻¹), 150 % da dose (330 Kg ha⁻¹), e 200 % ou seja, dobro da dose (440 Kg ha⁻¹). Foi variado os tratamentos com e sem o inoculante *Azospirillum brasilense* na dose de 2 mL por Kg de semente de aveia preta, sem haver variação nesta.

A fonte de nitrogênio utilizada foi ureia que apresenta uma concentração de 45 % de nitrogênio, sendo a aplicação dividida em dois momentos. A primeira aplicação foi incorporada ao solo no ato da semeadura da aveia preta e a segunda aplicação 15 dias após a germinação da cultura. Já o inoculante *Azospirillum brasilense* foi adicionado à semente minutos antes da semeadura, de forma homogênea.

Foram avaliadas a massa seca de raiz e da parte aérea, os teores de nitrogênio e de fósforo na raiz e na parte aérea, a altura de plantas, o número de perfilhos e o diâmetro da base do colmo. O diâmetro de plantas foi avaliado aos 80 dias após a

semeadura com o auxílio de um paquímetro e no mesmo dia avaliou-se a altura de plantas com uma régua graduada, além disso fez-se a contagem do número de perfilhos de cada uma das 3 plantas do vaso e fez-se uma média. A coleta da biomassa ocorreu com as três plantas do vaso. Para as avaliações realizadas em laboratório, a colheita das plantas ocorreu em 30 de agosto de 2022, quando a aveia preta estava iniciando o florescimento, em torno de 80 dias após a emergência da cultura, no mesmo dia em que foram avaliadas as demais variáveis.

Foi realizada a coleta da biomassa através do corte das plantas e após a coleta, as plantas foram embaladas, identificadas e levadas ao Laboratório de Química e Fertilidade do Solo da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS) – Campus Erechim, para determinar os teores de Potássio (K), Fósforo (P) e Nitrogênio (N) foliares e das raízes de acordo com os procedimentos metodológicos propostos por Tedesco et al. (1995).

O preparo das amostras para as análises ocorreu com a secagem da parte aérea e raízes em estufa de circulação forçada de ar à 65°C, em seguida realizou-se a moagem das plantas em moinho de facas tipo Wille.

Para realizar as determinações de N, P e K foi necessário preparar o extrato pesando 0,200 g de amostras em balança analítica. As amostras pesadas foram colocadas em tubos de ensaios, e em seguida foi adicionado 1 mL de peróxido de hidrogênio (H_2O_2), 2m L de ácido sulfúrico (H_2SO_4) e 0,700 g de mistura de digestão (100,0 g de sulfato de sódio (Na_2SO_4), 10,0g de sulfato de cobre ($CuSO_4$), 1,0 g de selênio (Se). Esse material preparado foi colocado em bloco digestor em 160 °C por 2 horas, e mais 2 horas em 360 °C. Posteriormente foi deixado esfriar. Cada amostra digerida foi diluída à 50 mL e acondicionada em vidros do tipo snapcap.

Para a determinação de N foi necessário uma alíquota de 20 mL do extrato anteriormente preparado, que foi colocado em tubo de ensaio e levado ao destilador de N. A destilação de N ocorre com a adição de 10 mL de NaOH 10 M, sendo que o destilado é recebido por um *erlenmeyer* de 50 mL condendo 5 mL do indicador ácido bórico. O destilado é coletado até alcançar o volume aproximado de 40 mL. O volume destilado é titulado com uma solução de H_2SO_4 0,025 M. Com o volume gasto na titulação calcula-se a % de N pela equação abaixo:

$$\% N = \frac{(mLH_{am} - mLH_{br}) \times 700 \times 5 \times 5}{10000}$$

onde:

mL H⁺ am= mililitro de Hidrogênio na amostra

mL H⁺ br= mililitro de Hidrogênio na prova em branco

Para a determinação de P foi necessário uma alíquota de 1 mL do extrato anteriormente preparado, que foi colocado em béquer de 25 mL juntamente com 2 mL de H₂O, 2 mL da solução PB e 3 gotas da solução PC. Cada amostra preparada foi agitada com bastão de vidro e aguardou-se 15 minutos para realizar a leitura da absorbância em 600 nm no espectrofotômetro.

O preparo da solução PB foi realizada como segue: Dissolveu-se 1,9 g de molibdato de amônio (NH₄)₆Mo₇O₂₄·4H₂O em 80 mL de água destilada previamente aquecida a 60 °C em um Becker de 100 mL; Após esfriar, foi transferido para um balão volumétrico de 100 mL e completado o volume com água destilada; Esta solução foi transferida para um tambor plástico com capacidade de 500mL; Foi adicionado 40 mL de água destilada em um balão volumétrico de 100 mL; Em seguida, foi adicionado 35,35 mL de HCl concentrado (d = 1,191; 37,7 % e 12,31 M) e agitado; Após completar o volume com água destilada, a solução foi agitada novamente e transferida para o tambor de plástico de 500 mL onde já se encontrava a solução de molibdato de amônio e procedida a agitação; Então foi adicionado 300 mL de água destilada utilizando balões volumétricos de 100 mL e o tambor foi agitado para homogeneizar a amostra.

Preparo da Solução P-C (ácido 1-amino-2-naftol-4-sulfônico, sulfito de sódio e metabissulfito de sódio): foi preparado um estoque de pó redutor misturado e triturado em um almofariz contendo os seguintes reagentes:

- Ácido 1-amino-2-naftol-4-sulfônico: 2,5 g;
- Sulfito de sódio (Na₂SO₃): 5,0 g;
- Metabissulfito de sódio (Na₂S₂O₅): 146,0 g.

O pó redutor foi guardado em vidro fosco, envolto com papel alumínio (no máximo 40 dias); foi realizada a dissolução de 32,0 g do pó redutor em 200 mL de água destilada morna (50-60 °C) em um Becker; A solução foi transferida para um vidro ambar, onde permaneceu em repouso até cristalizar. Após a cristalização a solução foi

filtrada. Por fim, foram feitas as leituras de cada amostra em um espectrofotômetro UV/VIS na faixa de 660 nm.

O teor de P foi determinado utilizando a equação:

$$P\% = \frac{\text{leituraxfcx fd}}{10000}$$

$$fd = \frac{50}{0,20} \times \frac{3}{1} \times \frac{6}{3} = 1500$$

onde:

fc = fator de concentração

fd= fator de diluição

A determinação do teor de K foi necessário uma alíquota de 1 mL do extrato anteriormente preparado, que foi colocado em béquer de 25 mL e adicionado 10 mL de H₂O destilada, e posteriormente determinada a emissão de luz no fotômetro de chamas.

Para calcular K foi utilizada a equação a seguir:

$$K\% = \frac{(\text{leituraxcsx fd})}{10000}$$

$$fd = \frac{50}{0,20} \times \frac{11}{1} = 2750$$

onde:

cs = concentração na solução final

fd= fator de diluição

Os resultados dos teores de N, P e K da parte aérea e da raiz foram expressos em porcentagem.

Os dados das análises obtidos foram submetidos à análise de variância e o efeito das doses de N foi considerado quantitativo enquanto o efeito do *Azospirillum* foi considerado qualitativo. As interações significativas (doses de N x *Azospirillum*) foram desdobradas por regressão ($p \leq 0,05$), com o auxílio do *software* SISVAR versão 5.6 (FERREIRA, 2011).

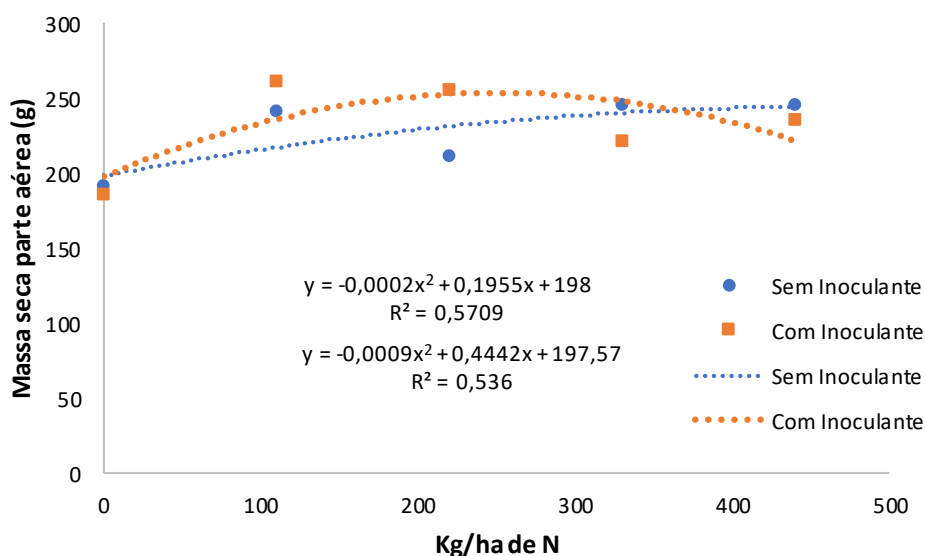
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com relação a massa seca da parte aérea da aveia preta (Figura 1) as sementes inoculadas com o *A. brasilense* apresentaram um incremento até a dose de 330 kg, após houve decréscimo.

Em suas avaliações, Flecha (2000), utilizando doses de Nitrogênio de 0 a 60 Kg ha⁻¹, no perfilhamento da aveia preta, concluiu que a produção de matéria seca aumentou linearmente com as doses utilizadas. Lupatini et al. (1998), estudando a produção de matéria seca (MS) de uma pastagem composta por aveia + azevém (*Lolium multiflorum*, Lam.), encontraram resposta até a maior dose de N avaliada (300 kg ha⁻¹). Além da quantidade de matéria seca, a qualidade da forragem, expressa pela produção de proteína bruta, aumentou nesse experimento em torno de 300% em relação ao tratamento sem N.

De acordo com Okon e Labandera-Gonzales (1994), cerca de 60% a 70% dos trabalhos realizados com *A. brasilense* obtiveram sucesso nos últimos 30 anos, incrementando de 5 a 30% o rendimento das culturas estudadas. Dados que se correlacionam com os obtidos com o presente trabalho.

Figura 1 - Massa seca da parte aérea da aveia em função de doses de nitrogênio e da presença ou não de inoculante *Azospirillum*.

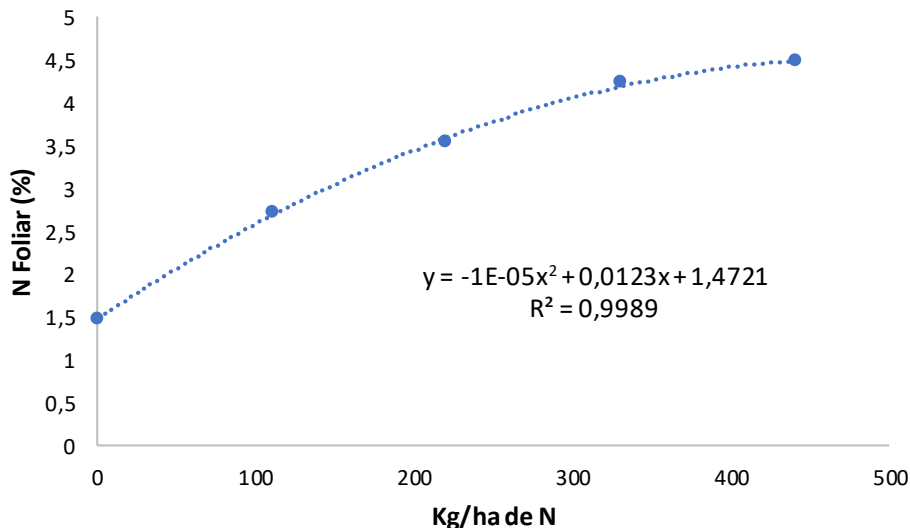


Krzywy e Woloszyk (1984) avaliaram doses de N aplicadas na aveia (0 a 150 kg ha⁻¹), por um período de três anos, sobre as produções de matéria seca e sobre os teores totais de N, P e K acumulados na fitomassa. Os autores observaram que a produção de

matéria seca da aveia respondeu até à dose de 90 kg ha⁻¹ de N. No entanto, as concentrações de N e potássio (K) na matéria seca foram crescentes até à dose máxima de N aplicada, enquanto o teor de fósforo (P) manteve-se constante. Isto é um indicativo de que a limitação de N pode comprometer a capacidade da aveia de ciclar outros nutrientes, que foram adicionados ou já se encontravam disponíveis no solo, limitando assim a produção.

O teor de nitrogênio parte aérea aumentou conforme o aumento da dose, porém não houve efeito da utilização do *Azospirillum* (Figura 2). O aumento no teor foliar de nitrogênio era esperado, uma vez que este nutriente foi fornecido em quantidades crescentes e é exigido pelas culturas, em especial pelas poáceas, em grandes quantidades. O nitrogênio desempenha importantes funções na planta, uma que integra a molécula de clorofila, os aminoácidos e proteínas, entre outros compostos na planta, fundamentais para o seu crescimento e desenvolvimento.

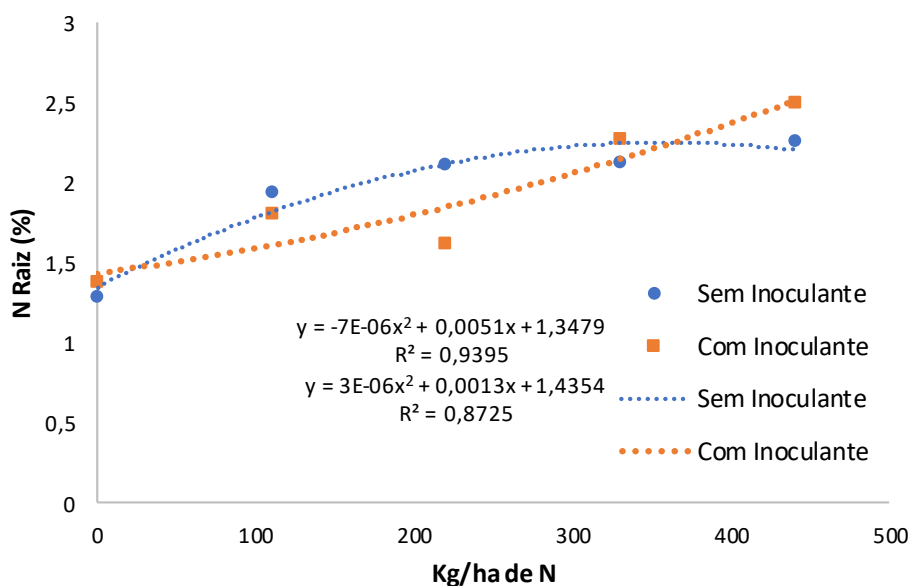
Figura 2 - Teor de nitrogênio na massa seca da parte aérea da aveia em função de doses de nitrogênio e da presença ou não de inoculante *Azospirillum*.



O teor de nitrogênio na massa seca de raízes foi influenciado pelas doses de nitrogênio e pela presença do *Azospirillum*. No desdobramento dos efeitos pode-se observar que as doses (sem a presença do *Azospirillum*) revelaram um efeito quadrático, ou seja, houve um ponto de máxima absorção de nitrogênio, que provavelmente tenha sido limitado pela capacidade das raízes em continuar absorvendo este nutriente. Já na presença do *Azospirillum*, dada sua capacidade de promover o

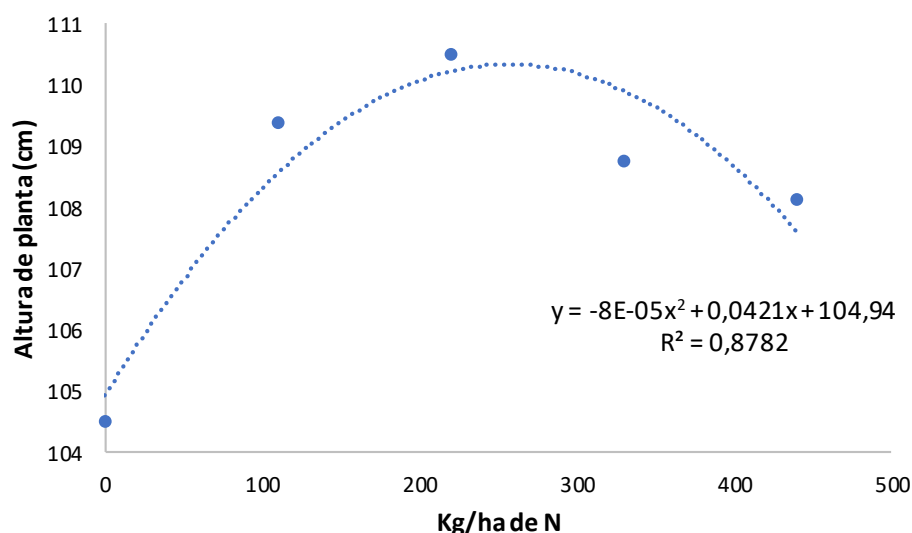
crescimento das raízes em função da síntese de auxinas (TAIZ e ZEIGER, 2013), possivelmente a planta tenha aumentado sua capacidade de absorção deste nutriente, que não alcançou o seu máximo, uma vez que o efeito revelado pelo modelo matemático se revelou linear e crescente (Figura 3).

Figura 3 - Teor de nitrogênio na massa seca da raiz da aveia em função de doses de nitrogênio e da presença ou não de inoculante *Azospirillum*.



Com relação à altura de plantas avaliada na cultura da aveia preta, observou-se que com 220 Kg de nitrogênio obteve-se o maior resultado (Figura 4), salienta-se que esta é a dosagem indicada levando em consideração as características do solo e a exigência da cultura. Não houve interação quanto a utilização de inoculante *Azospirillum brasilens*. Doses acima de 220 kg de N causaram decréscimo na altura das plantas de aveia.

Figura 4 - Altura de plantas de aveia em função de doses de nitrogênio e da presença ou não de inoculante *Azospirillum*.

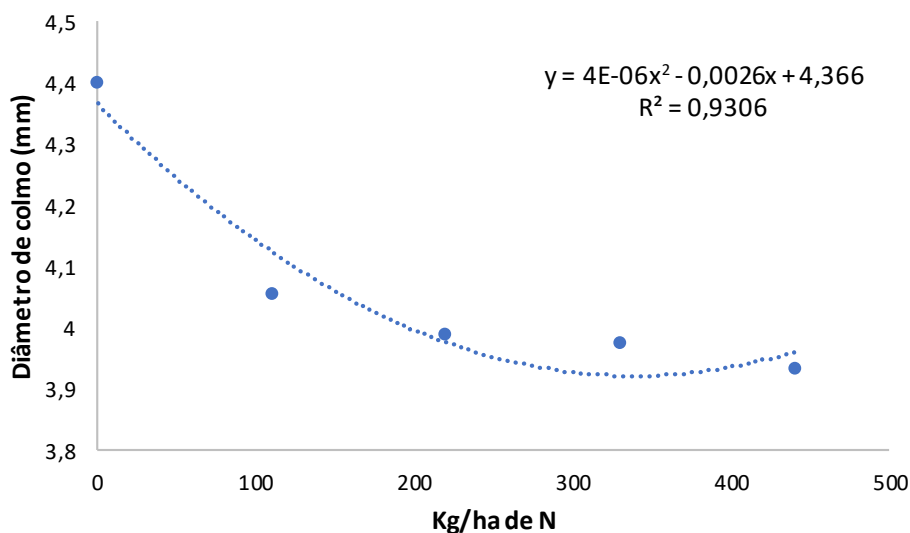


Neste trabalho não encontramos diferença quanto ao uso de inoculante, porém Rosário (2013), relata que a bactéria *Azospirillum brasilense* auxilia no fornecimento de Nitrogênio, e que esta possui capacidade de induzir produção de fitohormônios reguladores de crescimento, o que pode ocasionar modificações na morfologia das raízes e influencia o crescimento da planta, permitindo explorar melhor o solo, e, conseqüentemente, extrair mais água e sais minerais e torna a planta mais robusta e produtiva.

O hormônio mais produzido pelas plantas associadas a *A. brasilense* é a auxina conhecida como ácido 3-indolacético (AIA) (CROZIER et al., 1988). Esta também induz a produção de citocininas (CACCIARI et al., 1989) e giberelinas (BOTTINI et al., 1989).

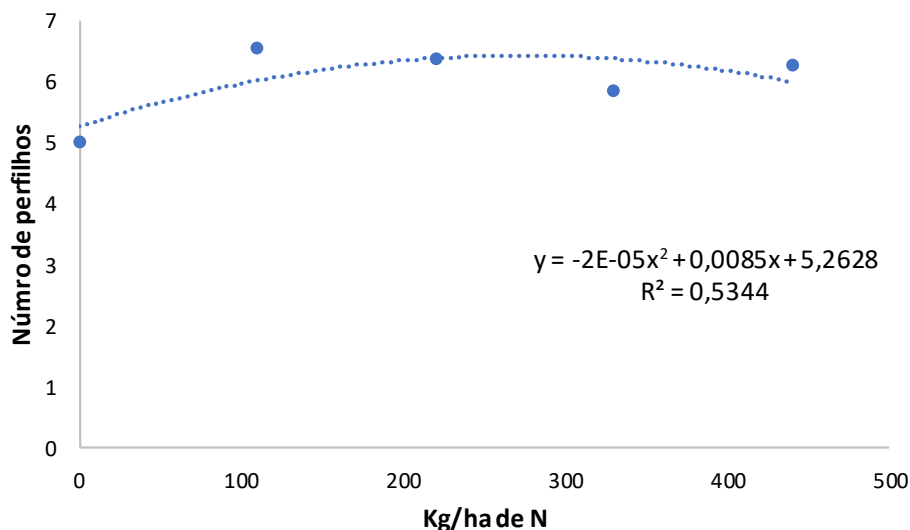
Com relação ao diâmetro do colmo das plantas de aveia preta, o mesmo apresentou decréscimo conforme o aumento da dose de N (Figura 5) e o inoculante também não apresentou diferença. O nitrogênio está ligado a parte estrutural da planta, portanto, pode-se dizer que com a presença do inoculante este se torna presente em maior quantidade, induzindo a planta ao crescimento e diminuindo seu diâmetro de colmo, como foi observado.

Figura 5 - Diâmetro de colmo da aveia em função de doses de nitrogênio e da presença ou não de inoculante *Azospirillum*.



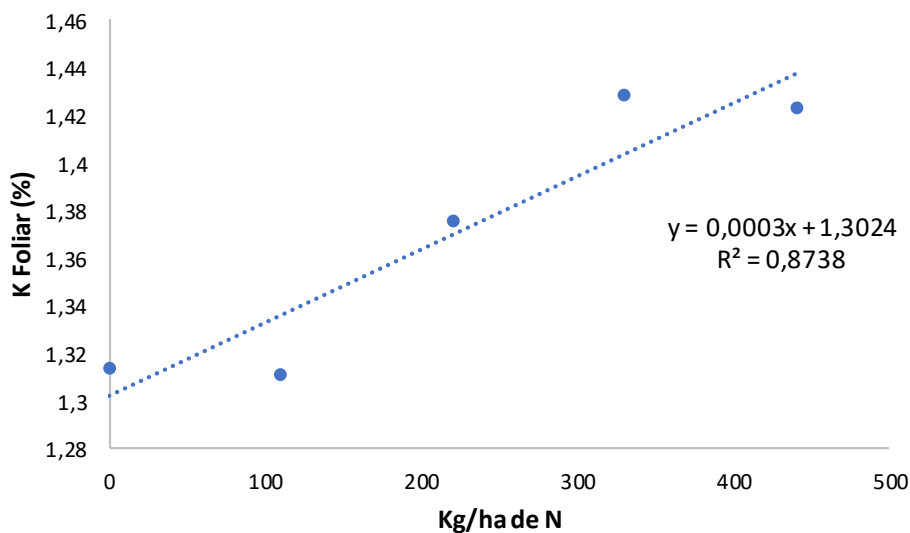
A partir dos resultados obtidos com a contagem de número de perfilhos (Figura 6), observa-se que novamente não houve variação nem com a quantidade de N e nem com uso de inoculante. Porém, Mundstock e Bredemeier (2001), destacam que quando a aveia preta é fertilizada com nitrogênio há um incremento no número de perfilhos. O nitrogênio exerce forte influência no perfilhamento, no número de panículas e no número e tamanho dos grãos, pois está diretamente relacionado com o crescimento e desenvolvimento dos cereais (KRAISIG et al., 2018), fato este que não ocorreu neste trabalho.

Figura 6 - Número de perfilhos da aveia em função de doses de nitrogênio e da presença ou não de inoculante *Azospirillum*.



O teor de potássio (K) presente na parte aérea apresenta um aumento linear conforme ocorre o aumento de Nitrogênio adicionado (Figura 7). A inoculação das sementes com *Azospirillum brasilense*, não produziu efeito sobre esta variável.

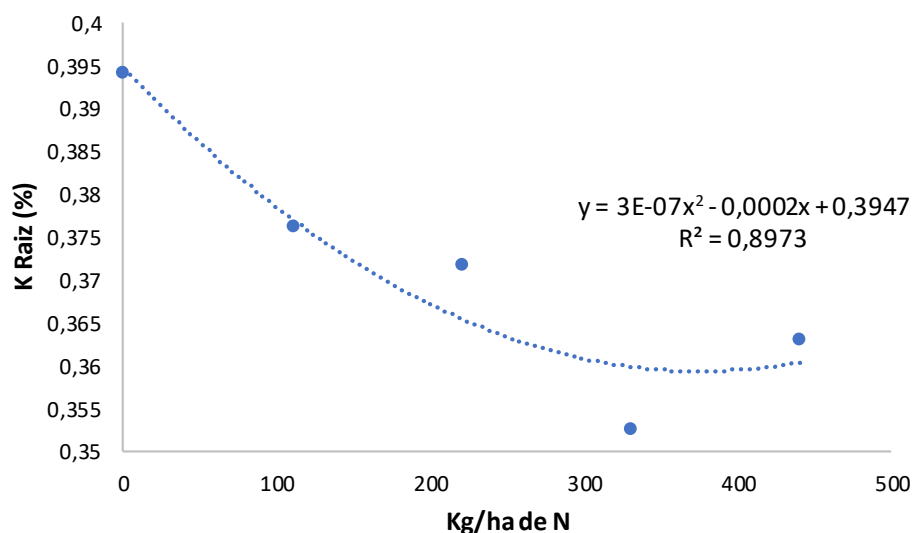
Figura 7 - Teor de potássio na massa seca da parte aérea da aveia em função de doses de nitrogênio e da presença ou não de inoculante *Azospirillum*.



O teor de potássio nas raízes (Figura 8) foi influenciado negativamente pelo aumento no fornecimento de nitrogênio, uma vez que a concentração de potássio

diminuiu, com o aumento das doses. Quanto à inoculação das sementes, não houve diferença estatística entre os tratamentos.

Figura 8 - Teor de potássio na massa seca das raízes da aveia em função de doses de nitrogênio e da presença ou não de inoculante *Azospirillum*.



Os teores de fósforo na parte aérea e na raiz das plantas não foram influenciados pelas doses de nitrogênio e pelo *Azospirillum*. Estes resultados não correspondem aos já observados em outros trabalhos que apontam que o aporte de nitrogênio melhora a absorção de fósforo. Da mesma forma outros trabalhos realizados com a inoculação por *Azospirillum* indicam maior absorção de fósforo. Parte da explicação poderá estar relacionada com o efeito de diluição, uma vez que a massa seca da parte aérea foi influenciada tanto pelas doses de nitrogênio, quanto pela presença do *Azospirillum*.

De acordo com Madhaiyan et al. (2010) a bactéria *Azospirillum* é capaz de produzir ácido indol-acético, onde este hormônio é responsável por promover um maior crescimento de plantas, dados esses que também foram observados por Domingues Neto et al. (2013) destacando que o *Azospirillum* melhora a eficiência da planta na absorção de água e nutrientes. A temperatura e o clima favorável são fatores de extrema importância para que o *Azospirillum* possa apresentar efeitos positivos, bem como as características genéticas de cada cultivar (BRACCINI et al., 2012). Destacando assim que cada cultura e cada condição climática apresenta uma resposta variável a ação de bactérias promotoras de crescimento.

4 CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos, pode-se concluir que a bactéria *Azospirillum* associada as doses de nitrogênio não apresentou interação nas variáveis potássio, fósforo e nitrogênio foliar e na cultura da aveia em também no diâmetro de colmo, altura de planta e número de perfilhos.

Houve acréscimo da massa seca da parte aérea quando as sementes foram inoculadas com *A. brasilense*.

REFERÊNCIAS

BARBOSA, J. Z; CONSALTER, R; VARGAS MOTTA, A. C. Fixação biológica de nitrogênio em Poaceae. **Evidência**, v. 12, n. 1, p. 7-18. 2012.

BOTTINI, R. et al. Identification of gibberellins A1, A3 and iso-A3 in cultures of *Azospirillum lipoferum*. **Plant Physiology**, [S. l.], v.90, p.45-47, 1989.

BRACCINI, A. L. et al. Seed Inoculation with *Azospirillum brasilense*, associated with the use of bioregulators in maize. **Revista Caatinga**, v. 25, n. 2, p. 58-64, 2012.

CACCIARI, I. et al. Phytohormone-like substances produced by single and mixed diazotrophic cultures of *Azospirillum* and *Arthrobacter*. **Plant and Soil**, Roma, v.115, p.151- 153, 1989.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V. V. H.; eds. Fertilidade do solo. Viçosa, MG, **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, 2007. p.422-423

Centro Estadual de Meteorologia - CEMETRS, 2012. “Atlas climático do Rio Grande do Sul”. 2017. Disponível em: <<http://www.r3pb.com.br/AtlasCemetRS/>>. Acesso em: 27/12/2022.

CHAGAS JUNIOR, A. F. et al. Eficiência da inoculação combinada de rizóbio e *Trichoderma* spp. em diferentes cultivares de feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) no cerrado (Savana Brasileira). **Revista de Ciências Agrárias**, v. 37, n. 1, p. 20-28, 2014.

CHAPIN, F. S. The Mineral Nutrition of Wild Plants. Annual Review of Ecology and Systematics, v. 11, n. 1, p.233-260, nov. 1980. **Annual Reviews**.

COSTA D. L. et al. Formação e manejo de pastagens na Amazônia do Brasil. REDVET. **Revista Electrónica de Veterinaria**, v. 7, n. 1, p. 9-30, 2006.

CROZIER, Alan. et al. Analysis of indole-3-acetic acid and related indóis in culture medium from *Azospirillum lipoferum* and *Azospirillum brasilense*. **Applied and Environmental Microbiology**, [S. l.], v.54, p.2833-2837, jun./ago, 1988.

DARTORA, J. et al. Adubação nitrogenada associada à inoculação com *Azospirillum brasilense* e *Herbaspirillum seropedicae* na cultura do milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 10, p. 1023- 1029, 2013.

DOMINGUES NETO, F. J. et al. Desenvolvimento e produtividade do milho verde safrinha em resposta à aplicação foliar com *Azospirillum brasilense*. **Enciclopédia Biosfera**, v. 9, n. 17, p. 1030-1040, 2013.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos**. 3 ed. Rio de Janeiro: Embrapa/CNPS, 306p, 2013.

FERREIRA, D.F. **Sisvar**: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.

FLECHA, A. M. T. Possibilidades de manejo da adubação nitrogenada na cultura do milho, em sucessão a aveia preta, no sistema plantio direto. Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 2000.

FLOSS, E. L. Manejo forrageiro de aveia (*Avena* sp.) e azevem (*Lolium* sp.). In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM, v.9, p. 231-268, 1988. Piracicaba. **Anais [...]**. Piracicaba: FEALQ, 1988. 358p.

HARTMANN A. The genus *Azospirillum*. In: Dworkin M, Falkow S, Rosenberg E, Schleifer KH, Stackebrandt E. (Ed.). *The Prokaryotes*. New York: Springer. pp. 115-140, 2006.

KRAISIG, A. R. et al. Análise da superfície de resposta sobre o uso do biopolímero hidrogel no sistema soja/aveia. **Proceeding Series of the Brazilian Society of Computational and Applied Mathematics**, v. 6, n. 1, 2018.

LUPATINI, G. C. et al. Produção de bovinos de corte em pastagem de aveia preta e azevém submetida à adubação nitrogenada. **Ci. Anim. Bras., Goiânia**, v.14, n.2, p. 164- 171, 2013.

MARIN, V. A. et al. Fixação biológica de nitrogênio: bactérias fixadoras de nitrogênio de importância para a agricultura tropical. 1999.

MATTIONI, N. M. et al. Qualidade das sementes de aveia preta de acordo com a pigmentação. **Revista de Ciências Agrárias - Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 57, n. 1, p. 90-94, 2014.

MADHAIYAN, M. et al. Effect of coinoculation of methylotrophic *Methylobacterium oryzae* with *Azospirillum brasilense* and *Burkholderia pyrrocinia* on the growth and nutrient uptake of tomato, red pepper and rice. **Plant and Soil**, v. 328, n. 1, p. 71–82, 2010.

MUNDSTOCK, C.M.; BREDEMEIER, C. Disponibilidade de nitrogênio e sua relação com o afilhamento e o rendimento de grãos de aveia. **Ci. Rural**, p. 205-211, 2001.

OKON, Y.; LABANDERA-GONZALES, C. A. Agronomic applications of *Azospirillum*: an evaluation of 20 years worldwide field inoculation. **Soil Biology and Biochemistry**, Issue, v.26, p.1591-1601, dez, 1994.

OOSTERHUIS, D. M. et al. The physiology of potassium in crop production. **Advances in agronomy**, v. 126, p. 203-233, 2014.

PORTAS, A. A. et al. Aveia preta - boa para a agricultura, boa para a pecuária. 2007. Disponível em: Acesso em: 02/12/2022.

PRIMAVESI, A. C. et al. Nutrientes na fitomassa de capim-marandu em função de fontes e doses de nitrogênio. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 3, p.562- 568, jun. 2006.

RAMBO, L. et al. Adequação de doses de nitrogênio em milho com base em indicadores de solo e de planta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, p. 401-409, 2008.

ROLAS - Rede oficial de laboratórios de análise de solo e de tecido vegetal. Manual de calagem e adubação para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. Porto Alegre: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo** – Núcleo Regional Sul: Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC, 2016. 376p.

ROSÁRIO, J. G. do. Inoculação com *Azospirillum brasilense* associada à redução na adubação nitrogenada de cobertura em cultivares de trigo. 2013. 71p. **Dissertação (Mestrado em Agronomia)** – Universidade Estadual do Centro-Oeste, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Guarapuava, 2013

SANTI, A. Adubação nitrogenada na aveia preta (*Avena strigosa*, Schieb): decomposição da fitomassa, liberação de nitrogênio e rendimento do milho em sucessão. Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 2001. Dissertação de Mestrado.

SANTI, A. et al. Adubação Nitrogenada na aveia preta. Influência na produção de matéria seca e ciclagem de nutrientes sob sistema de plantio direto, **Rev. Bras. Ciênc. Solo** v.27 n. 6, 2003.

SILVA, M. A. G. da et al. Manejo da adubação nitrogenada e influência no crescimento da aveia preta e na produtividade do milho em plantio direto. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 31, p. 275-281, 2009.

TAIZ, Lincoln; ZEIGER, Eduardo. Assimilação de Nutrientes: Fixação biológica de Nitrogênio. In: TAIZ, ZEIGER (Aut). **Fisiologia Vegetal**. Porto Alegre: ARTMED, 2013. Cap. 12, p. 343-368.