

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

Aline Rodrigues Silva

**PRODUTIVIDADE E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE PASTAGEM DE TIFTON 85
INOCULADA COM *Azospirillum brasilense* ASSOCIADA À FERTILIZAÇÃO
NITROGENADA**

Santa Maria, RS
2019

Aline Rodrigues Silva

**PRODUTIVIDADE E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE PASTAGEM DE TIFTON 85
INOCULADA COM *Azospirillum brasilense* ASSOCIADA À FERTILIZAÇÃO
NITROGENADA**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-graduação em Zootecnia, Área de Concentração Produção Animal/Bovinocultura de Leite, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Zootecnia**.

Orientador: Prof. Dr. Clair Jorge Olivo

Santa Maria, RS

2019

Silva, Aline Rodrigues
PRÓDUTIVIDADE E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE PASTAGEM DE
TIFTON 85 INOCULADA COM *Azospirillum brasilense*
ASSOCIADA À FERTILIZAÇÃO NITROGENADA / Aline Rodrigues
Silva.- 2019.
45 p.; 30 cm

Orientador: Clair Jorge Olivo
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós
Graduação em Zootecnia, RS, 2019

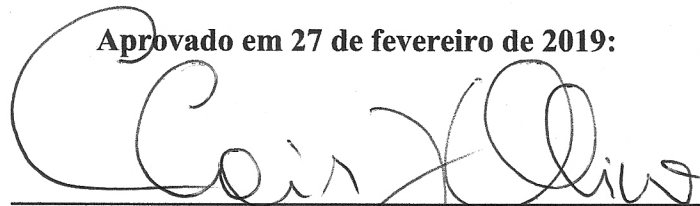
1. Bactérias diazotróficas 2. *Cynodon* spp 3. Produção
de forragem 4. Composição química I. Olivo, Clair Jorge
II. Título.

Aline Rodrigues Silva

**PRODUTIVIDADE E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE PASTAGEM DE TIFTON 85
INOCULADA COM *Azospirillum brasilense* ASSOCIADA À FERTILIZAÇÃO
NITROGENADA**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-graduação em Zootecnia, Área de Concentração Produção Animal/Bovinocultura de Leite, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Zootecnia**.

Aprovado em 27 de fevereiro de 2019:



Clair Jorge Oliyo, Dr. (UFSM)
(Presidente/Orientador)



Gilmar Roberto Meinerz, Dr. (UFFS)



Fernando Luiz Ferreira de Quadros, Dr. (UFSM)

Santa Maria, RS
2019

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-graduação em Zootecnia
Universidade Federal de Santa Maria

PRODUTIVIDADE E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE PASTAGEM DE TIFTON 85 INOCULADA COM *Azospirillum brasilense* ASSOCIADA À FERTILIZAÇÃO NITROGENADA

AUTOR: ALINE RODRIGUES SILVA
ORIENTADOR: CLAIR JORGE OLIVO

DATA E LOCAL DA DEFESA: SANTA MARIA, 27 DE FEVEREIRO DE 2019

O capim Tifton 85 tem sido amplamente utilizado em regiões tropicais e subtropicais. Devido à alta produção de forragem dessa gramínea, torna-se exigente em fertilidade. A inoculação com *Azospirillum brasilense* é uma alternativa para reduzir os fertilizantes nitrogenados e os custos, conseqüentemente. No entanto, os efeitos da inoculação em gramíneas tropicais ainda são pouco conhecidos. Objetivou-se nesse estudo, avaliar a produtividade, características da pastagem e a composição química de forragem de capim Tifton 85, inoculada com *Azospirillum brasilense* e associada a diferentes níveis de adubo nitrogenado. No estudo foram avaliados 4 níveis de nitrogênio (0, 100, 200 e 300 kg ha⁻¹), submetidos ou não à inoculação, sob condições de corte. O experimento foi conduzido no período de agosto de 2017 a maio de 2018. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em arranjo fatorial, com dois níveis qualitativos (inoculado com *Azospirillum brasilense* ou não inoculado) e quatro quantitativos (doses de nitrogênio), com três repetições (parcelas). Avaliou-se a composição botânica e morfológica, relação folha/colmo, produção de forragem e composição química. A inoculação elevou a produção de forragem em todas as pastagens, mas não afetou a composição química da forragem. O aumento do fertilizante nitrogenado está associado ao aumento da produção de forragem e da concentração de proteína bruta. A concentração de fibra em detergente neutro e os nutrientes digestíveis totais não foram afetados pela inoculação ou pela adubação nitrogenada.

Palavras-chave: Bactérias diazotróficas. *Cynodon* spp. Fibra em detergente neutro. Nutrientes digestíveis totais. Produção de forragem. Proteína bruta.

ABSTRACT

Dissertation of Mastership
Animal Science Post-Graduation Program
Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brazil

PRODUCTIVITY AND CHEMICAL COMPOSITION OF TIFTON 85 BERMUDAGRASS INOCULATED WITH *Azospirillum brasilense* ASSOCIATED WITH NITROGEN FERTILIZATION

AUTHOR: ALINE RODRIGUES SILVA

ADVISER: CLAIR JORGE OLIVO

DATE AND DEFENSE'S PLACE: SANTA MARIA, 27th FEBRUARY OF 2019

Tifton 85 bermudagrass have been widely used in tropical and subtropical regions. Due to its high forage yield, the fertility requirement of Tifton 85 is also high. The inoculation with *Azospirillum brasilense* is an alternative to reduce nitrogen fertilizers and costs, consequently. However, the effects of inoculation in tropical grasses are still little knew. The aim of this study was to evaluate the productivity, pasture characteristics and chemical composition of Tifton 85 bermudagrass, inoculated with *Azospirillum brasilense* and associated to nitogen fertilizer. The study evaluated four nitrogen levels (0, 100, 200 and 300 kg ha⁻¹), inoculated or not, under cutting conditions. The experimental design was completely randomized, in a factorial arrangement, with two qualitative levels (inoculated with *Azospirillum brasilense* or uninoculated) and four quantitative (nitrogen doses), with three replications (plots). Botanical and morphological composition, leaf/steam ratio, chemical composition and forage yield were evaluated. Inoculation raised the herbage yield in all pastures, but did not affect the chemical composition of forage. Increasing nitrogen fertilizers is associated with herbage yield and crude protein concentration. Neutral detergent fibers and total digestible nutrients were not affected by inoculation or nitrogen fertilization.

Key words: Crude protein. *Cynodon* spp. Diazotrophic bacteria. Herbage yield. Neutral detergent fiber. Total digestible nutrients.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Efeito de doses de N e inoculação com <i>Azospirillum brasilense</i> em pastagens constituídas por Tifton 85 e espécies de crescimento espontâneo de ciclo estival. Santa Maria, RS, 2017-2018.	36
Tabela 2 – Produtividade de pastagens, inoculadas com <i>Azospirillum brasilense</i> e adubadas com N, constituídas por Tifton 85 e espécies de crescimento espontâneo de ciclo estival. Santa Maria, RS, 2017-2018.	37
Tabela 3 – Composição química de lâminas foliares do estrato superior de Tifton 85, submetido a diferentes doses de adubo nitrogenado e inoculado com <i>Azospirillum brasilense</i> . Santa Maria, RS, 2017-2018.	37

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Efeito de doses de N e inoculação com *Azospirillum brasilense* em pastagens constituídas por Tifton 85 e espécies de crescimento espontâneo de ciclo estival. Santa Maria, RS, 2017-2018.

.....38

Figura 2 – Teor de proteína bruta de lâminas foliares do estrato superior de Tifton 85, submetido a diferentes doses de adubo nitrogenado e inoculado com *Azospirillum brasilense*. Santa Maria, RS, 2017-2018.

.....38

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	8
1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS	8
1.1 INTRODUÇÃO.....	8
1.2 HIPÓTESES	10
1.2.1 Hipótese Geral	10
1.2.2 Hipóteses Específicas	10
1.3 OBJETIVOS.....	10
1.3.1 Objetivo geral	10
1.3.2 Objetivos específicos	10
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO	11
CAPÍTULO 2	12
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
2.1 TIFTON 85.....	12
2.2 USO DO NITROGÊNIO EM PASTAGENS.....	13
2.3 BACTÉRIAS DIAZOTRÓFICAS	16
CAPÍTULO 3	21
PRODUTIVIDADE E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE FORRAGEM DE TIFTON 85 INOCULADA COM <i>Azospirillum</i> brasilense ASSOCIADA À FERTILIZAÇÃO NITROGENADA	21
3.1 RESUMO	21
3.2 INTRODUÇÃO.....	22
3.3 MATERIAL E MÉTODOS.....	23
3.4 RESULTADOS	25
3.5 DISCUSSÃO	27
3.6 CONCLUSÃO.....	31
3.7 REFERÊNCIAS	32
CAPÍTULO 4	39
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	39
REFERÊNCIAS	41

CAPÍTULO 1

1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

1.1 INTRODUÇÃO

As gramíneas do gênero *Cynodon* spp. são distribuídas de forma ampla geograficamente, principalmente em regiões tropicais e subtropicais, estando entre as forrageiras perenes de estação quente mais importantes utilizadas como pastagem e feno (SOLLENBERGER, 2008). As cultivares do gênero se sobressaem pois, são capazes de resistirem aos fatores adversos do clima tropical e subtropical (CECATO et al., 2001), apresentar alta produção de forragem, valor nutritivo e capacidade de suporte de animais (FAGUNDES et al., 2012).

Dentre as variedades do gênero, destaca-se o capim Tifton 85 [*Cynodon dactylon* (L.) Pers. × *Cynodon nlenfuensis*], sendo uma das melhores cultivares de grama pela maior produção de forragem e valor nutritivo (HILL et al., 1993, LIU et al., 2011), além de responder de forma expressiva à adubação nitrogenada (SOLLENBERGER, 2008). Sendo uma forrageira exigente em fertilidade, a utilização de fertilizantes é determinante para aumentar a produção e a qualidade da forragem (SOHM et al., 2014).

Entretanto, os fertilizantes, muitas vezes, não são utilizados nas pastagens ou são aplicados de forma incorreta. Dessa forma, a forrageira não consegue expressar seu potencial produtivo, tornando o sistema menos eficaz, além de contribuir para a degradação da área, uma vez que os nutrientes retirados pela planta não são devolvidos ao solo na mesma proporção (FRANCISCO et al., 2017). Agrega-se também que a maioria dos fertilizantes nitrogenados são sintéticos, na forma de ureia, e seu uso implica em perdas por volatilização e lixiviação, na ordem de até 50% (CORASSA et al., 2013). As perdas por volatilização podem contaminar a atmosfera, pois tendem a elevar a concentração de amônia e CO₂ (OKUMURA e MARIANO, 2012). No processo de lixiviação, a contaminação ocorre no solo e lençóis de água, pelo livre fluxo do N na solução do solo (ASSMANN et al., 2018).

O nitrogênio é considerado o nutriente mais importante, em termos quantitativos, para potencializar a produção de forragem das gramíneas, assegurar maior taxa de lotação e produção animal por área (ALVIM e BOTREL, 2001), além de aumentar a concentração de

proteína bruta nos pastos (ANDERSON e STEWART, 2017). Os gastos diretos com fertilizantes podem chegar a mais de 60% no custo de produção em sistemas intensivos, valor que pode se elevar com os custos agregados de transporte, armazenamento, aplicação, outros insumos, gestão de produção e uso da forragem produzida (BARCELLOS et al., 2008). Portanto, a busca por alternativas que possam reduzir o uso de fertilizantes nas pastagens, tornando a produção menos onerosa e mais sustentável é imprescindível (HUNGRIA, 2011), destacando-se o uso de bactérias diazotróficas.

A associação de bactérias diazotróficas às raízes das plantas traz benefícios às mesmas, pois elas são capazes de anular populações de microrganismos fitopatogênicos do solo, fixar nitrogênio atmosférico, secretar fitormônios (como auxinas, citoquininas e giberelinas) e também quebrar os poluentes do solo (DOBBELAERE et al., 2003). Bactérias pertencentes ao gênero *Azospirillum* são conhecidas por sua capacidade de fixação biológica do nitrogênio em associação com gramíneas (HUNGRIA, 2011). Os efeitos benéficos da inoculação de plantas com a bactéria *A. brasilense* incluem aumento do comprimento da raiz, aumento da biomassa e da concentração de N em brotos (RODRIGUEZ et al., 2004). Desta forma, a inoculação de plantas mostra ser uma alternativa para reduzir o uso de adubos nitrogenados.

Os estudos com inoculação de *A. brasilense* em pastagens, principalmente perenes, são limitados, pois a maioria das pesquisas foi desenvolvida em cultivo de cereais (DÍAZ-ZORITA et al., 2015). Além disso, há uma série de fatores que não estão bem esclarecidos, incluindo associação às plantas e interação com o adubo nitrogenado, pois sua atuação está extremamente relacionada às condições edafoclimáticas, tornando os estudos em condições de campo muito divergentes (VOGEL et al., 2013).

Desta maneira, objetivou-se com esse estudo avaliar a produção e a composição química de forragem de capim Tifton 85 inoculada com *Azospirillum brasilense*, estirpes Ab-V5 e Ab-V6, e a relação com diferentes níveis de adubação nitrogenada.

1.2 HIPÓTESES

1.2.1 Hipótese Geral

A inoculação com bactérias *Azospirillum brasilense* em pastagens de Tifton 85, submetidas a distintos níveis de adubo nitrogenado, aumenta a produção, altera a morfologia das plantas e melhora a composição química da forragem.

1.2.2 Hipóteses Específicas

- A inoculação e as doses de adubo nitrogenado afetam a composição botânica das pastagens e a composição morfológica do Tifton 85;
- O uso da inoculação aumenta a produção de forragem independentemente das doses de N utilizadas;
- Melhores valores de proteína bruta e de fibra em detergente neutro são verificados na forragem das pastagens inoculadas e que receberam adubo nitrogenado.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo geral

Avaliar a morfologia das plantas, produção e composição química de forragem de Tifton 85 inoculada com *Azospirillum brasilense*.

1.3.2 Objetivos específicos

- Determinar a composição botânica das pastagens e morfológica do Tifton 85;
- Estimar a taxa de acúmulo diário da forragem e a produção de forragem.
- Avaliar a composição química da forragem e estimar a fração nutrientes digestíveis totais;

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho está estruturado da seguinte forma: No capítulo 1, são abordadas as considerações iniciais; no capítulo 2, tem-se a revisão bibliográfica, abordando a principal espécie que constitui as pastagens estudadas, o uso de adubo nitrogenado e a utilização de bactérias diazotróficas em plantas forrageiras; no capítulo 3, tem-se o detalhamento e análise da experimentação; e, no capítulo 4, as considerações finais.

CAPÍTULO 2

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 TIFTON 85

As gramíneas do gênero *Cynodon*, originaram-se provavelmente no sudeste da África. São gramíneas perenes de estação quente, disseminando-se principalmente por rizomas e estolões (ATHAYDE et al., 2012). Os capins Coastal Bermuda, Florakirk, Coastcross e Tifton 85, apresentam rizomas e estolões. Já os capins Florico, Florona e Estrelas africana e roxa possuem apenas estolões (SOARES FILHO et al., 2002). Segundo Vilela et al. (2006), o Brasil se destaca por apresentar grande potencial de utilização do gênero *Cynodon*, uma vez que essas forrageiras apresentam elevado potencial produtivo, resposta à fertilidade do solo, adaptação a diferentes ambientes e flexibilidade de uso como pastagem, feno e silagem.

O capim bermuda, cv. Tifton 85 foi desenvolvido por BURTON et al. (1993), em Tifton, sul do Estado da Geórgia, a partir do cruzamento de uma bermuda sul-africana (PI 290884) com outra grama bermuda, o capim Tifton 68 (OLIVEIRA et al., 2000). Apresenta porte mais alto, hastes delgadas e lisas, folhas menores e mais estreitas, e de cor verde mais escura do que as outras bermudas híbridas, estolões abundantes, verdes de tom arroxeado e rizomas mais grossos e desenvolvidos (ATHAYDE et al., 2005).

Este híbrido foi liberado para plantio em 1993, sendo considerada a melhor cultivar de Tifton pela maior produção de forragem, maior resposta à adubação, melhor digestibilidade e maior teor de proteína bruta, produzindo até 100 kg MS ha⁻¹ dia⁻¹ entre primavera e verão (COSTA et al., 2013). Tem sido amplamente utilizado, seja por suas características produtivas, seu ciclo de vida perene ou por sua resistência a temperaturas amenas (LIU et al., 2011).

Essa gramínea é capaz de continuar seu desenvolvimento até a temperatura de 4°C, desde que em boas condições de umidade e fertilidade (TEIXEIRA et al., 2013). Sua produtividade pode chegar a mais de 20 t ha⁻¹ ano⁻¹ de matéria seca, respondendo de forma linear crescente ao adubo nitrogenado até a dose de 600 kg ha⁻¹ (QUARESMA et al., 2011). Normalmente, o teor de proteína bruta do Tifton 85 se encontra na faixa de 14 a 19%, variando ao longo do ano em função da temperatura e fotoperíodo (SANCHES et al., 2016).

Em análise da produtividade do capim Tifton 85 sob pastejo e doses de nitrogênio (0, 20, 40 e 60 kg ha⁻¹ ciclo⁻¹ de pastejo), na forma de ureia, a produtividade, em sete ciclos de pastejo, cresceu de forma linear em resposta à adubação nitrogenada. O tratamento testemunha produziu 7,8 t MS ha⁻¹, enquanto o maior nível de adubação produziu 22,8 t MS ha⁻¹ (GOMES et al., 2015).

Em avaliação do acúmulo de forragem em pastos de Tifton 85 adubados com nitrogênio e manejados sob lotação contínua, utilizando doses de nitrogênio (0, 100, 200 e 400 kg ha⁻¹ ano⁻¹) divididas em três aplicações, foram encontrados valores crescentes para o a taxa de acúmulo da forragem com o aumento das doses de nitrogênio. Obteve-se os valores de 40,2 e 91,2 kg MS ha⁻¹ dia⁻¹, para o tratamento testemunha e para a dose de 400 kg N ha⁻¹ ano⁻¹, respectivamente (MOREIRA et al., 2015).

Em estudo em que se avaliou a influência de cinco doses de nitrogênio (0, 25, 50, 75 e 100 kg ha⁻¹), duas idades de rebrota (28 e 35 dias) e quatro cortes, no capim Tifton 85, a produção de forragem foi maior para o nível mais elevado de adubação (16,9 e 15,8 t MS ha⁻¹), para a idade de 28 e 35 dias de rebrota, respectivamente. A maior eficiência de utilização de N foi para a dose de 25 kg N ha⁻¹ no corte 1, com 13,79 kg MS/kg de N, aplicado na idade de rebrota de 35 dias (TAFFAREL et al., 2016).

As pesquisas relatadas demonstram o potencial de utilização do Tifton 85, destacando sua elevada produção de forragem, valor nutritivo e resposta à adubação. Contudo, alternativas visando diminuir a utilização de fertilizantes químicos, integrando-os a outras fontes ou produtos biológicos, a fim de tornar os sistemas forrageiros mais sustentáveis, ainda são escassas.

2.2 USO DO NITROGÊNIO EM PASTAGENS

As pastagens brasileiras, em sua maioria, vêm sendo exploradas ao longo dos anos dentro de um sistema extrativista, utilizando-se da fertilidade natural dos solos para implantação de forrageiras e, à medida que esta fertilidade vai diminuindo, o potencial produtivo da forrageira instalada é minimizado (PEREIRA et al., 2013). Estima-se que 40 a 60% das áreas de pastagens mostram algum sinal de degradação (DIAS-FILHO, 2011), devido ao manejo inadequado do solo (BRAZ et al., 2013). Dentre os problemas ocasionados

estão a diminuição da produção animal, baixa fertilidade, erosão do solo e infestação por ervas daninhas, caracterizando um sistema sem sustentabilidade (PEQUENO et al., 2015) e incapaz de atender as necessidades dos animais (BROWN et al., 2012).

Algumas práticas contribuem para o sucesso dos sistemas de produção e preservação do solo e meio ambiente. Dentre essas práticas estão a calagem, o manejo do pastejo, a irrigação e a adubação de pastagens, particularmente a nitrogenada (MOREIRA et al., 2015). Francisco et al. (2017) destacam que o nitrogênio é um nutriente chave para promover a produção de biomassa, e plantas C4 em ambientes tropicais respondem muito bem a ele. Esse nutriente está presente em muitos componentes das células das plantas: proteínas, pigmentos, aminoácidos, coenzimas e na molécula de clorofila, sendo responsável por processos fotossintéticos (FIORENTIN et al., 2012). Os vários benefícios do N para as plantas incluem também o aumento de colmos, folhas, rizomas, massa radicular, relação folha/colmo e valor nutritivo (ALDERMAN et al., 2011). Dessa forma, a falta de nitrogênio ocasiona crescimento lento, plantas de porte baixo, redução na quantidade de perfilhos, e os teores de proteína tornam-se insuficientes para atender às exigências do animal (MARIANI et al., 2018).

No solo, a fonte natural de nitrogênio é a matéria orgânica, que não é absorvida diretamente pela planta. É preciso que os microrganismos façam a mineralização do N para que este fique disponível para as plantas (MARIANI et al., 2018). Assmann et al. (2018) destacam que o nitrato é a principal forma de N disponível no solo, seja via fertilizante químico ou pela degradação da matéria orgânica. Quando não é absorvido pelas plantas ou imobilizado pelos microrganismos, permanece livre na solução do solo e está sujeito a lixiviação, podendo contaminar águas superficiais ou profundas.

A forma mais comumente utilizada de incorporação de nitrogênio na produção agropecuária é por adubo nitrogenado em forma de ureia (REETZ JUNIOR, 2016), a qual apresenta a fórmula química $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ (OKUMURA e MARIANO, 2012). Entretanto, a aplicação incorreta pode resultar em perdas significantes por volatilização ou lixiviação (KNIGHT et al., 2007). As perdas de amônia por volatilização podem chegar a 20% do N aplicado (MASSEY et al., 2011). Esse percentual pode chegar a 50%, se somadas ainda as perdas por lixiviação, desnitrificação, erosão e imobilização microbiana (CORASSA et al., 2013). A volatilização pode contaminar a atmosfera, pois tende a elevar a concentração de

amônia e CO₂ (OKUMURA e MARIANO, 2012). No processo de lixiviação, pode contaminar o solo e águas superficiais ou profundas, por permanecer livre na solução do solo (ASMANN et al., 2018).

Para minimizar as perdas e melhorar a eficiência do nitrogênio adotam-se algumas estratégias. Assmann et al. (2018) destacam que dividir a aplicação do nitrogênio, possa melhorar a sincronização da fonte de nitrogênio com a capacidade de utilização pela planta, diminuindo as perdas. Aplicações mais frequentes, mas em pequenas quantidades, reduzem a volatilização, desnitrificação e lixiviação, permitindo melhor crescimento e manutenção das plantas (SILVA et al., 2013).

Outra maneira de se minimizar esses impactos ambientais e também os custos de produção, pela possibilidade de redução de fertilizantes nitrogenados, é a utilização de biofertilizantes (BILAL et al., 2015). Dessa forma, uma maneira mais sustentável de incorporar N ao sistema é através da fixação biológica de nitrogênio (FBN) (NAKAO et al., 2014).

A FBN pode ocorrer por associação simbiótica de microrganismos fixadores de N₂ com leguminosas que convertem o nitrogênio atmosférico em amônia e por associação assimbiótica (HAYAT et al., 2010). As bactérias fixadoras de nitrogênio produzem a enzima dinitrogenase, quebrando a tripla ligação do N atmosférico e liberando o uso de nitrogênio para a planta. No caso das bactérias do gênero *Azospirillum*, a qual pertence *A. brasilense* (bactérias promotoras do crescimento das plantas), há a capacidade de associação com gramíneas. Entretanto, bactérias associativas excretam somente uma parte do nitrogênio fixado diretamente para a planta associada (HUNGRIA, 2011).

Conhecendo-se a importância da incorporação de nitrogênio nas pastagens, buscam-se meios que possam adicionar esse nutriente de forma mais econômica e sustentável no sistema. Assim, o uso de biofertilizantes, como bactérias fixadoras de nitrogênio, pode contribuir para esse objetivo sem prejudicar o meio ambiente e potencializar a produção de forragem.

2.3 BACTÉRIAS DIAZOTRÓFICAS

Fertilizantes químicos são amplamente empregados nas lavouras e pastagens para promover o crescimento e a produtividade das culturas. Da mesma forma, seu uso contribui para conservação e recuperação de áreas degradadas. Entretanto, a utilização desses fertilizantes, sobretudo os nitrogenados, torna-se onerosa e por esse motivo seu uso muitas vezes é limitado. Além disso, o uso incorreto causa danos ao meio ambiente pela contaminação do solo e mananciais.

Hungria (2011) destaca que é fundamental encontrar alternativas para garantir a produtividade a baixo custo. Neste contexto, alguns microrganismos, como as bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico, as bactérias promotoras do crescimento de plantas e os fungos micorrízicos podem contribuir para alcançar este objetivo. Os biofertilizantes podem auxiliar na produção agrícola sem deteriorar o solo e o meio ambiente (BILAL et al. 2015; PINDI e SATYANARAYANA, 2012).

Bactérias diazotróficas são aquelas capazes de quebrar a tripla ligação do N_2 atmosférico e convertê-lo em amônia, através da enzima dinitrogenase, liberando seu uso pelas plantas. Essas bactérias se associam a diversas espécies de plantas em diferentes graus de especificidade, levando a classificação como bactérias associativas, endofíticas ou simbióticas (HUNGRIA et al., 2007).

O gênero *Azospirillum* ganhou destaque mundial a partir da década de 70, quando a pesquisadora da Embrapa, Dr. Johanna Döbereiner, fez a descoberta da capacidade de fixação biológica do nitrogênio dessas bactérias quando em associação com gramíneas. Essa característica originou a reclassificação, em 1978, do gênero *Spirillum* para *Azospirillum*, inicialmente descrito por Martinus Beijerinck (1922, 1925). Além da reclassificação, foram descritas as espécies *Azospirillum lipoferum* e *Azospirillum brasilense* (TARRAND et al., 1978). Atualmente, são 15 espécies descritas neste gênero (ANDRADE et al., 2016; REIS et al., 2010).

Azospirillum brasilense são bactérias aeróbias fixadoras de nitrogênio (diazotróficas), α -Proteobactérias, gram negativas, móveis, em espiral, com flagelo polar em meio líquido e flagelo polar e cílios laterais em meio sólido (DÖBEREINER e PEDROSA, 1987). Fixam N_2 sob condições tropicais (30-40 °C), podem colonizar os tecidos de plantas, gramíneas e não gramíneas (CASSÁN e DÍAZ-ZORITA, 2016).

De acordo com Huergo et al. (2008), *A. brasilense* é uma bactéria diazotrófica associativa capaz de promover o desenvolvimento do sistema radicular com aumento na densidade e comprimento dos pelos radiculares, do número e volume de raízes laterais, aumentar a absorção de nutrientes pela planta hospedeira e a resistência da planta ao estresse hídrico. Entretanto, bactérias associativas excretam somente uma parte do nitrogênio fixado diretamente para a planta associada, assim, o processo de fixação biológica por essas bactérias consegue suprir apenas parcialmente as necessidades das plantas (HUNGRIA, 2011).

Hungria (2011) relata que no mercado brasileiro, até recentemente, não haviam inoculantes contendo *A. brasilense*. Estes surgiram através de estudos realizados pela Embrapa Soja e a Universidade Federal do Paraná (UFPR), em que estas selecionaram e avaliaram estirpes de *Azospirillum* com as culturas de milho e do trigo. Foram conduzidos nove ensaios em Londrina e Ponta Grossa, avaliando nove estirpes de *Azospirillum* em veículo turfoso. Foram identificadas quatro estirpes para cada cultura, que aumentaram a produção de grãos do milho entre 24% e 30% em relação ao controle não inoculado e, em trigo, de 13% a 18%. Em uma segunda etapa, avaliaram-se as estirpes Ab-V5 e Ab-V6 de *A. brasilense* em veículo líquido e turfoso e observou-se um aumento médio na produtividade de milho de 26% e de 31% no trigo. Os estudos sobre formulações e aditivos levaram ao desenvolvimento de um inoculante líquido comercial da Embrapa Soja em parceria com a iniciativa privada.

De acordo com um levantamento feito por Díaz-Zorita et al. (2015), a maioria dos estudos com o gênero *Azospirillum* foi realizada em cultivos de cereais (86,7%), principalmente milho, sendo a inoculação via sementes a forma mais comum. Entretanto, esse método tem encontrado obstáculos devido ao tratamento das sementes com defensivos agrícolas. Assim, a aplicação via foliar tem se mostrado uma alternativa simples e eficaz (ANDRADE et al., 2016; MARTINS et al., 2012).

Estudos destacam a contribuição de *A. brasilense* em gramíneas, tanto na morfologia quanto na produtividade, sobretudo quando inoculação é associada a doses mais baixas de nitrogênio (VOGEL et al., 2013).

Em pesquisa realizada em sementes de aveia (*Avena sativa* L.), avaliando a interação entre as doses de N (0, 40, 80 e 120 kg ha⁻¹) e a mistura de inoculantes (*Azospirillum* spp. +

Azotobacter spp.) os resultados mostraram incremento médio de 6,58%, 9,58%, 2,51% e 16,94% para perfilhos, altura de planta, relação folha/colmo e rendimento de matéria seca, respectivamente, quando as sementes foram inoculadas (BILAL et al., 2015).

Avaliando o rendimento de grãos de trigo na Região Noroeste do Rio Grande do Sul, Corassa et al. (2013) obtiveram igualdade (aproximadamente 5 t ha⁻¹) quando cultivaram o trigo inoculado com *A. brasilense* recebendo apenas adubação nitrogenada de cobertura (65 kg N ha⁻¹) em comparação com o cultivo de trigo sem inoculação, recebendo adubação nitrogenada de base (15 kg N ha⁻¹) e de cobertura (65 kg N ha⁻¹).

Em estudo em que se testou a influência de duas culturas antecessoras (milho e *Urochloa ruziziensis*), na presença e ausência de inoculação de sementes com *A. brasilense*, sobre o desenvolvimento do feijoeiro, verificou-se que o milho inoculado produziu, em média, 25% a mais de cobertura vegetal do que o tratamento sem inoculação. Ainda, obteve-se no cultivo de *Urochloa ruziziensis* inoculada, incremento de 4% na produção de massa de matéria seca da palhada, em relação à não inoculada. Os resultados proporcionaram maior produtividade de grãos, em média 20%, para a cultura do feijão quando antecedido pelas culturas inoculadas (SABUNDJIAN et al., 2012).

Aguirre et al. (2018), ao trabalharem com inoculação de (*Cynodon dactylon* L. Pers.) cv. Coastcross-1, associada a doses de N (0, 100 e 200 kg ha⁻¹ ano⁻¹), observaram que os valores de produção de forragem foram equivalentes para as doses de 100 kg N ha⁻¹ ano⁻¹, inoculada, e 200 kg N ha⁻¹ ano⁻¹, não inoculada. Nesse mesmo estudo, obteve-se valores de 11,6 e 13,03 t MS ha⁻¹ ano⁻¹ na produção de forragem, para as pastagens não inoculadas e inoculadas, respectivamente.

Avaliando a produção de milho para silagem, frente a doses de N (0, 60, 120, 240, e 480 kg ha⁻¹), e inoculação ou não com *A. brasilense*, Skonieski et al. (2017), obtiveram diferença na resposta da inoculação de acordo com as doses de N. O desenvolvimento das plantas inoculadas foi favorecido até a dose de 120 kg N ha⁻¹, destacando melhor efeito de *A. brasilense* em doses baixas de adubo nitrogenado.

Em contrapartida, outros estudos têm demonstrado efeitos positivos da inoculação da bactéria em gramíneas, associada a doses elevadas de nitrogênio. Tal fato pode propor que, a planta corresponde tanto em razão do N₂ fixado, quanto à maior eficiência de absorção do nitrogênio do solo (DOBELLAERE et al, 2003). E, ainda, estar vinculada com a liberação

de auxinas, tidas como estimulantes do sistema radicular, pela *A. brasilense*, melhorando a eficiência do uso do nitrogênio no solo (HUNGRIA et al, 2010).

Em estudo observou-se o efeito de doses de adubo nitrogenado (0, 100 e 200 kg N ha⁻¹) e doses do inoculante líquido à base de *Azospirillum brasilense*, aplicado via sementes (0, 100 e 200 ml/ha), sobre híbridos de milho cultivados em vasos, verificando-se interação entre N e *A. brasilense* para a variável relação massa seca de parte aérea/massa seca de raiz de plantas de milho. O maior efeito foi encontrado com a interação entre as maiores doses de N e inoculante. Obteve-se 5,87 g de parte aérea/unidade de raiz formada utilizando 200 kg N ha⁻¹, sem inoculação, e 7,01 g de parte aérea/unidade de raiz formada quando usada a mesma dose de N, com inoculação, (MORAIS et al., 2015).

Em pesquisa avaliando o efeito da inoculação com *Azospirillum brasilense* e adubação nitrogenada em cinco doses de N (0, 50, 100, 150 e 200 kg ha⁻¹) sobre a produtividade do milho verde, em Teresina- PI, apresentou-se valores médios de 15, 2 mil ha⁻¹ e 6,2 Mg ha⁻¹, para o número e a massa de espigas no tratamento com inoculação, respectivamente. No tratamento sem inoculação, os valores médios para as mesmas variáveis foram de 9,5 mil ha⁻¹ e 3,6 Mg ha⁻¹, respectivamente. Obtendo-se, dessa maneira, incrementos superiores a 30% na massa e número de espigas. Ainda no mesmo estudo, observou-se que maiores valores de número e massa de espigas foram obtidos com o uso da inoculação associado a altas doses de N (ARAÚJO et al., 2014).

Pesquisando o efeito de inoculação com *A. brasilense* e diferentes níveis de N (0, 50, 100, 150 e 200 kg ha⁻¹) em duas fontes (ureia convencional e ureia com inibidor da enzima urease NBPT), na produtividade do milho irrigado, a dose de 200 kg N ha⁻¹ na forma de ureia convencional associado à inoculação proporcionou maior produtividade de grãos (GALINDO et al., 2017).

A falta de consistência nos resultados de experimentos de campo é um dos principais obstáculos que impedem o uso comercial generalizado de microrganismos que promovem o crescimento de plantas, como o *Azospirillum* spp. (DOBBELAERE et al., 2001).

Em grande parte dos estudos realizados, os efeitos de inoculação com *A. brasilense* apresentam-se quando a bactéria não é associada ao adubo nitrogenado, ou então é associada à baixas doses desse fertilizante. Contudo, pesquisas mais recentes mostram efeitos de inoculação com *A. brasilense* também quando agregada a níveis altos de nitrogênio. Porém,

pesquisas com inoculação de *A. brasilense* em gramíneas perenes, como as do gênero *Cynodon*, são escassas.

CAPÍTULO 3

PRODUTIVIDADE E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE PASTAGEM DE TIFTON 85 INOCULADA COM *Azospirillum brasilense* ASSOCIADA À FERTILIZAÇÃO NITROGENADA

3.1 RESUMO

O capim Tifton 85 tem sido amplamente utilizado em regiões tropicais e subtropicais. Devido à alta produção de forragem dessa gramínea, torna-se exigente em fertilidade. A inoculação com *Azospirillum brasilense* é uma alternativa para reduzir os fertilizantes nitrogenados e os custos, conseqüentemente. No entanto, os efeitos da inoculação em gramíneas tropicais ainda são pouco conhecidos. Objetivou-se nesse estudo, avaliar a produtividade, características da pastagem e a composição química de forragem de capim Tifton 85, inoculada com *Azospirillum brasilense* e associada a diferentes níveis de adubo nitrogenado. No estudo foram avaliados 4 níveis de nitrogênio (0, 100, 200 e 300 kg ha⁻¹), submetidos ou não à inoculação, sob condições de corte. O experimento foi conduzido no período de agosto de 2017 a maio de 2018. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em arranjo fatorial, com dois níveis qualitativos (inoculado com *Azospirillum brasilense* ou não inoculado) e quatro quantitativos (doses de nitrogênio), com três repetições (parcelas). Avaliou-se a composição botânica e morfológica, relação folha/colmo, produção de forragem e composição química. A inoculação elevou a produção de forragem em todas as pastagens, mas não afetou a composição química da forragem. O aumento do fertilizante nitrogenado está associado ao aumento da produção de forragem e da concentração de proteína bruta. A concentração de fibra em detergente neutro e os nutrientes digestíveis totais não foram afetados pela inoculação ou pela adubação nitrogenada.

Palavras-chave: Bactérias diazotróficas. *Cynodon spp.* Fibra em detergente neutro. Nutrientes digestíveis totais. Produção de forragem. Proteína bruta.

3.2 INTRODUÇÃO

O capim bermuda, cv. Tifton 85, foi desenvolvido por Burton et al. (1993) através de um programa de melhoramento, no estado americano da Geórgia. Essa gramínea derivou-se do cruzamento de outras duas gramíneas bermuda, a sul-africana (PI 290884) e a Tifton 68 (CARVALHO et al., 2012). Dentre as variedades do gênero *Cynodon*, esse híbrido destaca-se por sua produção de forragem, digestibilidade, teor de proteína bruta e resposta à adubação (BASEGGIO et al., 2015). Em razão disso, é amplamente utilizada no Brasil, sendo a gramínea do gênero *Cynodon* mais cultivada no País (SILVA et al., 2017). Sendo uma forrageira exigente em fertilidade, a utilização de fertilizantes é determinante para aumentar a produção e a qualidade da forragem (SOHM et al., 2014). Nesse contexto, o nitrogênio é o nutriente com maior déficit e o mais exigido em termos quantitativos (ALDERMAN et al., 2011; SNYDER e LEEP, 2007), para potencializar a produção de forragem das gramíneas forrageiras e assegurar maior taxa de lotação e produção animal por área (ALVIM e BOTREL, 2001), além de apresentar respostas positivas na concentração de PB da forragem (ANDERSON e STEWART, 2017).

Contudo, os gastos com fertilizantes podem chegar a mais de 60% do custo de produção, nos sistemas de criação intensivo, quando agregados a outros custos como transporte, armazenamento e aplicação (BARCELLOS et al., 2008). Consequentemente, é importante buscar alternativas que tornem os sistemas de produção menos onerosos e mais sustentáveis. O uso de microrganismos, como bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico e promotoras do crescimento de plantas, podem auxiliar minimizando a utilização de fertilizantes (HUNGRIA, 2011).

A associação de bactérias diazotróficas às raízes das plantas traz benefícios às mesmas, pois essas bactérias são capazes de anular populações de microrganismos fitopatogênicos do solo, fixar nitrogênio atmosférico, secretar fitormônios (como auxinas, citoquininas e giberelinas) e também quebrar os poluentes do solo (DOBBELAERE et al., 2003). Especificamente com a bactéria diazotrófica *Azospirillum brasilense*, verifica-se aumento do comprimento da raiz, da biomassa da raiz e da concentração de nitrogênio em brotos (RODRIGUEZ et al., 2004).

Portanto, a inoculação de plantas mostra-se uma boa alternativa para reduzir o uso de adubos nitrogenados, implicando em uma agricultura mais sustentável sem reduzir a produtividade (COSTA et al., 2015). Destaca-se que o uso da bactéria *A. brasilense* (estirpes Ab-V5 e Ab-V6) tem sido estudado, principalmente, em culturas anuais para produção de grãos, havendo poucos estudos com pastagens, especialmente com espécies perenes.

Desta maneira, objetivou-se avaliar a produção e a composição química da forragem de capim Tifton 85 inoculada com *Azospirillum brasilense*, estirpes Ab-V5 e Ab-V6, e a relação com diferentes níveis de adubo nitrogenado.

3.3 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido no Laboratório de Bovinocultura de Leite da Universidade Federal de Santa Maria (RS), entre agosto de 2017 e maio de 2018, totalizando 279 dias. O solo é classificado como Argissolo Vermelho distrófico arênico, pertencente à unidade de mapeamento São Pedro (STRECK et al., 2002). O clima da região é o Cfa (subtropical úmido) segundo a classificação de Köppen.

Considerando o período de experimentação, de agosto de 2017 a maio de 2018, as médias de temperatura diária e precipitação mensal foram de 21,2 °C e 140,3 mm mês⁻¹. As normais climatológicas de temperatura diária e precipitação mensal, para o respectivo período, são de 20,3°C e 148,8 mm mês⁻¹ (1981-2010) (INMET, 2018).

Os resultados da análise de solo (0 – 10 cm de profundidade), feita antes do início do estudo, foram: pH 5,9; MO 3,1; P 48,2 mg dm⁻³; K 0,225 cmolc dm⁻³; Ca 7,6 cmolc dm⁻³; Mg 3,1 cmolc dm⁻³; CTC 15,8 cmolc dm⁻³, respectivamente.

No mês de junho, semeou-se azevém para cobertura do solo, na razão de 35 kg ha⁻¹. Em agosto, fez-se a correção da acidez do solo com calcário, utilizando-se 2,5 t ha⁻¹ ano⁻¹. A adubação de base foi feita a partir de análise de solo, conforme recomendação da COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC (2004), tomando-se como base a recomendação para gramíneas de estação quente. Foram utilizados 60 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de P₂O₅ e 60 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de K₂O.

Em 14 de setembro fez-se na área experimental o sulcamento (com distância entre as pás de 50 cm), e profundidade entre 10 e 15 cm. A seguir, fez-se o plantio do Tifton 85, utilizando-se mudas completas e espaçadas a cada 0,5 m. A área experimental foi subdividida em vinte e quatro parcelas de 3x4 m, separadas entre si por corredores de 0,5 m de largura. Foram constituídos oito tratamentos, tendo como base o capim bermuda cv. Tifton 85. Os tratamentos foram organizados em arranjo fatorial 2x4, com dois níveis qualitativos (inoculado com *A. brasilense* ou não inoculado) e quatro quantitativos, com adubado nitrogenado (0, 100, 200 e 300 kg N ha⁻¹).

O adubo nitrogenado foi aplicado de acordo com cada tratamento, na forma de ureia, dividido em cinco aplicações. Nos tratamentos com inoculação, o produto, inoculante líquido Azototal® (bactérias *A. brasilense*, estirpes Ab-V5 e Ab-V6) foi aplicado na superfície das plantas, com solução feita a partir da recomendação (500 mL de inoculante ha⁻¹ para 200 L de água). As aplicações foram feitas, metade da dose em 14 de janeiro e a outra metade em 10 de fevereiro, por aspersão, com pulverizador costal.

O primeiro corte da pastagem foi feito em 7 de dezembro de 2017, utilizando-se como critério a altura do dossel entre 20 e 25 cm. A altura do pasto foi medida utilizando-se régua graduada. As avaliações foram feitas mediante corte aleatório em cada parcela, usando-se quadrado de 0,5 x 0,5 m. Para determinação da massa de forragem do estrato superior os cortes foram feitos entre 7 e 9 cm do solo. Na sequência, no mesmo local, foi coletado o resíduo da pastagem, realizando-se o corte rente ao solo para determinar a massa de forragem do estrato inferior. O local de coleta da amostra foi demarcado com estacas, para que não fosse realizada amostragem no mesmo local em cortes posteriores. Na sequência, fez-se o corte de toda a parcela entre 7 e 9 cm, usando-se roçadeira de uso lateral. A forragem foi retirada com auxílio de ancinhos.

A forragem, proveniente das amostras cortadas, foi homogeneizada e, após, retirada uma subamostra por parcela, sendo esta utilizada para a determinação das composições botânica da pastagem e morfológica do capim Tifton 85. Posteriormente foram colocadas em estufa de ventilação forçada, sob temperatura de 55 °C, para secagem até peso constante, determinando-se o teor de matéria seca.

O acúmulo de forragem, do primeiro ciclo de corte, foi obtido pela soma da massa de forragem dos estratos superior e inferior. Nos demais ciclos de corte, o acúmulo de forragem

foi calculado a partir da massa de forragem do estrado superior (ZANINE et al., 2011). A taxa de acúmulo da forragem foi estimada pela relação entre o acúmulo de forragem e os dias entre ciclos de corte.

As amostras utilizadas para análise de proteína bruta (PB) e fibra em detergente neutro (FDN) foram compostas pela fração lâminas foliares do estrato superior da forragem do capim Tifton 85. Estas amostras foram moídas em moinho tipo “Willey” e analisadas em laboratório quanto à proteína bruta, pelo método Kjeldahl (AOAC, 1997) e fibra em detergente neutro (VAN SOEST et al., 1991). A estimativa dos valores de nutrientes digestíveis totais (NDT) foi obtido através da equação: $NDT = 91,6086 - 0,669233 \text{ FDN} + 0,437932 \text{ PB}$ ($r^2=0,71$) (SANTOS et al., 2016).

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com arranjo fatorial 2x4 (Tifton 85 com e sem inoculação x 4 níveis de adubo nitrogenado), e três repetições (parcelas). Os dados foram submetidos à análise de variância e regressão linear, sendo usado o nível de 5% de probabilidade do erro e, quando significativo o efeito de tratamento, submetido ao teste de Tukey para a comparação de médias (SAS, 2016). O modelo estatístico utilizado foi: $Y_{ijk} = m + T_i + D_j + T_i D_j + \epsilon_{ijk}$, em que Y_{ijk} representa as variáveis dependentes; i , índice de tratamentos a, qualitativo (inoculação); j , índice de tratamentos b (quantitativo); k , índice de repetições; m é a média de todas as observações; T_i é o efeito do uso da inoculação ($i=2$); D_j é o efeito dos níveis de N ($j=4$); $T_i D_j$ representa a interação entre inoculação e doses de N; ϵ_{ijk} corresponde ao erro experimental residual.

3.4 RESULTADOS

No período de avaliação, 234 dias, foram realizados cinco, seis e sete ciclos de corte para os tratamentos com 0, 100 – 200 e 300 kg N ha⁻¹, respectivamente. Os ciclos de corte variaram de 21 a 25 dias, para a dose de 300 kg N ha⁻¹ e para a pastagem sem adubo nitrogenado, respectivamente.

Na massa de forragem (Tabela 1), não houve efeito de inoculação. Maiores valores de massa de forragem foram obtidos nas pastagens que receberam 300 kg N ha⁻¹. Com relação à massa de forragem do estrato superior (Tabela 1), não houve efeito de inoculação. Entre as

doses de N houve diferença ($P \leq 0,05$), com maiores valores de massa de forragem obtidos nas pastagens em que se aplicou 300 kg N ha^{-1} .

Na composição botânica da massa de forragem do estrato superior também não houve efeito da inoculação. A participação do Tifton 85 na composição botânica foi maior ($P \leq 0,05$) nas pastagens em que se aplicou adubo nitrogenado. Para fração outras espécies, houve comportamento inverso, com maior ($P \leq 0,05$) participação na pastagem sem adubo nitrogenado. Essas espécies foram compostas, principalmente, por papuã (*Urochloa plantaginea* (Link) Hitch.), grama paulista (*Cynodon* spp.) e corda de viola (*Ipomoea acuminata* (Vahl.) Roemer & Schultes). Para material morto na massa de forragem do estrato superior não houve efeito de inoculação e doses de N. Quanto à composição morfológica do capim Tifton 85, houve diferença na dose de 300 kg de N , com maior porcentagem de lâminas foliares nas pastagens inoculadas. Na relação lâmina foliar/colmo+bainha houve efeito ($P \leq 0,05$) de inoculação, nas doses de 100 e 300 kg de N .

Para massa de forragem do estrato inferior, não houve efeito da inoculação. Os valores foram maiores ($P \leq 0,05$) nas pastagens em que se aplicou adubo nitrogenado. Na composição botânica da massa de forragem do estrato inferior, a participação de Tifton 85 foi maior ($P \leq 0,05$) na pastagem sem adubo nitrogenado e inoculada, em relação à não inoculada. Na comparação do Tifton 85 entre os demais níveis de N, não houve diferença para inoculação. Para a fração outras espécies, não houve efeito de inoculação. Entre doses de N, houve diferença ($P \leq 0,05$) com menor participação dessas espécies na pastagem com maior nível de N, se comparada à não adubada. Também não houve efeito de inoculação para material morto na massa de forragem do estrato inferior. O maior valor de material morto foi verificado nas pastagens com 300 kg N ha^{-1} .

Quanto à composição morfológica do Tifton 85 do estrato inferior, não houve efeito de inoculação. Para lâmina foliar e material senescente também não houve efeito de adubo nitrogenado. Para colmo+bainha, houve diferença ($P \leq 0,05$) com maior valor na pastagem adubada com 100 kg de N em relação à que não foi adubada. Entre as pastagens que receberam adubo nitrogenado, não houve diferença para a fração colmo+bainha. Para relação lâmina foliar/colmo+bainha de Tifton 85 do estrato inferior, não houve efeito, tanto da inoculação quanto de adubo nitrogenado.

Para as variáveis produtivas (Tabela 2), não houve interação entre inoculação e doses de adubo nitrogenado. Houve efeito ($P \leq 0,05$) de inoculação para taxa de acúmulo e produção de forragem na pastagem sem adubo e com 200 kg de N. Para a produção de forragem de Tifton 85, houve efeito ($P \leq 0,05$) de inoculação somente na pastagem não adubada com N, com valor de 26% superior em relação ao não inoculado. Quanto à produção de outras espécies, houve diferença ($P \leq 0,05$) na pastagem não adubada e naquela em que se aplicou 300 kg de N, com menores valores nas pastagens inoculadas. Com relação às doses crescentes de N (Figura 1), verificou-se efeito ($P \leq 0,05$) linear ascendente, para taxa de acúmulo e produção de forragem, tanto das pastagens inoculadas quanto não inoculadas.

A composição química da forragem avaliada (lâminas foliares de Tifton 85 do estrato superior) (Tabela 3) não foi afetada pela inoculação. Para PB (Figura 2), houve diferença ($P \leq 0,05$), entre as doses de adubo nitrogenado, com maiores concentrações nas pastagens adubadas.

3.5 DISCUSSÃO

A partir do manejo utilizado, com altura do dossel entre 20 e 25 cm e cortes feitos entre 7 e 9 cm de altura, possibilitou-se um número elevado de cortes, considerando que se trata do ano de estabelecimento das pastagens. Características como tipo de solo e densidade de mudas plantadas podem interferir no estabelecimento do Tifton 85 (BASEGGIO et al., 2015). Os intervalos entre cortes foram curtos, em média 22 dias. Esse resultado está associado ao rápido perfilhamento e estabelecimento das plantas de ciclo estival (SILVA et al., 2015). Ciclos de corte maiores, como verificado nas pastagens sem adubo nitrogenado, implicam em menor participação de folhas (CARVALHO et al., 2012), de produtividade e de valor nutritivo (PEREIRA et al., 2012).

O aumento da massa de forragem e das massas de forragem dos estratos superior e inferior, associados ao uso de doses crescentes de adubo nitrogenado, está relacionado à utilização do N pelas plantas. Maior disponibilidade de N no solo implica em menor tempo de colheita e maior produção de forragem (PEREIRA et al., 2012). Esse efeito de adubo nitrogenado também afetou a composição botânica das pastagens. Assim, níveis mais elevados de adubo implicaram em maior participação do Tifton 85, que responde bem à

fertilização nitrogenada (BORGES et al., 2017). Para as demais espécies componentes das pastagens, a resposta foi inversa. Normalmente essas espécies são menos produtivas (ANJOS et al., 2016) e menos consumidas pelos animais (OLIVO et al., 2014).

O efeito da inoculação na composição botânica, observado somente no estrato inferior da pastagem não fertilizada, com maior participação de Tifton 85, deve-se, possivelmente, à melhor resposta dessa forrageira à adubação nitrogenada (BASEGGIO et al., 2015). A presença de bactérias diazotróficas nas plantas pode contribuir com N (HUNGRIA, 2011) e, especialmente, aumentar o sistema radicular, resultando em maior absorção de água e nutrientes (BASHAN e BASHAN, 2010). Pode aumentar também a participação de lâmina foliar como verificado no Tifton 85, no estrato superior, na pastagem que recebeu 300 kg N h⁻¹.

O aumento da relação lâmina foliar/colmo+bainha do Tifton 85 do estrato superior, nas pastagens inoculadas, em dois dos três níveis de adubo nitrogenado, aponta para o sinergismo entre *A. brasilense* e a fertilização. Efeito similar foi verificado por Aguirre et al. (2018) e Morais et al. (2015) ao constatarem efeito associativo entre níveis de N de 100 e 200 kg ha⁻¹ e inoculante.

O aumento da taxa de acúmulo de forragem em todas as pastagens inoculadas, mesmo na dose de 300 kg N ha⁻¹, considerado alto para o ano de implantação do Tifton 85, demonstra que houve sinergismo entre *A. brasilense* e adubação nitrogenada. Esse resultado guarda analogia com a produção de forragem, aumentando linearmente com o incremento das doses de N. Essa é uma resposta importante, pois o resultado que predomina nas pesquisas é o aumento da produção de forragem com a inoculação quando não há aplicação de N (AGUIRRE et al., 2018; VOGEL et al., 2013). Também, segundo as pesquisas, são verificados efeitos da inoculação quando são usadas baixas quantidades de adubo nitrogenado (HUNGRIA et al., 2010; LANA et al., 2012). Essa assertiva é confirmada em pesquisa feita com *Brachiaria* spp., adubada com 40 kg N ha⁻¹ e inoculada com *A. brasilense*, implicou em aumento de 22,1 % na produção de forragem (HUNGRIA et al., 2016).

A justificativa para o efeito da inoculação nas diferentes doses de N é atribuída à contribuição da bactéria *A. brasilense*, capaz de proporcionar maior desenvolvimento do

sistema radicular, havendo assim aumentos significativos na absorção de nutrientes pela planta hospedeira, aumentando também a resistência das plantas ao estresse hídrico (MOREIRA et al., 2010). Essa influência no sistema radicular implica, normalmente, em maior participação de lâminas foliares (BARASSI et al., 2008) como verificado na relação lâmina foliar/colmo+bainha na dose de 300 kg N ha⁻¹. Considerando o valor médio das doses de N, a relação lâmina foliar/colmo+bainha de Tifton 85, no estrato superior, foi 14% maior em relação à não inoculada.

A menor produção de forragem de outras espécies de crescimento espontâneo na pastagem inoculada deve-se, possivelmente, à melhor resposta do Tifton 85 à *A. brasilense*. Condição similar foi observada por Sabundjian et al. (2013) que verificaram menor resposta da inoculação da *Urochloa ruziziensis* em relação ao milho.

Quanto à composição química, para FDN, a não diferença entre as pastagens está associada às características do gênero *Cynodon* spp. que, por ser de ciclo estival, normalmente apresenta concentrações elevadas de parede celular na forragem (OLIVEIRA et al., 2016). Também Ziech et al. (2015) obtiveram valor similar de FDN, para lâminas foliares, de 71,9%, correspondendo ao valor médio de sete cortes por ano. A não diferença da inoculação e da adubação nitrogenada na concentração de FDN implicou em resultado análogo para a estimativa de NDT. Os valores de NDT são baixos e estão associados a FDN. Normalmente há correlação inversa entre essas variáveis (PEQUENO et al., 2015). Ziech et al. (2015) obtiveram valores de NDT próximos a 60% para lâminas foliares de Tifton 85 e Olivo et al. (2016) verificaram valores entre 57 e 58% de NDT em pastagens de Coastcross-1 adubadas com 150 kg N ha⁻¹.

Com relação à PB, as diferenças entre as pastagens, com aumento linear da concentração de proteína bruta associada à elevação das doses de N ($y=0,0173x+14,2$; $r^2=0,9832$), aponta para dependência do capim Tifton 85 desse nutriente (NASCIMENTO et al., 2017). Essa variedade apresenta grande potencial de produção de forragem (MICHELANGELI et al., 2010), e de extração de nutrientes do solo (ANDERSON e STEWART, 2017), conseqüentemente. A dependência de N é evidenciada ao comparar-se a concentração de PB e a produção de forragem das pastagens que não receberam adubo nitrogenado com as que receberam adubo. Essa diferença poderá aumentar no ano seguinte se não houver reposição adequada de N no solo. Ao avaliar o efeito do adubo nitrogenado

em pastagens degradadas de capim-marandu, a presença do nitrogênio proporcionou efeito positivo nas características estruturais e produtivas da pastagem, em comparação ao tratamento testemunha, contribuindo para recuperação da mesma (SILVA et al., 2013).

3.6 CONCLUSÃO

A inoculação com *A. brasilense*, estirpes Ab-V5 e Ab-V6, em pastagens constituídas por Tifton 85 e espécies de crescimento espontâneo, implica em aumento das produções de forragem nas diferentes doses de N utilizadas. O incremento de doses de adubo nitrogenado implica em aumento linear da produção e da concentração de PB da forragem. Há melhor resposta do Tifton 85 em pastagens inoculadas em detrimento das espécies acompanhantes.

3.7 REFERÊNCIAS

AGUIRRE, P. F. et al. Forage yield of Coastcross-1 pastures inoculated with *Azospirillum brasilense*. **Acta Scientiarum: Animal Sciences**, v.40, p.01-08, 2018.

ALDERMAN, P. D. et al. Regrowth dynamics of ‘Tifton 85’ bermudagrass as affected by nitrogen fertilization. **Crop Science**, v.51, p.1716-1726, 2011.

ALVIM, M. J.; BOTREL, M. A. Efeito de doses de nitrogênio na produção de leite de vacas em pastagens de coast-cross. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, p.577-583, 2001.

ANDERSON, W.; STEWART, M. Tifton 85 bermudagrass response to fertilization on two coastal plain soils. **Better Crops with Plant Food**, v.4, p.24-26, 2017.

ANJOS, A. N. S dos. Et al. Forage yield in pastures with bermudagrass mixed with different legumes. **Acta Scientiarum: Animal Sciences**, v.38, p.261-266, 2016.

AOAC – ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 16th. Ed. Washington: AOAC International Publisher, 1997.1298 p.

BARASSI, C. A. et al. Potencialidad de *Azospirillum* en optimizar el crecimiento vegetal bajo condiciones adversas. In: CASSÁN, F. D.; SALAMONE, I. G. ***Azospirillum* sp.: cell physiology, plant interactions and agronomic research in Argentina**. Buenos Aires: Asociación Argentina de Microbiología, 2008. Cap. 3, p.49-56.

BARCELLOS, A. O. et al. Sustentabilidade da produção animal baseada em pastagens consorciadas e no emprego de leguminosas exclusivas, na forma de banco de proteína, nos trópicos brasileiros. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.51-67, 2008.

BASEGGIO, M. et al. Planting rate and depth effects on Tifton 85 bermudagrass establishment using rhizomes. **Crop Science**, v.55, p.1338-1345, 2015.

BASHAN, Y.; BASHAN, L. E. How the Plant Growth-Promoting Bacterium *Azospirillum* Promotes Plant Growth-A Critical Assessment. **Advances in Agronomy**, v.108, p.78-136, 2010.

BORGES, B. M. M. N. et al. Growth, Herbage Accumulation, and Nutritive Value of ‘Tifton 85’ Bermudagrass as Affected by Nitrogen Fertilization Strategies. **Crop Science**, v.57, p.1-10, 2017.

BURTON, G. W.; GATES, R. N.; HILL, G. M. Registration of ‘Tifton 85’ bermudagrass. **Crop Science**, v.33, p.644-645, 1993.

CARVALHO, M. S. S; PEDREIRA, C. G. S.; TONATO, F. Análise de crescimento de capins do gênero *Cynodon* submetidos a frequências de colheita. **Boletim de Indústria Animal**, v.69, p.41-49, 2012.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC. **Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Porto Alegre: SBCSN/RS, 2004. 400 p.

COSTA, R. R. G. F. et al. Efficiency of inoculant with *Azospirillum brasilense* on the growth and yield of second-harvest maize. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.45, p.304-311, 2015.

DOBBELAERE, S. et al. Plant growth-promoting effects of diazotrophs in the rhizosphere. **Critical Review in Plant Sciences**, v.22, p.107-149, 2003.

HUNGRIA, M. et al. Inoculation with selected strains of *Azospirillum brasilense* and *A. lipoferum* improves yields of maize and wheat in Brazil. **Plant and Soil**, v.331, p.413-425, 2010.

HUNGRIA, M. Inoculação com *Azospirillum brasilense*: inovação em rendimento a baixo custo. Londrina: Embrapa Soja, 2011. 36 p.

HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M.A.; ARAUJO, R.S. Inoculation of *Brachiaria* spp. With the plant growth-promoting bacterium *Azospirillum brasilense*: An environment-friendly component in the reclamation of degraded pastures in the tropics. **Agriculture Ecosystems & Environment**, v.212, p.125-131, 2016.

INMET: INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa. Dados mensais Estação Meteorológica de Santa Maria – Cód. A803, 2017-2018.

LANA, M. C. et al. Inoculation with *Azospirillum*, associated with nitrogen fertilization in maize. **Revista Ceres**, v.59, p.399-405, 2012.

MICHELANGELI, J. A. C. et al. Managing harvest of ‘Tifton 85’ Bermudagrass for production and nutritive value. **Forage & Grazinglands**, v.8, p.1-7, 2010.

MORAIS, T. P. de. et al. Aspectos morfofisiológicos de plantas de milho e bioquímico do solo em resposta à adubação nitrogenada e à inoculação com *Azospirillum brasilense*. **Revista Ceres**, v.62, p.507-509, 2015.

MOREIRA, F. M. de S. et al. Bactérias diazotróficas associativas: diversidade, ecologia e potencial de aplicações. **Comunicata Scientiae**, v.2, p.74-79, 2010.

NASCIMENTO, M. T. C. C. do. Et al. Crescimento e produção do capim Tifton 85 irrigado com água residuária e adubação orgânica. **Revista Espacios**, v.38, p.13-24, 2017.

OLIVEIRA, E. R. de. et al. Valor nutricional do colmo de gramíneas tropicais. **Scientia Agrária Paranaensis**, v.15, p.256-264, 2016.

- OLIVO, C. J. et al. Produtividade de pastos consorciados com leguminosas forrageiras. **Revista de Agricultura**, v.89, p.78-90, 2014.
- OLIVO, C. J. et al. Forage mass and nutritive value of 34ermuda grass mixed to forage peanut or common vetch. **Acta Scientiarum: Animal Sciences**, v.38, p.255-260, 2016.
- PEQUENO, D. N. L. et al. Forage accumulation and nutritive value of Brachiariagrasses and Tifton 85 bermudagrass as affected by harvest frequency and irrigation. **Agronomy Journal**, v.106, p.1741-1749, 2015.
- PEREIRA, O. G. et al. Crescimento do capim-tifton 85 sob doses de nitrogênio e alturas de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.41, p.30-35, 2012.
- RODRIGUEZ, H. et al. Gluconic acid production and phosphate solubilization by the plant growth-promoting bacterium *Azospirillum* spp. **Naturwissenschaften: The Science of Nature**, v.91, p.552-555, 2004.
- SABUNDJIAN, M.T. et al. Adubação nitrogenada em feijoeiro em sucessão a cultivo solteiro e consorciado de milho e *Urochloa ruziziensis*. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.43, p.292-299, 2013.
- SANTOS, V. R. V. et al. Dry matter intake, performance and carcass characteristics of hair sheep reared under different grazing systems. **Scientia Agricola**, v.74, p.436-442, 2016.
- SAS INSTITUTE, SAS, **Studio user's guide version 3.5**, Cary: SAS Institute, 2016. 302p.
- SILVA, A. C. da C. et al. Tifton 85 production under deficit irrigation. **Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias**, v.49, p.117-126, 2017.
- SILVA, D. R. G. et al. Doses e fontes de nitrogênio na recuperação das características estruturais e produtivas do Capim-Marandu. **Revista Ciência Agronômica**, v.44, p.184-191, 2013.
- SILVA, V. J. et al. Seasonal herbage accumulation and nutritive value of irrigated 'Tifton 85', Jiggs, and Vaquero bermudagrasses in response to harvest frequency. **Crop Science**, v.55, p.2887-2894, 2015.
- SNYDER, C. S.; LEEP, R. H. Fertilization. In: R.F. Barnes et al. (ed.) **Forages, the science of grassland agriculture**. 6th ed. Ames: Wiley-Blackwell, 2007. cap. 24.
- SOHM, G. et al. Yield and Quality of Irrigated Bermudagrass as a Function of Nitrogen Rate. **Agronomy Journal**, v.106, p.1489-1496, 2014.
- STRECK, E. V. et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre: EMATER-RS, 2002. 126 p.

VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and no starch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v.74, p.3583-3597, 1991.

VOGEL, G. F. et al. Desempenho agronômico de *Azospirillum brasilense* na cultura do arroz: uma revisão. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v.6, p.567-578, 2013.

ZANINE, A. de M. et al. Características estruturais e acúmulo de forragem em capim-tanzânia sob pastejo rotativo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.2364-2373, 2011.

ZIECH, M. F. et al. Nutritive value of pastures of *Cynodon* mixed with forage peanut in Southwestern Paraná State. **Acta Scientiarum: Animal Sciences**, v.37, p.243-249, 2015.

Tabela 1 – Efeito de doses de N e inoculação com *Azospirillum brasilense* em pastagens constituídas por Tifton 85 e espécies de crescimento espontâneo de ciclo estival. Santa Maria, RS, 2017-2018.

Variáveis	Inoculação	Dose de N (t ha ⁻¹)				Média	CV (%)
		0	100	200	300		
Massa de forragem (t MS ha ⁻¹)	Ns	1,97 ^C	2,11 ^{BC}	2,37 ^B	2,70 ^A	2,30	13,98
Estrato superior ¹							
Massa de forragem (t MS ha ⁻¹)	Ns	1,04 ^C	1,13 ^{BC}	1,30 ^{AB}	1,40 ^A	1,21	12,55
Composição botânica (%)							
Tifton 85	Ns	18,17 ^C	23,77 ^B	27,90 ^A	29,70 ^A	24,88	9,52
Outras espécies	Ns	79,15 ^A	73,44 ^B	70,25 ^{BC}	68,03 ^C	72,71	7,87
Material morto	Ns	2,72 ^A	2,79 ^A	1,93 ^A	2,30 ^A	2,43	18,49
Composição morfológica do Tifton 85 (%)							
Lâmina foliar	Sem	50,61 ^{Aa}	51,07 ^{Aa}	50,27 ^{Aa}	50,51 ^{Ab}	50,61	8,05
	Com	52,46 ^{Aa}	54,71 ^{Aa}	51,79 ^{Aa}	55,30 ^{Aa}	53,56	
Colmo+bainha	Ns	44,04 ^A	43,48 ^A	43,99 ^A	43,96 ^A	43,86	9,23
Material senescente	Ns	4,48 ^A	3,67 ^A	5,01 ^A	3,17 ^A	4,08	15,44
Relação lâmina foliar/colmo+bainha de Tifton 85							
	Sem	1,16 ^{Aa}	1,13 ^{Ab}	1,11 ^{Aa}	1,09 ^{Ab}	1,12	9,40
	Com	1,21 ^{Aa}	1,36 ^{Aa}	1,25 ^{Aa}	1,37 ^{Aa}	1,30	
Estrato inferior ²							
Massa de forragem (t MS ha ⁻¹)	Ns	0,94 ^C	1,05 ^{BC}	1,10 ^B	1,30 ^A	1,10	13,41
Composição botânica (%)							
Tifton 85	Sem	11,11 ^{Bb}	16,64 ^{Aa}	20,01 ^{Aa}	18,01 ^{Aa}	16,44	12,30
	Com	18,19 ^{Aa}	19,91 ^{Aa}	16,90 ^{Aa}	16,21 ^{Aa}	17,80	
Outras espécies	Ns	76,29 ^A	71,80 ^{AB}	72,06 ^{AB}	69,86 ^B	72,50	10,26
Material morto	Ns	9,05 ^B	9,90 ^B	9,44 ^B	13,02 ^A	10,35	13,79
Composição morfológica do Tifton 85 (%)							
Lâmina foliar	Ns	34,13 ^A	32,20 ^A	35,26 ^A	33,96 ^A	33,89	9,60
Colmo+bainha	Ns	50,55 ^B	55,44 ^A	51,51 ^{AB}	53,05 ^{AB}	52,63	10,10
Material senescente	Ns	15,31 ^A	12,35 ^A	13,21 ^A	13,98 ^A	13,58	14,23
Relação lâmina foliar/colmo+bainha de Tifton 85							
	Ns	0,68	0,59	0,72	0,67	0,66	11,60

Médias com letras distintas, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05). Ns= não significativo. Cv= coeficiente de variação. ¹Cortes feito entre 7 e 9 cm do solo; ²cortes feitos rente ao solo. Foram feitos 5, 6 e 7 cortes para 0, 100-200 e 300 Kg N ha⁻¹, entre dezembro e maio.

Tabela 2 – Produtividade de pastagens, inoculadas com *Azospirillum brasilense* e adubadas com N, constituídas por Tifton 85 e espécies de crescimento espontâneo de ciclo estival. Santa Maria, RS, 2017-2018.

Variáveis	Inoculação	Dose de N (Kg ha ⁻¹)				Média	CV (%)
		0	100	200	300		
Taxa de Acúmulo (kg ha ⁻¹ dia ⁻¹)	Sem	27,60 ^{Db}	35,52 ^{Ca}	40,02 ^{Bb}	46,15 ^{Aa}	37,32	2,49
	Com	30,79 ^{Da}	38,22 ^{Ca}	43,75 ^{Ba}	47,48 ^{Aa}	40,06	
Produção de forragem (t MS ha ⁻¹)	Sem	5,68 ^{Db}	7,31 ^{Ca}	8,24 ^{Bb}	10,80 ^{Aa}	8,00	2,52
	Com	6,31 ^{Da}	7,87 ^{Ca}	9,01 ^{Ba}	11,11 ^{Aa}	8,58	
Tifton 85 (t MS ha ⁻¹)	Sem	1,40 ^{Db}	2,64 ^{Ca}	3,19 ^{Ba}	4,35 ^{Aa}	2,90	4,58
	Com	1,91 ^{Da}	2,80 ^{Ca}	3,23 ^{Ba}	4,38 ^{Aa}	3,08	
Outras espécies (t MS ha ⁻¹)	Sem	3,86 ^{Ca}	4,61 ^{Ba}	4,82 ^{Ba}	6,62 ^{Aa}	4,98	3,85
	Com	3,32 ^{Cb}	4,47 ^{Ba}	4,74 ^{Ba}	5,92 ^{Ab}	4,61	

Médias com letras distintas, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05). Cv= coeficiente de variação.

Tabela 3 – Composição química de lâminas foliares do estrato superior de Tifton 85, submetido a diferentes doses de adubo nitrogenado e inoculado com *Azospirillum brasilense*. Santa Maria, RS, 2017-2018.

Variáveis	Inoculação	Dose de N (Kg ha ⁻¹)				Média	CV (%)
		0	100	200	300		
FDN (%)	Ns	69,75 ^A	68,04 ^A	68,47 ^A	67,33 ^A	68,39	3,27
NDT (%)	Ns	51,04 ^A	53,12 ^A	53,61 ^A	54,95 ^A	53,18	3,85

Médias com letras distintas, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05). Ns= não significativo. Cv= coeficiente de variação.

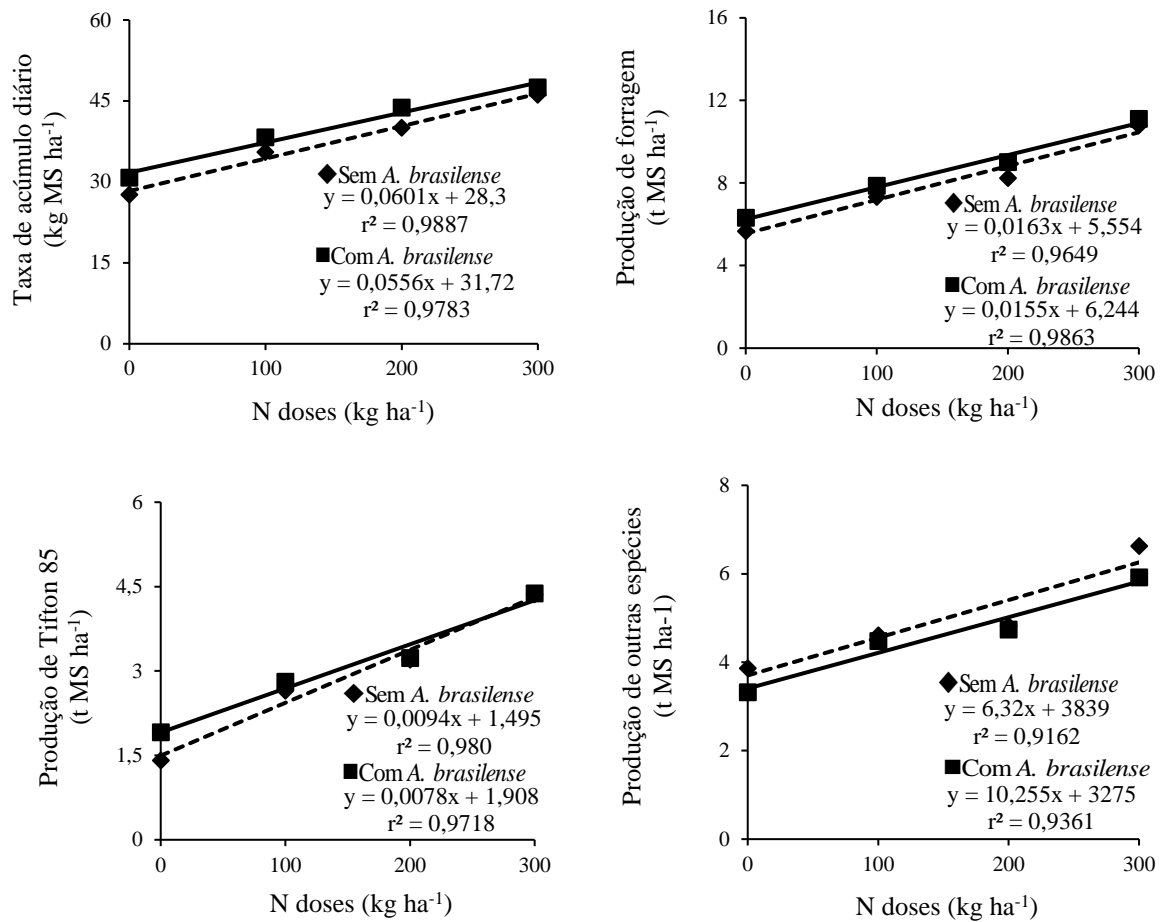


Figura 1 – Efeito de doses de N e inoculação com *Azospirillum brasilense* em pastagens constituídas por Tifton 85 e espécies de crescimento espontâneo de ciclo estival. Santa Maria, RS, 2017-2018.

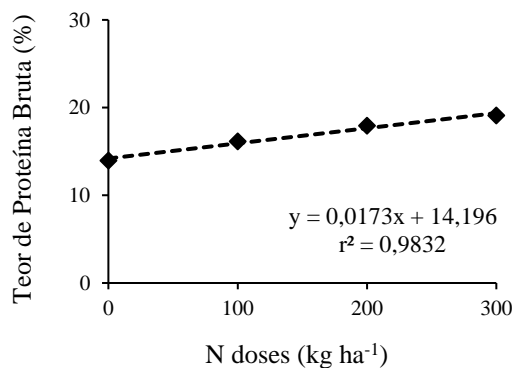


Figura 2 – Teor de proteína bruta de lâminas foliares do estrato superior de Tifton 85, submetido a diferentes doses de adubo nitrogenado e inoculado com *Azospirillum brasilense*. Santa Maria, RS, 2017-2018.

CAPÍTULO 4

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de fertilizantes é imprescindível, garantindo a produtividade e a qualidade da forragem. Atuam também na preservação do solo e meio ambiente, evitando a degradação, e assim permitindo melhor eficiência dos sistemas forrageiros.

No entanto, o uso de adubos nitrogenados sintéticos, quando manejado de forma inadequada, implica em aumento dos custos e também em perdas por lixiviação e volatilização, trazendo danos ao ambiente e ao desempenho do sistema forrageiro, conseqüentemente.

As bactérias diazotróficas atuam nas estruturas das plantas, pois são bioestimulantes, produzindo fitormônios que estimulam o desenvolvimento sobretudo das raízes das plantas. Além disso, são uma boa alternativa de agregar nitrogênio aos sistemas por sua habilidade em quebrar o N₂ atmosférico, liberando o uso para planta. O uso da bactéria *Azospirillum brasilense* em gramíneas tem mostrado resultados interessantes, incluindo aumento de produção de forragem, valor nutritivo, melhor estrutura morfológica da planta e maior resistência às condições climáticas adversas.

No presente estudo, a inoculação com *A. brasilense* proporcionou aumento de produção de forragem do Tifton 85 e da pastagem, com redução da produção de outras espécies, mostrando efeito, quando associada com doses mais baixas e com doses mais altas de adubo nitrogenado. A inoculação implicou em resultado positivo na composição botânica da pastagem e na composição morfológica do Tifton 85, com maior relação lâmina foliar/colmo+bainha. A composição química não foi influenciada pela inoculação.

O uso do adubo nitrogenado promoveu aumento linear ascendente para massa de forragem dos estratos superior e inferior, taxa de acúmulo diária e produção de forragem. As doses crescentes do fertilizante sintético proporcionaram melhor estabelecimento e desenvolvimento do Tifton 85, implicando em aumento de sua participação e redução de outras espécies.

Dessa forma, recomenda-se a continuação de pesquisas avaliando a interação de diferentes doses de *A. brasilense* com níveis distintos de adubo nitrogenado, por um maior período, e sobretudo em pastagens perenes, para que se possa recomendar de forma mais segura sua utilização.

REFERÊNCIAS

- AGUIRRE, P. F. et al. Forage yield of Coastcross-1 pastures inoculated with *Azospirillum brasilense*. **Acta Scientiarum: Animal Sciences**, v. 40, p.01-08, 2018.
- ALDERMAN, P. D. et al. Regrowth dynamics of 'Tifton 85' bermudagrass as affected by nitrogen fertilization. **Crop Science**, v. 51, p.1716-1726, 2011.
- ALVIM, M. J.; BOTREL, M. A. Efeito de doses de nitrogênio na produção de leite de vacas em pastagens de coast-cross. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, p.577-583, 2001.
- ANDRADE, A.T. et al. Produtividade de milho em função da redução do nitrogênio e da utilização de *Azospirillum brasilense*. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.15, p.229-239, 2016.
- ANDERSON, W.; STEWART, M. Tifton 85 bermudagrass response to fertilization on two coastal plain soils. **Better Crops with Plant Food**, v.4, p.24-26, 2017.
- ARAÚJO, R.M. et al. Resposta do milho verde à inoculação com *Azospirillum brasilense* e níveis de nitrogênio. **Ciência Rural**, v.44, p.1556-1560, 2014.
- ASSMANN, T.S. et al. Effect of splitting nitrogen fertilization on Tifton 85: yield, nitrogen use efficiency, and nitrogen nutritional status of plants and soil. **African Journal of Agricultural Research**, v. 13, p.1154-1162, 2018.
- ATHAYDE, A. A. R. et al. Gramíneas do gênero *Cynodon* - Cultivares recentes no Brasil. Boletim técnico. Universidade Federal de Lavras, Lavras, n.73, 14 p., 2005.
- ATHAYDE, A.A.R. et al. Composição química do feno de Capim-Coastcross em função de diferentes estágios de crescimento. **Ensaio e Ciência: Ciências Biológicas Agrárias e da Saúde**, v.16, p.93-104, 2012.
- BARCELLOS, A. O. et al. Sustentabilidade da produção animal baseada em pastagens consorciadas e no emprego de leguminosas exclusivas, na forma de banco de proteína, nos trópicos brasileiros. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, p.51-67, 2008.
- BEIJERINCK, M. W. *Azotobacter chroococcum* als indicator van de vruchtbaarheid van den grond. **K. Ned. Akad. Wet. Versl. Gewone Vergad. Afd. Natuurkd**, v.30, p.431-438, 1922.
- BEIJERINCK, M. W. Über ein *Spirillum*, welches freien Stickstoff binden kann? **Zentralblatt für Bakteriologie, Parasitenkunde, Infektionskrankheiten und Hygiene**, v.63, p.353-359, 1925.
- BILAL, M. et al. Dry matter yield and forage quality traits of oat (*Avena sativa* L.) under integrative use of microbial and synthetic source of nitrogen. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v. 16, p.236-241, 2015.
- BRAZ, S. P. et al. Soil carbon stocks under productive and degraded brachiaria pastures in the Brazilian cerrado. **Soil Science Society of America Journal**, v.77, p.914-928, 2013.

- BROWN, M. A. et al. Bermudagrass intake and efficiency of utilization in Katahdin, Suffolk, and reciprocal-cross lambs. **The Professional Animal Scientist**, v.28, p.358-363, 2012.
- BURTON, G. W.; GATES, R. N.; HILL, G. M. 1993. Registration of 'Tifton 85' bermudagrass. **Crop Science**, v.33, p.644-645, 1993.
- CASSÁN, F. D.; DÍAZ-ZORITA, M. *Azospirillum* sp. in current agriculture: From the laboratory to the field. **Soil Biology & Biochemistry**, v.103, p.117-130, 2016.
- CECATO, U. et al. Avaliação de cultivares do gênero *Cynodon* com e sem nitrogênio. **Acta Scientiarum**, v. 23, p.781-788, 2001.
- CORASSA, G. M. et al. Inoculação com *Azospirillum brasilense* associada à adubação nitrogenada em trigo na Região Norte do Rio Grande do Sul. **Enciclopédia Biosfera**, v.9, p.1298-1308, 2013.
- COSTA, C. A. A. et al. Características agrônômicas dos capins *Digitaria* sp. e *Cynodon dactylon* cv. Tifton-85 sob diferentes alturas de resíduo. **PUBVET**, v.7, p.01-10, 2013.
- DIAS-FILHO, M.B. **Degradação de pastagens: Processos, causas e estratégias de recuperação**. 4. ed. Belém: Ed. do autor, 2011. 204 p.
- DÍAZ-ZORITA, M. et al. Field evaluation of extensive crops inoculated with *Azospirillum* sp. In: CASSÁN, F. D.; OKON, Y.; CREUS, C. M. **Handbook for Azospirillum**. Springer International Publishing Switzerland. Buenos Aires, Argentina, 2015. cap. 24, p. 435-445.
- DOBBELAERE, S. et al. Responses of agronomically important crops to inoculation with *Azospirillum*. **Australian Journal Plant Physiology**, v. 28, p.871-879, 2001.
- DOBBELAERE, S. et al. Plant growth-promoting effects of diazotrophs in the rhizosphere. **Critical Review in Plant Sciences**, v.22, p.107-149, 2003.
- DÖBEREINER, J.; PEDROSA, F. O. **Nitrogen fixing bacteria in non leguminous crop plants**. New York: Springer Verlag, 1987. 155p.
- FAGUNDES, J. L. et al. Produção de forragem de Tifton 85 adubado com nitrogênio e submetido à lotação contínua. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.13, p.306-317, 2012.
- FIORENTIN, C.F. et al. Influência da consorciação com *Brachiaria ruziziensis* e do nitrogênio residual na cultura do milho. **Revista de Ciências Agrárias**, v.35, p.184-192, 2012.
- FRANCISCO, E. et al. NPK management for forage grasses in Brazil. **Better Crops with Plant Food**, v.101, p. 10-12, 2017.
- GALINDO, F.S. et al. Economic analysis of corn inoculated with *Azospirillum brasilense* associated with nitrogen sources and doses. **Semina: Ciências Agrárias**, v.38, p.1749-1764, 2017.
- GOMES, E. P. et al. Produtividade de capim Tifton 85 sob irrigação e doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, p.317-323, 2015.

- HAYAT, R. et al. Soil beneficial bacteria and their role in plant growth promotion: a review. **Annals of Microbiology**, v.60, p.579-598, 2010.
- HILL, G. M. et al. Forage quality and grazing steer performance from Tifton 85 and Tifton 78 bermudagrass pastures. **Journal of Animal Science**, v.71, p.3219-3225, 1993.
- HUERGO, L. F. et al. Regulation of nitrogen fixation in *Azospirillum brasilense*. In: CASSÁN, F. D.; SALAMONE, I. G. ***Azospirillum sp.: cell physiology, plant interactions and agronomic research in Argentina***. Buenos Aires: Asociación Argentina de Microbiología, 2008. cap. 1, p.17-28.
- HUNGRIA, M. Inoculação com *Azospirillum brasilense*: inovação em rendimento a baixo custo. Londrina: Embrapa Soja, 2011. 36 p.
- HUNGRIA, M. et al. A importância do processo de fixação biológica do nitrogênio para a cultura da soja: componente essencial para a competitividade do produto brasileiro. Londrina: Embrapa Soja, 2007. 80 p.
- HUNGRIA, M. et al. Inoculation with selected strains of *Azospirillum brasilense* and *A. lipoferum* improves yields of maize and wheat in Brazil. **Plant and Soil**, v. 331, p.413-425, 2010.
- KNIGHT, E. C. et al. Mowing and nitrogen source effects on ammonia volatilization from turfgrass. **Crop Science**, v.47, p.1628-1634, 2007.
- LIU, K. et al. Grazing management effects on productivity, nutritive value, and persistence of 'Tifton 85' bermudagrass. **Crop science**, v.51, p.353-360, 2011.
- MARIANI, L. et al. Produtividade da forrageira *Panicum maximum* cv. Mg12 paredão submetido a diferentes níveis de adubação nitrogenada e de diferentes fontes. **Connection line**, v.18, p.11-117, 2018.
- MARTINS, F. A. D. Avaliação de híbridos de milho inoculados com *Azospirillum brasilense*. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v.18, p.113-128, 2012.
- MASSEY, C. G. et al. Bermudagrass forage yield and ammonia volatilization as affected by nitrogen fertilization. **Soil Science Society of American Journal**, v.75, p.638-648, 2011.
- MORAIS, T. P. de. et al. Aspectos morfofisiológicos de plantas de milho e bioquímico do solo em resposta à adubação nitrogenada e à inoculação com *Azospirillum brasilense*. **Revista Ceres**, v.62, p. 507-509, 2015.
- MOREIRA, A. L. Acúmulo de forragem em pastos de Tifton 85 adubados com nitrogênio e manejados sob lotação contínua. **Semina: Ciências Agrárias**, v.36, p. 2275-2286, 2015.
- NAKAO, A. H. et al. Análise econômica da produção de milho safrinha em função de fontes e doses de nitrogênio e inoculação foliar com *Azospirillum brasilense*. **Enciclopédia Biosfera: Centro Científico Conhecer**, v.10, p.278-290, 2014.

OKUMURA, R. S.; MARIANO, D. C. Aspectos agronômicos da ureia tratada com inibidor de urease. **Revista Ambiente**, v.08, p.403-404, 2012.

OLIVEIRA, M. A. et al. Rendimento e valor nutritivo do Capim-Tifton 85 (*Cynodon spp.*) em diferentes idades de rebrota. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, p.1949-1960, 2000.

PEQUENO, D. N. L. et al. Forage accumulation and nutritive value of Brachiariagrasses and Tifton 85 bermudagrass as affected by harvest frequency and irrigation. **Agronomy Journal**, v.106, p.1741-1749, 2015.

PEREIRA, D. N. et al. Diagnóstico e recuperação de áreas de pastagens degradadas. **Revista Agroambiental**, Ed. Especial, p.49-53, 2013.

PINDI, P. K., SATYANARAYANA, D. V. 2012. Liquid microbial consortium- a potential tool for sustainable soil health. **Journal of Biofertilizers & Biopesticides**, v.3, p.1-9, 2012.

QUARESMA, J. P. S. et al. Produção e composição bromatológica do capim-tifton 85 (*Cynodon spp.*) submetido a doses de nitrogênio. **Acta Scientiarum: Animal Sciences**, v.33, p.145-150, 2011.

REIS, V. M. et al. O gênero *Azospirillum*: diversidade e relação filogenética das espécies. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2010. 20 p.

REETZ JUNIOR, H.F. **Fertilizers and their efficient use. International Fertilizer Industry Association**. Paris: International Fertilizer Industry Association, 2016, 110 p.

RIBEIRO, K. G.; PEREIRA, O.G. Valor nutritivo do Capim-Tifton 85 sob doses de nitrogênio e idades de rebrotação. **Veterinária e Zootecnia**, v.17, p.560-567, 2010.

RODRIGUEZ, H. et al. Gluconic acid production and phosphate solubilization by the plant growth-promoting bacterium *Azospirillum spp.* **Naturwissenschaften: The Science of Nature**. v.91, p.552-555, 2004.

SABUNDJIAN, M. T. et al. Adubação nitrogenada em feijoeiro em sucessão a cultivo solteiro e consorciado de milho e *Urochloa ruziziensis*. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.43, p.292-299, 2013.

SANCHES, A. C. et al. Produtividade, composição botânica e valor nutricional do Tifton 85 nas diferentes estações do ano sob irrigação. **Irriga**, Ed. especial, p.221-232, 2016.

SILVA, D. R. G. et al. Doses e fontes de nitrogênio na recuperação das características estruturais e produtivas do Capim-Marandu. **Revista Ciência Agronômica**, v.44, p.184-191, 2013.

SKONIESKI, F. R. et al. Effect of seed inoculation with *Azospirillum brasilense* and nitrogen fertilization rates on maize plant yield and silage quality. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.46, p.722-730, 2017.

SOARES FILHO, C. V. S. et al. Produção e valor nutritivo de dez gramíneas forrageiras na região Noroeste do Estado de São Paulo. **Acta Scientiarum**, v. 24, p. 1377-1384, 2002.

SOHM, G. et al. Yield and Quality of Irrigated Bermudagrass as a Function of Nitrogen Rate. **Agronomy Journal**, v.106, p.1489-1496, 2014.

SOLLENBERGER, L. E. Sustainable Production Systems for Cynodon Species in the Subtropics and Tropics. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.85-100, 2008.

TAFFAREL, E. et al. Tifton 85 grass responses to different nitrogen levels and cutting Intervals. **Semina: Ciências Agrárias**, v.37, p.2067-2084, 2016.

TARRAND, J. J. et al. A taxonomic study of the *Spirillum lipoferum* group, with descriptions of a new genus, *Azospirillum* gen. nov., and two species, *Azospirillum lipoferum* (Beijerinck) comb. nov. and *Azospirillum brasilense* sp. nov. **Canadian Journal of Microbiology**, v.24, p.967-980, 1978.

TEIXEIRA, A. M. et al. Desempenho de vacas Girolando mantidas em pastejo de Tifton 85 irrigado ou sequeiro. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.65, p.1447-1453, 2013.

VILELA, D. et al. Desempenho de vacas da raça Holandesa em pastagem de Coastcross. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, p.555-561, 2006.

VOGEL, G. F. et al. Desempenho agrônômico de *Azospirillum brasilense* na cultura do arroz: uma revisão. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v.06, p.567-578, 2013.