



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE SINOP
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**Respostas agronômicas de capim-ipyporã sob estratégias de
fornecimento de nitrogênio: fertilizante mineral, inoculante
bacteriano e consórcio com amendoim forrageiro**

Maira Laís Both Bourscheidt

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Mato Grosso, *Campus* Universitário de Sinop, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Zootecnia.
Área de concentração: Produção animal.

Sinop, Mato Grosso
Fevereiro de 2018

MAIRA LAÍS BOTH BOURSCHEIDT

Respostas agronômicas de capim-ipyporã sob estratégias de fornecimento de nitrogênio: fertilizante mineral, inoculante bacteriano e consórcio com amendoim forrageiro

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Mato Grosso, *Campus* Universitário de Sinop, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

Área de concentração: Produção animal.

Orientador: Prof. Dr. Bruno Carneiro e Pedreira

Coorientador: Prof. Dr. Dalton Henrique Pereira

Sinop, Mato Grosso

Fevereiro de 2018

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.

B749r Both Bourscheidt, Maira Laís.

Respostas agronômicas de capim-ipyporã sob estratégias de fornecimento de nitrogênio: fertilizante mineral, inoculante bacteriano e consórcio com amendoim forrageiro / Maira Laís Both Bourscheidt. -- 2018

xvi, 102 f. ; 30 cm.

Orientador: Bruno Carneiro e Pedreira.

Co-orientador: Dalton Henrique Pereira.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Sinop, 2018.

Inclui bibliografia.

1. Azospirillum brasilense. 2. Brachiaria. 3. Mandobi. I. Título.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA
Avenida Alexandre Ferronato, 1200 - Reserva 35 - Distrito Industrial - Cep: -Sinop/MT
Tel : - Email : ppgzootecnia@ufmt.br

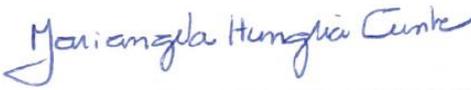
FOLHA DE APROVAÇÃO

TÍTULO : "Respostas agronômicas de capim ipyporã sob estratégias de fornecimento de nitrogênio: fertilizante mineral, inoculante bacteriano e consórcio com amendoim forrageiro"

AUTOR : Mestranda MAIRA LAÍS BOTH BOURSCHEIDT

Dissertação defendida e aprovada em 16/02/2018.

Composição da Banca Examinadora:

Presidente Banca / Orientador	Doutor(a)	Bruno Carneiro e Pedreira	
Instituição :		EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA AGROSSILVIPASTORIL	
Examinador Interno	Doutor(a)	Dalton Henrique Pereira	
Instituição :		UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO	
Examinador Externo	Pós-Doutor(a)	Mariangela Hungria da Cunha	
Instituição :		Embrapa Soja, Universidade Estadual de Londrina	
Examinador Suplente	Doutor(a)	ARTHUR BEHLING NETO	
Instituição :		UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO	

SINOP, 16/02/2018.

DEDICATÓRIA

Dedico ao meu pai Ivo Bourscheidt e à minha mãe Maria Isabel Both Bourscheidt.

AGRADECIMENTOS

À Deus, por todas as bênçãos concedidas, saúde e força para enfrentar mais esse desafio em minha vida.

Aos meus amados pais, Maria Isabel e Ivo, que sempre me proporcionaram o melhor que puderam. Por toda educação, amor, compreensão, apoio e dedicação.

Ao meu noivo Janderson, por ser uma pessoa maravilhosa, muito especial em minha vida, com todo seu carinho e compreensão. Aos meus sogros queridos, Álvaro e Vanderlea e à toda família, que hoje também fazem parte da minha.

Ao professor Dr. Bruno Carneiro e Pedreira, pela orientação, confiança, paciência e por todos ensinamentos repassados, tanto para a vida pessoal quanto para a vida profissional. Ao professor Dr. Dalton Henrique Pereira pela coorientação e por todos ensinamentos repassados. Obrigada professores... profissionais excepcionais e que admiro muito.

À Universidade Federal de Mato Grosso, *campus* de Sinop pela oportunidade de realização do curso de mestrado, ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, e todo Corpo Docente, imprescindíveis para minha formação.

À Embrapa Agrossilvipastoril por toda estrutura de campo, laboratorial e pelo apoio financeiro para realização da pesquisa, bem como à todos colaboradores.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pela concessão da bolsa de mestrado e também às empresas Unipasto e Stoller pelo apoio financeiro para realização da pesquisa.

À todos amigos e colegas de graduação e pós-graduação, pelo conhecimento, experiências, atividades de campo e laboratório: Marília Zanette, Cátia Tesk, Josiane Devens, Fagner Gomes (que muito me ajudou na parte estatística e sou imensamente grata), Solange Holschuch, Leandro Domiciano, Rafael Marciano, Débora Moraes, Mircéia Mombach, Fabrício

Resende, Hemython Nascimento, Perivaldo Carvalho, Gabriel Pedroso, Mariely Lopes. Ao funcionário Edegar Jezur. Aos colaboradores da Embrapa Agrossilvipastoril Fábio Peixoto e João Carlos, pela apoio laboratorial e também aos colaboradores Cledir Schuck, Antônio Sérgio, Orlando Júnior e Iriana Lovato.

Ao Grupo de Estudos em Pecuária Integrada (GEPI), e seus participantes, por todos os trabalhos e oportunidade de aprendizado.

Enfim, a todos que de alguma forma contribuíram para realização deste trabalho e de minha formação, “na dor e no amor”, pois com o tempo tudo se torna experiência.

Obrigada!

BIOGRAFIA

Nascida em Santo Cristo / RS em 10 de novembro de 1989, Maira Laís Both Bourscheidt é filha de Maria Isabel Both Bourscheidt e Ivo Bourscheidt. Coursou ensino fundamental e médio nesta mesma cidade e formou-se Técnica em Agropecuária pela SETREM – Sociedade Educacional Três de Maio / RS. Mudou-se para Sinop / MT onde fez Graduação em Zootecnia pela Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT). Concluiu a graduação no ano de 2016 e na sequência iniciou o curso de mestrado oferecido pela UFMT *Campus* Universitário de Sinop. Atualmente é aluna do Programa de Pós Graduação em Zootecnia da UFMT e bolsista CAPES com projeto desenvolvido na Embrapa Agrossilvipastoril.

RESUMO

BOURSCHEIDT, Maira Laís Both. Dissertação de Mestrado (Zootecnia), Universidade Federal de Mato Grosso, *Campus* Universitário de Sinop, Dezembro de 2017, 120 f. **Respostas agronômicas de capim-ipyporã sob estratégias de fornecimento de nitrogênio: fertilizante mineral, inoculante bacteriano e consórcio com amendoim forrageiro.** Orientador: Prof. Dr. Bruno Carneiro e Pedreira. Coorientador: Prof. Dr. Dalton Henrique Pereira.

O nitrogênio (N) é elemento essencial na produção em pastagens. Algumas alternativas para o fornecimento de N são a fertilização nitrogenada mineral, a utilização de consórcio com leguminosas forrageiras e o emprego de inoculante com bactérias diazotróficas em gramíneas. Objetivou-se avaliar respostas agronômicas de capim-ipyporã (*Brachiaria* spp.) sob estratégias de fornecimento de nitrogênio. O experimento foi conduzido na Embrapa Agrossilvipastoril, em Sinop – MT e seguiu um delineamento em blocos completos casualizados com 6 tratamentos e 3 repetições: 1. Pastos de capim-ipyporã sem fertilização mineral de nitrogênio (controle); 2. fertilizados com 80 kg N.ha⁻¹.ano⁻¹ (N); 3. inoculados com *Azospirillum brasilense* (i); 4. fertilizados com 80 kg.ha⁻¹ de N + inoculante (N + i); 5. em consórcio com amendoim forrageiro (*Arachis pintoi* cv. Mandobi) (C); 6. em consórcio com amendoim forrageiro + inoculante (C + i). O período experimental foi de 21 de março de 2015 a 21 de março de 2017. Os pastos foram cortados sempre que atingiram altura média de 25 cm, deixando-se resíduo de 12 cm e também em ciclos representativos no intermédio das estações (primavera/15, verão/16, primavera/16 e verão/17), de 25 a 12 cm para quantificação de massa de forragem (MF) acima do resíduo e do nível do resíduo ao solo para quantificação de MF de resíduo, sendo biomassa a soma de ambos. No final do período experimental também foram coletadas amostras para quantificação de massa de resíduo e raiz. Os maiores acúmulos (AF), taxas de acúmulo de forragem (TAF), MF e massa de folha foram observados na estratégia N e C + i. Maior biomassa foi registrada em pastos com N, N + i e C + i e para resíduo nas estratégias N e N + i, sobretudo nas estações com maior pluviosidade. Colmo e material morto acima do resíduo foram influenciados apenas pelas estações do ano, com maiores massas e proporções nos verões para colmo e menores no verão/17 para material morto. O maior índice de área foliar destrutivo (IAFD) foi observado nos pastos com N e os maiores IAFD foram registrados nos verões, enquanto que para interceptação luminosa (IL), em geral, pastos com N e N + i interceptaram mais luz, sobretudo no verão/17. Na caracterização estrutural do resíduo, componentes morfológicos (folha, colmo e material morto), índice de área foliar destrutivo (IAFD) e

interceptação luminosa (IL) foram influenciados positivamente, de maneira geral, pelas estratégias de fornecimento de N, principalmente em pastos com N e N + i e pela maior disponibilidade hídrica. Esse mesmo padrão de resposta foi observado para os indicadores qualitativos proteína bruta (PB) e fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) e para as variáveis fisiológicas condutância estomática (*gs*), eficiência no uso da água (EUA) e clorofila total. Para todas as estratégias foi observado mais massa de raiz quando comparado ao capim-ipyporã controle, bem como maior massa de resíduo, sobretudo com a estratégia N. A fertilização mineral e a estratégia C + i aumentaram a concentração de N nas raízes, e o estoque de N foi superior com a fertilização mineral. Conclui-se que capim-ipyporã é responsivo as estratégias de fornecimento de N, com ganhos relativos entre 14 e 42% para AF e entre 6 a 26% em biomassa, com melhores respostas quando submetido a estratégia N e C + i.

ABSTRACT

BOURSCHEIDT, Maira Laís Both. Dissertação de Mestrado (Zootecnia), Universidade Federal de Mato Grosso, *Campus* Universitário de Sinop, December 2017, 120 f. **Agronomic responses of ipyporã grass under nitrogen supply strategies: mineral fertilizer, bacterial inoculant and consortium with forage peanuts.** Adviser Prof. Dr. Bruno Carneiro e Pedreira. Co-adviser: Prof. Dr. Dalton Henrique Pereira.

Nitrogen (N) is an essential element in pasture production. Some alternatives for the supply of N are nitrogen fertilization, the use of a consortium with forage legumes and the use of inoculant with diazotrophic bacteria in grasses. The objective was to evaluate agronomic responses of ipyporã grass (*Brachiaria* spp.) under nitrogen supply strategies. The experiment was carried out at Embrapa Agrossilvipastoril in Sinop - MT and followed a randomized complete block design with 6 treatments and 3 replicates: 1. Pastures of ipyporã grass without nitrogen fertilization (control); 2. fertilizers with 80 kg N.ha⁻¹.ano⁻¹ (N); 3. inoculated with *Azospirillum brasilense* (i); 4. fertilizers with 80 kg.ha⁻¹ of N + inoculant (N + i); 5. in consortium with forage peanuts (*Arachis pintoi* cv. Mandobi) (C); 6. in consortium with forage peanut + inoculant (C + i). The experimental period was from March 21, 2015 to March 21, 2017. The pastures were harvested when reached a height of 25 cm, leaving a 12 cm of stubble and also in representative cycles in the middle of the seasons (spring/15, summer/16, spring/16 and summer/17), from 25 to 12 cm for quantification of forage mass (FM) above the stubble and the stubble level to soil for quantification of stubble, and biomass being the sum of both. At the end of the experimental period, samples were also collected to quantify stubble and root mass. The highest accumulations (FA), forage accumulation rates (FAR), FM and leaf mass were observed in the N and C + i strategy. Larger biomass was recorded in pastures with N, N + i and C + i and for stubble s in N and N + i strategies, especially in seasons with higher rainfall. Stem and dead material above the stubble were influenced only by the seasons, with more masses and proportions in the summers for stem and smaller in the summer/17 for dead material. The highest index of destructive leaf area index (DLAI) was observed in pastures with N and the highest DLAI were recorded in the summers, while for light interception (LI), pastures with N and N + i intercepted more light, especially in summer/17. In the structural characterization of the stubble, morphological components (leaf, stem and dead material), destructive leaf area index (DLAI) and light interception (IL) were positively influenced, in a general way, by nitrogen supply strategies, mainly in pastures with N and N + i by greater water

availability. This same pattern of response was observed for the qualitative indicators, crude protein (CP) and neutral detergent insoluble fiber (NDF), and for the physiological variables stomatal conductance (*sc*), water use efficiency (WUE) and total chlorophyll. For all nitrogenous strategies, higher root mass was observed when compared to the control, as well as higher stubble mass, especially with N. The mineral fertilization and the C + i strategies increased the N concentration in the roots, and the N stock was higher with the mineral fertilization. It is concluded that ipyporã grass is responsive to N supply strategies, with relative gains between 14 and 42% for FA and between 6 and 26% in biomass, with better responses when submitted to the N and C + i strategy.

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1	
Respostas agronômicas, fisiológicas e indicadores qualitativos de capim-ipyporã sob estratégias de fornecimento de nitrogênio.....	32
Tabela 1. Análise química de solo da área experimental, na camada de 0-20 cm.	36
Tabela 2. Acúmulo de forragem (AF), taxa de acúmulo de forragem (TAF) e ciclos de corte em pastos de capim-ipyporã submetidos a estratégias de fornecimento de nitrogênio por dois anos (2015/2017).	42
Tabela 3. Acúmulo de forragem (AF) e taxa de acúmulo de forragem (TAF) em pastos de capim-ipyporã submetidos a estratégias de fornecimento de nitrogênio nas estações por 2 anos (2015/2017).	44
Tabela 4. Massa de forragem (MF) acima do resíduo, massa de folha, colmo e material morto e índice de área foliar destrutivo (IAFD) em pastos de capim-ipyporã submetidos a estratégias de fornecimento de nitrogênio nos ciclos representativos.	45
Tabela 5. Proporção de folha, colmo e material morto (g.kg^{-1}) em pastos de capim-ipyporã submetidos a estratégias de fornecimento de nitrogênio nos ciclos representativos.....	47
Tabela 6. Interceptação luminosa (IL) e altura pré-corte em pastos de capim-ipyporã submetidos a estratégias de fornecimento de nitrogênio nas estações por 2 anos (2015/2017).	48
Tabela 7. Proteína bruta (PB) e fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) na massa de forragem acima do resíduo de pastos de capim-ipyporã submetidos a estratégias de fornecimento de nitrogênio nas estações por 2 anos (2015/2017).	49
Tabela 8. Taxa de transpiração foliar (E), taxa de fotossíntese foliar líquida (A), razão de transpiração (RT), concentração intercelular de CO_2 (C_i), condutância estomática foliar (g_s) e eficiência no uso da água (EUA) em pastos de capim-ipyporã submetidos a estratégias de fornecimento de nitrogênio nas estações, por 2 anos (2015/2017).	51
Tabela 9. Índice de clorofila Falker (ICF) total em pastos de capim-ipyporã submetidos a estratégias de fornecimento de nitrogênio nas estações por 2 anos (2015/2017).	52
CAPÍTULO 2	
Biomassa, resíduo e raiz de capim-ipyporã sob estratégias de fornecimento de nitrogênio	73
Tabela 1. Análise química de solo da área experimental, na camada de 0-20 cm.	77
Tabela 2. Biomassa (acima do resíduo + resíduo) e resíduo em pastos de capim-ipyporã submetidos a estratégias de fornecimento de nitrogênio nos ciclos representativos.....	82

Tabela 3. Massa de folha e material morto no resíduo em pastos de capim-ipyporã submetidos a estratégias de fornecimento de nitrogênio nos ciclos representativos.....	84
Tabela 4. Proporção de material morto (g.kg^{-1}) e índice de área foliar destrutivo (IAFD) no resíduo em pastos de capim-ipyporã submetidos a estratégias de fornecimento de nitrogênio nos ciclos representativos.....	85
Tabela 5. Interceptação luminosa (IL) e altura do resíduo de pastos capim-ipyporã submetidos a estratégias de fornecimento de nitrogênio nas estações por 2 anos (2015/2017).....	86
Tabela 6. Massa de resíduo e de raiz e concentração (g.kg^{-1}) e estoque de nitrogênio (N) (kg N.ha^{-1}) nas raízes de capim-ipyporã submetido a estratégias de fornecimento de nitrogênio após 2 anos (2015/2017).....	87

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	1
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
1. CAPIM-IPYPORÃ.....	3
2. IMPORTÂNCIA DO NITROGÊNIO PARA AS PLANTAS.....	5
3. ESTRATÉGIAS DE FORNECIMENTO DE NITROGÊNIO EM PASTAGENS	7
3.1 FERTILIZAÇÃO MINERAL.....	8
3.2 FIXAÇÃO BIOLÓGICA DE NITROGÊNIO	11
3.2.1 Consórcio com Amendoim Forrageiro.....	14
3.2.2 Inoculantes em Gramíneas	19
4. RESPOSTAS FISIOLÓGICAS E BROMATOLÓGICAS DE FORRAGEIRAS	22
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	24
CAPÍTULO 1	
Respostas agronômicas, fisiológicas e indicadores qualitativos de capim-ipyporã sob estratégias de fornecimento de nitrogênio.....	32
1. INTRODUÇÃO	34
2. MATERIAL E MÉTODOS	35
2.1 AVALIAÇÕES AGRONÔMICAS.....	37
2.2 INDICADORES QUALITATIVOS	39
2.3 AVALIAÇÕES FISIOLÓGICAS	39
2.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA	40
3. RESULTADOS.....	42
3.1 RESPOSTAS AGRONÔMICAS	42
3.2 INDICADORES QUALITATIVOS	48
3.3 RESPOSTAS FISIOLÓGICAS	50
4. DISCUSSÃO.....	52
4.1 RESPOSTAS AGRONÔMICAS	52
4.2 INDICADORES QUALITATIVOS	61
4.3 RESPOSTAS FISIOLÓGICAS	63
4.4 INCIDÊNCIA DE CIGARRINHA-DAS-PASTAGENS	65
5. CONCLUSÃO	66
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	66

CAPÍTULO 2	
Biomassa, resíduo e raiz de capim-ipyporã sob estratégias de fornecimento de nitrogênio	73
1. INTRODUÇÃO	75
2. MATERIAL E MÉTODOS	76
3. RESULTADOS	81
4. DISCUSSÃO.....	87
5. CONCLUSÃO	96
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	96
CONCLUSÕES GERAIS	102

INTRODUÇÃO GERAL

Na pecuária nacional, a base da alimentação de ruminantes provém de sistemas de produção em pastagens, com 167,49 milhões de hectares (ABIEC, 2016) e um efetivo bovino de 218,2 milhões de cabeças (IBGE, 2017).

Produzir bovinos em pastagens de forma eficiente e competitiva requer conhecimento do processo produtivo, entendimento dos sistemas de produção e das respostas morfofisiológicas da planta. A produção de ruminantes no Brasil é baseada, na sua grande maioria, em sistemas de produção a pasto, e a competitividade com a agricultura e o maior valor das terras no país impõem uma mudança de hábito na forma de cultivar pastagens (Emerenciano Neto et al., 2013). O uso de fertilizantes e corretivos é uma maneira efetiva de repor nutrientes no sistema e, potencialmente, garantir a sua sustentabilidade (Barcellos et al., 2008).

Em regiões de clima tropical, o período de déficit hídrico e a baixa fertilidade natural dos solos causam um reflexo direto na quantidade e qualidade da forragem produzida. O manejo inadequado do sistema solo-planta-animal e o gerenciamento ineficiente da atividade predispoem à degradação das pastagens, impactando negativamente sobre o ambiente e refletindo em baixos índices zootécnicos do rebanho (Barcellos et al., 2008).

Conceitualmente, degradação é o processo evolutivo de perda de vigor, produtividade e da capacidade de recuperação natural da pastagem, tornando-a incapaz de suportar a mesma taxa de lotação (Macedo, 1995). Conforme Kichel et al. (1999), a diminuição desta problemática ocorre a partir da escolha da espécie forrageira condizente com clima e solo da região, com um bom manejo e a reposição periódica de nutrientes.

Visando a longevidade das pastagens, a exploração da fixação biológica de nitrogênio (FBN) pelas leguminosas forrageiras de clima tropical em pastagens consorciadas; o uso de fertilizantes nitrogenados e a adoção do sistema de integração-lavoura-pecuária, são alguns dos caminhos a serem seguidos (Andrade, 2010). Quando os nutrientes estão em equilíbrio, a maior

resposta em produção de forragem é atribuída à adição de fertilizantes nitrogenados, que tem sido uma das práticas mais onerosas. No entanto, o N pode ser obtido por via biológica, por meio da associação de plantas com bactérias fixadoras do nitrogênio atmosférico (Kichel et al., 1999). O aumento da FBN pela prática da inoculação em gramíneas pode contribuir, direta ou indiretamente, para o aumento de produção de culturas (Döbereiner, 1997; Moreira e Siqueira, 2006).

Para as próximas décadas há perspectivas de mudanças climáticas, elevação de preço de petróleo, mudanças na matriz energética, controle de emissão de gases de efeito estufa, e aumento da população mundial, com maior demanda por alimentos (Andrade e Assis, 2012), o que resulta na necessidade de entender e buscar, cada vez mais, fontes alternativas e sustentáveis na produção forrageira.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1. CAPIM-IPYPORÃ

No Brasil há cerca de 20 espécies de forrageiras divididas em oito gêneros de gramíneas e sete gêneros de leguminosas para a produção de sementes, registradas no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Do montante, cerca de 45% da área e 60% da produção de sementes é de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. A seleção de forragem de clima tropical iniciou em meados da década de 1980 com foco em *Panicum maximum*, *Brachiaria* sp., *Andropogon*, *Stylosanthes*, *Arachis* e *Leucaena*. Avanços na última década incluem o lançamento de cultivares como: *B. brizantha* cv. Xaraés em 2003; *B. brizantha* cv. BRS Piatã em 2007; *B. humidicola* cv. BRS Tupi, registrada em 2004 e protegida em 2009; Estilosantes Campo Grande; *P. maximum* cv. Massai e *Cajanus cajan* BRS Mandarin (Euclides et al., 2010).

O gênero *Brachiaria* (= *Urochloa* P. Beauv.) engloba cerca de 100 espécies, é de origem Africana e distribuído em regiões de clima tropical e subtropical. No Brasil, há 10 cultivares registradas no Serviço Nacional de Proteção de Cultivares, entre eles, apenas uma (cv. Mulato II) é um híbrido, sendo os outros derivados de seleção de variabilidade natural do próprio gênero (Felismino et al., 2011).

Com o melhoramento de forrageiras busca-se mais produtividade, qualidade, resistência a pragas e doenças, produção de sementes e adaptação a estresses edáficos e climáticos (Valle et al., 2009). A escolha da forrageira deve estar ligada ao sistema de produção, a meta a ser alcançada e, conseqüentemente, na produção por animal ou por área (Euclides et al., 2009). São de grande importância os estudos a fim de lançar cultivares melhoradas, aumentando a diversificação das pastagens que tenham características positivas para que o mercado seja promissor.

O capim-ipyporã (*Brachiaria* spp. cv. BRS Ipyporã) foi desenvolvido por hibridação biparental entre um genótipo de *B. ruziziensis*, tetraploidizada artificialmente, e um acesso de *B. brizantha*. Esta forrageira foi lançada pela Embrapa em 2017, e ainda há poucos trabalhos realizados e publicados sobre seu uso. Esse híbrido apomítico tem como característica a resistência às cigarrinhas das pastagens, mantendo produtividade e valor nutritivo. É uma planta de porte médio, chegando a 50 cm de altura, hábito de crescimento cespitoso, prostrada, com grande pilosidade no colmo e inflorescências com 4 a 5 racemos curtos (Valle et al., 2017).

O índice de área foliar (IAF) crítico ocorre quando 95% da luz incidente é interceptada pelo dossel forrageiro e proporciona maior eficiência na taxa de crescimento (Brougham, 1956). Esse conceito inicialmente foi usado em manejo de gramíneas de clima temperado, porém, pode ser aplicado para as gramíneas de clima tropical. Por outro lado, o manejo baseado em dias fixos facilita o planejamento do pastejo, mas pode resultar em dosséis com estrutura variável (Euclides et al., 2014). A altura do dossel pode ser uma variável adotada para o manejo do pastejo pré-desfolhação e com alta correlação com o IAF crítico sob lotação intermitente, como por exemplo 90 cm para *P. maximum* cv. Mombaça (Carnevalli et al., 2006); 30 cm para *B. brizantha* cv. Xaraés (Pedreira et al., 2009) e 25 cm para *B. brizantha* cv. Marandu (Giacomini et al., 2009).

Essa forrageira apresentou melhores resultados sob pastejo, por lotação intermitente, quando o dossel interceptou 95% da radiação solar incidente e com altura de resíduo de 15 cm. A altura média do dossel a 95% de interceptação luminosa (IL) correspondeu a 29,6 cm, enquanto que para IL máxima de 98%, a altura foi de 41,5 cm. Pastos manejados com 95% de IL apresentaram maior taxa de acúmulo de forragem, proporção de folhas, relação folha:colmo, teor de proteína bruta e densidade populacional de perfilhos basilares (Echeverria et al., 2016).

Quando se trata da produção de sementes de capim-ipyporã, a produtividade média foi de 400 kg.ha⁻¹ de sementes puras e viabilidade média de 85% pelo teste de tetrazólio, com

produtividade média de espiguetas vazias de 750 kg.ha⁻¹. A alta presença de espiguetas vazias em genótipos híbridos é um grande desafio a ser superado nos programas de melhoramento de forrageiras (Lima et al., 2015).

Em relação a pragas, as cigarrinhas-das-pastagens são insetos que podem causar danos em pastagens na América tropical, afetando a qualidade e quantidade das gramíneas forrageiras, e seu ataque mais severo pode reduzir a capacidade de suporte das pastagens. Uma forma de minimizar e controlar a problemática é a utilização de forrageiras tolerantes e/ou resistentes (Valério, 2009). Em estudo com 25 híbridos de *Brachiaria* avaliados quanto à resistência a cigarrinha *Notozulia entreciana*, o capim-ipyporã foi um dos três que apresentaram resultados positivos (Valério et al., 2011). Ele também apresentou resistência à *Mahanarva* sp., afetando negativamente o desenvolvimento e sobrevivência do inseto por mecanismo antibiose (Valério et al., 2012).

2. IMPORTÂNCIA DO NITROGÊNIO PARA AS PLANTAS

As principais fontes de N necessário ao crescimento das plantas são a decomposição da matéria orgânica do solo; os fertilizantes e a fixação biológica de nitrogênio (FBN), sendo que o fornecimento, a utilização e as perdas desse elemento formam um ciclo complexo (Hungria et al., 1994).

O N é encontrado em diferentes formas no ciclo biogeoquímico. Na atmosfera, o N varia desde a forma gasosa à de íons reduzidos, antes de ser incorporado a compostos orgânicos nos seres vivos. Na atmosfera há cerca de 78% do N molecular (N₂), forma não disponível aos organismos vivos. Para tanto, a obtenção desse nutriente requer a quebra de uma ligação covalente tripla entre os dois átomos, produzindo amônia (NH₃) ou nitrato (NO₃⁻). A fixação de N pode ocorrer por processo industrial ou natural. Neste último destacam-se os relâmpagos, que contribuem com cerca de 8% do N fixado, produzindo ácido nítrico que precipita com a

chuva; reações fotoquímicas, responsável por 2% do N fixado, através de reações entre óxido nitroso (N_2O) e ozônio, também gerando ácido nítrico; e por fim, a FBN, representando 90% do N fixado, na qual certos microrganismos fixam o N_2 e disponibilizam em formas assimiláveis pelas plantas (Taiz e Zeiger, 2006). Certos microrganismos do solo utilizam o nitrogênio da matéria orgânica e disponibilizam às plantas por meio do processo de mineralização (Dias-Filho, 2011).

Os íons amônio (NH_4^+) produzidos pela mineralização ou inseridos ao solo a partir do uso de fertilizantes podem ser convertidos para a forma nítrica, numa oxidação biológica denominada nitrificação. Ocorre a oxidação do amônio para nitrito que é formado como produto intermediário, pois é rapidamente oxidado a nitrato. Os íons NO_3^- que foram produzidos podem ser perdidos por volatilização, por meio da redução microbiológica a N_2O e N_2 denominada desnitrificação, processo final do retorno de gás N_2 para a atmosfera (Neto, 2001).

O nitrogênio é um nutriente essencial para as plantas, por ser constituinte de proteínas, ácidos nucleicos, participar da síntese de vitaminas, hormônios, coenzimas, alcaloides, hexosaminas e outros compostos. Nas folhas, encontra-se nos cloroplastos como constituinte da molécula de clorofila, onde cada átomo de Mg está ligado a quatro átomos de N (Taiz e Zeiger, 2006).

A utilização do N reduz o tempo de aparecimento de folhas sucessivas, aumentando a produção de novas células e o número de folhas por planta. Assim, a forragem se recupera mais rápido, ficando disponível aos animais em intervalos mais curtos de descanso, o que por sua vez pode representar um aumento da frequência de pastejo (Silva et al., 2013b). Também exerce papel importante no desenvolvimento de perfilhos e, conseqüentemente, na produção de forragem, por fazer parte das proteínas e ácidos nucleicos (Silva et al., 2013a),

Ele é elemento essencial na produtividade da pastagem, com caráter poluente, por ser componente do óxido nitroso, um dos gases do efeito estufa. Assim, as práticas de manejo

devem priorizar a fixação e conservação deste elemento, a fim de diminuir perdas e melhorar a utilização (Dias-Filho, 2011).

No Brasil, apenas 1,6 % dos fertilizantes utilizados são destinados para pastagem, e 73% dos fertilizantes nitrogenados provém de importação (ANDA, 2017). Há estimativas de déficit anual de N em pastagens de gramíneas de clima tropical da ordem de 60 a 125 kg.ha⁻¹. No Brasil, a alta no preço dos fertilizantes nitrogenados não tem sido acompanhada pela valorização dos produtos da pecuária, tornando as relações troca animal x fertilizante cada vez mais desfavoráveis (Andrade, 2010). Para tanto, outras formas para aportar N devem ser estudadas de maneira a viabilizar seu uso, mantendo a eficiência na produção.

3. ESTRATÉGIAS DE FORNECIMENTO DE NITROGÊNIO EM PASTAGENS

A reposição de nutrientes na pastagem, sobretudo N, torna-se necessária para melhor produtividade e qualidade de forragem, principalmente à medida que o sistema de produção se intensifica (Cantarutti e Santo, 2002). As exigências da planta são supridas pelo somatório de N mineral proveniente da atmosfera, de fertilizantes e de resíduos orgânicos do solo (Costa et al., 2006).

O N é um dos nutrientes que mais limitam a produtividade das pastagens. Esse nutriente, mesmo presente no solo como constituinte de material orgânico ou na forma mineral, tem seu suprimento limitado (Costa et al., 2006). A precipitação atmosférica contribui para aporte de nutrientes ao solo, principalmente N, mesmo que de forma pouco expressiva. Ele ainda pode ser introduzido na pastagem, naturalmente, por meio da fixação biológica do N atmosférico (FBN), realizada por microrganismos de vida livre ou em associação com gramíneas e leguminosas (Cantarutti e Santo, 2002) e pela adição de adubos orgânicos.

Como vantagens na utilização de fertilizantes nitrogenados tem-se a disponibilidade imediata para as plantas, com custo energético reduzido para absorção, em contrapartida, como

desvantagem podem ser considerados o gasto energético elevado para sua síntese; o custo maior, considerando o produto, transporte, mão-de-obra; as perdas por desnitrificação, nitrificação e lixiviação e consequente poluição de águas. Já para FBN, as vantagens englobam o menor custo, a diminuição de problemas ambientais e também a manutenção de fertilidade no solo, apresentando como desvantagem um crescimento mais lento para plantas dependentes dessa fixação e os poucos estudos quanto à efetividade de estirpes e genótipos de plantas relacionados a estes (Hungria et al., 1994).

3.1 FERTILIZAÇÃO MINERAL

A quantidade de N disponibilizada, por meio da mineralização da matéria orgânica ou pela adubação nitrogenada mineral, influencia no potencial de produção de forragem. Dois aspectos são fundamentais no manejo da fertilização mineral: a fonte e o parcelamento das doses para diminuir as perdas por volatilização e lixiviação (Costa et al., 2006).

A adubação nitrogenada promove diversas alterações fisiológicas em gramíneas forrageiras, com efeitos positivos em características estruturais e produtivas (Silva et al., 2013a). Nas folhas e perfilhos, há diferenciação no número, tamanho, peso e taxa de aparecimento e, em consequência, aumento no valor nutritivo da forrageira, o que poderá resultar em melhores índices zootécnicos (Corsi, 1994).

Práticas agronômicas, como a adubação mineral nitrogenada, alteram de maneira significativa a produção de gramíneas forrageiras, uma vez que o suprimento de N no solo não atende à demanda (Fagundes et al., 2005). Em média, as plantas recuperam apenas 50, 20 e 60% do nitrogênio, fósforo e potássio aplicados, respectivamente. Assim, a fertilização precisa ser estratégica, ainda mais quando considerando a fertilização nitrogenada, devido à dinâmica e transformações no solo e às perdas por lixiviação, volatilização e desnitrificação deste nutriente (Cantarutti e Santo, 2002).

Devido à complexidade da dinâmica do N no solo, existe uma dificuldade de se definir qual a melhor dose a ser aplicada para as diferentes espécies forrageiras. A recomendação da adubação nitrogenada normalmente é realizada de acordo com a exigência das espécies, havendo variação até mesmo dentro do mesmo gênero. Além disso, é necessário considerar o método de pastejo, controlado pela taxa de lotação animal, visto que o manejo da pastagem tem influência marcante na produção de forragem (Costa et al., 2006).

Conforme Costa et al. (2006), existem algumas fontes de nitrogênio que podem ser usadas em pastagens, sendo as mais comuns: ureia (44 a 46% de N); sulfato de amônio (20 a 21% de N) e o nitrato de amônio (32 a 33% de N), cada qual apresentando vantagens e desvantagens em sua utilização. O uso de ureia tem como vantagem o menor custo por quilograma de N, com alta concentração e fácil manipulação, além de causar menor acidificação no solo, mas apresenta maior perda de N por volatilização. O sulfato de amônio possui vantagens como a menor perda de N e ter presença de enxofre em sua composição (24% de S), e tem como desvantagens o maior custo por quilograma de N e a maior acidificação do solo quando comparado com ureia e com nitrato de amônio. Testando doses e fontes de N, Costa et al. (2010) observaram que a produção de forragem utilizando sulfato de amônio foi 18% mais elevada do que aplicando ureia, devido as maiores perdas de N por volatilização de amônia (Silva et al., 2013a).

Silva et al. (2013b), avaliando características morfogênicas de *B. brizantha* (cultivares Marandu, Xaraés e Piatã) com doses crescentes de N (0, 80, 160 e 240 kg.ha⁻¹) concluíram que a taxa de aparecimento de folha responde positivamente à adubação nitrogenada, enquanto o filocrono responde negativamente, sendo que a taxa equivalente a 240 kg.ha⁻¹ de N corresponde a uma taxa de aparecimento de folhas maior para todas as cultivares. Pereira et al. (2015a), avaliando doses de 0, 150, 300 e 450 kg.ha⁻¹ de N em capim-marandu sob pastejo, observaram aumento nas taxas de aparecimento e alongamento de folhas, o que exige aumento na taxa de

lotação, em que a frequência de desfolha aumentou e a vida útil da folha diminuiu. Os autores ressaltaram que a taxa de 150 kg.ha⁻¹ melhorou a eficiência de utilização em relação às pastagens não fertilizadas, apesar da ausência de diferenças na eficiência de utilização de forragem entre pastos adubados com N.

Fagundes et al. (2005) utilizando doses de N de 75, 150, 225 e 300 kg.ha⁻¹.ano⁻¹ em *B. decumbens* sob pastejo, durante as quatro estações do ano, observaram as maiores produções de forragem na primavera e no verão, e taxa de acúmulo linear crescente quanto às doses de N. Silva Filho et al. (2014), estudando *B. brizantha* cv. Marandu sob doses crescentes de N, observaram incremento em massa e acúmulo de forragem, e em altura de dossel com a inclusão nitrogenada por modelo de regressão quadrático, com ponto máximo de 253 kg.ha⁻¹ para o acúmulo de massa.

Testando níveis de N (0, 25, 50, 75, 100 kg.ha⁻¹), Oliveira et al. (2014) observaram incremento na produção de 45 kg de MS para cada kg de N.ha⁻¹ aplicado. O acúmulo de folhas teve ponto de máxima estimado entre as doses de 80 e 100 kg.ha⁻¹, inferindo que as doses não foram suficientes para atingir o máximo de acúmulo, já que houve aumento de 88,9% com a maior dose em relação à testemunha.

Utilizando as fontes sulfato de amônio e ureia e quatro doses de N (0, 100, 200 e 300 kg.ha⁻¹.ano⁻¹), as doses de N promoveram acréscimos lineares na produção de massa seca e no teor de proteína bruta (PB) e redução nos teores de fibra em detergente neutro (FDN) e da fibra em detergente ácido (FDA) (Costa et al., 2010). Nesta mesma configuração, foi observado que a maior dose de N proporcionou maiores valores de altura, densidade de perfilhos e massa de lâminas foliares em capim-marandu (Silva et al., 2013a).

Estudando *B. decumbens* sob pastejo com quatro doses de N (75, 150, 225 e 300 kg.ha⁻¹), Fagundes et al. (2006), observaram aumento linear de índice de área foliar (IAF), provavelmente em razão do efeito deste elemento no comprimento final da folha e na taxa de

alongamento foliar. Vitor et al. (2014) também observaram o mesmo padrão de resposta utilizando doses de 0, 100, 200 e 400 kg.ha⁻¹, uma vez que o N pode aumentar a produção da forrageira e gerar um efeito benéfico no perfilhamento, o que possivelmente contribuiu para o aumento da quantidade de lâminas foliares.

3.2 FIXAÇÃO BIOLÓGICA DE NITROGÊNIO

O Brasil é um grande líder na substituição de fertilizantes nitrogenados pela fixação biológica de nitrogênio. A agricultura brasileira gera muitos produtos de exportação, como a soja, que é um exemplo clássico da ausência de aplicação de N, devido à associação com bactérias diazotróficas, além de outras culturas importantes que são objeto de estudo, como o milho (*Zea mays*), arroz (*Oryza sativa*), trigo (*Triticum spp.*) e cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) (Döbereiner, 1997).

Segundo Taiz e Zeiger (2006), a FBN é a forma mais importante de fixar nitrogênio atmosférico em amônio. Algumas bactérias possuem a enzima nitrogenase e conseguem realizar esta conversão. A maior parte desses organismos procariontes tem vida livre no solo, e alguns formam associações simbióticas com plantas, na qual essas bactérias fornecem o nitrogênio fixado em troca de outros nutrientes e carboidratos da planta hospedeira. Uma forma de ocorrência dessa simbiose é através de nódulos formados nas raízes de leguminosas. Apenas 23% das espécies de leguminosas possuem formação de nodulação, considerando que o número total de espécies na família é de 16.567. Em uma mesma planta, podem ser formados nódulos por diferentes espécies e estirpes (linhagens) (Moreira e Siqueira, 2006).

Na avaliação de soja (*Glycine max*), feijão (*Phaseolus vulgaris*) e a forrageira *Centrosema pubescens*, o peso dos nódulos foi influenciado pela concentração de N total das plantas, devido às adubações com N mineral em doses elevadas e uma estirpe ineficiente (Döbereiner et al., 1966). O excesso de N mineral reduz a nodulação já que esse processo ocorre

devido à demanda nutricional da planta, e na presença desse N mineral, as demandas são reduzidas e não há estímulo da nodulação. Por outro lado, pequenas doses de N podem beneficiar o arranque da FBN, principalmente aquelas que tem período curto (Moreira e Siqueira, 2006). A quantidade de N fixado varia com a espécie e com as condições do ambiente, como acidez do solo, salinidade, deficiências ou excesso de minerais, estresse hídrico, variações na temperatura, e também conforme a quantidade de N inorgânico no solo (Andrade, 2010).

O aporte de N que as leguminosas conferem a gramínea na pastagem é basicamente através da transferência do nitrogênio biologicamente fixado, que pode ocorrer de forma direta e indireta (Pereira, 2002). A transferência direta ocorre pela liberação de produtos nitrogenados pelas raízes, através de hifas de micorrizas que ligam as raízes das duas espécies e também por reabsorção do N volatilizado ou lixiviado da folhagem da leguminosa. A forma indireta ocorre por mecanismos de reciclagem, tanto subterrânea, por meio da senescência de raízes e nódulos, como superficial, por meio da decomposição da liteira e fezes e urina dos animais (Cantarutti e Boddey, 1997). A contribuição deste último depende do consumo da leguminosa, da quantidade de excreções, da área efetivamente coberta e da uniformidade de distribuição, podendo ser rápida e significativa, porém, ineficiente: 75 a 95 % do N ingerido pelo animal retorna à superfície do solo como excreta, e desse montante, 50 a 80 % via urina, mas com distribuição irregular e grandes perdas por volatilização e lixiviação (Barcellos et al., 2008). A lixiviação das folhas é pouco significativa, representando cerca de 1% do N fixado, a transferência pelo sistema radicular é estimada entre 1 e 3%, alcançando um máximo de 9%, e a mineralização do N contido no resíduo da leguminosa é o que tem maior expressividade podendo alcançar até 90% (principalmente em áreas adubadas com P_2O_5 e K_2O) (Prado, 2008).

O uso de leguminosas forrageiras, devido à capacidade de fixação simbiótica do nitrogênio atmosférico, tem ampla contribuição para a produção animal, decorrente da contribuição direta da leguminosa e também pela maior disponibilidade de N no solo, que

culmina na elevação dos teores de proteína bruta da gramínea associada (Barcellos et al., 2008; Andrade, 2010).

Em pastagens consorciadas não é possível alcançar os mesmos resultados quando comparando pastagens de gramíneas adubadas com altas doses de N, pelo fato das leguminosas não fixar N suficiente para explorar o potencial produtivo de pastagens de clima tropical e pelo potencial de acúmulo de forragem das leguminosas ser inferior ao das gramíneas melhoradas (Andrade e Assis, 2012).

O amendoim forrageiro pode ser uma alternativa de consórcio, com quantidade de N fixada variando de 15 a 25 kg para cada tonelada de matéria seca produzida (Andrade e Assis, 2012). Além disso, existem alguns estudos evidenciando a inoculação com bactérias em gramíneas forrageiras como uma prática promissora e que incrementa a produção.

As bactérias fixadoras de N que colonizam gramíneas são agrupadas em três categorias: organismos da rizosfera (colonizam a superfície radicular); endofíticas facultativas (podem colonizar a superfície e o interior das raízes) e endofíticas obrigatórias (capazes de colonizar o interior da raiz e os tecidos aéreos da planta) (Baldani et al., 1997). As bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCP) são um grupo de microrganismos capazes de colonizar a superfície das raízes, rizosfera, filosfera e tecidos internos das plantas, composto por bactérias endofíticas como *Herbaspirillum seropedicae*, *Gluconacetobacter diazotrophicus*, *Klebsiella* spp., *Azoarcus* spp. ou associativas como *Azospirillum* spp., *Azotobacter* spp. Ao contrário das bactérias simbióticas, não há formação de nódulos e as bactérias associativas liberam apenas parte do N fixado diretamente para a planta associada (Hungria, 2011).

Azospirillum é uma BPCP já estudada e utilizada em diversos países. Seu modo de ação nas plantas ainda é motivo de discussão, essas bactérias fixam N e produzem fitohormônios, principalmente ácido-indol-acético (AIA) e giberelina, além de afetar vias metabólicas, como a atividade da membrana celular, promover alterações na morfologia do sistema radicular,

permite absorver melhor minerais e água e, em consequência, contribui para o aumento da produção (Bashan et al., 2004).

3.2.1 Consórcio com Amendoim Forrageiro

O cultivo de plantas em consórcios é praticado há séculos, principalmente por pequenos produtores das regiões de clima tropical, e é caracterizado pela maximização de espaço mediante o cultivo simultâneo, num mesmo local, de duas ou mais espécies com diferentes características quanto à sua arquitetura vegetal, hábitos de crescimento e fisiologia (Hernani et al., 2014). Em regiões de clima tropical a utilização de pastagens consorciadas pode se tornar boa opção para melhorar a longevidade da pastagem. As leguminosas forrageiras devem ser persistentes e produtivas, contribuindo com 20 a 45% da composição botânica, em massa de forragem (Andrade, 2010), porém, a estabilidade do consórcio ainda é um desafio, e está relacionada também com o manejo da pastagem (Cantarutti e Santo, 2002).

Paes e Lima (2015) revisaram trabalhos com consórcio dos últimos dez anos de pesquisa na área (2005 a 2015), nos periódicos Revista Brasileira de Zootecnia, Revista Brasileira de Sementes, Archivos de Zootecnia e Anais do ZOOTEC (2015). Os autores concluíram que existem poucos trabalhos sobre a temática, destacando que a maioria analisa a quebra de dormência de sementes *in vitro*, onde: sete trabalhos realçam a importância da adoção de leguminosas para a formação de consórcio nas pastagens e ganhos em produtividade animal e nove estudos discutem sobre superação da dormência de sementes.

A persistência das leguminosas nas pastagens depende de mecanismos que asseguram a perenidade ou manutenção da população de plantas e que regulam a adaptação da planta ao pastejo. A perenidade das leguminosas nas pastagens pode decorrer da longevidade das plantas, da reposição de plantas por via reprodutiva (semente), e /ou da reposição de plantas introduzidas por via vegetativa (estolões e rizomas) (Andrade, 2010; Andrade e Assis, 2012).

A compatibilidade entre espécies no consórcio é devido à diferença na taxa de crescimento, morfogênese, padrão de sistema radicular, exigências nutricionais, mecanismos para manutenção da população, tolerância a estresses, tolerância ao pastejo, entre outras características inerentes às plantas (Pereira, 2002). Para avaliar a compatibilidade e a persistência no consórcio é interessante a análise de duas variáveis: a harmonia entre a gramínea e a leguminosa, e a resiliência do consórcio, mesmo que por pouco tempo (6 a 12 meses). A harmonia é determinada principalmente pela compatibilidade do hábito de crescimento e pela plasticidade morfológica das plantas, enquanto a resiliência se refere à capacidade do consórcio restaurar o equilíbrio anterior, após sofrer algum tipo de distúrbio (Andrade, 2010).

O manejo de consórcios é mais complexo que pastagens de gramíneas ou apenas leguminosas, pois inclui os efeitos de competição entre espécies na comunidade, a seletividade animal sobre os componentes e pressões bióticas e abióticas (Barcellos et al., 2008). Existem cultivares de leguminosas que apresentam boa persistência em consórcio com gramíneas, possibilitando taxas de lotação anual de até 3,6 unidade animal por hectare (UA.ha⁻¹) e produtividade animal superior a 900 kg.ha⁻¹.ano⁻¹ de peso vivo, contribuindo para a redução no custo da produção (Andrade e Assis, 2012).

Andrade (2010) fez compilação de 15 trabalhos publicados entre 1985 e 2010 na América Latina, com dados de produção de bovinos de corte em recria em 32 pastos consorciados com leguminosas forrageiras (*Arachis pintoi*, *Desmodium ovalifolium*, *Pueraria phaseoloides*, *Stylosanthes guianensis*, *S. capitata*, *S. macrocephala*, *Calopogonio muconoides* e *Lecaena leucocephala*). O desempenho animal variou de 241 a 624 g.animal⁻¹.dia⁻¹, com média de 439 g.animal⁻¹.dia⁻¹. Já os resultados de produtividade animal foram, em média, de 551 kg.ha⁻¹.ano⁻¹, sendo que em 66% dos pastos consorciados avaliados, a produtividade esteve na faixa de 400 a 700 kg.ha⁻¹.ano⁻¹.

Existem poucas pesquisas e divulgação com leguminosas, mas as que mais se destacam e tem potencial de uso são: *Arachis pintoii*, *Stylosanthes guianensis* cv. Mineirão, Campo Grande (*S. capitata* e *S. macrocephala*), *Desmodium ovalifolium* cv. Itabela, *Pueraria phaseoloides*, *Calopogonio muconoides*, e leguminosas arbóreas/arbustivas, como a *Lecaena leucocephala*, *Cajanus cajans*, *Gliricidia serpium*, entre outras (Pereira, 2002).

A persistência do amendoim forrageiro (*Arachis pintoii* Krapov. e Greg.) sob pastejo pode ser considerada boa, principalmente devido ao hábito de crescimento prostrado; à produção de sementes e/ou estolões e rizomas, com os pontos de crescimento protegidos e também a tolerância ao pisoteio e à desfolha (Valentim et al., 2001).

O amendoim forrageiro é uma leguminosa herbácea tropical perene nativa do Brasil, de hábito de crescimento estolonífero, produzindo raízes nos nós que ficam em contato com o solo ou em locais que estejam com elevada umidade (Valentim, 2011). Possui produção subterrânea de frutos originários de flores aéreas, sendo encontrada desde o Planalto Central, em Goiás, até o litoral da Bahia, nos biomas Mata Atlântica e Cerrado (Assis, 2011).

Segundo Valentim (2011), a utilização do amendoim forrageiro se dá para consorciação com gramíneas, produção em estandes puros como banco de proteína na produção de forragem, na conservação de solo e como planta ornamental de jardins. No Brasil, as cultivares de *A. pintoii* já lançadas são Alqueire-1, Amarillo MG-100 (BRA 013251) e Belmonte. Apenas a cultivar oriunda do acesso BRA 013251 possui sementes disponíveis no mercado, porém com oferta irregular e preços elevados.

A cultivar BRS Mandobi (*Arachis pintoii* cv. BRS Mandobi) foi registrada em 2008 no Registro Nacional de Cultivares do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Assis, 2011) e seu desenvolvimento e produção tem como objetivo viabilizar a oferta de sementes, permitindo a utilização em larga escala na produção pecuária em ambientes de clima tropical (Valentim, 2011). Além da alta produção de sementes, apresenta bom estabelecimento e alta

produção de forragem, tolerância a solos bem drenados ou de baixa permeabilidade, boa taxa de crescimento foliar e disponibilidade de folhas (Assis, 2011; Assis et al., 2013)

Em estudos realizados em Rio Branco (Acre), a produção anual de forragem da cultivar Mandobi variaram de 11 a 18 t.ha⁻¹, considerando quatro a cinco cortes por ano. Além disso, a cobertura total do solo ocorre entre 90 e 120 dias após o plantio, com altura do estande em torno de 8 cm a 10 cm (Assis, 2011). Para a produção de sementes, pode apresentar produtividade acima de 3.000 kg.ha⁻¹ no período de 18 a 21 meses após o plantio (Valentim, 2011). Em ambiente controlado, Marcolino (2012a) observou que o aparecimento dos primeiros botões florais ocorreu, em média, 23 dias após o plantio, o crescimento dos frutos subterrâneos iniciou 62 dias após o aparecimento do botão floral e os frutos encontravam-se maduros e destacados da planta cerca de 128 dias após o aparecimento do botão floral. Em casa de vegetação, Marcolino (2012b) verificou que as sementes geminaram no quinto dia após o plantio e as plântulas emitiram a primeira folha no sétimo dia.

Estudando dois acessos de *Arachis repens*, sete acessos e duas cultivares de *Arachis pintoi*, Valentim et al. (2003) verificaram que 10 semanas após o plantio, a cultivar Belmonte apresentou 96% de cobertura do solo, enquanto que a cultivar Amarillo e Mandobi (acesso Ap65) 120 dias após o plantio, apresentaram cobertura do solo acima de 80%. A altura, 120 dias após o plantio, foi de 7; 6,2 e 8 cm, enquanto que a produção de forragem foi 2.639; 2.373 e 3.011 kg MS.ha⁻¹ e a taxa de acúmulo de forragem foi de 22; 20 e 25 kg.ha⁻¹.dia⁻¹, para Amarillo, Belmonte e Mandobi, respectivamente. As cultivares e acessos avaliados apresentaram teores médios de proteína bruta (PB) variando de 17,9 a 21,7%.

Quando as cultivares Alqueire-1, Amarillo, Belmonte e Mandobi foram colhidas com 28 ou 42 dias, a 10 cm de altura, a produção de média de forragem foi 4.300; 4.100; 8.100 e 4.8000 kgMS.ha⁻¹, a proteína bruta média foi 24,6; 23,0; 26,5 e 23,7%, respectivamente, com digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica média de 66,9% (Ferreira, 2014). Avaliando as

cultivares Belmonte e Mandobi e quatro intervalos de corte (28, 42, 56 e 70 dias) na transição águas/seca e seca, as produtividades médias acumuladas no período de transição (70 dias), pelos genótipos Belmonte e Mandobi foram de 2.316 (33,1 kg.ha⁻¹.dia⁻¹) e 2.119 kg.ha⁻¹ (30,3 kg.ha⁻¹.dia⁻¹), respectivamente. Já no período seco, Belmonte apresentou melhores resultados de cobertura de solo e produção, em que os valores médios foram maiores (2.033 kg.ha⁻¹) quando comparados ao Mandobi (854 kg.ha⁻¹) (Santos, 2012).

Avaliando o desempenho de bovinos de corte em pastagens puras de *B. humidicola* ou consorciadas com *Arachis pintoi* cv. Mandobi, a taxa de lotação durante o período chuvoso foi de 3,97 UA.ha⁻¹ em ambas as pastagens, o ganho de peso diário dos animais foi 20% maior nas pastagens consorciadas, aumentando 20,5% a produtividade animal (Vasconcelos; Sales 2013). Com a mesma modalidade de consórcio, Sales et al. (2015) observaram que a presença da leguminosa na proporção de 10,3% na pastagem consorciada foi suficiente para aumentar o ganho de peso médio diário dos animais em 17,7%. Da mesma maneira, a produtividade animal aumentou em 18,7% durante 101 dias de experimento, melhorando a qualidade de forragem, com taxa de lotação média de 3,9 UA.ha⁻¹. No consórcio de *B. brizantha* cv. Marandu, com *Pueraria phaseoloides* e Mandobi, a capacidade de suporte anual foi de 2,5 UA.ha⁻¹, sem irrigação ou adubação nitrogenada (Assis et al., 2013).

A cultivar Mandobi pode ser uma opção para a recuperação de pastagens degradadas na Amazônia, principalmente onde os solos são pouco permeáveis, e com ocorrência de mortalidade de capim-marandu. Essa cultivar de amendoim forrageiro tem persistido por mais de 10 anos em pastagens de consórcio com *Cynodon nlemfuensis*, *B. brizantha* e *B. humidicola*, sob pastejo rotativo intensivo, porém a utilização em regiões com seca prolongada, ou seja, acima de 4 meses, é um desafio (Assis et al., 2013).

Existem outros materiais de amendoim forrageiro não lançados e que podem ser promissores, mas para a recomendação em sistemas intensivos de produção de bovinos, ainda

é necessário mais estudos quanto a produtividade e qualidade de matéria seca nas diferentes épocas do ano, tolerância de pragas e doenças, produção de semente, compatibilidade com gramíneas forrageiras, produção animal e persistência sob pastejo (Valentim et al., 2003).

3.2.2 Inoculantes em Gramíneas

O gênero *Azospirillum* é o mais estudado na associação com gramíneas. Este grupo engloba espécies diazotróficas, como *A. brasilense*, com respostas positivas à inoculação, por fixação de nitrogênio e produção de outras moléculas (Baldani et al., 1997). Efeitos benéficos do *Azospirillum* para as plantas podem ocorrer por meio do estímulo ao aumento da densidade e comprimento dos pelos absorventes das raízes; aumento na velocidade de aparecimento de raízes laterais e do volume de superfície radicular; aumento na absorção de nutrientes e sinais moleculares que interferem no metabolismo das plantas (Bashan; Holguin, 1997).

Vários estudos realizados com inoculação por *Azospirillum* indicam o crescimento das plantas e/ou aumento da produtividade. Hungria (2011) em revisão sobre os efeitos em trigo e milho, observou que 76% e 85% dos estudos, respectivamente, apresentaram aumento médio de produtividade, respondendo positivamente a inoculação. Há vários estudos sobre os efeitos benéficos para culturas de grãos como milho, trigo, arroz e sorgo (*Sorghum bicolor*), havendo maior necessidade de evidenciar os benefícios destas bactérias de forma específica para forrageiras (Vogel et al., 2014).

A fixação de nitrogênio pode reduzir as consequências do estresse hídrico pela maior absorção de N e síntese de clorofila, resultando na recuperação do dossel forrageiro mais rápida após o corte (Souza, 2014). Resultados positivos são encontrados com a inoculação associada às forrageiras, promovendo contribuição sobre produção, número de panículas, teores de N e altura da planta (Vogel et al., 2014).

A inoculação com *Azospirillum* spp. em capim-marandu pode promover efeito sobre altura das plantas, número de folhas, número de perfilhos, leitura SPAD (Soil Plant Analysis Development) e massa seca radicular, apresentando respostas positivas em todos os parâmetros avaliados (Guimarães et al., 2011), assim como, efeito significativo na taxa de aparecimento de folhas, aumento da largura final da folha, taxa de alongamento e alargamento foliar, redução na proporção de colmo e do filocrono, além do aumento da massa seca de raiz na profundidade de 0 a 10 cm (Souza, 2014).

A partir de amostras de raízes de *B. humidicola*, *B. decumbens* e *B. brizantha* foram encontradas populações de *A. amazonense* com capacidade de produção de fitormônios tipo AIA (ácido 3-indol acético), que variou de 35 a 110 µM. Estimativas das populações variaram de 10^3 a 10^7 células.g⁻¹ de raízes (Reis Junior et al., 2004). Nestas gramíneas, foram encontrados *A. lipoferum*, *A. brasilense* e *A. amazonense*, em que todos os isolados apresentaram capacidade de reduzir acetileno, e todos isolados de *A. amazonense* foram capazes de produzir AIA (Reis Junior et al., 2003).

Em estudo realizado com população de bactérias diazotróficas em forrageiras cultivadas com diferentes alturas de corte (*B. humidicola*, *B. decumbens* e *Pennisetum purpureum*), foi observado que a intensidade de corte mais drástica proporcionou maior número de *Azospirillum* spp. e *Herbaspirillum* spp., maior produção de matéria seca e acúmulo de N total em pastagens de *B. decumbens* na época de transição seca-águas. Em tratamentos fertilizados com 80 kg de N.ha⁻¹ na pastagem de *P. purpureum*, a população de bactérias diazotróficas testada (*Azospirillum* spp e *Gluconacetobacter diazotrophicus*) foi inibida pelo N aplicado. Para *B. humidicola*, apenas o gênero *Herbaspirillum* spp. foi encontrado (Silva et al., 2010).

Neste mesmo trabalho supracitado, no período de transição da época seca-águas, as pastagens de *B. decumbens*, *P. purpureum* e *B. humidicola* apresentaram média para FBN de 32,4; 20,0 e 11,4% do N fixado, respectivamente (Silva et al., 2010). Em *B. brizantha* cv.

Xaraés, o maior acúmulo de N foi observado na adubação nitrogenada, e a produção de forragem apresentou acréscimo médio de 11,32% para forrageiras inoculadas com estirpes de bactérias diazotróficas quando comparada a ausência de N e inoculação (Bosa, 2014).

Oliveira et al. (2007) testaram doses nitrogenadas (0, 150, 200 e 300 kg.ha⁻¹) e presença ou ausência de sementes inoculadas com *A. brasilense* em *B. brizantha* cv. Marandu. Quando se aplicou N mineral na pastagem, não houve efeito da inoculação, e no tratamento com adubações parceladas de 75 kg.ha⁻¹ de N mais inoculação, houve decréscimo na produção em relação ao tratamento apenas se inoculação, contrariando alguns resultados de literatura. Porém, o tratamento sem aplicação de N e com inoculação produziu mais forragem no corte inicial quando comparado ao tratamento controle.

Pereira et al. (2015b) estudaram inoculação de *Azospirillum* spp. com a adubação nitrogenada (50 kg.ha⁻¹) em capim-marandu, observaram a influência positiva nas características agronômicas: taxa de alongamento foliar, taxa de aparecimento de folha, filocrono e comprimento final da folha. Diferentemente, Pedreira et al. (2017), quando aplicando 80 kg.ha⁻¹ de N, inoculando com *A. brasilense* ou combinando os dois, nesta mesma forrageira, não encontram diferenças para as variáveis taxas de aparecimento, mortalidade e sobrevivência de perfilhos.

Hungria et al. (2016), avaliaram a capacidade de bactérias para promover o crescimento de plantas na presença de fertilizante nitrogenado em *B. brizantha* cv. Marandu e *B. ruziziensis* em três locais do Brasil, observaram que a fertilização nitrogenada e a fertilização nitrogenada mais *A. brasilense* promoveram aumentos médios em produção de forragem de 5,4% e 22,1%, respectivamente, com aumentos significativos em 73% das colheitas. A inoculação foi equivalente ao uso de uma adubação de 40 kg de N.ha⁻¹, o que representaria ganhos de 0,103 Mg C.ha⁻¹, equivalendo a 0,309 mg de CO₂-eq.ha⁻¹. Assim, o crescimento das plantas pela

presença da bactéria representaria o sequestro de CO₂-eq, transformando-o em biomassa de forragem e, conseqüentemente, havendo maior reposição de carbono orgânico do solo.

A inoculação com estirpes de *Azospirillum* em *Brachiaria* poderá contribuir para a diminuição nas aplicações de fertilizantes nitrogenados (Guimarães et al., 2011). O mercado brasileiro de fertilizantes possui dependência das importações e as projeções são de aumento na utilização de fertilizante nitrogenados para os próximos anos, assim, o uso de bactérias promotoras de crescimento em plantas pode reduzir custos e trazer benefícios ambientais, além de futuras negociações no comércio de créditos de carbono (Hungria, 2011). Um grande avanço frente a sustentabilidade nos sistemas de produção em pastagem seria a escolha correta dos genótipos para as condições edafoclimáticas, o manejo adequado e a capacidade de captação do N₂ atmosférico (Reis Junior et al., 2004).

4. RESPOSTAS FISIOLÓGICAS E BROMATOLÓGICAS DE FORRAGEIRAS

O desenvolvimento vegetativo de uma gramínea é caracterizado pelo aparecimento e desenvolvimento de folhas e perfilhos, alongamento do colmo e desenvolvimento do sistema radicular (Rodrigues et al., 2012). Características como taxa de aparecimento de folhas (TAF), taxa de expansão das folhas (TEF) e duração de vida da folha (DVF) são determinadas geneticamente, mas influenciadas por variáveis climáticas, tais como disponibilidade de água e nutrientes, os quais definirão o fluxo de biomassa do dossel, determinando o índice de área foliar (IAF) da pastagem (Costa et al., 2004).

O IAF é a relação entre a área de folhas e a superfície de solo que estas cobrem. Com o aumento da interceptação da luz solar, ocorre aumento de produção de forragem, até que folhas mais velhas são sombreadas pelas mais novas, diminuindo a eficiência fotossintética e a taxa de crescimento, e posteriormente entram em senescência (Costa et al., 2004). O processo de fotossíntese é responsável pelas transformações dos recursos de ambiente como luz, água e gás

carbônico (CO_2), oxidando H_2O , liberando O_2 , reduzindo CO_2 , e transformando em compostos orgânicos, que são utilizados nos processos fisiológicos da planta (Taiz e Zeiger, 2006).

A intensidade de pastejo afeta a proporção de folhas que é colhida, a fotossíntese e a quantidade de folhas novas produzidas. A taxa fotossintética e a biomassa são superiores em pastagens mantidas com maior IAF, ou baixa intensidade de pastejo, mas em contrapartida, há maior proporção de material morto e caules, e uma maior taxa respiratória. Em situação distinta, quando pastagens são mantidas com menor IAF, ou alta intensidade de pastejo, há maior proporção de tecido foliar removido, diminuindo a fotossíntese e a produção de massa de forragem (Parsons et al., 1983).

O acúmulo de carboidratos solúveis na planta ocorre por meio do processo de fotossíntese, os quais são utilizados no crescimento e respiração da forragem. A frequência e a intensidade de pastejo, a radiação solar recebida, influenciada pela cobertura de nuvens, duração do dia e densidade do dossel, além da taxa respiratória, definem o tempo para repor as reservas de carboidratos (Fulkerson e Donaghy, 2001).

O estágio de desenvolvimento da planta forrageira tem ligação direta com a produção animal, pois está associada ao consumo de matéria seca com alta relação folha:colmo, concentração de proteína e a digestibilidade do material (Rodrigues et al, 2012).

Vários parâmetros afetam a produção animal em pastagens, como a produção, a qualidade da forragem e o potencial animal. A qualidade da forragem é dada em virtude do valor nutritivo (dependente da composição química, digestibilidade e aproveitamento da forragem) e da forragem consumida (dependente de aceitação, velocidade de passagem e a disponibilidade de forragem) (Mott, 1973).

Segundo Gimenes et al. (2017), a baixa disponibilidade de N pode afetar o desenvolvimento da raiz, a produção de fotoassimilados e a taxa de crescimento como um todo, podendo alterar as características estruturais das plantas. Em pastagens adubadas ocorre

aumento no fluxo de tecidos da planta e, em consequência, há um melhor valor nutritivo. Tais fatores podem influenciar positivamente a frequência de pastejo e a taxa de lotação, havendo uma maior eficiência no sistema (Santos, 2010).

Estudando os capins tanzânia e mombaça, e mulato (*P. maximum* e *Brachiaria* sp., respectivamente), Castagnara et al. (2011) observaram que a aplicação de fertilização nitrogenada contribuiu para a elevação do valor nutricional dos capins. Barbero et al. (2010) observaram que a utilização de fertilização nitrogenada ou consórcio com amendoim forrageiro em pastagens de capim-coastcross melhoraram o valor nutritivo e a produção animal por área e individual quando comparado com a falta de aporte nitrogenado. Ainda, Pinheiro et al. (2014), estudando capim-tanzânia adubado com N ou consorciado com estilosantes Campo Grande, concluíram que a inclusão dessa leguminosa diminui a dependência do uso excessivo de fertilizantes nitrogenados e contribui no desempenho animal nas estações de maior precipitação pluviométrica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABIEC, Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne. **Perfil da Pecuária no Brasil – Relatório Anual 2016**. Disponível em: <http://abiec.siteoficial.ws/images/upload/sumario-pt-010217.pdf>. Acesso em 21 setembro 2017.
- ANDA – Associação Nacional para Difusão de adubos. **Fertilizantes**. DEPEC – Departamento de Pesquisas e Estudos Econômicos / Bradesco 2017. Disponível em: https://www.economiaemdia.com.br/EconomiaEmDia/pdf/infset_fertilizantes.pdf. Acesso em 29 de novembro de 2017.
- ANDRADE, C.M.S.; ASSIS, G.M.L. **Consortiação de Pastagens: potencial da tecnologia e fatores de sucesso**. Produção intensiva de pastagens. Informe Agropecuário. Belo Horizonte - MG. v. 33, n. 266, 13 p., 2012.
- ANDRADE, C.M.S. Produção de Ruminantes em Pastos consorciados. In: V SIMFOR, Simpósio Sobre Manejo Estratégico Da Pastagem. III Simpósio Internacional sobre Produção Animal Em Pastejo. **Anais...** Viçosa - MG: UFV. p. 171-214, 2010.
- ASSIS, G.M.L. Produção de sementes de *Arachis pintoi* cv. BRS Mandobi no Acre. **In: Principais características de Arachis pintoi cv. BRS Mandobi**. Rio Branco, AC. Embrapa

Acre (Sistemas de Produção, 4). ISSN 1679-1134 Versão Eletrônica, 2011. Disponível em: <<https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/>>. Acesso em 07 maio 2016.

- ASSIS, G.M.L.; VALENTIM, J.F.; ANDRADE, C.M.S. BRS Mandobi: a new forage peanut cultivar propagated by seeds for the tropics. **Tropical Grasslands – Forrajes Tropicales**, v.1, p. 39 - 41, 2013
- BALDANI, J.I.; CARUSO, L.; BALDANI, V.L.D.; GOI, S.R.; DÖBEREINER, J. Recent advances in BNF with non legume plants. **Soil Biology and Biochemistry**. v. 29, n.5/6, p. 911-922, 1997.
- BARBERO, L.M., CECATO, U., LUGÃO, S.M.B., GOMES, J.A.N., LIMÃO, V.A., ABRAHÃO, J.J.S., ROMA, C.F.C. Produção animal e valor nutritivo da forragem de pastagem de coastcross consorciada com amendoim forrageiro. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 62, n. 3, p. 645-653, 2010.
- BARCELLOS, A.O.; RAMOS, A.K.B.; VILELA, L.; MARTHA JUNIOR, G.B. 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, suplemento especial, p. 51-67, 2008.
- BASHAN, Y.; HOLGUIN, G. *Azospirillum* - plant relationships: environmental and physiological advances (1990-1996). **Canadian Journal of Microbiology**, v. 43, p. 103-121, 1997.
- BASHAN, Y.; HOLGUIN, G.; BASHAN, L.E. *Azospirillum* plant relationships: physiological, molecular, agricultural and environmental advances (1997-2003). **Canadian Journal of Microbiology**, v. 50, p. 521-577, 2004.
- BOSA, C.K. **Capim Xaraés inoculado com bactérias diazotróficas associativas**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Mato Grosso, Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola. Rondonópolis - MT, 2014.
- BROUGHAM, R.W. Effects of intensity ecology and Management of Grazing Systems of defoliation on regrowth of pasture. **Australian Journal Agricultural Research**, v.7, p. 377-387. 1956.
- CANTARUTTI, R.B.; BODDEY, R.M. Transferência de nitrogênio das leguminosas para as gramíneas. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTEJO. **Anais...** Viçosa, MG: DZO, p. 431-445, 1997.
- CANTARUTTI, R.B.; SANTO, H.Q. Entrada e conservação de nutrientes nos sistemas de produção de bovinos a pasto. In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 3., 2002, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: SIMCORTE, p.133-152, 2002.
- CASTAGNARA, D.D., MESQUITA, E.E., NERES, M.A., OLIVEIRA, P.S.R., DEMINICIS, B.B. E BAMBERG, R. Valor nutricional e características estruturais de gramíneas tropicais sob adubação nitrogenada. **Archivos de Zootecnia**, 60, p.931-942, 2011.

- CARNEVALLI, R.A.; SILVA, S.C. da; BUENO, A.A.O.; UEBELE, M.C.; BUENO, F.O.; SILVA, G.N.; MORAES, J.P. Herbage production and grazing losses in *Panicum maximum* cv. Mombaça under four grazing managements. **Tropical Grasslands**, v.40, p.165-176, 2006.
- CORSI, M. **Adubação nitrogenada das pastagens**. In: PEIXOTO, A. M.; MOURA, J.C. de; FARIA, V.P. de (Ed.). Pastagens: fundamentos da exploração racional. 2. ed. Piracicaba: FEALQ, p. 121-155, 1994.
- COSTA, K.AP.; FAQUIN, V.; OLIVEIRA, I.P. Doses e fontes de nitrogênio na recuperação de pastagens do capim-marandu. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 62, n. 1, p. 192-199, 2010.
- COSTA, K.A.P.; OLIVEIRA, I.P.; FAQUIM, V. **Adubação nitrogenada para pastagens do gênero *Brachiaria* em solos do Cerrado**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão. 60 p., 2006.
- COSTA, N.L.; MAGALHÃES, J.A.; TOWNSEND, C.R.; PAULINO, V.T. **Fisiologia e manejo de plantas forrageiras**. Documentos n. 85. Embrapa Rondonia, Porto Velho: RO. 27 p., 2004.
- DÖBEREINER, J. Biological nitrogen fixation in the tropics: social and economic contributions. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 29, n. 36, p. 771-774, 1997.
- DÖBEREINER, J.; DE ARRUDA, N.B.; PENTEADO, A.F. Avaliação da fixação do nitrogênio, em leguminosas, pela regressão do nitrogênio total das plantas sobre o peso dos nódulos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 1, n. 1, p. 233-237, 1966.
- DIAS-FILHO, M.B. **Degradação de pastagens: Processos, Causas e Estratégias de Recuperação**. 4. ed. Belém: 215p., 2011.
- ECHEVERRIA, J.R.; EUCLIDES, V.P.B.; SBRISSIA, A.F.; MONTAGNER, D.B.; BARSOSA, R.A.; NANTES, N.N. Acúmulo de forragem e valor nutritivo do híbrido de *Urochloa* 'BRS RB331 Ipyporã' sob pastejo intermitente. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.51, n.7, p.880-889, 2016.
- EMERENCIANO NETO, J.V.; DIFANTE, G.S.; MONTAGNER, D.B.; BEZERRA, M.G.S.; GALVÃO, R.C.P.; VASCONCELOS, R.I.G. Características estruturais do dossel e acúmulo de forragem em gramíneas tropicais, sob lotação intermitente e pastejada por ovinos. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 4, p. 962-973, 2013.
- EUCLIDES, V.P.B.; MACEDO, M.C.M; VALLE, C.B.; DIFANTE, G.S.; BARBOSA, R.A.; CACERE, E.R. Valor nutritivo da forragem e produção animal em pastagens de *Brachiaria brizantha*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, n.1, p.98-106, 2009.
- EUCLIDES, V.P.B; MONTAGNER, D.B; BARBOSA, R.A; NANTES, N.N. Manejo do pastejo de cultivares de *Brachiaria brizantha* (Hochst) Stapf e de *Panicum maximum* Jacq. **Revista Ceres**, v. 61, p. 808–818, 2014.

- EUCLIDES, V.P.B.; VALLE, C.B.; MACEDO, M.C.M; ALMEIDA, R.G.; MONTAGNER, D.B.; BARBOSA, R.A. Brazilian scientific progress in pasture research during the first decade of XXI century. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, supl. especial, p.151-168, 2010.
- FAGUNDES, J.L.; FONSECA, D.M.; GOMIDE, J.A. Acúmulo de forragem em pastos de *Brachiaria decumbens* adubados com nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 4, p. 397-403, 2005.
- FAGUNDES, J.L.; FONSECA, D.M.; MISTURA, C.; MORAIS, R.V.; VITOR, C.M.T.; GOMIDE, C.A.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; CASAGRANDE, D.R. Características morfogênicas e estruturais do capim-braquiária em pastagem adubada com nitrogênio avaliadas nas quatro estações do ano. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.1, p.21-29, 2006.
- FELISMINO, M.F; PAGLIARINI, M.S; VALLE, C.B; RESENDE, R.M.S. Meiotic stability in two valuable interspecific hybrids of *Brachiaria* (Poaceae). **Plant Breeding**. v. 131, p. 402–408, 2011.
- FERREIRA, A.S. **Desempenho agrônomo, características morfofisiológicas e valor nutritivo da forragem de quatro genótipos de amendoim forrageiro sob corte**. Tese (Doutorado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba - SP, 2014.
- FULKERSON, W.J.; DONAGHY, D.J. Plant-soluble carbohydrate reserves and senescence — key criteria for developing an effective grazing management system for ryegrass-based pastures: a review. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 41, p. 261–275, 2001.
- GIACOMINI, A.A.; DA SILVA, S.C.; SARMENTO, D.O.L.; ZEFERINO, C.V.; SOUZA, JR.S.J; TRINDADE, J.K.; GUARDA, V.A.; NASCIMENTO, JR.D. Growth of marandu palisadegrass subjected to strategies of intermitente stocking. **Scientia Agricola**, v. 66, p. 733-741, 2009.
- GIMENES, F.M.A.; BARBOSA, H.Z.; GERDES, L.; GIACOMINI, A.A.; MATTOS, W.T.; BATISTA, K.; PREMAZZI, L.M.; MIGUEL, A.N.V. The utilization of tropical legumes to provide nitrogen to pastures: a review. **African Journal of Agricultural Research**. v. 12, n.2, p.85-92, 2017.
- GUIMARÃES, S.L.; BONFIM -SILVA, E.M.; POLIZEL, A.C.; CAMPOS, D.T.S. Produção de Capim-Marandu inoculado com *Azospirillum* spp. **Enciclopédia Biosfera**, v. 7, n. 13, p. 816 - 826, 2011.
- HERNANI L.C; SOUZA L.C.F; CECCON G. **Consortiação de Culturas**. 2014. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/sistema_plantio_direto>. Acesso em 20 nov de 2016.
- HUNGRIA, M. **Inoculação com *Azospirillum brasilense*: inovação em rendimento a baixo custo**. Embrapa Soja. (Documentos n. 325). Londrina – PR, 36p, 2011.

- 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. 221, p. 125–131, 2016.
- HUNGRIA, M.; VARGAS, M.A.T.; SUHET, A.R.; PERES, J.R.R. **Fixação biológica de nitrogênio em soja**. In: ARAÚJO, R.S.; HUNGRIA, M. Microrganismos de importância agrícola. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão: Centro Nacional de Pesquisa de Soja. -Brasília: EMBRAPA-SPI / EMBRAPA-CNPaf. (Documentos. 44). 236 p., 1994.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Rebanho de bovinos tem maior expansão da série histórica**. Disponível em:
<<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/16994-rebanho-de-bovinos-tem-maior-expansao-da-serie-historica.html>>
Acesso em 29 de setembro de 2017.
- KICHEL, A.N; MIRANDA, C.H.B.; ZIMMER, A.H. Degradação de pastagens e produção de bovinos de corte com a integração agricultura x pecuária. In: I Simpósio de Produção de Gado de Corte. **Anais...** p.201-234, 1999.
- LIMA, N.D.; VERZIGNASSI, J.R.; FERNANDES, C.D.; VALLE, C.B.; PESS JÚNIOR, C.; SANTOS, A.L.; PASCOALICK, H.N.; LIBÓRIO, C.B.; MONTEIRO, L.C.; BENTEO, G.L.; VIDA, R.M.; KARMOUCHE, P.J.P.S.; QUETEZ, F.A.; JESUS, L.; CORADO, H.S. Produção de sementes de *Brachiaria* híbrida BRS RB331 Ipyporã. In: 11ª Jornada Científica Embrapa Gado de Corte. **Anais...** Mato Grosso do Sul. Campo Grande, MS, 2015.
- MACEDO, M.C.M. Pastagens nos ecossistemas Cerrados: pesquisas para o desenvolvimento sustentável. In: SIMPÓSIO SOBRE PASTAGENS NOS ECOSSISTEMAS BRASILEIROS. **Anais...** Brasília: SBZ, p.28-62, 1995.
- MARCOLINO, E.F.; AZEVEDO, H.S.F.S.; ASSIS, G.M.L.; AZEVEDO, J.M.A; AZEVEDO, H.N. Floração, frutificação e maturação de frutos de *Arachis pintoi* cv. BRS Mandobi em ambiente controlado. In: 49ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia – SBZ. **Anais...** Brasília, DF, 2012a.
- MARCOLINO, E.F.; AZEVEDO, H.S.F.S.; ASSIS, G.M.L.; AZEVEDO, J.M.A; AZEVEDO, H.N. Germinação, desenvolvimento e crescimento vegetativo de *Arachis pintoi* cv. BRS Mandobi em ambiente controlado. In: 49ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia – SBZ. **Anais...** Brasília, DF, 2012b.
- MOREIRA, F.M. de S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e Bioquímica do Solo**. 2ª edição atualizada e ampliada. Lavras, Editora UFLA, 729 p. 2006.
- MOTT, G.O. **Evaluating forage production**. In: HEATH, M.E.; METCALFF, D.S.; BARNES, R.E. (Ed.). Forages: the science of grassland agriculture. Ames: Iowa State University Press, p.126-135, 1973.
- NETO, A.E.F.; VALE, F.R.; RESENDE, A.V.; GUILHERME, L.R.G.; GUEDES, G.A.A. **Fertilidade do solo**. Lavras: UFLA/FAEPE, 261p, 2001.

- OLIVEIRA, H.M.R; SANTOS, A.C; OLIVEIRA, L.B.T; ARAÚJO, A.S; RODRIGUES, M.O.D; SILVEIRA JUNIOR, O. Características agronômicas do capim *Brachiaria Brizantha* cv. Marandu submetido a doses de nitrogênio. Amazon Soil – I Encontro de Ciência do Solo da Amazônia Oriental. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Núcleo Regional Amazônia Oriental. **Anais...** Gurupi-TO, p. 34-40, 2014.
- OLIVEIRA, A.P.P. OLIVEIRA, S.W.; JUNIOR B.W. **Produção de forragem e qualidade de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu com *Azospirillum brasilense* e fertilizada com nitrogênio.** EMBRAPA; Circular Técnica 54. São Carlos-SP, p.6, 2007.
- PAES, H.M., LIMA, E.S. Pastagens consorciadas como alternativa sustentável na produção de ruminantes. **Atas de Saúde Ambiental - ASA** (São Paulo, Online ISSN: 2357-7614), v. 3, n. 2, p. 112-118, 2015.
- PARSONS, A.J; LEAFE, E.L.; COLLETT, B.; PENNING, P.D.; LEWIS, J. The Physiology of Grass Production Under Grazing. II. Photosynthesis, Crop Growth and Animal Intake of Continuously-Grazed Swards. **The Journal of Applied Ecology**, v. 20, n. 1, p. 127-139, 1983.
- PEDREIRA, B.C.E.; BARBOSA, P.L.; PEREIRA, L.E.T.; MOMBACH, M.A.; DOMICIANO, L.F.; PEREIRA, D.H.; FERREIRA, A. Tiller density and tillering on *Brachiaria brizantha* cv. Marandu pastures inoculated with *Azospirillum brasilense*. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 69, n. 4, 2017.
- PEDREIRA, B.C.; PEDREIRA, C.G.S; DA SILVA, S.C. Acúmulo de forragem durante a rebrotação de capim-xaraés submetido a três estratégias de desfolhação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n., p. 618-625, 2009.
- PEREIRA, J.M. Leguminosas Forrageiras em sistemas de produção de ruminantes: onde estamos? Para onde vamos? Editores: OBEID, J.A.; PEREIRA, O.G.; FONSECA, D.M.; NASCIMENTO JÚNIOR, D. SIMFOR, Simpósio Sobre Manejo Estratégico Da Pastagem. **Anais...** Viçosa – MG. UFV: Departamento de Zootecnia. 2002.
- PEREIRA, L.E.T; PAIVA, A.J.; GUARDA, V.D.; PEREIRA, P.M.; CAMINHA, F.O.; SILVA, S.C. Herbage utilisation efficiency of continuously stocked marandu palisade grass. **Scientia Agricola**. v.72, n.2, p.114-123, 2015a.
- PEREIRA, T.P.; GOMES, M.B.; CARNEIRO, R.D.C. Morfogênese do Capim – Marandu submetido à inoculação de *Azospirillum* e adubação nitrogenada. **Interdisciplinar: Revista Eletrônica da UNIVAR**, n. 14, v. 2, p. 6-10, 2015b.
- PINHEIRO, A.A.; CECATO, U.; LINS, T.O.J.D.; BELONI, T.; PIOTTO, V.C.; RIBEIRO, O.L. Produção e valor nutritivo da forragem, e desempenho de bovinos Nelore em pastagem de capim-Tanzânia adubado com nitrogênio ou consorciado com estilosantes Campo Grande. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 4, p. 2147-2158, 2014.
- PRADO, R.M. **Manual de nutrição de plantas forrageiras.** Jaboticabal – SP. Funep, 500 p. 2008.

- REIS JUNIOR, F.B.; SILVA, M.F.; TEIXEIRA, K.R.S.; URQUIAGA, S.; REIS, V.M. Identificação de isolados de *Azospirillum amazonense* associados a *Brachiaria* spp., em diferentes épocas e condições de cultivo e produção de fitormônio pela bactéria. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, p. 103-113, 2004.
- REIS JUNIOR, F.B.; TEIXEIRA, K.R.S.; URQUIAGA, S.; REIS, V.M. **Associação de bactérias promotoras de crescimento de plantas do gênero *Azospirillum* com diferentes espécies de *Brachiaria***. Documentos n 85. Embrapa Cerrados, Planaltina – DF, 52 p., 2003.
- RODRIGUES, O.; FONTANELI, R.S.; COSTENARO, E.R.; MARCHESE, J.A.; SCORTGANHA, A.N.; SCCARDO, E.; PIOSECKI, C. **Bases fisiológicas para o manejo de forrageiras**. In: FONTANELI, R.S.; SANTOS, H.P. (Ed). Forrageiras para Integração Lavoura-Pecuária-Floresta na Região Sul-Brasileira. Embrapa Trigo. 2ª ed., cap. 3, 544 p., 2012.
- SALES, M.F.L.; ANDRADE, C.M.S.; FARINATTI, L.H.E.; PORTO, M.O.; MESQUITA, A.Q.; CLEMÊNCIO, R.M. Desempenho produtivo de bovinos de corte em pastos consorciados com amendoim forrageiro cultivar Mandobi, no Acre. In: XXV CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOTECNIA – ZOOTEC. **Anais...** Fortaleza, CE, 2015.
- SANTOS, E.C. **Características agrônômicas e bromatológicas de amendoim forrageiro em diferentes intervalos de corte**. Dissertação (Mestrado), Programa de Pós-graduação em Agronomia. Universidade Federal do Acre, Rio Branco, AC, 2012.
- SANTOS, M.E.R. Ajustes no manejo do pastejo em pastagens adubadas. **Enciclopédia Biosfera**, v.6, n.11, p.1, 2010.
- SILVA, D.R.G.; COSTA, K.A.P.; FAQUIN, V.; OLIVEIRA, I.P.; BERNARDES, T.F. Doses e fontes de nitrogênio na recuperação das características estruturais e produtivas do capim-marandu. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 1, p. 184-191, 2013a.
- SILVA FILHO, A.S.; MOUSQUER, A.J.; CASTRO, W.J.R.; SIQUEIRA, J.V.M.; OLIVEIRA, V.J.; MACHADO, R.J.T. Desenvolvimento de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu submetido a diferentes doses de ureia. **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**. v. 8, n. 1, p. 172-188, 2014.
- SILVA, L.L.G.G.; ALVES, G.C.; RIBEIRO, J.R.A.; URQUIAGA, S.; SOUTO, S.M.; FIGUEIREDO, M.V.B.; BURITY, H.A. Fixação biológica de nitrogênio em pastagens com diferentes intensidades de corte. **Archivos de Zootecnia**, v. 59, n. 225, p. 21-30, 2010.
- SILVA, M.F.; PORTO, E.M.V.; ALVES, D.D.; VITOR, C.M.T.; ASPIAZÚ, I. Morphogenetic characteristics of three *Brachiaria brizantha* cultivars submitted to nitrogen fertilization. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v.85, n.1, p.371-377, 2013b.
- SOUZA, P.T. **Inoculação com *Azospirillum brasilense* e adubação nitrogenada em *Brachiaria brizantha* cv. Marandu**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Goiás Regional. Programa de Pós-graduação em Agronomia. Jataí - GO, 2014.
- TAIZ, L; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 2.ed. Porto Alegre: Artmed, 719 p., 2006.

- VALENTIM, J.F.; ANDRADE, C.M.S.; MENDONÇA, H.A. et al. Velocidade de estabelecimento de acessos de amendoim forrageiro na Amazônia Ocidental. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 6, p. 1569-1577, 2003.
- VALENTIM, J.F.; CARNEIRO, J.C.; SALES, M.F.L.S. **Amendoim forrageiro cv. Belmonte: leguminosa para a diversificação das pastagens e conservação do solo no Acre**. EMBRAPA, Circular Técnica, nº 43, Rio Branco, AC, 2001.
- VALENTIM, J.F. **Produção de sementes de *Arachis pintoi* cv. BRS Mandobi no Acre**. In: Introdução. Rio Branco, AC. Embrapa Acre (Sistemas de Produção, 4). ISSN 1679-1134 Versão Eletrônica, 2011. Disponível em: <<https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/>>. Acesso em 07 maio 2016.
- VALÉRIO, J.R. **Cigarrinhas-das-pastagens**. Embrapa Gado de Corte. Campo Grande, MS. Documentos 179. 51 p., 21 cm, 2009.
- VALÉRIO, J.R.; TORRES, F.Z.V.; SILVA, L.C.; RÔDAS, P.L.; ARAÚJO NETO, A.; OLIVEIRA, M.C.M. Avaliação e seleção de híbridos do gênero *Brachiaria* (Griseb) quanto à resistência à cigarrinha *Mahanarva* sp. (Hemiptera: Cercopidae). In: 49ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia – SBZ. **Anais...** Brasília, DF, 2012.
- VALÉRIO, J.R.; TORRES, F.Z.V.; SILVA, L.C.; RÔDAS, P.L.; OLIVEIRA, M.C.M. Selecting *Brachiaria* Hybrids for Resistance to the Pasture Spittlebug *Notozulia entreriana* (Berg) (Hemiptera: Cercopidae). In: III International Symposium on Forage Breeding. **Anais...** Bonito, MS, 2011.
- VALLE, C.B.; EUCLIDES, V.P.B.; MONTAGNER, D.B.; VALERIO, J.R.; MENDES-BONATTO, A.B.; VERZIGNASSI, J.R.; TORRES, F.Z.V.; MACEDO, M.C.M.; FERNANDES, C.D.; BARRIOS, S.C.L.; DIAS-FILHO, M.B.; MACHADO, L.A.Z.; ZIMMER, A.H. **BRS Ipyporã ("belo começo" em guarani): híbrido de *Brachiaria* da Embrapa**. (Embrapa Gado de Corte. Comunicado técnico, 137). Brasília, DF: Embrapa, 17p., 2017.
- VALLE, C.B.; JANK, L.; RESENDE, R.M.S. O melhoramento de forrageiras tropicais no Brasil. **Revista Ceres**, v.56, p.460-472, 2009.
- VASCONCELOS, J.M. SALES, M.F.L. Avaliação do desempenho produtivo de bovinos de corte, em pastos puros e consorciados com o amendoim forrageiro cultivar Mandobi, no Acre. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA ACRE, 1., 2013, Rio Branco. **Anais...** Rio Branco: Embrapa Acre, 2013.
- VITOR, C.M.T.; COSTA P.M.; VILLELA, S.D.J.; LEONEL, F.P.; FERNANDES, C.F.; ALEMEIDA, G.O. Características estruturais de uma pastagem de *Brachiaria decumbens* stapf cv. Basilisk sob doses de nitrogênio. **Boletim de Indústria Animal**. v.71, n.2, p.176-182, 2014.
- VOGEL, G.F; MARTINKOSKI, L.; RUZICKI, M. Efeitos da utilização de *Azospirillum brasilense* em poaceas forrageiras: importâncias e resultados. **ACSA–Agropecuária Científica no Semi-Árido**, v. 10, n. 1, p. 01-06, 2014.

CAPÍTULO 1

Respostas agronômicas, fisiológicas e indicadores qualitativos de capim-ipyporã sob estratégias de fornecimento de nitrogênio

RESUMO – A fertilização nitrogenada tem grande importância na produção e sustentabilidade das pastagens. O uso de fertilizantes minerais e a fixação biológica de nitrogênio (FBN) são alternativas para reposição de nitrogênio nos pastos. Objetivou-se avaliar as respostas agronômicas, fisiológicas e os indicadores qualitativos de capim-ipyporã (*Brachiaria* spp.) sob estratégias de fornecimento de nitrogênio: fertilização nitrogenada mineral, inoculação com *Azospirillum brasilense* e consórcio com amendoim forrageiro. O experimento foi conduzido na Embrapa Agrossilvipastoril, em Sinop – MT em delineamento de blocos completos casualizados com 6 tratamentos aplicados em pastagens de capim-ipyporã com 3 repetições: 1. sem fertilização mineral de nitrogênio (controle); 2. fertilizados com 80 kg N.ha⁻¹.ano⁻¹ (N); 3. inoculação com *Azospirillum brasilense* (i); 4. fertilizados com 80 kg.ha⁻¹ de N + inoculante (N + i); 5. consórcio com amendoim forrageiro (*Arachis pintoi* cv. Mandobi) (C); 6. consórcio com amendoim forrageiro + inoculante (C + i). O período experimental foi de 21 de março de 2015 a 21 de março de 2017, avaliando as estações do ano. Os pastos foram cortados sempre que atingiram altura média do dossel de 25 cm, deixando-se resíduo de 12 cm para quantificação de massa de forragem (MF) acima do resíduo. Os maiores acúmulos (AF) e taxas de acúmulo de forragem (TAF) foram observados na estratégia N (11.140 kg MS.ha⁻¹) e C + i (10.725 kg MS.ha⁻¹), assim como para MF acima do resíduo (1.980 e 2.000 kg MS.ha⁻¹, respectivamente) e para massa de folha (1.775 e 1.770 kg MS.ha⁻¹, respectivamente). A presença de colmo e material morto foram influenciados apenas pelas estações do ano, com maiores massas e proporções nos verões para colmo e menor no verão/17 para material morto. O maior índice de área foliar destrutivo (IAFD) foi observado nos pastos com N (3,1) e nos verões (3,2), enquanto que para interceptação luminosa (IL), em geral, pastos com N e N + i interceptaram mais luz, sobretudo no verão/17. Os indicadores qualitativos proteína bruta (PB) e fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) e as variáveis fisiológicas condutância estomática (gs), eficiência no uso da água (EUA) e clorofila total foram influenciadas positivamente pelas estratégias de fornecimento de nitrogênio, principalmente em pastos com N e N + i e pela disponibilidade hídrica. Conclui-se que capim-ipyporã é responsivo as estratégias de fornecimento de nitrogênio, com melhores respostas quando submetido a estratégia N e C + i.

Palavras-chave: acúmulo de forragem, *Azospirillum brasilense*, *Brachiaria*, Mandobi

ABSTRACT – Nitrogen fertilization has great importance in the production and sustainability of pastures. The use of mineral fertilizers and biological nitrogen fixation (BNF) are alternatives for replacing nitrogen in pastures. The objective was to evaluate the agronomic, physiological and qualitative indicators of Ipyporã grass (*Brachiaria* spp.) under nitrogen supply strategies: mineral nitrogen fertilization, inoculation with *Azospirillum brasilense* and intercropping with forage peanuts. The experiment was carried out at the Embrapa Agrossilvipastoril in Sinop - MT in a randomized complete block design with 6 treatments applied in pastures of Ipyporã grass with 3 replicates: 1. without nitrogen fertilization (control); 2. fertilization with 80 kg N.ha⁻¹.ano⁻¹ (N); 3. inoculation with *Azospirillum brasilense* (i); 4. fertilization with 80 kg.ha⁻¹ of N + inoculant (N + i); 5. consortium with forage peanuts (*Arachis pintoi* cv. Mandobi) (C); 6. consortium with forage peanut + inoculant (C + i). The experimental period was from March 21, 2015 to March 21, 2017, evaluating the seasons. The pastures were harvest when the average canopy height reached 25 cm, leaving a 12 cm of stubble. The highest accumulations (FA) and forage accumulation rates (FAR) were observed in N (11.140 kg DM.ha⁻¹) and C + i (10.725 kg DM.ha⁻¹), as well as for FM above stubble (1.980 and 2.000 kg DM.ha⁻¹, respectively) and for leaf mass (1.775 and 1.770 kg DM.ha⁻¹, respectively). Stem and dead material presence above the stubble were influenced only by the seasons, with higher mass and proportion in the summers for stem and lower in the summer/17 for dead material. Higher destructive leaf area index (DLAI) was observed in pastures with N (3.1) and in the summers (3.2), while for light interception (LI), pastures with N and N + i intercepted more light, especially in summer/17. The qualitative indicators crude protein (CP) and neutral detergent insoluble fiber (NDF) and for the physiological variables stomatal conductance (*sc*), water use efficiency (WUE) and total chlorophyll were positively influenced by nitrogen supply strategies, mainly in pastures with N and N + i and by water availability. It is concluded that Ipyporã grass is responsive to the strategies of nitrogen supply, with better responses when submitted to strategy N and C + i.

Key-words: *Azospirillum brasilense*, *Brachiaria*, forage accumulation, Mandobi

1. INTRODUÇÃO

A pecuária bovina tem grande importância econômica e social para o país e se baseia na alimentação de ruminantes em sistemas de produção em pastagens, que é a forma mais prática e econômica de oferta de alimento (Dias-Filho, 2014). O melhoramento de forrageiras é importante para o cenário, buscando mais produtividade, qualidade, resistência a pragas e doenças e adaptação a estresses edáficos e climáticos (Valle et al., 2009).

Com o aumento do valor da terra, a competição com a agricultura, e o cenário de degradação de pastagens, em que cerca de 80% estão em algum estágio de degradação (Dias-Filho, 2016) há uma pressão para a intensificação e maior eficiência produtiva. A diminuição destas problemáticas ocorre a partir da escolha da espécie forrageira condizente com clima e solo da região, com um bom manejo e a reposição periódica de nutrientes (Kichel et al., 1999). O nitrogênio (N) é o principal nutriente para manutenção da produtividade das gramíneas forrageiras, com influência direta na produção de matéria seca em pastagens já estabelecidas (Monteiro, 1995), atuando sobre a taxa de lotação e o desempenho dos animais, fatores determinantes para a produtividade animal em pastagens (Martha-Junior et al., 2007).

A resposta das forrageiras ao N varia conforme a espécie explorada, a dose e a fonte utilizada, a forma de aplicação do fertilizante, bem como as condições edafoclimáticas (Martha-Junior et al., 2007). Visando a longevidade e a produtividade das pastagens, a fixação biológica de nitrogênio (FBN) pelas leguminosas forrageiras de clima tropical em consórcio com capins e o uso de fertilizantes nitrogenados são alternativas promissoras (Andrade, 2010). Além disso, a FBN pela prática da inoculação em gramíneas com bactérias diazotróficas pode contribuir, direta ou indiretamente, no aumento de produção de culturas (Döbereiner, 1997; Moreira e Siqueira, 2006).

Objetivou-se avaliar as respostas agronômicas, fisiológicas e os indicadores qualitativos de capim-ipyporã (*Brachiaria* spp.) sob estratégias de fornecimento de nitrogênio: fertilização

nitrogenada mineral, inoculação com *Azospirillum brasilense* e consórcio com amendoim forrageiro. O capítulo 1 será enviado para a revista Agriculture, Ecosystems & Environment.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área experimental da Embrapa Agrossilvipastoril, Sinop, Mato Grosso, Brasil, latitude 11°51' Sul, longitude 55°36' Oeste e altitude de 370 m, localizada no bioma Amazônia.

O clima da região é classificado, segundo os critérios de Köppen, como Am – clima de monções, ou seja, alternância entre a estação chuvosa no verão e estação seca no inverno (Alvares et al., 2014) com temperatura média anual de 26 °C e precipitação de 2.200 mm (Embrapa Agrossilvipastoril, 2016). Os dados climáticos referentes ao período experimental foram obtidos no Posto Meteorológico da Embrapa Agrossilvipastoril, localizado a 1.000 metros do local do experimento (Figura 1).

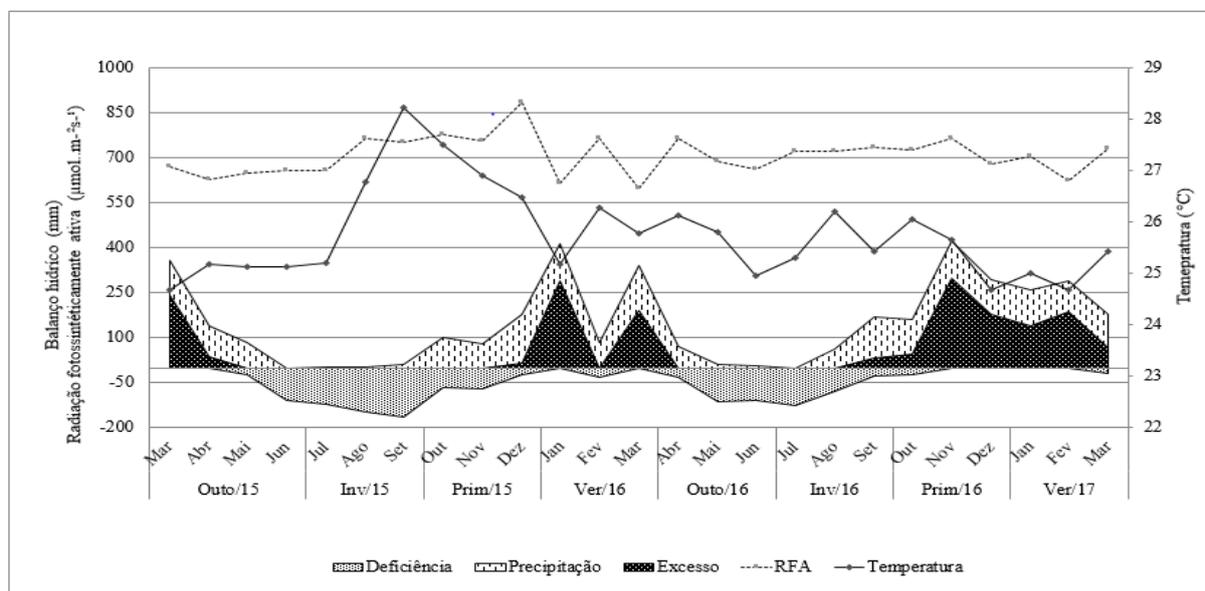


Figura 1. Balanço hídrico, precipitação pluviométrica, temperatura média e radiação fotossinteticamente ativa ao longo do período experimental. Fonte: Embrapa Agrossilvipastoril (2017).

O solo foi classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, de acordo com o sistema brasileiro de taxonomia de solos (Embrapa, 2013) e como Rhodic Hapludox pelo sistema americano de taxonomia de solos (Soil Survey Staff, 2014), com relevo suavemente inclinado e textura argilosa, composto por 42,9% de argila, 16,7% de silte e 40,4% de areia. Análises químicas do solo foram realizadas em setembro de 2014, junho de 2015, setembro de 2016 e maio de 2017, com amostragem na profundidade de 0-20 cm (Tabela 1).

Tabela 1. Análise química de solo da área experimental, na camada de 0-20 cm.

Mês da Coleta	pH (CaCl ₂)	M.O. (g.dm ⁻³)	P --mg.dm ⁻³ --	K	Mg	Ca	Al	H+Al	S	T	V %
Set/2014	4,7	27,87	3,55	75,00	0,98	1,48	0,10	6,77	2,65	9,42	28,13
Jun/2015	5,2	25,14	2,84	16,00	0,92	2,30	0,00	3,59	3,23	6,83	47,69
Set/2016	4,9	26,42	3,95	30,00	1,24	2,37	0,00	4,95	3,69	8,64	42,40
Mai/2017	5,3	27,53	7,80	23,00	1,59	3,23	0,00	3,64	7,51	8,51	57,21

A área experimental foi implantada em novembro de 2014 e o período experimental teve duração de dois anos, com início em 21 de março de 2015 e término em 21 de março de 2017. O experimento seguiu um delineamento em blocos completos casualizados, com 3 repetições, 6 tratamentos e unidades experimentais de 6 x 6 m, descartando-se a bordadura no momento das coletas. A taxa de semeadura do capim-ipyporã (*Brachiaria* spp.) foi de 6 kg de sementes puras viáveis por unidade experimental. A semeadura do capim foi feita à lanço, com posterior revolvimento leve com rastelo e compactação. Para parcelas consorciadas, o plantio do amendoim forrageiro foi feito com mudas de 20 a 30 cm, em sulcos distantes em 50 cm, totalizando 12 linhas na unidade experimental. Foram abertos sulcos de 10 cm de profundidade, e os estolões foram colocados com cerca de 5 cm de distância. Na sequência, os sulcos foram cobertos com solo e levemente compactados para a retirada do ar.

Foram aplicadas 2 t.ha⁻¹ de calcário no dia 15 de dezembro de 2014 e 2 t.ha⁻¹ no dia 21 setembro de 2015 (ambas em superfície). Na implantação, foi realizada a fertilização fosfatada

em aplicação única de $80 \text{ kg.ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$. Após o corte de uniformização (10/02/2015), foram aplicados 40 kg.ha^{-1} de K_2O em todas as parcelas e 40 kg.ha^{-1} de N nas parcelas correspondentes. A fertilização anual correspondeu a 80 kg.ha^{-1} de N na forma de sulfato de amônio nas parcelas correspondentes (duas aplicações de 40 kg.ha^{-1}), 140 kg.ha^{-1} de fertilização fosfatada e 140 kg.ha^{-1} de fertilização potássica (ambas divididas em 100 kg.ha^{-1} e 40 kg.ha^{-1}). O parcelamento ocorreu no início e em meados da estação chuvosa, sempre em condição pós-corte (outubro-dezembro/15, março/16, novembro-dezembro/16 e janeiro-fevereiro/17). Em outubro de 2015 foi aplicado 60 kg.ha^{-1} de FTE BR 12 para garantir o aporte de micronutrientes. A inoculação ocorreu na semeadura utilizando o *Azospirillum brasilense* (2×10^8 células.mL⁻¹, cepas Ab V5 e Ab V6) com dosagens de 200 mL.ha^{-1} e 100 mL de água.kg⁻¹ de semente. A pulverização foliar ocorreu no mesmo período e condição das fertilizações, com a utilização de 300 mL.ha^{-1} do inoculante diluído em calda de 200 L de água.ha⁻¹.

Foi utilizado delineamento em blocos completos casualizados, com 3 repetições e 6 tratamentos: 1. Pastos de capim-ipyoporã (*Brachiaria* spp.) sem fertilização mineral de nitrogênio (controle); 2. Pastos de capim-ipyoporã adubados com $80 \text{ kg N.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ (N); 3. Pastos de capim-ipyoporã inoculados com *Azospirillum brasilense* (i); 4. Pastos de capim-ipyoporã adubados com 80 kg.ha^{-1} de N + inoculante (N + i); 5. Pastos de capim-ipyoporã em consórcio com amendoim forrageiro (*Arachis pintoi* cv. Mandobi) (C) e 6. Pastos de capim-ipyoporã em consórcio com amendoim forrageiro (*Arachis pintoi* cv. Mandobi) + inoculante (C + i).

2.1 AVALIAÇÕES AGRONÔMICAS

A colheita simulou lotação intermitente e os pastos foram submetidos ao corte sempre que o dossel atingiu 25 cm de altura média, deixando-se resíduo de 12 cm .

A altura foi mensurada em 10 pontos representativos da condição média do dossel por unidade experimental. Para caracterização da variação estrutural da comunidade vegetal foi quantificada a interceptação luminosa (IL), utilizando o analisador de dossel AccuPAR modelo LP-80 (Decagon Devices Pullman, WA, EUA) que permite amostragens rápidas e não destrutivas, mensurando-se 15 pontos por parcela ao nível do solo.

A quantificação da massa da forragem (MF) foi obtida por meio de cortes da forragem contida no interior de duas molduras retangulares (0,5 x 1,0 m) por parcela a altura do resíduo, em pontos em que a MF fosse representativa da média. Após o corte, as amostras foram pesadas, subamostradas e colocadas em estufa de circulação forçada de ar a 55 °C por 72 horas, para secagem e determinação do peso seco. O acúmulo de forragem (AF) compreendeu uma média geral anual do período experimental de 2015 a 2017 e também foi calculada para as estações, por meio da soma e ponderação da produção de todos os ciclos realizados no período que compreendeu cada estação: outono, inverno, primavera e verão no período 2015 / 2016 (ano 1) e 2016 / 2017 (ano 2). A taxa de acúmulo de forragem (TAF) diária foi determinada a partir do AF dividido pelo número de dias em rebrotação.

A MF acima do nível de resíduo foi quantificada em ciclos representativos das estações primavera/15, verão/16, primavera/16 e verão/17, tomando-se amostras de “íntegra”. Destas amostras foram obtidas a composição morfológica, índice de área foliar destrutivo (IAFD) e análise química.

A composição morfológica foi realizada manualmente, através da separação dos componentes morfológicos de capim-ipyporã em folha (lâmina foliar), colmo (colmo e bainha) e material morto. Para caracterizar a efetividade do consórcio, em dezembro/16, quantificou-se o número de plantas (amendoim e capim-ipyporã) em cinco locais de 1.m² por parcela. Isso permitiu estimar a composição botânica no consórcio, que correspondeu a 7,6% e 22,3% de amendoim nos tratamentos consórcio e consórcio + inoculante, respectivamente. Para valores

de IAFD as folhas foram avaliadas no integrador de área foliar LI-3100 (LI-COR, Lincoln, Ne, USA). Os componentes morfológicos foram levados à estufa de circulação forçada de ar a 55 °C até atingir peso constante para determinação de peso seco e posteriormente para quantificação da massa e proporção dos componentes.

2.2 INDICADORES QUALITATIVOS

Para análise química, as amostras de “íntegra” foram moídas em moinho de facas, tipo “Willey”, com peneira de porosidade de 1 mm de diâmetro. A análise ocorreu em duplicata, utilizando como base os teores de MS (método INCT-CA G-003/1). Foram quantificadas proteína bruta (PB) (método INCT-CA N-001/1), fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) (método INCT-CA F-001/1) e fibra insolúvel em detergente ácido (FDA) (INCT-CA F-003/1) de acordo com os métodos preconizados pelo Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Ciência Animal (INCT-CA; Detmann et al., 2012).

2.3 AVALIAÇÕES FISIOLÓGICAS

A avaliação de parâmetros fisiológicos foi realizada em dias ensolarados com o aparelho medidor portátil de trocas gasosas por radiação infravermelha (Infra Red Gas Analyser – IRGA) modelo LCI-SD (ADC BioScientific Ltd., Hoddesdon, UK). As avaliações de fotossíntese foliar foram feitas no pré-corte, em meados das estações outono, primavera e verão, nos 2 anos, entre às 08:30 e 11:00 horas da manhã. Em cada ocasião foram avaliados três perfilhos por unidade experimental, utilizando a folha mais nova completamente expandida (com lâmina foliar verde e limpa). A radiação fotossinteticamente ativa (RFA) utilizada na câmara foi de 2000 $\mu\text{mol f\acute{o}tons.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ (Pedreira et al., 2015). Avaliou-se a assimilação líquida de CO_2 (fotossíntese foliar) (A), a concentração intercelular de CO_2 (C_i), a condutância estomática (g_s), a taxa de transpiração das folhas (E), eficiência no uso da água (EUA), que é a razão de A/E e a razão de

transpiração (RT), resultante de E/A . O índice de clorofila foi avaliado em cinco folhas por unidade experimental (nas mesmas datas da avaliação de fotossíntese), utilizando o clorofilômetro ClorofiLOG (FALKER, Porto Alegre, RS, BR) para a determinação do índice de clorofila Falker (ICF) total.

A fim de verificação da incidência de cigarrinha em pastos de capim-ipyporã, na época chuvosa foi realizado mensalmente o monitoramento (somaram-se 15 avaliações), contando-se o número de espumas e ninfas numa área de 2m^2 por unidade experimental. Para controle de lagartas foram realizadas aplicações de inseticidas, o que pode ter influenciado na incidência de cigarrinha: Lannate® BR $60\text{ mL}\cdot 20\text{L}^{-1}$ (10/11/15), Tracer ® $60\text{ mL}\cdot\text{ha}^{-1}$ (21/12/15) e Engeo $200\text{mL}\cdot\text{ha}^{-1}$ (13/02/16 e 18/11/16).

2.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para análise estatística das variáveis AF e TAF nos 2 anos de avaliação foi utilizado o modelo matemático:

$$Y_{ijkl} = \mu + b_i + A_j + e_{ij} + A(B)_{jk} + Cl + \epsilon_{ijkl}$$

Em que:

Y_{ijkl} = valor observado da j -ésima estratégia de fornecimento de N e da k -ésima estratégia de fornecimento de N dentro de ano no i -ésimo bloco;

μ = constante geral associada ao experimento;

b_i = efeito aleatório associado ao i -ésimo bloco $\sim \text{NID}(0; \sigma_b^2)$;

A_j = efeito fixo associado a j -ésima estratégia de fornecimento de N;

e_{ij} = erro aleatório associado a j -ésima estratégia de fornecimento de N no i -ésimo bloco $\sim \text{NID}(0; \sigma_e^2)$;

$A(B)_{jk}$ = efeito fixo associado a k -ésima estratégia de fornecimento de N dentro de ano;

Cl = efeito aleatório associado ao l -ésimo ano $\sim \text{NID}(0; \sigma_c^2)$;

ϵ_{ijkl} = erro aleatório associado a j -ésima estratégia de fornecimento de N, k -ésima estratégia de fornecimento de N dentro de ano e l -ésimo ano no i -ésimo bloco \sim ND $(0; \sigma^2\epsilon)$;

Para análise estatística das demais variáveis foi utilizado o modelo matemático:

$$Y_{ijk} = \mu + b_i + A_j + e_{ij} + B_k + (AB)_{jk} + \epsilon_{ijk}$$

Em que:

Y_{ijk} = valor observado da j -ésima estratégia de fornecimento de N e da k -ésimo estação do ano no i -ésimo bloco;

μ = constante geral associada ao experimento;

b_i = efeito aleatório associado ao i -ésimo bloco \sim NID $(0; \sigma^2b)$;

A_j = efeito fixo associado a j -ésima estratégia de fornecimento de N;

e_{ij} = erro aleatório associado a j -ésima estratégia de fornecimento de N no i -ésimo bloco \sim NID $(0; \sigma^2e)$;

B_k = efeito fixo associado ao k -ésimo estação do ano;

AB_{jk} = efeito da interação da j -ésima estratégia de fornecimento de N com k -ésimo estação do ano;

ϵ_{ijk} = erro aleatório associado a j -ésima estratégia de fornecimento de N na k -ésimo estação do ano no i -ésimo bloco \sim ND $(0; \sigma^2\epsilon)$;

Os dados foram analisados utilizando o método de modelos mistos com estrutura paramétrica especial na matriz de covariância, por meio do procedimento MIXED do software estatístico SAS (Littell et al., 2006). Estratégia de fornecimento de nitrogênio, estações do ano e suas interações foram considerados como efeito fixo. Quando necessário, além de bloco, ano foi considerado aleatório. Para escolher a matriz de covariância foi usado o critério de informação de Akaike (Wolfinger e Oconnell, 1993). A normalidade dos resíduos foi testada e quando necessário os dados foram transformados. A transformação utilizada foi “raiz $(X+1)$ ”

para variável proporção de colmo, porém os dados apresentados foram os não transformados. As médias dos tratamentos foram estimadas por meio do “LSMEANS” e a comparação foi realizada por meio da probabilidade da diferença (“PDIF”) com teste “t” de Student ao nível de significância de 10%.

3. RESULTADOS

3.1 RESPOSTAS AGRONÔMICAS

Acúmulo de forragem (AF) foi influenciado pelas estratégias de fornecimento de N (P=0,0607) e não houve diferença para estratégias dentro de ano, ou seja, o primeiro ano (2015/2016) não diferiu do segundo ano (2016/2017) (P=0,5703) (Tabela 2). Os maiores AF foram observados para a estratégia N e para o C + i, os quais foram, em média, 39% superior ao capim-ipyporã controle. O mesmo padrão de resposta foi observado para taxa de acúmulo de forragem (TAF) (P=0,0450 e P=0,6047, respectivamente) (Tabela 2).

Tabela 2. Acúmulo de forragem (AF), taxa de acúmulo de forragem (TAF) e ciclos de corte em pastos de capim-ipyporã submetidos a estratégias de fornecimento de nitrogênio por dois anos (2015/2017).

Estratégia*	AF (kg MS.ha ⁻¹ .ano)	TAF (kg MS.ha ⁻¹ .dia ⁻¹)	Ciclos
Controle	7.840 C	21,5 C	11,7 B
N	11.140 A	30,5 A	12,7 A
i	9.585 ABC	26,2 ABC	11,4 B
N + i	10.460 AB	28,6 AB	12,7 A
C	8.930 BC	24,4 BC	11 B
C + i	10.725 A	29,3 A	12 AB
EPM**	740	3,3	0,4

*N: fertilizante mineral, 80 kg N.ha⁻¹.ano⁻¹; i: inoculante bacteriano; C: consórcio com amendoim forrageiro cv. Mandobi.

**Erro Padrão da Média. As médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem pela probabilidade da diferença (P<0,1).

Em relação ao capim-ipyporã controle, os ganhos relativos foram de 42% para N, 36% para C + i, 33% para N + i. A estratégia isolada de inoculante (i) e do consórcio (C) resultaram em 22 e 14% a mais de acúmulo de forragem, respectivamente.

Os ciclos de corte também foram influenciados pelas estratégias de fornecimento de N ($P=0,0591$), com mais ciclos para a estratégia N e N + i e similar para C + i (Tabela 2).

Houve interação estratégia x estação para AF ($P=0,0580$) e TAF ($P=0,0598$) (Tabela 3). No outono/15, o maior AF foi para C + i e os menores acúmulos foram para capim-ipyporã controle e inoculado, menores, na média, em 27%. No inverno/15 e na primavera/15 não houve diferença para as estratégias, com acúmulos de 640 e 1.045 kg MS.ha⁻¹, respectivamente. No verão/16, a estratégia mais responsiva foi o N, maior em 87% ao capim-ipyporã controle. No outono/16, as estratégias N, N + i e C + i apresentaram maior AF, e o capim-ipyporã controle com o menor AF, menor em 204%. No inverno/16 e na primavera/16, não houve diferença para as estratégias, com acúmulos médios de 648 e 2.416 kg MS.ha⁻¹, respectivamente. No verão/17, as estratégias mais responsivas foram o N e C + i, maiores em 35% ao capim-ipyporã controle (Tabela 3).

AF e TAF apresentaram padrões de respostas semelhantes ao longo das estações dentro de cada ano. Dessa forma, tanto no primeiro quanto no segundo ano, os maiores valores foram registrados no verão e os menores no inverno. Na primavera e no outono, os valores de AF e TAF variaram em função dos padrões climáticos (Tabela 3; Figura 1).

MF acima do resíduo nos ciclos representativos variou em função da estratégia ($P=0,0156$) e da estação ($P<0,0001$) (Tabela 4). Os maiores acúmulos foram para o N e C + i, maiores em 37% ao capim-ipyporã controle. As estações com maiores acúmulos foram o verão/16 e 17, seguido da primavera/16 e com menor acúmulo para primavera/15 (Tabela 4).

Tabela 3. Acúmulo de forragem (AF) e taxa de acúmulo de forragem (TAF) em pastos de capim-ipyorã submetidos a estratégias de fornecimento de nitrogênio nas estações por 2 anos (2015/2017).

Estratégia*	AF (kg MS.ha ⁻¹)			
	Outono	Inverno	Primavera	Verão
	2015 / 2016			
Controle	3.240 Ba	525 Ab	875 Ab	3.375 Ea
N	3.685 ABb	690 Ac	1.110 Ac	6.340 Aa
i	3.165 Bb	575 Ac	1.050 Ac	5.260 BCa
N + i	3.460 ABb	590 Ac	1.075 Ac	5.745 ABa
C	3.660 ABa	600 Ab	900 Ab	4.175 DEa
C + i	4.080 Ab	860 Ac	1.260 Ac	4.845 CDa
	2016 / 2017			
Controle	540 Bc	545 Ac	2.435 Ab	4.150 Ca
N	1.800 Ab	670 Ac	2.220 Ab	5.770 Aa
i	1.035 ABc	650 Ac	2.315 Ab	5.115 ABa
N + i	1.645 Ac	700 Ad	2.545 Ab	5.170 ABa
C	1.200 ABc	710 Ac	2.105 Ab	4.500 BCa
C + i	1.480 Ac	610 Ad	2.875 Ab	5.440 Aa
EPM**	350			
Estratégia	TAF (kg MS.ha ⁻¹ .dia ⁻¹)			
	Outono	Inverno	Primavera	Verão
	2015 / 2016			
Controle	35,6 Ba	5,7 Ab	9,6 Ab	37,1 Ea
N	40,5 ABb	7,5 Ac	12,2 Ac	69,6 Aa
i	34,8 Bb	6,3 Ac	11,5 Ac	57,8 BCa
N + i	38,0 ABb	6,4 Ac	11,8 Ac	63,1 ABa
C	40,2 ABa	6,5 Ab	9,9 Ab	45,9 DEa
C + i	44,8 Ab	9,3 Ac	13,8 Ac	52,3 CDa
	2016 / 2017			
Controle	5,9 Bc	5,9 Ac	26,8 Ab	46,1 Ca
N	19,8 Ab	7,3 Ac	24,4 Ab	64,1 Aa
i	11,4 ABc	7,1 Ac	25,4 Ab	56,8 ABa
N + i	18,1 Ac	7,6 Ad	28,0 Ab	57,5 ABa
C	13,2 ABc	7,7 Ac	23,1 Ab	50,0 BCa
C + i	16,3 Ac	6,2 Ad	31,6 Ab	60,5 Aa
EPM	3,9			

*N: fertilizante mineral, 80 kg N.ha⁻¹.ano⁻¹; i: inoculante bacteriano; C: consórcio com amendoim forrageiro cv. Mandobi.

**Erro Padrão da Média. As médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna ou minúscula na linha, não diferem pela probabilidade da diferença (P<0,1).

Para massa de folha, houve diferença entre estratégia e entre estação (P=0,0363 e P<0,0001, respectivamente) (Tabela 4). O padrão de resposta foi o mesmo que para o MF nos

ciclos representativos, em que as maiores massas foram para o N e C + i, maiores em 34% ao capim-ipyborã controle (Tabela 4).

As massas de colmo e material morto foram influenciadas apenas pela estação ($P < 0,0001$) (Tabela 4). A média da massa de colmo, independentemente da estratégia, foi de $120 \text{ kg MS.ha}^{-1}$ (± 19), acumulando mais colmo no verão/16 e 17, seguido da primavera/16 e da primavera/15. A massa de material morto foi, na média, 65 kg MS.ha^{-1} (± 8), com maiores valores no verão/16, seguido da primavera/15. As menores massas de material morto foram mensuradas no verão/17 (Tabela 4).

Tabela 4. Massa de forragem (MF) acima do resíduo, massa de folha, colmo e material morto e índice de área foliar destrutivo (IAFD) em pastos de capim-ipyborã submetidos a estratégias de fornecimento de nitrogênio nos ciclos representativos.

Estratégia*	MF (kg MS.ha ⁻¹)	Folha (kg MS.ha ⁻¹)	IAFD
Controle	1.450 C	1.320 C	2,2 C
N	1.980 A	1.775 A	3,1 A
i	1.795 AB	1.580 AB	2,7 AB
N + i	1.835 AB	1.665 AB	3,0 AB
C	1.665 BC	1.520 BC	2,5 BC
C + i	2.000 A	1.770 A	2,9 AB
EPM**	140	90	0,2
Estação			
Primavera / 2015	1.350 C	1.270 C	2,3 B
Verão / 2016	2.145 A	1.860 A	3,0 A
Primavera / 2016	1.605 B	1.465 B	2,2 B
Verão / 2017	2.050 A	1.825 A	3,4 A
EPM	90	75	0,2
Estação		Colmo (kg MS.ha ⁻¹)	Material morto (kg MS.ha ⁻¹)
Primavera / 2015		20 C	65 B
Verão / 2016		190 A	95 A
Primavera / 2016		55 B	85 AB
Verão / 2017		215 A	10 C
EPM		19	8

*N: fertilizante mineral, $80 \text{ kg N.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$; i: inoculante bacteriano; C: consórcio com amendoim forrageiro cv. Mandobi.

**Erro Padrão da Média. As médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem pela probabilidade da diferença ($P < 0,1$).

As estratégias e as estações resultaram em diferentes IAFD ($P=0,0562$ e $P<0,0001$, respectivamente) (Tabela 4). O maior IAFD foi observado nos pastos com N e o menor para o controle. Em relação às estações, os maiores IAFD foram observados nos verões e os menores nas primaveras (Tabela 4).

Houve interação estratégia x estação para proporção de folha ($P=0,0047$) (Tabela 5). Na primavera/15, não houve diferença entre as estratégias, e a média foi de 939 g.kg^{-1} . No verão/16, capim-ipyporã controle e em consórcio apresentou as maiores proporções de folha e foi menor para N. Na primavera/16, capim-ipyporã inoculado teve a menor proporção quando comparado ao controle, N, C e C + i (928 g.kg^{-1} , na média). No verão/17, as maiores proporções foram para controle, N + i e a menor proporção para C + i. No primeiro ano, quando comparando as estratégias entre as estações, capim-ipyporã com N, i e N + i tiveram maiores proporções de folha na primavera do que no verão. No segundo ano, apenas N + i diferiu, apresentando maior proporção no verão (Tabela 5).

Houve interação estratégia x estação para interceptação luminosa (IL) ($P=0,0704$) (Tabela 6). No outono/15 e na primavera/15, as estratégias não diferiram, com média de 94,4 e 87,4%, respectivamente. No verão/16, a maior IL foi alcançada nos pastos com N + i e o menor para C. Assim, no primeiro ano, outono foi a estação em que os pastos interceptaram mais luz. No outono/16, as estratégias de capim-ipyporã com N e N + i foram as que atingiram as maiores IL. Na primavera/16, os maiores valores de IL ocorreram para o controle, com N e N + i e a menor porcentagem de IL foi registrada no C + i. No verão/17, a maior IL foi registrada para N + i, similar a N e os menores para capim-ipyporã controle, i e C. No segundo ano, de maneira geral, verão foi a estação com maiores valores (Tabela 6).

Tabela 5. Proporção de folha, colmo e material morto (g.kg^{-1}) em pastos de capim-ipyporã submetidos a estratégias de fornecimento de nitrogênio nos ciclos representativos.

Estratégia*	Folha (g.kg^{-1})	
	Primavera	Verão
	2015 / 2016	
Controle	933 Aa	887 Aa
N	934 Aa	838 Bb
i	957 Aa	861 ABb
N + i	949 Aa	867 ABb
C	940 Aa	898 Aa
C + i	920 Aa	878 ABa
2016 / 2017		
Controle	921 Aa	921 Aa
N	921 Aa	936 Aa
i	860 Ba	865 BCa
N + i	904 ABb	938 Aa
C	922 Aa	898 ABa
C + i	948 Aa	830 Cb
EPM**	19	
Estação	Colmo (g.kg^{-1})	Material Morto (g.kg^{-1})
Primavera / 2015	15 C	46 A
Verão / 2016	34 B	53 A
Primavera / 2016	83 A	45 A
Verão / 2017	96 A	6 B
EPM	6	5

*N: fertilizante mineral, $80 \text{ kg N.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$; i: inoculante bacteriano; C: consórcio com amendoim forrageiro cv. Mandobi.

**Erro Padrão da Média. As médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna ou minúscula na linha não diferem pela probabilidade da diferença ($P < 0,1$).

Tabela 6. Interceptação luminosa (IL) e altura pré-corte em pastos de capim-ipyporã submetidos a estratégias de fornecimento de nitrogênio nas estações por 2 anos (2015/2017).

Estratégia*	IL (%)			Altura (cm)
	Outono	Primavera	Verão	
	2015 / 2016			
Controle	94,9 Aa	86,7 Ac	89,5 BCbc	25,5
N	94,1 Aa	88,7 Ac	92,4 ABb	25,5
i	95,0 Aa	87,6 Ab	86,7 CDb	25,5
N + i	94,6 Aa	86,3 Ac	92,8 Ab	25,6
C	94,4 Aa	86,1 Ab	85,1 Db	25,3
C + i	93,4 Aa	89,2 Ab	87,6 CDb	25,4
	2016 / 2017			
Controle	91,1 ABb	93,0 Aa	92,7 Ca	25,1
N	94,1 Aab	93,1 Ab	96,5 Aba	25,1
i	88,8 Bc	91,8 ABb	93,0 Ca	25,0
N + i	93,4 Ab	92,9 Ab	96,8 Aa	25,2
C	89,8 Ba	89,4 BCa	91,2 Ca	25,3
C + i	88,8 Bb	88,3 Cb	93,3 Bca	25,1
EPM**		1,4		0,05

*N: fertilizante mineral, 80 kg N.ha⁻¹.ano⁻¹; i: inoculante bacteriano; C: consórcio com amendoim forrageiro cv. Mandobi.

**Erro Padrão da Média. As médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna ou minúscula na linha não diferem pela probabilidade da diferença (P<0,1).

3.2 INDICADORES QUALITATIVOS

Houve interação estratégia x estação para proteína bruta (PB) (P=0,0486) (Tabela 7). Na primavera/15, o maior valor de PB foi observado para N + i, o menor valor para o capim-ipyporã controle, e as demais estratégias foram similares a ambos (167,8 g.kg⁻¹). No verão/16, o maior valor de PB foi para N, o menor valor para capim-ipyporã controle, e as demais estratégias similares a ambos, com média de 104,9 g.kg⁻¹. No primeiro ano de avaliação, os valores de PB na primavera foram maiores aos do verão. Na primavera/16, a estratégia N foi superior aos demais (112,4 x 82,9 g.kg⁻¹, respectivamente), enquanto que no verão/17 as estratégias N e N + i foram superiores aos demais (119,1 g.kg⁻¹). No segundo ano, de forma oposta ao primeiro ano de avaliação, os valores de PB no verão foram maiores aos da primavera (Tabela 7).

Houve interação estratégia x estação para fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) ($P=0,0059$) (Tabela 7). Na primavera/15, o maior valor de FDN foi observado para capim-ipyporã controle, enquanto que no verão/16 não houve diferença entre as estratégias (581,3 g.kg^{-1}). Na primavera/16, o capim-ipyporã controle apresentou o menor valor de FDN, inferior aos demais (569,7 g.kg^{-1}). No verão/17, o menor valor de FDN foi mensurado para N, também inferior aos demais (585,7 g.kg^{-1}). No primeiro ano, os maiores valores de FDN foram observados no verão, enquanto que no segundo ano apenas os tratamentos controle e C + i registraram menores valores de FDN na primavera do que no verão, não havendo diferença para os demais (Tabela 7).

Tabela 7. Proteína bruta (PB) e fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) na massa de forragem acima do resíduo de pastos de capim-ipyporã submetidos a estratégias de fornecimento de nitrogênio nas estações por 2 anos (2015/2017).

Estratégia*	PB (g.kg^{-1})		FDN (g.kg^{-1})	
	Primavera	Verão	Primavera	Verão
2015 / 2016				
Controle	159,2 Ba	94,5 Bb	505,5 Ab	583,1 Aa
N	175,2 ABa	115,8 Ab	490,0 ABb	573,5 Aa
i	160,4 ABa	99,9 ABb	486,3 Bb	582,5 Aa
N + i	178,7 Aa	113,7 ABb	483,3 Bb	590,3 Aa
C	169,1 ABa	106,5 ABb	485,1 Bb	577,0 Aa
C + i	166,5 ABa	99,4 ABb	484,4 Bb	581,1 Aa
2016 / 2017				
Controle	76,3 Bb	117,8 Ba	535,7 Bb	591,0 Aa
N	112,4 Ab	175,3 Aa	568,9 Aa	558,3 Ba
i	75,4 Bb	122,7 Ba	577,2 Aa	586,3 Aa
N + i	84,5 Bb	162,7 Aa	572,9 Aa	579,2 Aa
C	90,4 Bb	118,2 Ba	566,0 Aa	578,0 Aa
C + i	87,7 Bb	117,7 Ba	563,3 Ab	593,9 Aa
EPM**	8,4		8,2	

*N: fertilizante mineral, 80 $\text{kg N.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$; i: inoculante bacteriano; C: consórcio com amendoim forrageiro cv. Mandobi.

**Erro Padrão da Média. As médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna ou minúscula na linha não diferem pela probabilidade da diferença ($P<0,1$).

A fibra insolúvel em detergente ácido (FDA) variou apenas em função da estação ($P < 0,0001$). A média de FDA para as estratégias foi de $249,4 \text{ g.kg}^{-1}$ ($\pm 2,9$), e os maiores valores foram registrados no verão/17 ($273,6 \text{ g.kg}^{-1}$), seguido do verão/16 ($268,0 \text{ g.kg}^{-1}$), da primavera/16 ($257,7 \text{ g.kg}^{-1}$), com menor FDA para primavera/15 ($198,2 \text{ g.kg}^{-1}$).

3.3 RESPOSTAS FISIOLÓGICAS

As variáveis taxa de transpiração foliar (E), taxa de fotossíntese foliar líquida (A) e razão de transpiração (RT) apresentaram diferenças apenas para as estações do ano avaliadas ($P < 0,001$), assim como a concentração intercelular de CO_2 (C_i) ($P < 0,0068$) (Tabela 8). Na média entre as estratégias, A foi de $25,4 \mu\text{mol CO}_2.\text{m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ($\pm 1,5$), com maior valor no verão/17 e menor no outono/16. Para E , a média entre as estratégias foi de $5,5 \text{ mol H}_2\text{O}.\text{m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ($\pm 0,5$). O maior valor de E foi registrado na primavera/15 e o menor no outono/16. A RT foi de $0,22 \text{ mol H}_2\text{O}.\mu\text{mol}^{-1} \text{ CO}_2$ ($\pm 0,01$) entre as estratégias, com valores maiores no outono/16 e menores no verão/17. Para concentração intercelular de CO_2 (C_i), a média entre estratégias foi $133,0 \mu\text{mol}.\text{m}^{-2}.\text{s}^{-1}$; ($\pm 22,1$), com os maiores valores no verão/16 e menores na primavera/15 (Tabela 8).

Houve efeito de estratégias e estação para condutância estomática foliar (g_s) ($P = 0,0032$ e $P < 0,0001$, respectivamente) (Tabela 8). Capim-ipyporã com N e N + i apresentaram maiores valores de g_s , superiores as demais estratégias ($0,22 \text{ mol H}_2\text{O}.\text{m}^{-2}.\text{s}^{-1}$). Dentre as estações, o verão/17 e o outono/16 apresentaram, respectivamente, o maior e o menor valor (Tabela 8).

Também foi observado efeito de estratégia e estação na eficiência no uso da água (EUA) ($P = 0,0846$ e $P < 0,0001$, respectivamente) (Tabela 8). Os maiores EUA foram observados nas estratégias N e N + i, e os menores para capim-ipyporã controle e C + i. Os maiores valores foram registrados no verão/17 e os menores no outono/16 (Tabela 8).

Tabela 8. Taxa de transpiração foliar (*E*), taxa de fotossíntese foliar líquida (*A*), razão de transpiração (RT), concentração intercelular de CO₂ (*Ci*), condutância estomática foliar (*gs*) e eficiência no uso da água (EUA) em pastos de capim-ipyborã submetidos a estratégias de fornecimento de nitrogênio nas estações, por 2 anos (2015/2017).

Estação	<i>E</i>	<i>A</i>	RT	<i>Ci</i>
Outono / 2015	5,7 C	27,6 B	0,21 CD	140,8 ABC
Primavera / 2015	7,1 A	28,8 B	0,25 B	106,9 D
Verão / 2016	5,8 BC	28,2 B	0,21 CD	158,3 A
Outono / 2016	3,4 E	11,7 D	0,29 A	118,9 CD
Primavera / 2016	4,9 D	22,2 C	0,22 C	127,2 BCD
Verão / 2017	6,4 B	33,9 A	0,20 D	146,0 AB
EPM*	0,5	1,3	0,01	22,1
Estratégia**	<i>gs</i>		EUA	
Controle	0,22 B		4,3 B	
N	0,32 A		4,8 A	
i	0,23 B		4,5 AB	
N + i	0,38 A		4,9 A	
C	0,21 B		4,5 AB	
C + i	0,24 B		4,3 B	
Estação				
Outono / 2015	0,34 B		4,8 AB	
Primavera / 2015	0,23 CD		4,2 C	
Verão / 2016	0,29 BC		4,9 AB	
Outono / 2016	0,08 E		3,7 D	
Primavera / 2016	0,19 D		4,6 B	
Verão / 2017	0,47 A		5,2 A	
EPM	0,03		0,3	

E: mol H₂O.m⁻².s⁻¹; *A*: μmol CO₂.m⁻².s⁻¹; RT: mol H₂O.μmol⁻¹ CO₂; *Ci*: μmol.m⁻².s⁻¹; *gs*: mol H₂O.m⁻².s⁻¹; EUA: μmol CO₂.mol⁻¹ H₂O.m⁻².s⁻¹.

*Erro Padrão da Média. As médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem pela probabilidade da diferença (P<0,1).

**N: fertilizante mineral, 80 kg N.ha⁻¹.ano⁻¹; i: inoculante bacteriano; C: consórcio com amendoim forrageiro cv. Mandobi.

Houve interação estratégia x estação para índice de clorofila Falker (ICF) total (P=0,0033) (Tabela 9). No primeiro ano, não houve diferença entre as estratégias para outono/15 (51,2), primavera/16 (47,5) e verão/16 (39,3) em que no outono/15 foram registrados os maiores valores de clorofila e no verão/17 os menores valores. No segundo ano, os maiores valores de clorofila foram mensurados no verão, enquanto que o outono e a primavera não diferiram, exceto para a estratégia N, que apresentou maiores valores na primavera. No

outono/16, o capim-ipyporã controle apresentou menor valor de clorofila, enquanto que com o N apresentou o maior valor, as demais estratégias se igualaram a ambos, com média de 31,0. Na primavera/16, capim-ipyporã controle apresentou menor valor de clorofila, e apresentou maior valor na estratégia N. No verão/17, as estratégias N, i e N + i apresentaram os valores maiores (49,0) e os demais menores (41,9) (Tabela 9).

Tabela 9. Índice de clorofila Falker (ICF) total em pastos de capim-ipyporã submetidos a estratégias de fornecimento de nitrogênio nas estações por 2 anos (2015/2017).

Estratégia*	ICF total		
	Outono	Primavera	Verão
	2015 / 2016		
Controle	50,8 Aa	47,4 Aa	38,4 Ab
N	51,2 Aa	48,3 Aa	39,1 Ab
i	53,1 Aa	45,5 Ab	38,8 Ac
N + i	49,2 Aa	47,8 Aa	41,5 Ab
C	52,9 Aa	48,2 Ab	39,1 Ac
C + i	49,9 Aa	47,5 Aa	39,0 Ab
	2016 / 2017		
Controle	27,7 Bb	28,3 Db	40,6 Ba
N	32,8 Ac	43,3 Ab	49,4 Aa
i	30,5 ABb	32,9 BCb	47,3 Aa
N + i	31,2 ABb	32,5 BCb	50,2 Aa
C	30,7 ABb	30 CDb	42,8 Ba
C + i	31,4 ABb	34,5 Bb	42,3 Ba
EPM**		1,7	

*N: fertilizante mineral, 80 kg N.ha⁻¹.ano⁻¹; i: inoculante bacteriano; C: consórcio com amendoim forrageiro cv. Mandobi.

**Erro Padrão da Média. As médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna ou minúscula na linha não diferem pela probabilidade da diferença (P<0,1).

4. DISCUSSÃO

4.1 RESPOSTAS AGRONÔMICAS

Pastos de capim-ipyporã não diferiram quanto ao acúmulo e taxa de acúmulo de forragem do primeiro ano (2015/2016) para o segundo ano (2016/2017), mas, na média, acumularam mais forragem quando utilizou-se a estratégia N e C + i, enquanto que para o

controle o acúmulo foi menor (Tabela 2). Segundo Damião-Filho (2005), a maior produtividade de forragem no primeiro ano pode estar relacionada a um desenvolvimento mais acelerado durante o período de estabelecimento, influenciado pelo ritmo morfogênico, como a taxa de aparecimento e alongamento de folhas, além do crescimento radicular, como estratégia de sobrevivência. Após o estabelecimento, o ritmo morfogênico tende a diminuir e se estabilizar. Neste experimento estas respostas não ocorreram, provavelmente em face ao reduzido volume de chuva no primeiro ano (1.387 mm), 31% inferior ao segundo (2.015 mm) e à fertilidade do solo, que foi melhorada do primeiro para o segundo ano (Tabela 1).

Dentre as estações, no verão/16, foram registrados os maiores acúmulos e taxas de acúmulo de forragem, exceto para o capim-ipyporã controle e com estratégia C, os quais foram iguais ao outono/15, primeira estação avaliada. Tal fato pode ser associado com a precipitação, pois o verão foi a estação do primeiro ano com o maior volume de chuva (793 mm), e quando foram realizadas as fertilizações (dezembro/15). Na primavera/15, em virtude do ano atípico com baixa precipitação (265 mm), as respostas registradas não diferiram do inverno (Tabela 2; Figura 1). No segundo ano, no outono/16 os pastos de capim-ipyporã com as estratégias N, N + i e C + i apresentaram os maiores acúmulos, provavelmente devido à ação da fertilização e do efeito aditivo de C + i, pois as fertilizações foram realizadas pouco antes de iniciar o outono (março/16). O verão/17 foi a estação com os maiores acúmulos, seguido da primavera/16, período em que foram registradas as maiores precipitações, 741 e 919 mm, respectivamente. No entanto, com as fertilizações que ocorreram em janeiro e fevereiro/17, o verão/17 apresentou acúmulos ainda maiores (Tabela 2; Figura 1).

O acúmulo de forragem é fortemente afetado pela sazonalidade climática. Assim como o manejo do pastejo e a nutrição mineral das plantas, a variação estacional também é determinante (Barbero et al., 2015). Os capins de clima tropical, de maneira geral, apresentam as maiores taxas de acúmulo de forragem durante o verão, intermediárias no outono e na

primavera e mais baixas no inverno (Euclides et al., 2014). Esta sazonalidade pode ser modificada pela adubação, aumentando ainda mais se aplicada no período de maior disponibilidade hídrica e não resultando em efeito positivo se aplicado no período seco, época com condições de temperaturas altas e déficit hídrico (Santos, 2010a).

Nas estações em que as estratégias diferiram para acúmulo e taxa de acúmulo, de maneira geral, capim-ipyporã controle foi menor aos demais (Tabela 3). Tais resultados comprovam a importância do N na manutenção e aumento da produtividade das pastagens e sua deficiência é apontada como principal causa para a diminuição da produção (Fagundes et al., 2006),

O balanço do N no sistema solo-planta ocorre por ganhos e perdas: N aportado de maneira natural e por fertilização, remoção pelas plantas, volatilização, imobilização biológica e lixiviação, e quando há déficit hídrico o efeito do N aplicado é nulo ou reduzido (Yamada e Abdalla, 2000). Tanto a adubação quanto a precipitação estimulam os processos fisiológicos, favorecendo a fotossíntese e o crescimento das plantas (Taiz e Zeiger, 2006).

Echeverria et al. (2016), avaliando capim-ipyporã sob pastejo, obtiveram TAF de 43,9 kg MS.ha⁻¹.dia⁻¹ quando a meta de pastejo foi de 95% de IL. Esse valor foi maior ao registrado no presente experimento, porém, a fertilização nitrogenada foi de 150 kg N.ha⁻¹.ano⁻¹, na forma de ureia. Silva Filho et al. (2014), avaliando a adubação nitrogenada em capim-marandu, observaram um aumento de massa de forragem até a dose de 241 kg.ha⁻¹, e a taxa de acúmulo de *B. decumbens* foi responsiva até a dose de 400 kg.ha⁻¹ (Vitor et al., 2014).

Hungria et al. (2016), avaliando a capacidade de bactérias para promover o crescimento de plantas na presença de fertilizante nitrogenado em *B. brizantha* cv. Marandu e *B. ruziziensis* em três locais do Brasil, observaram que a fertilização nitrogenada e a fertilização nitrogenada mais *A. brasilense* promoveram aumentos médios em produção de forragem de 5,4% e 22,1%,

respectivamente. Esses resultados ressaltam o efeito aditivo da utilização de estratégias conjugadas (N + i), que no presente estudo nem sempre ocorreram.

Esse efeito conjunto pode variar, pois o N aplicado via fertilizante não é totalmente aproveitado pelas plantas, devido às diversas transformações químicas, que resultam em perdas irreversíveis e reversíveis (Barbosa et al., 2012). Além disso, as bactérias associativas poderiam complementar o aporte nitrogenado, via FBN, e/ou por promoção de crescimento, por estimularem a produção de fitormônios, principalmente ácido-indol-acético (AIA) e giberelina, interferindo nas vias metabólicas, promovendo alterações no sistema radicular e por sua vez absorvendo mais minerais e água (Bashan et al., 2004). Ademais, poderia contribuir para um melhor aproveitamento dos fertilizantes aplicados e resistência às condições adversas (Barbosa et al., 2012).

A perenidade das leguminosas nas pastagens é condicionada pela longevidade das plantas, reposição de plantas por via reprodutiva (semente), e/ou introduzidas por via vegetativa (estolões e rizomas) (Andrade, 2010; Andrade e Assis, 2012). Após o primeiro período seco (inverno/15), as plantas de amendoim desaparecem, e por meio da ressemeadura natural, voltaram a constituir o consórcio no verão/16 e outono/16 (Tabela 3). Do ponto de vista de aporte de N, provavelmente esta característica seja interessante, uma vez que os componentes morfológicos do amendoim senescem e nesse processo o N pode ser disponibilizado para uso pela gramínea. Destaca-se, ainda, a importante característica da produção de sementes da cv. Mandobi, que pode chegar a 3.000 kg.ha⁻¹ no período de 18 a 21 meses após o plantio (Valentim, 2011; Andrade e Assis, 2012; Assis et al., 2013). Essa característica pode ser de suma importância para garantir o ressurgimento natural de novas plantas após cada período seco, comumente observado no Brasil Central.

Quanto a consorciação, para AF, a estratégia C diferenciou de C + i (17% superior), havendo, possivelmente, respostas associativas positivas quanto a combinação dessas duas

estratégias (C + i). A porcentagem de amendoim forrageiro no consórcio foi de 7,6% para a estratégia C e 22,3% para C + i. Mesmo assim, a estratégia C incrementou 14% em acúmulo de forragem quando comparado a capim-ipyporã controle.

O N fornecido no processo de fixação biológica é menos propenso a lixiviação e volatilização, pois é utilizado *in situ* (Huergo, 2006) e quando há menor disponibilidade de N no solo a atividade de bactérias fixadoras passa a ser ainda mais importante (Barbosa, 2012). Ao contrário das bactérias simbióticas no amendoim, as bactérias associativas como *A. brasilense* em gramíneas não formam nódulos e liberam apenas parte do nitrogênio fixado diretamente para a planta associada (Hungria, 2011), podendo ser menos responsivo quanto as demais estratégias. Assim, a contribuição da FBN associativa pode não ser tão significativa como as simbioses, entretanto, se for considerada a grande extensão de terras cobertas por gramíneas e cereais, esta se torna importante em termos globais (Moreira et al., 2010; Bosa et al., 2016). Apesar disso, o efeito da estratégia i incrementou em 22% o acúmulo de forragem quando comparada a capim-ipyporã controle, o que pode ser um resultado promissor para sistemas de produção. Considerando que para cada kg de N.ha⁻¹ adicionado aos pastos de capim-ipyporã houve acréscimo de 41,53 kg de acúmulo de forragem por ano, infere-se que a inoculação isolada com *Azospirillum brasilense* equivaleu a uma dosagem de 43 kg.ha⁻¹ do fertilizante nitrogenado.

Os benefícios da aplicação de fertilizante nitrogenado mineral adicionado a inoculação, e apenas a inoculação em gramíneas, sobretudo em capins, ainda é questionável e com respostas variáveis. Barbosa et al. (2012), em revisão de literatura, destacaram resultados promissores da inoculação nas culturas de arroz, cana-de-açúcar, milho e trigo, em que, a inoculação na ausência, com doses reduzidas ou altas doses de fertilizante nitrogenado proporcionaram incrementos de produção. Apesar disso, o processo de fixação biológica de nitrogênio é uma alternativa barata e sustentável para o fornecimento de N (Huergo, 2006).

A MF acima do resíduo e massa de folha nos ciclos representativos seguiram o mesmo padrão de resposta de AF e TAF para os 2 anos de avaliação, destacando as estratégias N e C + i (Tabela 4).

O suprimento de N estimula o desenvolvimento dos primórdios foliares, o aumento do número de folhas vivas por perfilho, a redução da senescência foliar e o estímulo ao perfilhamento (Paciullo et al., 1998). Além disso, favorece aparecimento e alongamento das folhas, pois a maior deposição de N ocorre na zona de divisão celular, aumentando o número de células produzidas. Assim, plantas com deficiência em N apresentam menor superfície para interceptar e absorver a radiação solar (Pereira et al., 2015).

As maiores MF acima do resíduo e massa de folha foram observadas nas estações com maiores pluviosidades, sendo primavera/15 a estação com os menores valores (Tabela 4; Figura 1). Este fato também foi constatado por Euclides et al. (2008), que encontraram as maiores taxas de acúmulo de folhas nos meses de verão, intermediárias nos meses de primavera, e menores para outono e inverno, destacando que esse padrão de produção de forragem é típico das regiões de clima tropical, consequência da estacionalidade das chuvas, de variações de temperatura e de fotoperíodo.

O componente folha é o mais importante no dossel forrageiro, pois a contínua emissão de folhas e perfilhos garante a reconstituição da área foliar, garantindo a produtividade da forrageira (Gomide e Gomide, 2001) e a alimentação dos animais. Assim, a estrutura do dossel e seus componentes morfológicos tem influência direta na seleção e na apreensão da forrageira pelos animais, e altas proporções de colmo e/ou material morto podem limitar o consumo, mesmo quando a disponibilidade de matéria seca é alta (Euclides et al., 2008).

As maiores massas e proporções de colmo foram observados nas estações com maior pluviosidade, devido ao crescimento mais acelerado das plantas, mas, apesar disso, não foram influenciadas pelas estratégias (Tabela 4 e 5). O colmo tem as funções de sustentação da planta

e translocação de assimilados para as folhas, por isso é importante principalmente em condições favoráveis ao crescimento (Fagundes et al., 2006), com disponibilidade hídrica, temperatura e nutrientes. A massa e proporção de material morto também não foram influenciadas pelas estratégias, no entanto os menores registros foram no verão/17, única estação em que a coleta representativa foi realizada após a aplicação das estratégias de fornecimento de N (Tabela 4 e 5).

Na estação chuvosa há maior proporção de folha quando comparada ao colmo e material morto, consequência da maior produção de lâminas foliares em comparação aos outros componentes (Reis et al., 2013), fato que ficou evidente neste estudo. Fagundes et al. (2006) encontraram o mesmo padrão de resposta com doses crescentes de N em *B. decumbens*, em que a proporção de colmo e de lâmina foliar aumentaram com a fertilização, enquanto que material morto decresceu, principalmente nas estações de maior precipitação. Estas respostas também se repetiram para *Panicum*, pois quando o crescimento das plantas é intenso, há alta produção de folhas, maior alongamento de colmos e decréscimo de material morto (Brâncio et al., 2003).

Apesar disso, o manejo correto do pastejo é importante em qualquer sistema, sobretudo com adição de fertilização nitrogenada. Quando se aumenta o aporte nitrogenado sem ajustes na utilização da forrageira, pode-se favorecer a senescência e conseqüentemente o acúmulo de material morto, como verificado por Cabral et al. (2012) em capim-xaraés, com cortes a cada 35 dias e dosagens altas e crescentes de N (até 333 kg.ha⁻¹). Neste experimento, pastos de capim-ipyporã foram cortados sempre que atingiram 25 cm, e na maior parte das avaliações a IL não foi superior a 95% (Tabela 6), momento considerado ideal para a nova desfolhação.

A proporção de folhas nos ciclos representativos foi alta, com valores de 830 a 957 g.kg⁻¹ (Tabela 5). O capim-ipyporã é bastante semelhante ao capim-marandu, formando um dossel mais prostrado e denso, com alta porcentagem de folhas, resultando em excelente cobertura do solo e competição com invasoras (Valle et al., 2017)

Na avaliação de *B. brizantha* cv. Marandu e Xaraés, *B. decumbens*, *B. ruziziensis* e *B. híbrida* cv. Mulato adubados com 150 kg N.ha⁻¹.ano⁻¹ e cortados a cada 30 dias a altura de resíduo de 10 cm, a proporção de folha ficou entre 500 a 690 g.kg⁻¹ (Bauer et al., 2011). Euclides et al., (2008) avaliando três cultivares de *Brachiaria* no período das águas sob pastejo a cada 28 dias, com fertilização de 100 kg N.ha⁻¹.ano⁻¹ e corte a nível do solo, encontraram média de folha de 411 g.kg⁻¹; 228, 293 e 255 g.kg⁻¹ de colmo; e 378, 294 e 320 g.kg⁻¹ de material morto, para capim-marandu, piatã e xaraés, respectivamente. Echeverria et al. (2016), avaliando capim-ipyporã pastejado ao atingir 95% IL, utilizando a fertilização de 150 kg N.ha⁻¹.ano⁻¹ e com amostras a nível do solo, observaram proporção de folha de 730 g.kg⁻¹, colmo de 160 g.kg⁻¹ e material morto de 110 g.kg⁻¹. Essas respostas foram diferentes às encontradas nesse experimento, quer seja pela diferença na dose nitrogenada, pela estratégia de colheita, pela espécie e pelos componentes morfológicos providos de amostras à altura do solo e à altura de resíduo. Apesar disso, vale ressaltar o potencial do capim-ipyporã quanto a proporção de folha e a resposta à fertilização nitrogenada.

Nas estações em que houve diferença entre as estratégias, as maiores IL foram registradas para N + i (verão/16, outono/16, primavera/16 e verão/17), N (outono e primavera/16) e controle (primavera/16) (Tabela 6). No primeiro ano, outono foi a estação em que os pastos, independente da estratégia, interceptaram mais luz, devido ao desenvolvimento mais acelerado durante o período de estabelecimento, como já mencionado anteriormente e também pela proximidade da aplicação dos aportes nutricionais, tanto de N nos tratamentos condizentes, como de P e K. No segundo ano, de maneira geral, verão foi a estação mais produtiva, devido os benefícios das fertilizações, que ocorreram em novembro e dezembro/16 e janeiro e fevereiro/17 e devido à boa disponibilidade hídrica (Tabela 6 e Figura 1).

A emergência, o alongamento, a senescência e morte de folhas definem o fluxo de biomassa em um dossel forrageiro e determinam o IAF. Maiores IAFs aumentam a capacidade

fotossintética do pasto e tem ligação direta com maior interceptação luminosa (Gomide e Gomide, 2001). O IAF crítico ocorre quando 95% da luz incidente é interceptada pelo dossel forrageiro e proporciona maior eficiência na taxa de crescimento (Brougham, 1956), favorecendo a produção de forragem de maneira eficiente e evitando o acúmulo excessivo de colmos e de material morto (Pedreira et al., 2007).

A disponibilidade de N afeta a taxa de crescimento, alterando as características estruturais das plantas (Gimenes et al., 2017). Como o suprimento de N estimula o desenvolvimento dos primórdios foliares, o aumento do número de folhas vivas por perfilho e estimula ao perfilhamento (Paciullo et al., 1998), muito provavelmente os pastos que receberam doses do fertilizante mineral tiveram o N em maior quantidade e mais prontamente disponível, o que estimulou o perfilhamento e resultou no maior IAF e IL.

A FBN apresenta como desvantagem um crescimento mais lento para plantas dependentes dessa fixação, devido a liberação inicial mais lenta do N (Hungria et al., 1994). Reforçado por essa afirmativa, os pastos consorciados com amendoim sempre apresentaram valores menores para essas variáveis, possivelmente também, pela configuração da pastagem, já que visualmente, mesmo as touceiras de capim-ipyporã tendo maior diâmetro, os espaços entre elas eram maiores, devido a competição com o amendoim forrageiro.

Fagundes et al. (2005) observaram aumento linear do IAF com as doses de N (até 300 kg.ha⁻¹) em *B. decumbes* e com maiores valores no verão. O capim-marandu inoculado com *Azospirillum* spp. e associado com adubação nitrogenada apresentou efeitos positivos sobre as variáveis morfogênicas, que tem relação direta com a IL e o IAF (Pereira et al., 2015). Os menores valores de IL em Tifton foram verificados na ausência da adubação nitrogenada, devido aos baixos valores de IAF (Moreira et al., 2015). Assim, os resultados mencionados reforçam a importância do fornecimento de N.

O capim-ipyporã manejado com meta de corte de 25 cm de altura, independente da estratégia, foi mantido entre 85 e 96% de IL (Tabela 6). Echeverria et al. (2016) recomendaram 30 cm para o manejo dessa forrageira sob pastejo, pois, a altura de 29,6 cm correspondeu a 95% IL e 41,5 cm à IL máxima de 98%.

4.2 INDICADORES QUALITATIVOS

No primeiro ano de avaliação, os valores de PB na primavera foram maiores aos registrados no verão (Tabela 7), provavelmente atribuído ao efeito de diluição, devido o maior acúmulo de forragem no verão (Ribeiro et al., 1999) (Tabela 3). No segundo ano, os valores de PB no verão foram maiores aos da primavera, sendo verão/17 a única estação em que a coleta representativa foi realizada após o fornecimento de N-fertilizante (Tabela 7).

Os maiores resultados para as estratégias N e N + i para PB, sobretudo no verão/17 (Tabela 7), como já mencionado, muito provavelmente estão relacionados aos pastos que receberam doses do fertilizante mineral e tiveram o N em maior quantidade e mais prontamente disponível do que quando comparado apenas com FBN.

O estágio de desenvolvimento da planta forrageira tem ligação direta com a produção animal, pois está associada ao consumo de matéria seca com alta relação folha:colmo, concentração de proteína e a digestibilidade do material (Rodrigues et al., 2012). À medida que a forragem é produzida, pastejada pelo animal, ou quando ocorre a senescência das folhas, o teor de N da forrageira diminui, o que justifica o aporte nitrogenado visando a renovação dos tecidos. Em pastagens adubadas com N ocorre aumento no fluxo de tecidos da planta e em consequência há um melhor valor nutritivo (Santos, 2010b). Cecato et al. (2004) observaram aumento nos teores de PB, com a diminuição nos teores de fibra para capim-marandu sob fertilização nitrogenada de até 600 kg N.ha⁻¹.

Maiores proporções de PB e menores de FDN e FDA podem ser associadas à maior produção do componente folha em relação ao colmo, pois com o aporte nitrogenado, há incremento na massa de folhas e menor presença de constituintes da parede celular. Em geral, com a estratégia de N, as folhas das plantas forrageiras apresentam maiores teores de PB e menores teores de FDA e FDN (Cecato et al., 2004).

Apesar disso, o aporte nitrogenado nem sempre provoca alterações na fração fibrosa das plantas, pois ao promover aumentos dos compostos nitrogenados, ocorrem aumentos dos componentes de parede celular, e redução nos carboidratos solúveis (Van Soest, 1975). Além de ocorrer mudanças nas características estruturais dos perfilhos, com folhas de maior tamanho, que necessitam de maiores proporções de frações lignificadas e maior massa de colmos, para sustentação (Mistura et al., 2006), sobretudo no verão e na primavera/16 (Tabela 7).

Foram registrados valores de PB entre 75,4 g.kg⁻¹ e 178,7 g.kg⁻¹, dependendo da estação e da estratégia de fornecimento de N (Tabela 7), quando comparados aos valores encontrados na literatura, pode-se observar que capim-ipyporã apresenta indicadores qualitativos que podem atender as exigências de animais em pastejo. Echeverria et al. (2016), avaliando capim-ipyporã sob meta de pastejo a 95% de IL e fertilização nitrogenada de 150 kg N.ha⁻¹.ano⁻¹, observaram valores de PB de 138 e 88 g.kg⁻¹ para as frações folha e colmo, respectivamente. Reis et al. (2013), avaliando capim-marandu sob corte a cada 30 dias e fertilização nitrogenada de 250 kg N.ha⁻¹.ano⁻¹, encontraram valores de 158,3 g.kg⁻¹ de PB. Enquanto Valle et al. (2017) encontraram valores de PB de 112 e 93 g.kg⁻¹ para capins ipyporã e marandu, respectivamente, com a utilização de 150 kg N.ha⁻¹.ano⁻¹.

Testando inoculação e fertilização mineral de N em capim-xaraés, Bosa et al. (2016) observaram que a PB média para adubação nitrogenada e o tratamento zero representou 9,8% a mais que quando com a utilização de inoculante, com mesma reposta para concentração de

N, superior em 15,6%. Diferente do encontrado nesse estudo, em que capim-ipyporã inoculado foi igual e/ou similar quando comparado ao controle (Tabela 7).

As proporções de FDN e FDA registradas para capim-ipyporã foram menores às comparadas com alguns resultados na literatura. Echeverria et al. (2016), avaliando capim-ipyporã sob meta de pastejo a 95% de IL e fertilização nitrogenada de 150 kg N.ha⁻¹.ano⁻¹, observaram valores de FDN de 679 e 723 g.kg⁻¹ para as frações folha e colmo, respectivamente. Reis et al. (2013), avaliando capim-marandu sob corte a cada 30 dias e fertilização nitrogenada de 250 kg N.ha⁻¹.ano⁻¹, encontraram valores de 718,8 g.kg⁻¹ de FDN e 344,6 g.kg⁻¹ de FDA. Enquanto Valle et al. (2017) encontraram valores de FDN de 697 e 726 g.kg⁻¹ para capins ipyporã e marandu.

4.3 RESPOSTAS FISIOLÓGICAS

As estações do ano influenciaram todas as variáveis de fotossíntese analisadas. *A*, *g_s* e *EUA* apresentaram maiores valores no verão/17 e menores no outono/16, estações com maior e menor pluviosidade, respectivamente, apresentando maiores perdas de água no momento de menor disponibilidade hídrica, e com temperaturas elevadas (Tabela 8 e Figura 1).

O fato de *g_s* ter sido maior para as estratégias N e N + i e no verão/17, pode ser explicado devido à maior permeabilidade de gases através dos estômatos, com menor resistência estomática, pois houve suprimento hídrico e de N. A principal limitação à difusão do CO₂ é relacionada à resistência estomática, que quanto menor, reflete em maior condutância estomática, o que favorece trocas gasosas com a saída de vapor de água e entrada de CO₂ (Taiz e Zeiger, 2006).

A baixa disponibilidade de N pode afetar a produção de fotoassimilados e a taxa de crescimento (Gimenes et al., 2017). O N atua no controle de diferentes processos de crescimento e desenvolvimento do vegetal, em especial na fixação de carbono. Dessa forma,

em condições de baixa disponibilidade de N no tecido vegetal, a taxa fotossintética das plantas é diretamente prejudicada, por meio de efeitos na síntese e atividade da enzima fosfoenolpiruvato carboxilase (PEPcase) em plantas C4 e ribulose-1,5-bisfosfato-carboxilase-oxigenase (Rubisco), responsáveis pela assimilação de CO₂ (Nabinger e Pontes, 2001; Taiz e Zeiger 2013).

O IAF e IL tem relação com as variáveis fotossintéticas. A medida em que há aumento de IAF a quantidade de luz interceptada também é aumentada, e em consequência há incremento da capacidade fotossintética do dossel, até o nível de IAF crítico, e a partir disso, há maior sombreamento e essa capacidade diminui (Pedreira e Pedreira, 2007). O capim-ipyporã foi manejado com meta de corte de 25 cm de altura, a qual significou IL abaixo de 95% na maioria nos ciclos de rebrotação (Tabela 6), interferindo positivamente nesses parâmetros.

Para clorofila, o fato dos valores no verão terem sido menores (Tabela 9), pode ser devido ao maior efeito de diluição, ao maior AF (Tabela 3). No segundo ano, os maiores valores de clorofila foram mensurados no verão, pois as mensurações foram realizadas em poucos dias após a adubação nitrogenada (diferente das demais), além da boa disponibilidade hídrica.

A clorofila é importante na produção de glicose por meio da fotossíntese e existe relação direta com a concentração de N nas plantas, podendo ser utilizada para avaliar o estado nutricional das plantas com relação ao N (Maranhão et al., 2009). Maiores valores de clorofila resultam em maior capacidade fotossintética e potencial de acúmulo de açúcar e nutrientes no tecido vegetal, aumentando tanto a disponibilidade quanto a qualidade da pastagem (Mazza et al., 2009).

Clorofila total apresentou o mesmo padrão de resposta entre as estações do que PB, embora esta última não tenha sido avaliada no outono (Tabela 7 e 9). Há um aumento do teor de PB com maiores doses de N, pois as moléculas de clorofila encontram-se em complexos

proteicos e são produzidas pela planta por meio dos cloroplastos que possuem RNA, DNA e ribossomos, podendo, assim, sintetizar proteínas e multiplicar-se (Maranhão et al., 2009).

Assim como verificado neste trabalho, os resultados da literatura reforçam os maiores valores de clorofila com suprimento de N nas pastagens. Em *B. decumbens*, o maior teor de clorofila obtido (43,3) foi com aplicação de 375 kg.ha⁻¹ de N (Maranhão et al., 2009). Em *P. maximum* cv. Mombaça ocorreram ganhos lineares nos valores de clorofila até a dose de 510 kg.ha⁻¹ de N (Mazza et al., 2009). Para capim-Tifton 85 (*Cynodon*) foram observados aumento na concentração de N no tecido foliar e nas unidades de clorofila (Premazzi e Monteiro, 2002), pois N é o principal componente destas moléculas (Mazza et al., 2009)

No verão/17, a estratégia i apresentou maiores teores de clorofila total. A inoculação com *Azospirillum* pode resultar em respostas fisiológicas positivas nas gramíneas, como maior teor de clorofila, condutância estomática, melhoria no potencial hídrico e maior elasticidade da parede celular (Barassi et al, 2008). Além de incrementos em vários pigmentos fotossintéticos, como clorofila a e b, também em pigmentos fotoprotetivos auxiliares e beta-caroteno, resultando em plantas mais verdes e com menor estresse hídrico (Bashan et al., 2006).

4.4 INCIDÊNCIA DE CIGARRINHA-DAS-PASTAGENS

Capim-ipyporã tem apresentado alto nível de resistência pelo mecanismo de antibiose para cigarrinha-das-pastagens (*N. entreriana*, *D. flavipicta*, *Mahanarva* sp. e *M. fimbriolata*), com baixa sobrevivência e períodos ninfais prolongados (Valle et al., 2017). No presente experimento, o número de espumas e ninfas esteve sempre abaixo do nível de controle (de 20 a 25 ninfas.m²) (Townsend et al., 2001), o que enfatiza a característica de resistência já relatadas para esse híbrido. Em levantamentos populacionais de ninfas e adultos em pastagens já estabelecidas e sob pastejo, ao longo de três períodos de infestação, a população contabilizada foi baixa, não chegando ao nível de controle (Valle et al., 2017).

As cigarrinhas-das-pastagens são insetos que podem causar danos em pastagens na América de clima tropical, afetando a qualidade e quantidade das gramíneas forrageiras. Uma forma de minimizar e controlar a problemática é a utilização de gramíneas tolerantes e/ou resistentes (Valério, 2009). Dessa forma o capim-ipyporã é uma gramínea com potencial de utilização em sistemas de produção em pastagens.

5. CONCLUSÃO

Capim-ipyporã é responsivo as estratégias de fornecimento de nitrogênio com ganhos relativos entre 14 e 42%. Para acúmulo de forragem a estratégia inoculação com *Azospirillum brasilense* equivale a uma dosagem de 43 kg.ha⁻¹ do fertilizante nitrogenado. As melhores respostas são encontradas quando submetido a fertilização nitrogenada mineral e consórcio com *Arachis pintoi* cv. Mandobi + *Azospirillum brasilense*.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES J.L.M.; SPAROVEK G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2014.
- ANDRADE, C.M.S.; ASSIS, G.M.L. **Consortiação de Pastagens: potencial da tecnologia e fatores de sucesso**. Produção intensiva de pastagens. Informe Agropecuário. Belo Horizonte - MG. v. 33, n. 266, 2012.
- ANDRADE, C.M.S. Produção de Ruminantes em Pastos consorciados. In: V SIMFOR, Simpósio Sobre Manejo Estratégico Da Pastagem. III Simpósio Internacional Sobre Produção Animal Em Pastejo. **Anais...** Viçosa - MG: UFV. p. 171-214, 2010.
- ASSIS, G.M.L.; VALENTIM, J.F.; ANDRADE, C.M.S. BRS Mandobi: a new forage peanut cultivar propagated by seeds for the tropics. **Tropical Grasslands – Forrajes Tropicales**, v.1, p. 39 - 41, 2013.
- BARASSI, C.A.; SUELDO, R.J.; CREUS, C.M.; CARROZZI, L.E.; CASANOVAS, W.M.; PEREYRA, M.A. Potencialidad de *Azospirillum* en optimizer el crecimiento vegetal bajo condiciones adversas. In: CASSÁN, F.D.; GARCIA DE SALAMONE, I. (Ed.) ***Azospirillum* sp.: cell physiology, plant interactions and agronomic research in Argentina**. Argentina: Asociación Argentina de Microbiología, p.49-59, 2008.

- BARBERO, L.M.; BASSO, K.C.; IGARASI, M.S.; PAIVA, A.J.; BASSO, F.C. Respostas morfogênicas e estruturais de plantas tropicais submetidas à desfolhação. **Boletim de Indústria Animal**, v.72, p.321-330, 2015.
- BARBOSA, J.Z.; CONSALTER, R.; MOTTA, A.C.V. Fixação biológica de nitrogênio em Poaceae. **Evidência-Ciência e Biotecnologia**, v. 12, n. 1, p. 7-18, 2012.
- BASHAN, Y.; HOLGUIN, G.; BASHAN, L.E. Azospirillum plant relationships: physiological, molecular, agricultural and environmental advances (1997-2003). **Canadian Journal of Microbiology**, v. 50, p. 521-577, 2004.
- BASHAN, Y.; BUSTILLOS, J.J.; LEYVA, L.A.; HERNANDEZ, J.P.; BACILIO, M. Increase in auxiliary photoprotective photosynthetic pigments in wheat seedlings induced by *Azospirillum brasilense*. **Biology and Fertility of Soils**, v.42, p.279-285, 2006.
- BAUER, M.O.; PACHECO, L.P.A.; CHICHORRO, J.F.; VASCONCELOS, L.V.; PEREIRA, D.F.C. Produção e características estruturais de cinco forrageiras do gênero *Brachiaria* sob intensidades de cortes intermitentes. **Ciência Animal Brasileira**, v. 12, n. 1, p. 17-25, 2011.
- BOSA, C.K.; GUIMARÃES, S.L.; POLIZEL, A.C.; BONFIM-SILVA, E.M.; CANUTO, E.L. Características produtivas e nutricionais do capim-xaraés inoculado com bactérias diazotróficas associativas. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootenia**. v.68, n.5, p.1360-1368, 2016.
- BRÂNCIO, P.A.; EUCLIDES, V.P.B.; NASCIMENTO JUNIOR, D.; FONSECA, D.D.; ALMEIDA, R.D.; MACEDO, M.C.M.; BARBOSA, R.A. Avaliação de três cultivares de *Panicum maximum* Jacq. sob pastejo: disponibilidade de forragem, altura do resíduo pós-pastejo e participação de folhas, colmos e material morto. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 1, p. 55-63, 2003.
- BROUGHAM, R.W. Effects of intensity cology and Mangement of Grazing Systems of defoliation on regrowth of pasture. **Australian Journal Agricultural Research**, v. 07, p. 377-387. 1956.
- CABRAL, W.B.; SOUZA, A.L.; ALEXANDRINO, E.; TORAL, F.L.B.; SANTOS, J.N.; CARVALHO, M.V.P. Características estruturais e agronômicas da *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés submetida a doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 41, n. 4, p. 846-855, 2012.
- CECATO, U.; PEREIRA, L.A.F.; JOBIM, C.C.; MARTINS, E.N.; BRANCO, A.F.; GALBEIRO, S.; MACHADO, A.O. Influência das adubações nitrogenada e fosfatada sobre a composição químico-bromatológica do capim Marandu (*Brachiaria brizantha* (Hochst) Stapf cv. Marandu). **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 26, n. 3, p. 399-407, 2004.
- DAMIÃO FILHO, C. F. **Morfologia vegetal**. 2 ed. Jaboticabal: Funep, 172 p., 2005.
- DETMANN, E.; SOUZA, M.A.; FILHO, S.C.V.; QUEIROZ, A.C.; BERCHIELLI, T.T.; SALIBA, E.O.S.; CABRAL, L.S.; PINA, D.S.; LADEIRA, M.M.; AZEVEDO, J.A.G. **Métodos para análise de alimentos**. Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia Animal.

- INCT – Ciência Animal. Livraria UFV. 214p. Visconde do Rio Branco, MG: Suprema, 2012.
- DIAS-FILHO, M.B. **Diagnóstico das pastagens no Brasil**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental. (Documentos, 402). 36 p., 2014.
- DIAS-FILHO, M.B. **Uso de pastagens para a produção de bovinos de corte no Brasil: passado, presente e futuro**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, (Documentos, 418). 42 p., 2016.
- DÖBEREINER, J. Biological nitrogen fixation in the tropics: social and economic contributions. **Soil Biology and Biochemistry**. v. 29, n. 36, p. 771-774, 1997.
- ECHEVERRIA, J.R.; EUCLIDES, V.P.B.; SBRISSIA, A.F.; MONTAGNER, D.B.; BARSOSA, R.A.; NANTES, N.N. Acúmulo de forragem e valor nutritivo do híbrido de *Urochloa* 'BRS RB331 Ipyporã' sob pastejo intermitente. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.51, n.7, p.880-889, 2016.
- EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Centro Nacional de Pesquisa de Solos: Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 3 ed., 306p., 2013.
- Embrapa Agrossilvipastoril. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Estação meteorológica**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/agrossilvipastoril/estacao-meteorologica>>. Acessado em 07 de outubro de 2017.
- EUCLIDES, V.P.B.; MACEDO, M.C.M.; VALLE, C.B.; BARBOSA, R.A.; GONÇALVES, W.V. Produção de forragem e características da estrutura do dossel de cultivares de *Brachiaria brizantha* sob pastejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 12, p. 1805-1812, 2008.
- EUCIDES, V.P.B.; MONTAGNER, D.B.; BARBOSA, R.A.; NANTES, N.N. Manejo do pastejo de cultivares de *Brachiaria brizantha* (Hochst) Stapf e de *Panicum maximum* Jacq. **Revista Ceres**, n. 61, p. 808-818, 2014.
- FAGUNDES, J.L.; FONSECA, D.M.; GOMIDE, J.A. Acúmulo de forragem em pastos de *Brachiaria decumbens* adubados com nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 4, p. 397 - 403, 2005.
- FAGUNDES, J.L.; FONSECA, D.M.; MISTURA, C.; MORAIS, R.V.; VITOR, C.M.T.; GOMIDE, C.A.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; CASAGRANDE, D.R. Características morfogênicas e estruturais do capim-braquiária em pastagem adubada com nitrogênio avaliadas nas quatro estações do ano. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.1, p.21-29, 2006.
- GIMENES, F.M.A.; BARBOSA, H.Z.; GERDES, L.; GIACOMINI, A.A.; MATTOS, W.T.; BATISTA, K.; PREMAZZI, L.M.; MIGUEL, A.N.V. The utilization of tropical legumes to provide nitrogen to pastures: a review. **African Journal of Agricultural Research**. v. 12, n.2, p.85-92, 2017.

- GOMIDE, J.A.; GOMIDE, C.A.M. Utilização e manejo de pastagens. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38. Piracicaba - SP. **Anais...** 2001.
- HUERGO, L.F. **Regulação do metabolismo do nitrogênio em *Azospirillum brasilense***. Tese (Doutorado - Pós-Graduação em Ciências Bioquímica) - Universidade federal do Paraná, Curitiba, 170p., 2006.
- HUNGRIA, M. **Inoculação com *Azospirillum brasilense*: inovação em rendimento a baixo custo**. Embrapa Soja. Documentos, n. 325. Londrina – PR, 36p., 2011.
- 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. 221, p. 125–131, 2016.
- HUNGRIA, M.; VARGAS, M.A.T.; SUHET, A.R.; PERES, J.R.R. Fixação biológica de nitrogênio em soja. In: ARAÚJO, R.S.; HUNGRIA, M. **Microrganismos de importância agrícola**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão: Centro Nacional de Pesquisa de Soja. -Brasília: EMBRAPA-SPI / EMBRAPA-CNPaf. (Documentos. 44). 236 p., 1994.
- KICHEL, A.N; MIRANDA, C.H.B.; ZIMMER, A.H. Degradação de pastagens e produção de bovinos de corte com a integração agricultura x pecuária. In: I Simpósio de Produção de Gado de Corte. **Anais...** p.201-234, 1999.
- LITTELL, R.C.; MILLIKEN, G.A.; STROUP, W.W.; WOLFINGER, R.D.; SCHABENBERGER, O. **Sas for Mixed Models**. 2. ed. SAS Institute Inc., 2006.
- MARANHÃO, C.M.A; CAVALCANTE C.F.S.; BONOMO, P.; PIRES, A.J.V. Produção e composição químico-bromatológica de duas cultivares de braquiária adubadas com nitrogênio e sua relação com o índice SPAD. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 31, n. 2, p. 117-122, 2009.
- MARTHA-JÚNIOR, G.B.; VILELA, L.; SOUSA, D.M.G. **Cerrado: Uso Eficiente de Corretivos e Fertilizantes em Pastagem**. 1 ed. Planaltina, DF: Embrapa, 224 p., 2007.
- MAZZA, L.M.; PÔGGERE G.C.; FERRARO, F.P.; RIBEIRO, C. B.; CHEROBIM, V. F.; MOTTA, A. C. V.; MORAES, A. Adubação nitrogenada na produtividade e composição química do capim mombaça no primeiro planalto paranaense. **Scientia Agraria**, v.10, n.4, p.257-265, 2009.
- MISTURA, C.; FAGUNDES, J.L.; FONSECA, D.D.; MOREIRA, L.D.M.; VITOR, C.M.T.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; RIBEIRO JÚNIOR, J.I. Disponibilidade e qualidade do capim-elefante com e sem irrigação adubado com nitrogênio e potássio na estação seca. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 2, p. 372-379, 2006.
- MONTEIRO, F.A. Nutrição mineral e adubação. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 12., 1995, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Fundação Estudos Agrários Luiz de Queiroz, p.219-244., 1995.

- MOREIRA, A.L.; FAGUNDES, L.J.; YOSHIHARA, E.; BACKES, A.A.; BARBOSA, L.T.; OLIVEIRA JÚNIOR, L.F.G.; SANTOS, G.R.A.; SANTOS, M.A.S.A. Acúmulo de forragem em pastos de Tifton 85 adubados com nitrogênio e manejados sob lotação contínua **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 1, p. 2275-2286, 2015.
- MOREIRA, F.M.S.; SILVA, K.; NÓBREGA, R.S.A.; CARVALHO, F. Bactérias diazotróficas associativas: diversidade, ecologia e potencial de aplicações. **Comunicata Scientiae**, v.1, p.74-79, 2010.
- MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e Bioquímica do Solo**. 2ª edição atualizada e ampliada. Lavras, Editora UFLA, 729 p. 2006.
- NABINGER, C.; PONTES, L. S. Morfogênese de plantas forrageiras e estrutura do pasto. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Sociedade Brasileira de Zootecnia, p. 755, 2001.
- PACIULLO, D.S.C.; GOMIDE, J.A.; RIBEIRO, K.G. Adubação nitrogenada do capim-elfante cv. Mott. 1. Rendimento forrageiro e características morfofisiológicas ao atingir 80 e 120 cm de altura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.27, p.1069-1075, 1998.
- PEDREIRA, B.C, PEDREIRA, C.G.S.; Fotossíntese foliar do capim-xaraés [*Brachiaria brizantha* (A. Rich.) Stapf. cv. Xaraés] e modelagem da assimilação potencial de dosséis sob estratégias de pastejo rotativo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 4, p. 773-779, 2007.
- PEDREIRA, B.C., PEDREIRA, C.G.S., LARA, M.A. Leaf age, leaf blade portion and light intensity as determinants of leaf photosynthesis in *Panicum maximum* Jacq. **Grassland Science**, v. 61, n. 1, p. 45-49. 2015.
- PEDREIRA, B.C.; PEDREIRA, C.G.S.; SILVA, S.C. Estrutura do dossel e acúmulo de forragem de *Brachiaria brizantha* cultivar Xaraés em resposta a estratégias de pastejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 2, p. 281-287, 2007.
- PEREIRA, T.P.; GOMES, M.B.; CARNEIRO, R.D.C. Morfogênese do capim-marandu submetido à inoculação de *Azospirillum* e adubação nitrogenada. **Revista Eletrônica Interdisciplinar**, v. 2, n. 14, 2015.
- PREMAZZI, L.M.; MONTEIRO, F.A. Produção do capim-tifton 85 submetido a doses e épocas de aplicação de nitrogênio após o corte. **Boletim de Indústria Animal**, v. 59, n. 1, p. 1-16, 2002.
- REIS, G.L.; LANA, A.M.Q.; NETO, J.V.E.; DE LEMOS FILHO, J.P.; BORGES, I.; LONGO, R.M. Produção e composição bromatológica do capim-marandu sob diferentes percentuais de sombreamento e doses de nitrogênio. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 5, p. 1606-1615, 2013.
- RIBEIRO, K.G.; GOMIDE, J.A.; PACIULLO, D.S.C. Adubação Nitrogenada do Capim-elfante cv. Mott. 2. Valor Nutritivo ao Atingir 80 e 120 cm de Altura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.6, p.1194-1202, 1999.

- RODRIGUES, O.; FONTANELI, R.S.; COSTENARO, E.R.; MARCHESE, J.A.; SCORTGANHA, A.N.; SCCARDO, E.; PIOSECKI, C. Bases fisiológicas para o manejo de forrageiras. In: FONTANELI, R.S.; SANTOS, H.P. (Ed). **Forrageiras para Integração Lavoura-Pecuária-Floresta na Região Sul-Brasileira**. Embrapa Trigo. 2ª ed., 544 p., 2012.
- SANTOS, M.E.R. Ajustes no manejo do pastejo em pastagens adubadas. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v.6, n.11, 2010a.
- SANTOS, M.E.R. Adubação de pastagens: possibilidades de utilização. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v.6, n.11, 2010b.
- SILVA FILHO, A.S.; MOUSQUER, C.J.; DE CASTRO, W.J.R.; SIQUEIRA, J.V.M.; OLIVEIRA, V.J.; MACHADO, R.J.T. Desenvolvimento de *Brachiaria brizantha* cv. marandu submetido a diferentes doses de ureia. **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**, v. 8, n. 1, p. 172-188, 2014.
- SOIL SURVEY STAFF. **Keys to soil taxonomy**. Department of Agriculture: Natural Resources Conservation Service, 2014.
- TAIZ, L; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 719 p., 2006.
- TOWNSEND, C.R.; TEIXEIRA C.A.D.; SILVA NETTO, F.G.; PEREIRA, R.G.A.; COSTA, N.L. **Cigarrinhas-das-pastagens em Rondônia: diagnóstico e medidas de controle**. Porto Velho: EMBRAPA-CPAF Rondônia. (Documentos, 53). 29p., 2001.
- VALENTIM, J.F. **Produção de sementes de *Arachis pintoi* cv. BRS Mandobi no Acre**. In: Introdução. Rio Branco, AC. Embrapa Acre (Sistemas de Produção, 4). ISSN 1679-1134 Versão Eletrônica, 2011. Disponível em: <<https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/>>. Acesso em 07 maio 2016.
- VALÉRIO, J.R. **Cigarrinhas-das-pastagens**. Embrapa Gado de Corte. Campo Grande, MS. Documentos 179. 51 p., 2009.
- VALLE, C.B.do; EUCLIDES, V.P.B.; MONTAGNER, D.B.; VALERIO, J.R.; MENDES-BONATTO, A.B.; VERZIGNASSI, J.R.; TORRES, F.Z.V.; MACEDO, M.C.M.; FERNANDES, C.D.; BARRIOS, S.C.L.; DIAS FILHO, M.B.; MACHADO, L. A. Z.; ZIMMER, A.H. **BRS Ipyporã ("belo começo" em guarani): híbrido de *Brachiaria da Embrapa***. Embrapa Gado de Corte. Comunicado Técnico 137. Brasília, DF: Embrapa, 17p. 2017.
- VALLE, C.B.; JANK, L.; RESENDE, R.M.S. O melhoramento de forrageiras tropicais no Brasil. **Revista Ceres**, v.56, p.460-472, 2009.
- VAN SOEST, P.J. **Composition and nutritive value of forage**. In: HEALLTH, M.E. The Science of Grassland Agriculture. 2th ed. Iowa: State Universit Press. p.53-63. 1975.
- VITOR, C.M.T.; COSTA P.M.; VILLELA, S.D.J.; LEONEL, F.P.; FERNANDES, C.F.; ALEMEIDA, G.O. Características estruturais de uma pastagem de *Brachiaria decumbens*

stapf cv. Basilisk sob doses de nitrogênio. **Boletim de Indústria Animal**. Nova Odessa, v.71, n.2, p.176-182, 2014.

YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S. Como melhorar a eficiência da adubação nitrogenada do milho? **Informações Agronômicas**. Piracicaba - SP, n. 91, p. 1-5, 2000.

WOLFINGER, R.; OCONNELL, M. Generalized linear mixed models – a pseudo-likelihood approach. **Journal of Statistical Computation and Simulation**, v. 48, n. 3-4, p. 233-243, 1993.

CAPÍTULO 2

Biomassa, resíduo e raiz de capim-ipyporã sob estratégias de fornecimento de nitrogênio

RESUMO – A produção e a sustentabilidade de ecossistemas de pastagens são influenciadas diretamente pela reposição de nutrientes no solo. O nitrogênio (N) é um dos nutrientes mais requeridos pelas plantas, e pode ser disponibilizado, por exemplo, via fertilizante mineral e/ou pela fixação biológica de nitrogênio (FBN). Objetivou-se avaliar biomassa, resíduo e raiz de capim-ipyporã (*Brachiaria* spp.) sob estratégias de fornecimento de nitrogênio: fertilização nitrogenada mineral, inoculação com *Azospirillum brasilense* e consórcio com amendoim forrageiro. O experimento foi conduzido na Embrapa Agrossilvipastoril, em Sinop – MT em delineamento em blocos completos casualizados em pastagens de capim-ipyporã com 6 tratamentos e 3 repetições: 1. sem fertilização mineral de nitrogênio (controle); 2. fertilização com 80 kg N.ha⁻¹.ano⁻¹ (N); 3. inoculação com *Azospirillum brasilense* (i); 4. fertilização com 80 kg.ha⁻¹ de N + inoculante (N + i); 5. consórcio com amendoim forrageiro (*Arachis pintoi* cv. Mandobi) (C); 6. consórcio com amendoim forrageiro + inoculante (C + i). O período experimental foi de 21 de março de 2015 a 21 de março de 2017, avaliando as estações do ano. Os pastos foram cortados ao atingirem a altura de 25 cm, a nível do solo para quantificação de biomassa, e do resíduo (12 cm) ao nível do solo para quantificação de massa de forragem (MF) de resíduo, em ciclos representativos no intermédio das estações (primavera/15, verão/16, primavera/16 e verão/17). No final do período experimental também foram coletadas amostras para quantificação de massa de resíduo e raiz. Maior biomassa foi registrada em pastos com N (6.030 kg MS.ha⁻¹), N + i (5.715 kg MS.ha⁻¹) e C + i (5.770 kg MS.ha⁻¹) e para resíduo nas estratégias N (4.055 kg MS.ha⁻¹) e N + i (3.880 kg MS.ha⁻¹), sobretudo nas estações com maior pluviosidade. Os componentes morfológicos (folha, colmo e material morto), índice de área foliar destrutivo (IAFD) e interceptação luminosa (IL) foram influenciados positivamente, de maneira geral, pelas estratégias de fornecimento de N, principalmente em pastos com N e N + i e pela maior disponibilidade hídrica. Todas as estratégias nitrogenadas apresentaram maior massa de raiz (1.590 kg MS.ha⁻¹) quando comparado ao controle (915 kg MS.ha⁻¹). As estratégias N e C + i aumentaram a concentração de N nas raízes (4,2 g.kg⁻¹), e o estoque de N foi maior com a estratégia N (7,9 kg N.ha⁻¹). Conclui-se que capim-ipyporã responde ao fornecimento de N, com melhores respostas quando submetido às estratégias N e C + i.

Palavras-chave: *Azospirillum brasilense*, *Brachiaria*, concentração de N, estoque de N, Mandobi

ABSTRACT – Production and sustainability in pasture ecosystems are directly influenced by nutrients replenishment in the soil. Nitrogen (N) is one of the nutrients most required by plants, and can be made, for example, available through mineral fertilizer and / or biological nitrogen fixation (BNF). The objective was to evaluate biomass, stubble and root of ipyporã grass (*Brachiaria* spp.) under nitrogen supply strategies: mineral nitrogen fertilization, inoculation with *Azospirillum brasilense* and consortium with forage peanuts. The experiment was carried out at Embrapa Agrossilvipastoril in Sinop - MT in a randomized complete block design with 6 treatments applied in pastures of Ipyporã grass with 3 replicates: 1. without nitrogen fertilization (control); 2. fertilization with 80 kg N.ha⁻¹.ano⁻¹ (N); 3. inoculation with *Azospirillum brasilense* (i); 4. fertilization with 80 kg.ha⁻¹ of N + inoculant (N + i); 5. consortium with forage peanuts (*Arachis pintoi* cv. Mandobi) (C); 6. consortium with forage peanut + inoculant (C + i). The experimental period was from march 21, 2015 to march 21, 2017, evaluating the seasons. The pastures were cut at 25 cm height at the soil level for quantification of biomass and the stubble (12 cm) at the soil level for quantification of the forage mass (FM) of the stubble, in representative cycles in the middle of the seasons (spring/15, summer/16, spring/16 and summer/17). At the end of the experimental period, samples were also collected to quantify stubble and root mass. The highest biomass was recorded in pastures with N (6.030 kg DM.ha⁻¹), N + i (5.715 kg DM.ha⁻¹) and C + i (5.770 kg DM.ha⁻¹) and for stubble in the strategy N (4.055 kg DM.ha⁻¹) and N + i (3.880 kg DM.ha⁻¹), especially in the seasons with higher rainfall. Morphological components (leaf, stem and dead material), destructive leaf area index (DLAI) and light interception (IL) were positively influenced, in general, by strategies for supplying N, mainly in pastures with N and N + i by the greater water availability. For all nitrogen strategies, more root mass (1.590 kg DM.ha⁻¹) was observed when compared to the ipyporã grass control (915 kg DM.ha⁻¹). The mineral fertilization and the C + i strategy increased the N concentration in the roots (4.2 g.kg⁻¹), and the N stock was higher with the mineral fertilization (7.9 kg N.ha⁻¹). It is concluded that ipyporã grass is responsive to the N supply strategies, better responses when submitted to N and C + i.

Key-words: *Azospirillum brasilense*, *Brachiaria*, Mandobi, N concentration, N stock

1. INTRODUÇÃO

A produção de ruminantes no país é realizada em sistemas de produção em pastagens, e a competitividade com culturas agrícolas e o maior valor das terras no país impõe uma mudança de hábito na forma de cultivar pastagens (Emerenciano Neto et al., 2013). O uso de fertilizantes e corretivos é uma maneira efetiva de repor nutrientes no sistema e, potencialmente, garantir a sua sustentabilidade (Barcellos et al., 2008).

A maioria dos solos não fornece nutrientes na quantidade adequada para o crescimento das plantas, tornando o suprimento necessário para boa produção, sobretudo pela utilização de nitrogênio (N) (Martha-Junior et al., 2007). O N é um nutriente primordial para as gramíneas forrageiras, devido à influência sobre as características no sistema radicular, que garante boa formação e sustentação da parte aérea (Batista e Monteiro, 2006) e características morfofisiológicas e produtivas, principalmente em sistemas de produção manejados sob maior nível de intensificação (Fonseca et al., 2008), em que maior intensidade de desfolhação no pasto aumenta a demanda por nitrogênio (Martha-Júnior et al., 2004).

Os fertilizantes nitrogenados estão cada vez mais onerosos e o custo/benefício deve ser avaliado. Dependendo da dose utilizada e do manejo do pastejo, o aporte de N via fertilização mineral é uma estratégia que pode melhorar a rentabilidade dos sistemas de produção (Fonseca et al., 2008). Visando a sustentabilidade e a produtividade, outras alternativas também tem se mostrado promissoras para aportar N em pasto, como a fixação biológica de nitrogênio (FBN) pelas leguminosas forrageiras de clima tropical em consórcio com capins (Andrade, 2010) e FBN pela prática da inoculação com bactérias diazotróficas em gramíneas (Döbereiner, 1997; Moreira e Siqueira, 2006).

Objetivou-se avaliar biomassa, resíduo e raiz de capim-ipyporã (*Brachiaria* spp.) sob estratégias de fornecimento de nitrogênio: fertilização nitrogenada mineral, inoculação com

Azospirillum brasilense e consórcio com amendoim forrageiro. O capítulo 2 será enviado para a revista Agronomy Journal.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área experimental da Embrapa Agrossilvipastoril, Sinop, Mato Grosso, Brasil, latitude 11°51' Sul, longitude 55°36' Oeste e altitude de 370 m, localizada no bioma Amazônia.

O clima da região é classificado, segundo os critérios de Köppen, como Am – clima de monções, ou seja, alternância entre a estação chuvosa no verão e estação seca no inverno (Alvares et al., 2014) com temperatura média anual de 26 °C e precipitação de 2.200 mm (Embrapa Agrossilvipastoril, 2016). Os dados climáticos referentes ao período experimental foram obtidos no Posto Meteorológico da Embrapa Agrossilvipastoril, localizado a 1.000 metros do local do experimento (Figura 1).

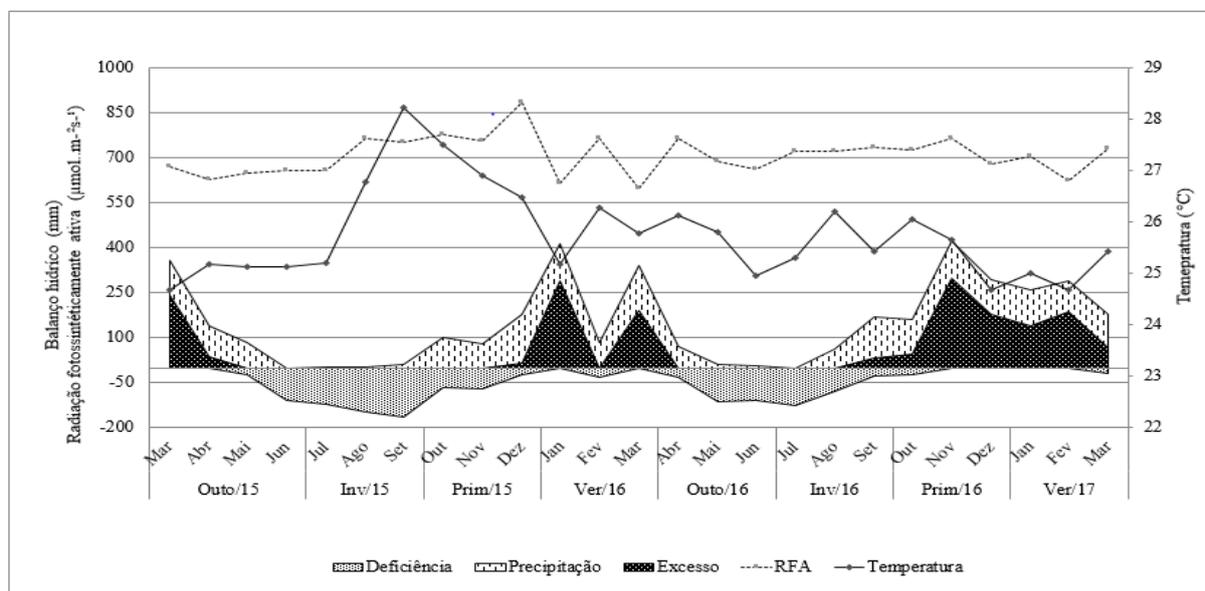


Figura 2. Balanço hídrico, precipitação pluviométrica, temperatura média e radiação fotossinteticamente ativa ao longo do período experimental. Fonte: Embrapa Agrossilvipastoril (2017).

O solo foi classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, de acordo com o sistema brasileiro de taxonomia de solos (Embrapa, 2013) e como Rhodic Hapludox pelo sistema americano de taxonomia de solos (Soil Survey Staff, 2014), com relevo suavemente inclinado e textura argilosa, composto por 42,9% de argila, 16,7% de silte e 40,4% de areia. Análises químicas do solo foram realizadas em setembro de 2014, junho de 2015, setembro de 2016 e maio de 2017, com amostragem na profundidade de 0-20 cm (Tabela 1).

Tabela 2. Análise química de solo da área experimental, na camada de 0-20 cm.

Mês da Coleta	pH (CaCl ₂)	M.O. (g.dm ⁻³)	P --mg.dm ⁻³ --	K	Mg	Ca	Al	H+Al	S	T	V %
Set/2014	4,7	27,87	3,55	75,00	0,98	1,48	0,10	6,77	2,65	9,42	28,13
Jun/2015	5,2	25,14	2,84	16,00	0,92	2,30	0,00	3,59	3,23	6,83	47,69
Set/2016	4,9	26,42	3,95	30,00	1,24	2,37	0,00	4,95	3,69	8,64	42,40
Mai/2017	5,3	27,53	7,80	23,00	1,59	3,23	0,00	3,64	7,51	8,51	57,21

A área experimental foi implantada em novembro de 2014 e o período experimental teve duração de dois anos, com início em 21 de março de 2015 e término em 21 de março de 2017. O experimento seguiu um delineamento em blocos completos casualizados, com 3 repetições, 6 tratamentos e unidades experimentais de 6 x 6 m, descartando-se a bordadura no momento das coletas. A taxa de semeadura do capim-ipyporã (*Brachiaria* spp.) foi de 6 kg de sementes puras viáveis por unidade experimental. A semeadura do capim foi feita à lanço, com posterior revolvimento leve com rastelo e compactação. Para parcelas consorciadas, o plantio do amendoim forrageiro foi feito com mudas de 20 a 30 cm, em sulcos distantes em 50 cm, totalizando 12 linhas na unidade experimental. Foram abertos sulcos de 10 cm de profundidade, e os estolões foram colocados com cerca de 5 cm de distância. Na sequência, os sulcos foram cobertos com solo e levemente compactados para a retirada do ar.

Foram aplicadas 2 t.ha⁻¹ de calcário no dia 15 de dezembro de 2014 e 2 t.ha⁻¹ no dia 21 setembro de 2015 (ambas em superfície). Na implantação, foi realizada a fertilização fosfatada

em uma aplicação única de $80 \text{ kg.ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$. Após o corte de uniformização (10/02/2015), foram aplicados 40 kg.ha^{-1} de K_2O em todas as parcelas e 40 kg.ha^{-1} de N nas parcelas correspondentes. A fertilização anual correspondeu a 80 kg.ha^{-1} de N na forma de sulfato de amônio nas parcelas correspondentes (duas aplicações de 40 kg.ha^{-1}), 140 kg.ha^{-1} de fertilização fosfatada e 140 kg.ha^{-1} de fertilização potássica (ambas divididas em 100 kg.ha^{-1} e 40 kg.ha^{-1}). O parcelamento ocorreu no início e em meados da estação chuvosa, sempre em condição pós-corte (outubro-dezembro/15, março/16, novembro-dezembro/16 e janeiro-fevereiro/17). Em outubro de 2015 foi aplicado 60 kg.ha^{-1} de FTE BR 12 para garantir o aporte de micronutrientes. A inoculação ocorreu na semeadura utilizando o *Azospirillum brasilense* (2×10^8 células.mL⁻¹, cepas Ab V5 e Ab V6) com dosagens de 200 mL.ha^{-1} e 100 mL de água.kg⁻¹ de semente. A pulverização foliar ocorreu no mesmo período e condição das fertilizações, com a utilização de 300 mL.ha^{-1} do inoculante diluído em calda de 200 L de água.ha⁻¹.

Foi utilizado delineamento em blocos completos casualizados, com 3 repetições e 6 tratamentos: 1. Pastos de capim-ipyoporã (*Brachiaria* spp.) sem fertilização mineral de nitrogênio (controle); 2. Pastos de capim-ipyoporã adubados com $80 \text{ kg N.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ (N); 3. Pastos de capim-ipyoporã inoculados com *Azospirillum brasilense* (i); 4. Pastos de capim-ipyoporã adubados com 80 kg.ha^{-1} de N + inoculante (N + i); 5. Pastos de capim-ipyoporã em consórcio com amendoim forrageiro (*Arachis pintoi* cv. Mandobi) (C) e 6. Pastos de capim-ipyoporã em consórcio com amendoim forrageiro (*Arachis pintoi* cv. Mandobi) + inoculante (C + i).

A colheita simulou lotação intermitente e os pastos foram submetidos ao corte sempre que o dossel atingiu 25 cm de altura média, deixando-se resíduo de 12 cm. A altura foi mensurada em 10 pontos representativos da condição média do dossel por unidade experimental. A quantificação da massa da forragem (MF) foi obtida por meio de cortes da forragem contida no interior de duas molduras retangulares (0,5 x 1 m) por parcela em pontos

em que a MF fosse representativa da média. As amostras foram tomadas acima do nível de resíduo, do resíduo ao nível do solo e somando-se as duas amostragens foi possível a determinação da massa de forragem total (biomassa), apenas em ciclos representativos nas estações primavera/15, verão/16, primavera/16 e verão/17. Após o corte, as amostras foram pesadas e subamostradas, e uma parte foi destinada para obtenção da composição morfológica e índice de área foliar destrutivo (IAFD).

Para caracterização da variação estrutural da comunidade vegetal foi quantificada a interceptação luminosa (IL), utilizando o analisador de dossel AccuPAR modelo LP-80 (Decagon Devices Pullman, WA, EUA) que permite amostragens rápidas e não destrutivas, mensurando-se 15 pontos por parcela a altura do solo no pós-corte.

Para composição morfológica foram tomadas amostras de resíduo de capim-ipyporã, separadas manualmente em folha (lâmina foliar), colmo (colmo e bainha) e material morto. Para caracterizar a efetividade do consórcio, em dezembro/16, quantificou-se o número de plantas (amendoim e capim-ipyporã) em cinco locais de 1m² por parcela. Isso permitiu estimar a composição botânica no consórcio, o que correspondeu a 7,6% e 22,3% de amendoim nos tratamentos consórcio e consórcio + inoculante, respectivamente. Para valores de IAFD as folhas foram avaliadas no integrador de área foliar LI-3100 (LI-COR, Lincoln, Ne, USA).

As amostras de forragem (massa, resíduo e composição morfológica) foram levadas à estufa de circulação forçada de ar a 55 °C até atingir peso constante para determinação de peso seco e posteriormente para quantificação da massa e proporção dos componentes.

No final do experimento (verão de 2017) foi determinado o número de touceiras em cada unidade experimental, bem como, massa, concentração e estoque de N no resíduo e nas raízes, conforme metodologia descrita por Pedreira et al. (2017). O número de touceiras foi quantificado em 5 pontos representativos da parcela utilizando uma moldura de 1 m². Para obtenção de massa de resíduo e raiz foram coletadas duas touceiras por unidade experimental,

no pós-corte, entre 15:00 e 17:00 h. Cada touceira foi fracionada em resíduo (do nível do solo até 12 cm de altura) e em raiz (abaixo do nível do solo). As amostras (resíduo + raiz) foram lavadas, até a retirada completa do solo e, posteriormente, secas a 105°C durante 1,5 horas e a 55°C por 72 horas. Para quantificar a massa de resíduo e raiz, multiplicou-se peso seco de touceira (equivalente ao resíduo ou raiz) pelo número de touceiras por área.

Para análise química, as amostras secas (resíduo e raiz) foram moídas em moinho de facas tipo “Willey”, com peneira de porosidade de 1 mm de diâmetro. A análise ocorreu em duplicata e a concentração de N foi quantificada pelo método INCT-CA N-001/1), utilizando como base os teores de MS (método INCT-CA G-003/1) de acordo com os métodos preconizados pelo Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Ciência Animal (INCT-CA; Detmann et al., 2012). Para a obtenção do estoque de N, multiplicou-se o teor de N pela massa (resíduo ou raiz) por área.

Para análise estatística das variáveis referentes ao resíduo e raiz coletados no verão de 2017 foi utilizado o modelo matemático:

$$Y_{ij} = \mu + b_i + A_j + \xi_{eij}$$

Em que:

Y_{ij} = valor observado da j -ésimo estratégia de fornecimento de N no i -ésimo bloco;

μ = constante geral associada ao experimento;

b_i = efeito aleatório associado ao i -ésimo bloco \sim NID $(0; \sigma_b^2)$;

A_j = efeito fixo associado a j -ésima estratégia de fornecimento de N;

ξ_{eij} = erro aleatório associado a j -ésima estratégia de fornecimento de N no i -ésimo bloco \sim ND $(0; \sigma_\epsilon^2)$;

Para análise estatística das demais variáveis foi utilizado o modelo matemático:

$$Y_{ijk} = \mu + b_i + A_j + e_{ij} + B_k + (AB)_{jk} + \xi_{ijk}$$

Em que:

Y_{ijk} = valor observado da j -ésima estratégia de fornecimento de N e da k -ésimo estação do ano no i -ésimo bloco;

μ = constante geral associada ao experimento;

b_i = efeito aleatório associado ao i -ésimo bloco \sim NID $(0; \sigma^2 b)$;

A_j = efeito fixo associado a j -ésima estratégia de fornecimento de N;

e_{ij} = erro aleatório associado a j -ésima estratégia de fornecimento de N no i -ésimo bloco \sim NID $(0; \sigma^2 e)$;

B_k = efeito fixo associado ao k -ésimo estação do ano;

AB_{jk} = efeito da interação da j -ésima estratégia de fornecimento de N com k -ésimo estação do ano;

ϵ_{ijk} = erro aleatório associado a j -ésima estratégia de fornecimento de N na k -ésimo estação do ano no i -ésimo bloco \sim ND $(0; \sigma^2 \epsilon)$;

Os dados foram analisados utilizando o método de modelos mistos com estrutura paramétrica especial na matriz de covariância, por meio do procedimento MIXED do software estatístico SAS (Littell et al., 2006). Estratégia de fornecimento de nitrogênio, estações do ano e suas interações foram considerados como efeito fixo e bloco foi considerado aleatório. Para escolher a matriz de covariância foi usado o critério de informação de Akaike (Wolfinger e Oconnell, 1993). As médias dos tratamentos foram estimadas por meio do “LSMEANS” e a comparação foi realizada por meio da probabilidade da diferença (“PDIFF”) com teste “t” de Student ao nível de significância de 10%.

3. RESULTADOS

A biomassa foi influenciada pela estratégia e pela estação ($P=0,0082$ e $P<0,0001$, respectivamente) (Tabela 2). As estratégias N, N + i e C + i apresentaram maiores biomassa do

que o controle. Dentre as estações, verão/16, primavera/16 e verão/17 não diferiram e apresentaram maiores biomassas (5.730 kg MS.ha⁻¹), quando comparado a primavera/15 (Tabela 2).

Para resíduo, houve diferença entre estratégia e entre estação (P=0,0410 e P<0,0030, respectivamente) (Tabela 2). As estratégias N e N + i apresentaram maiores massa de resíduo quando comparado ao controle. Primavera e verão no primeiro ano foram inferiores (3.465 kg MS.ha⁻¹) à primavera e verão no segundo ano (3.940 kg MS.ha⁻¹) (Tabela 2).

Tabela 2. Biomassa (acima do resíduo + resíduo) e resíduo em pastos de capim-ipyorã submetidos a estratégias de fornecimento de nitrogênio nos ciclos representativos.

Estratégia*	Biomassa (kg MS.ha ⁻¹)	Resíduo (kg MS.ha ⁻¹)
Controle	4.790 C	3.340 C
N	6.030 A	4.055 A
i	5.550 AB	3.755 AB
N + i	5.715 A	3.880 A
C	5.085 BC	3.420 BC
C + i	5.770 A	3.770 AB
EPM**	210	160
Estação		
Primavera / 2015	4.770 B	3.420 B
Verão / 2016	5.655 A	3.510 B
Primavera / 2016	5.640 A	4.035 A
Verão / 2017	5.895 A	3.850 A
EPM	158	125

*N: fertilizante mineral, 80 kg N.ha⁻¹.ano⁻¹; i: inoculante bacteriano; C: consórcio com amendoim forrageiro cv. Mandobi.

**Erro Padrão da Média. As médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem pela probabilidade da diferença (P<0,1).

Houve interação estratégia x estação para massa de folha (P=0,0859) (Tabela 3). Na primavera/15, a maior massa foi observada para a estratégia N, seguido de i, e com as menores massas para as demais estratégias (990 kg MS.ha⁻¹). No verão/16, não houve diferença entre as estratégias (840 kg MS.ha⁻¹) e quando comparando com a primavera e o verão no primeiro, apenas N e i foram menores no verão. Na primavera/16, a maior massa de folha foi registrada

para a estratégia N, o qual diferiu dos demais e estes foram semelhantes (812 kg MS.ha⁻¹). No verão/17, a maior massa de folha foi registrada na estratégia N e C, e menor para i. No segundo ano, apenas as estratégias C e C + i diferiram nas estações, e com massa de folha maior no verão (Tabela 3).

Massa de colmo foi afetada pela estratégia e pela estação (P=0,0285 e P<0,0001, respectivamente). A maior massa de colmo foi registrada na estratégia N (1.195 kg MS.ha⁻¹), seguido de i, N + i e C + i (1.100 kg MS.ha⁻¹, na média). A massa de colmo para capim-ipyporã controle foi a menor (850 kg MS.ha⁻¹) (± 70). Para estações, foram registradas maiores massas no verão/16 (1.195 kg MS.ha⁻¹) e verão/17 (1.355 kg MS.ha⁻¹), seguido da primavera/16 (950 kg MS.ha⁻¹) e com menor massa para primavera/15 (750 kg MS.ha⁻¹) (± 50).

Massa de material morto também foi afetada pela interação estratégia x estação (P=0,0666) (Tabela 3). Na primavera/15, a maior massa de material morto foi observada na estratégia N e a menor para C. No verão/16 não ocorreu diferença entre as estratégias e a massa de material morto foi de 1.470 kg MS.ha⁻¹. Maiores massas de material morto foram observadas nas estratégias i e N + i e menor para capim-ipyporã controle, na primavera/16. No verão/16, a massa de material morto nos pastos controle e em N + i foram maiores e C foi menor. De maneira geral, no primeiro ano primavera e verão não diferiram, e no segundo ano as maiores massas de material morto foram registradas na primavera (Tabela 3).

Proporção de folha foi influenciada pela estratégia e pela estação (P=0,0697 e P<0,0001, respectivamente). Maior proporção foi observada na estratégia N (297 g.kg⁻¹), seguida do controle e C (277 g.kg⁻¹), N + i e C + i (253 g.kg⁻¹) e menor para i (240 g.kg⁻¹) (± 13). A maior proporção foi registrada na primavera/15 (327 g.kg⁻¹), seguida pelo verão/17 (277 g.kg⁻¹) e menor para verão e primavera/16 (241 e 220 g.kg⁻¹, respectivamente) (± 12). A proporção de colmo foi afetada apenas pela estação (P<0,0001) e a média das estratégias foi 285 g.kg⁻¹ (± 13).

As maiores proporções foram registradas no verão/16 e verão17, seguido da primavera/16 e com menor proporção na primavera/15 (338, 351, 235 e 219 g.kg⁻¹, respectivamente) (± 13).

Tabela 3. Massa de folha e material morto no resíduo em pastos de capim-ipyporã submetidos a estratégias de fornecimento de nitrogênio nos ciclos representativos.

Estratégia*	Folha (kg MS.ha ⁻¹)		Material morto (kg MS.ha ⁻¹)	
	Primavera	Verão	Primavera	Verão
2015 / 2016				
Controle	1.010 Ca	890 Aa	1.445 BCa	1.460 Aa
N	1.375 Aa	880 Ab	2.045 Aa	1410 Ab
i	1.301 ABa	780 Ab	1.460 BCa	1.510 Aa
N + i	1.030 Ca	805 Aa	1.430 BCa	1.455 Aa
C	875 Ca	890 Aa	1,265 Ca	1.495 Aa
C + i	1.035 Ca	805 Aa	1.725 ABa	1.505 Aa
2016 / 2017				
Controle	875 Ba	890 BCa	1.780 Ca	1.605 Aa
N	1.245 Aa	1.315 Aa	1.930 BCa	1.245 ABb
i	735 Ba	750 Ca	2.705 Aa	1.520 ABb
N + i	925 Ba	1.140 ABa	2.480 Aa	1.680 Ab
C	720 Bb	1.230 Aa	2.025 BCa	1.125 Bb
C + i	807 Bb	1.095 ABa	2.295 ABa	1.375 ABb
EPM**	114		192	

*N: fertilizante mineral, 80 kg N.ha⁻¹.ano⁻¹; i: inoculante bacteriano; C: consórcio com amendoim forrageiro cv. Mandobi.

**Erro Padrão da Média. As médias seguidas de mesma, letra maiúscula na coluna ou minúscula na linha, não diferem pela probabilidade da diferença ($P < 0,1$).

Houve interação estratégia x estação para proporção de material morto ($P=0,0326$) (Tabela 4). Na primavera/15, a maior proporção ocorreu para a estratégia C + i, a menor para i e foi, em média, de 459 g.kg⁻¹ para as demais estratégias. No verão/16 não houve diferença entre estratégias (420 g.kg⁻¹). Na primavera/16, capim-ipyporã com a estratégia N apresentou inferioridade quando comparado ao i, e no verão/17, a estratégia C foi menor que o controle. Dentre as estações, no primeiro ano, primavera e verão não diferiram, no segundo ano apenas o capim-ipyporã controle não diferiu nas estações, para as demais estratégias foram registrados valores maiores na primavera (Tabela 4).

Para índice de área foliar destrutivo (IAFD) ocorreu interação estratégia x estação ($P=0,0200$) (Tabela 4). Na primavera/15, o maior IAFD foi registrado na estratégia i, o menor para C + i e, em média, 1,6 para as demais. No verão/16 não houve diferença entre estratégias (1,2). Na primavera/16, a estratégia N apresentou maior IAFD (1,6 x média de 1,0) e no verão/17, N também foi maior, enquanto que o menor IAFD mensurado foi para i. No primeiro ano, apenas capim-ipyporã controle, N e i diferiram entre as estações, com maiores valores registrados na primavera. No segundo ano, as estratégias N, N + i, C e C + i foram maiores no verão quando comparados a primavera (Tabela 4).

Tabela 4. Proporção de material morto (g.kg^{-1}) e índice de área foliar destrutivo (IAFD) no resíduo em pastos de capim-ipyporã submetidos a estratégias de fornecimento de nitrogênio nos ciclos representativos.

Estratégia*	Material morto (g.kg^{-1})		IAFD	
	Primavera	Verão	Primavera	Verão
2015 / 2016				
Controle	476 ABa	441 Aa	1,7 ABa	1,2 Ab
N	454 ABa	400 Aa	1,8 ABa	1,2 Ab
i	403 Ba	436 Aa	1,9 Aa	1,2 Ab
N + i	454 ABa	401 Aa	1,5 ABa	1,2 Aa
C	453 ABa	428 Aa	1,5 ABa	1,3 Aa
C + i	484 Aa	414 Aa	1,3 Ba	1,3 Aa
2016 / 2017				
Controle	504 BCa	455 Aa	1,0 Ba	1,4 CDa
N	456 Ca	308 CDb	1,6 Ab	2,3 Aa
I	617 Aa	425 ABb	0,9 Ba	1,1 Da
N + i	559 ABa	381 ABCb	1,2 Bb	2,1 ABa
C	566 ABa	295 Db	0,9 Bb	2,0 ABa
C + i	567 ABa	365 BCDB	0,9 Bb	1,8 BCa
EPM**	32		0,2	

*N: fertilizante mineral, $80 \text{ kg N.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$; i: inoculante bacteriano; C: consórcio com amendoim forrageiro cv. Mandobi.

**Erro Padrão da Média. As médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna ou minúscula na linha, não diferem pela probabilidade da diferença ($P<0,1$).

Houve interação estratégia x estação para interceptação luminosa (IL) pós-corte ($P=0,0764$) (Tabela 5). No primeiro ano, outono foi a estação com maior IL pós-corte, e não promoveu diferença entre as estratégias, apresentando uma média de 74,6 % de IL. Na primavera/15, a maior IL pós-corte foi registrada para i, o menor para N + i e média de 57,9% para os demais. No verão/16, N + i apresentou o maior valor, e a menor porcentagem foi observada para i, C e C + i, com média de 52,8%. No segundo ano, de maneira geral, verão foi a estação em que foram registradas as maiores porcentagens de IL pós-corte. No outono/16, a menor IL foi mensurada para C + i e maiores para controle e N + i. Na primavera/16, as estratégias não diferiram (59,4%) e no verão/17, N + i foi maior e, i e C menores (Tabela 5).

Tabela 5. Interceptação luminosa (IL) e altura do resíduo de pastos capim-ipyporã submetidos a estratégias de fornecimento de nitrogênio nas estações por 2 anos (2015/2017).

Estratégia*	IL (%)			EPM**	Altura (cm)
	Outono	Primavera	Verão		
	2015 / 2016				
Controle	72,7 Aa	58,1 ABb	57,8 BCb	2,9	12,4
N	74,8 Aa	59,1 ABb	66,7 ABb		12,1
i	75,2 Aa	62,4 Ab	52,9 Cc		12,0
N + i	76,9 Aa	54,8 Bc	70,2 Ab		11,9
C	73,0 Aa	57,2 ABb	50,8 Cb		11,9
C + i	74,9 Aa	57,3 ABb	54,7 Cb		12,1
EPM	2,2	2,3	4,0	-	0,07
	2016 / 2017				
Controle	66,1 Aa	66,2 Aa	69,8 BCa	4,6	12,1
N	57,4 ABCb	56,4 Ab	77,5 ABa		12,1
i	52,3 BCb	60,5 Aab	65,7 Ca		12,2
N + i	65,8 Ab	62,6 Ab	80,4 Aa		12,0
C	57,0 ABCab	53,8 Ab	65,0 Ca		12,0
C + i	50,7 Cb	56,8 Ab	71,6 ABCa		12,0
EPM	5,1	5,0	3,9	-	0,03

*N: fertilizante mineral, 80 kg N.ha⁻¹.ano⁻¹; i: inoculante bacteriano; C: consórcio com amendoim forrageiro cv. Mandobi.

**Erro Padrão da Média. As médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna ou minúscula na linha não diferem pela probabilidade da diferença ($P<0,1$).

A quantidade média de touceiras mensurada foi de 9 un.m⁻², independentemente da estratégia. Na avaliação de pós-corte, após 2 anos de período experimental, apenas para massa

do resíduo foi observado diferença ($P=0,0567$) (Tabela 6). Capim-ipyporã controle apresentou menor massa de resíduo e a maior massa foi registrada para a estratégia N (Tabela 6). As variáveis concentração e estoque de nitrogênio (N) apresentaram, em média, $7,7 \text{ g.kg}^{-1}$ ($\pm 0,4$) e $46,7 \text{ kg N.ha}^{-1}$ ($\pm 4,9$), respectivamente.

Para as avaliações nas raízes, houve efeito entre as estratégias na massa de raiz ($P=0,0372$), concentração de N ($P=0,0353$) e estoque de N ($P=0,0174$) (Tabela 6). Massa de raiz foi menor nos pastos de capim-ipyporã controle ($915 \text{ kg MS.ha}^{-1}$) e as demais estratégias maiores, com média de $1.590 \text{ kg MS.ha}^{-1}$. Para a concentração de N nas raízes, as estratégias N e C + i apresentaram valores maiores, enquanto que controle e C foram menores. O estoque de N nas raízes foi menor no capim-ipyporã controle e o maior foi registrado para N (Tabela 6).

Tabela 6. Massa de resíduo e de raiz e concentração (g.kg^{-1}) e estoque de nitrogênio (N) (kg N.ha^{-1}) nas raízes de capim-ipyporã submetido a estratégias de fornecimento de nitrogênio após 2 anos (2015/2017).

Estratégia*	Resíduo		Raiz	
	Massa (kg MS.ha^{-1})	Massa (kg MS.ha^{-1})	Concentração de N (g.kg^{-1})	Estoque de N (kg N.ha^{-1})
Controle	4.260 C	915 B	3,4 C	3,1 D
N	7.820 A	1.680 A	4,2 A	7,9 A
i	5.690 BC	1.700 A	3,7 BC	3,7 CD
N + i	6.450 AB	1.580 A	4,0 AB	6,4 AB
C	6.100 B	1.430 A	3,5 C	5,0 BC
C + i	5.870 B	1.560 A	4,2 A	6,2 AB
EPM**	622	235	0,3	0,1

*N: fertilizante mineral, $80 \text{ kg N.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$; i: inoculante bacteriano; C: consórcio com amendoim forrageiro cv. Mandobi.

**Erro Padrão da Média. As médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem pela probabilidade da diferença ($P<0,1$).

4. DISCUSSÃO

As estratégias N, N + i e C + i apresentaram maiores biomassa (MF total), enquanto que para o controle os valores foram menores. Apesar disso, todas estratégias de fornecimento de

N avaliadas foram maiores quando comparado ao controle: 26% para N, 20% para C + i, 19% para N + i, 16% para i e 6% superior para C.

Dentre as estações, na primavera/15 foram registrados os menores valores de biomassa, devido a menor disponibilidade hídrica (265 mm), diferente do verão/16 (793 mm), primavera/16 (919 mm), e verão/17 (741 mm) (Tabela 2 e Figura 1).

As estratégias N e N + i geraram maiores massas de resíduo quando comparadas ao capim-ipyporã controle (Tabela 2). Primavera e verão do primeiro ano foram inferiores a primavera e verão do segundo ano (Tabela 2), provavelmente devido ao menor volume de chuva no primeiro ano (1.387 mm), 31% inferior ao segundo ano (2.015 mm)

O capim-ipyporã, como toda forrageira, apresenta sazonalidade de produção devido condições ambientais e também pelas estratégias de fornecimento de N. Quando as condições são favoráveis ao crescimento das plantas, as taxas morfogênicas são aceleradas e ajustes no manejo são necessários, sobretudo com aporte nitrogenado (Barbero et al., 2015), porém, quando há déficit hídrico, o efeito do N aplicado é nulo ou reduzido (Yamada e Abdalla, 2000).

Maior massa de resíduo contendo área foliar residual é interessante para o reestabelecimento do dossel forrageiro. Segundo Cecato et al. (2000), a capacidade de rebrotação do capim está ligada a diversos fatores, como os ambientais e a disponibilidade de minerais, principalmente o N, que quando disponível após o corte ou pastejo promove expansão das folhas, a retomada da capacidade fotossintética e a recuperação rápida da planta forrageira. A disponibilidade de N influencia o perfilhamento, a morfogênese e a produção de biomassa (Martuscello et al., 2015), pois o N é constituinte de proteínas, ácidos nucleicos, participa da síntese de vitaminas, hormônios, coenzimas e outros compostos. Nas folhas, o N está nos cloroplastos como constituinte da molécula de clorofila, em que cada átomo de Mg está ligado a quatro átomos de N (Taiz e Zeiger, 2006).

Os benefícios da aplicação de fertilizante nitrogenado mineral associados a inoculação, e apenas a inoculação em gramíneas, sobretudo em capins, ainda é questionável e com respostas distintas. A quantidade de N fixado pela FBN pode variar com as condições do ambiente, como acidez do solo, salinidade, deficiências ou excesso de minerais, estresse hídrico, variações na temperatura, e também conforme a quantidade de N inorgânico no solo (Andrade, 2010).

O efeito conjunto das estratégias, sobretudo N + i, pode ocorrer devido ao N aplicado via fertilizante não ser totalmente aproveitado pelas plantas, devido perdas irreversíveis e reversíveis no sistema solo-planta-ambiente (Barbosa et al., 2012). Além disso, as bactérias associativas poderiam complementar o aporte nitrogenado, via FBN, e/ou por promoção de crescimento, por estimularem a produção de fitormônios, principalmente ácido-indol-acético (AIA) e giberelina, afetando vias metabólicas, promovendo alterações no sistema radicular e por sua vez absorvendo mais minerais e água (Bashan et al., 2004). Contribuindo para um melhor aproveitamento dos fertilizantes aplicados e resistência às condições adversas (Barbosa et al., 2012).

Para a estratégia C + i possivelmente também há efeito associativo, pois, o N fornecido no processo de FBN, por ser utilizado *in situ*, é menos sujeito a lixiviação e volatilização (Huerigo, 2006) e quando há menor disponibilidade de N no solo a atividade de bactérias fixadoras passa a ser mais acelerada (Barbosa, 2012). Ao contrário das bactérias simbióticas no amendoim, as bactérias associativas como *A. brasilense* em gramíneas não formam nódulos e excretam apenas parte do N fixado diretamente para a planta associada (Hungria, 2011), mas também podem ser promotoras de crescimento (Bashan et al., 2004; Hungria, 2011).

A estratégia i incrementou em 16% a biomassa quando comparada a capim-ipyporã controle, o que pode ser um resultado promissor para sistemas de produção. Considerando que cada kg de N.ha⁻¹ adicionado aos pastos de capim-ipyporã aumentou 15,5 kg de biomassa,

infere-se que a inoculação isolada com *Azospirillum brasilense* equivaleu a uma dosagem de 49 kg.ha⁻¹ do fertilizante nitrogenado.

A consorciação também gerou maior biomassa, apesar da estratégia C ter sido menor ao C + i (12% superior), incrementou 6% em biomassa quando comparado a capim-ipyporã controle. A diferença das respostas dos consórcios está relacionada com a composição dos pastos, no verão/17, pela avaliação, foi observado proporção de amendoim forrageiro de 7,6% para a estratégia C, e 22,3% para C + i.

Ao final do período seco não se verificava a presença do amendoim forrageiro nos consórcios, os quais foram reestabelecidos por meio da ressemeadura natural no verão/16 e outono/16. A utilização do amendoim forrageiro, em regiões com seca prolongada (acima de 4 meses), é um desafio (Assis et al., 2013). Apesar disso, esse atributo também tem suas vantagens, uma vez que os componentes morfológicos do amendoim senesceram e o N concentrado poderia ser disponibilizado para a gramínea. Vale destacar que a cultivar Mandobi pode produzir 3.000 kg.ha⁻¹ no período de 18 a 21 meses após o plantio, característica que pode ser extremamente importante para persistência do consórcio (Valentim, 2011; Andrade e Assis, 2012; Assis et al., 2013).

Vários estudos corroboram a importância do N para aumento de produção. Silva Filho et al. (2014), estudando *B. brizantha* cv. Marandu sob doses crescentes de N, observaram incremento em biomassa, acúmulo de forragem, e em altura de dossel com a inclusão nitrogenada, com ponto máximo de 253 kg.ha⁻¹ para biomassa. Testando níveis de nitrogênio (0, 25, 50, 75, 100 kg.ha⁻¹), Oliveira et al. (2014) observaram incremento na produção de 45 kg de MS à medida que se aumentou a quantidade de cada kg de N.ha⁻¹. Santos et al. (2008) evidenciaram a contribuição do N no potencial produtivo da parte aérea em *B. brizantha* cv. Marandu e *B. decumbens* cv. Basilisk, que foi 4 vezes superior na dosagem de 300 kg.ha⁻¹ quando comparado ao controle.

Hungria et al. (2016), avaliando a capacidade de bactérias para promover o crescimento de plantas na presença de fertilizante nitrogenado em *B. brizantha* cv. Marandu e *B. ruziziensis* em três locais do Brasil, observaram que a fertilização nitrogenada e a fertilização nitrogenada mais *A. brasilense* promoveram aumentos médios em biomassa de 5,4% e 22,1%, respectivamente. Além disso, a diferença promovida pela presença de *Azospirillum* foi equivalente a uma aplicação de 40 kg de N.ha⁻¹ de fertilização nitrogenada. Quando capim-marandu e capim-ruziziensis receberam apenas fertilizante mineral (40 kg de N.ha⁻¹), o acúmulo de N na biomassa aumentou 3,6% e 17,3% e na combinação de fertilização mineral + *Azospirillum* ocorreu um aumento 28,2% e 36,1%, respectivamente. Isso reforça o efeito associativo das estratégias de fornecimento de N, os quais também foram verificados no presente experimento, quando comparado à inoculação isolada. Provavelmente, cada cultivar responderá de modo diferente à inoculação.

No milho, a inoculação com *Azospirillum* proporcionou produtividade semelhante àquela obtida com 100 kg de N.ha⁻¹ em cobertura, porém, a associação das duas estratégias reduziu a produtividade (Lana et al., 2012), e não houve respostas positivas (Sangoi et al., 2015). A inoculação em trigo, cevada e aveia, influenciou no rendimento, densidade e nitrogênio total nos grãos, indicando a possibilidade da substituição parcial da fertilização nitrogenada mineral pela inoculação (Dalla Santa et al., 2008). Em cana, na variedade RB867515, o crescimento e o acúmulo de N total na parte aérea promovidos pela inoculação foram similares à fertilização de 120 kg N.ha⁻¹ (Schultz et al., 2012).

Segundo Valentim et al. (2001), a massa de forragem de capim-marandu e grama estrela (*Cynodon dactylon* cv. Africana) aumentaram em consórcio com amendoim forrageiro. Barbero et al. (2009), avaliando consórcio de *Cynodon dactylon* cv. Coastcross com amendoim forrageiro cv. Amarillo com e sem adubação nitrogenada, observaram que massa de forragem foi menor na pastagem sem adubação com N e maior naquela adubada com a maior dose (200

kg.ha⁻¹) sem amendoim forrageiro. Apesar disso, os autores sugerem que é possível alcançar boas produções com o consórcio, entretanto somente a leguminosa não supre um aporte de N suficiente para produzir forragem de maneira semelhante aos pastos com maiores doses de N. O estabelecimento e a manutenção de consórcio com leguminosas de clima tropical tem apresentado muitos desafios, embora seja uma boa alternativa para assegurar a sustentabilidade das pastagens, garantindo o aporte de N no sistema e menores custos de produção (Valentim et al., 2001).

A emergência, o alongamento a senescência e morte de folhas definem o fluxo de biomassa em um dossel forrageiro e determinam o IAF (Gomide e Gomide, 2001). O IAF crítico ocorre quando 95% da luz incidente é interceptada pelo dossel forrageiro e deve ser o momento da colheita (Brougham, 1956), o que favorece a produção de forragem de maneira eficiente e evitando o acúmulo excessivo de colmos e de material morto (Pedreira et al., 2007). O aumento do IAF e IL até o nível crítico, influenciam positivamente a capacidade fotossintética do dossel, incrementando a produção de biomassa (Gomide e Gomide, 2001; Gimenes et al., 2017), como verificado principalmente para a estratégia N + i (Tabela 2 e 5).

O suprimento de N pode aumentar a brotação de gemas axilares, resultando em maior número de novos perfilhos e folhas (Martuscello et al., 2015). Quanto maior a massa de folhas remanescentes no resíduo, maior o IL e IAF e mais rapidamente o dossel se reestabelece, pois, a produção de folha (lâmina foliar) é uma característica importante para o crescimento das forrageiras, uma vez que é o componente responsável por grande parte dos processos fotossintéticos (Parsons, 1983).

Para IL do resíduo, o outono do primeiro ano foi a estação em que o capim-ipyporã interceptou mais luz, provavelmente devido ao desenvolvimento mais acelerado durante o período de estabelecimento, influenciado pelo ritmo morfogênico, como a taxa de aparecimento, além do crescimento radicular, como estratégia de sobrevivência (Damião-Filho,

2005). Além disso, a proximidade temporal da aplicação dos aportes nutricionais, tanto de N nos tratamentos condizentes, como de P e K. No segundo ano, verão foi a estação em que foram registradas as maiores porcentagens de interceptação, exceto quando não houve fornecimento de N (Tabela 5) e para IAFD, no segundo ano as estratégias N, N + i, C e C + i foram maiores no verão quando comparados a primavera (Tabela 4). A superioridade do verão é devido aos benefícios das fertilizações, que ocorreram em novembro e dezembro/16 e janeiro e fevereiro/17, associados à alta disponibilidade hídrica (Figura 1).

As maiores massas de colmo no resíduo foram registradas para pastos de capim-ipyporã com estratégias nitrogenadas (Tabela 3) devido ao crescimento mais acelerado das plantas. O colmo tem as funções de sustentação e translocação de assimilados para as folhas, que são importantes principalmente em condições favoráveis ao crescimento (Fagundes et al., 2006), como disponibilidade hídrica, temperatura e nutrientes. Dessa maneira, para estações, foram registrados maiores massas e proporções de colmo nos verões, seguido da primavera/16 e com menor massa para primavera/15 (Tabela 3 e 4 e Figura 1).

Houve grande variação entre as estratégias e estações para massa e proporção de material morto no resíduo (Tabela 3 e 4). Ao mesmo tempo que suprimento de N foi importante para o acúmulo de folhas, de maneira geral, dentro das estações, também favoreceu a senescência, aumentando material morto. Na ausência de N, as plantas permanecem com baixa taxa de senescência foliar, como uma estratégia para continuarem vivas, devido ao decréscimo de seu metabolismo (Martuscello et al., 2009). Os maiores valores de massa e proporção de material morto na primavera no segundo ano, exceto para capim-ipyporã controle (Tabela 3 e 4), podem ter relação com o período seco que antecedeu esta estação e a grande massa de material morto acumulado, devido ao longo período de descanso, cerca de 200 dias.

Resultados verificados na literatura são similares aos aqui encontrados. Para capim-xaraés e capim-massai, a adubação nitrogenada aumentou a produções de lâmina, do colmo e

de material morto, evidenciando que o N, embora exerça influência positiva no acúmulo de material verde, também atua como promotor do processo de senescência (Martuscello et al., 2009). Euclides et al., (2008), avaliando três cultivares de *Brachiaria* no período das águas sob pastejo a cada 28 dias, no resíduo de 20 cm e fertilização de 100 kg N.ha⁻¹.ano⁻¹, encontraram proporção de folha de 266 g.kg⁻¹, 283, 370 e 348 g.kg⁻¹ de colmo e 467, 331, 395 g.kg⁻¹ de material morto para capim-marandu, piatã e xaraés, respectivamente. Echeverria et al. (2016), avaliando capim-ipyporã pastejado ao atingir 95% IL, utilizando fertilização de 150 kg N.ha⁻¹.ano⁻¹ e com amostras a nível de resíduo de 10 e 15 cm, observaram proporção de folha de 200 g.kg⁻¹, colmo de 270 g.kg⁻¹ e material morto de 530 g.kg⁻¹

A estratégia i, sozinha ou associado com N, apresentou maiores IAFD, IL e massa de folha, variáveis altamente correlacionadas. A inoculação com *Azospirillum* spp. em capim-marandu promoveu efeito positivo sobre altura das plantas, número de folhas, número de perfilhos (Guimarães et al., 2011); taxa de aparecimento de folhas, aumento da largura final da folha, taxa de alongamento e alargamento foliar, redução na proporção de colmo e do filocrono (Souza, 2014), variáveis que são fundamentais no IAF e IL no dossel forrageiro.

No final do período experimental, após 2 anos, capim-ipyporã controle apresentou menor massa de resíduo e a maior massa foi registrada para a estratégia N, seguido de N + i (Tabela 6). Os pastos controle também apresentaram menor massa de raiz quando comparado a qualquer outra estratégia. A baixa disponibilidade de N pode afetar negativamente o desenvolvimento da raiz, e por consequência a taxa de crescimento (Gimenes et al., 2017), conforme registrado neste estudo.

O comprimento, a superfície, a massa seca de raízes e o total de N acumulado nas plantas correlacionam-se positivamente (Batista e Monteiro, 2006). O aumento nos teores de N nos órgãos de reservas promovido pelas maiores doses de N é importante na recuperação da planta após desfolhação (Rodrigues et al., 2007), pois apenas cerca de 20% do N é absorvido via solo

na primeira semana após o corte, e o restante é proveniente da parte aérea e das raízes (Chapman e Lemaire, 1996).

As raízes exercem funções vitais no desenvolvimento das plantas forrageiras, proporcionam a sustentação e são responsáveis por parte da reserva de nutrientes, utilizados principalmente para suprir os processos metabólicos (Santos et al., 2008). Estas são a porta de entrada na absorção de água e nutrientes, refletindo a capacidade produtiva da parte aérea. O vigor do sistema radicular tem influência na resistência ao estresse hídrico, na competitividade por nutrientes e, em consequência, na relação com o menor tempo para reestabelecimento do dossel forrageiro (Silva et al., 2014), e maior biomassa (Silva Filho et al., 2014).

Neste sentido, Batista e Monteiro (2006) observaram que doses elevadas de N (até 800 kg.ha⁻¹) em capim-marandu foram responsáveis pelo maior comprimento, superfície e massa das raízes. Silva Filho et al. (2014) também verificaram diferenças positivas a partir do fornecimento de dose de 150 kg de N.ha⁻¹ até 350 kg de N.ha⁻¹, assim como Santos et al., (2008) para a dose de 300 kg de N.ha⁻¹. A mesma resposta foi observada por Rodrigues et al. (2012) para capim-xaraés, em que a massa de raiz e de parte aérea aumentou de forma linear crescente à adubação nitrogenada (até 450 kg.ha⁻¹). Diferente disso, Martuscello et al. (2009) não verificaram efeito da adubação nitrogenada no sistema radicular do capim-xaraés e capim-massai e os autores relacionam isso à altura do corte a 5 cm do solo, pois a desfolhação drástica causou estresse e promoveu remobilização de reservas das raízes para recuperação da área foliar.

Em capim-tifton 85 a fertilização com N promoveu efeito positivo na massa da parte aérea e das raízes e na concentração de N no tecido foliar e nas raízes (Premazzi e Monteiro, 2002). Para capim-xaraés, doses de N (0, 150, 300 e 450 kg.ha⁻¹) aumentaram a concentração de N total e da produção de MS da base do caule e raiz e reduziram a concentração de

carboidratos não estruturais (Rodrigues et al., 2007). Tais repostas reforçam a importância das estratégias nitrogenadas.

Além das respostas das estratégias nitrogenadas isolados, a associação também foi positiva. Guimarães et al. (2011) observaram que massa radicular de capim-marandu inoculado foi superior à sem inoculação e ao tratamento que recebeu adubação nitrogenada. Souza (2014) também observou aumento na massa seca de raiz na profundidade de 0 a 10 cm com inoculação.

Plantas com N mais prontamente disponível tendem a crescer de forma mais acelerada, porém se tornam, ao mesmo tempo, mais suscetíveis às condições ambientes desfavoráveis (Souza, 2014). Além da FBN, bactérias do gênero *Azospirillum* auxiliam no aumento da superfície de absorção das raízes de plantas (Guimarães et al., 2011), reduzindo as consequências do estresse hídrico, ampliando a absorção de água e de nitrogênio, aumentando a síntese de clorofila e resultando no retorno produtivo pós-estresse mais rápido (Souza, 2014).

5. CONCLUSÃO

Capim-ipyporã é responsivo as estratégias de fornecimento de N, com ganhos relativos em biomassa entre 6 e 26%. Infere-se que a estratégia inoculante *Azospirillum brasilense* equivale a uma dosagem de 49 kg.ha⁻¹ do fertilizante nitrogenado. As melhores respostas são observadas quando capim-ipyporã é submetido a estratégia fertilização nitrogenada mineral e consórcio com *Arachis pintoi* cv. Mandobi + *Azospirillum brasilense*.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2014.

ANDRADE, C.M.S.; ASSIS, G.M.L. **Consortiação de Pastagens: potencial da tecnologia e fatores de sucesso.** Produção intensiva de pastagens. Informe Agropecuário. Belo Horizonte - MG. v. 33, n. 266, 2012.

- ANDRADE, C.M.S. Produção de Ruminantes em Pastos consorciados. In: V SIMFOR, Simpósio Sobre Manejo Estratégico Da Pastagem. III Simpósio Internacional sobre Produção Animal Em Pastejo. **Anais...** Viçosa - MG: UFV. p. 171-214, 2010.
- ASSIS, G.M.L.; VALENTIM, J.F.; ANDRADE, C.M.S. BRS Mandobi: a new forage peanut cultivar propagated by seeds for the tropics. **Tropical Grasslands – Forrajes Tropicales**, v. 1, p. 39 - 41, 2013.
- BARBOSA, J.Z.; CONSALTER, R.; MOTTA, A.C.V. Fixação biológica de nitrogênio em Poaceae. **Evidência-Ciência e Biotecnologia**, v. 12, n. 1, p. 7-18, 2012.
- BARBERO, L.M.; BASSO, K.C.; IGARASI, M.S.; PAIVA, A.J.; BASSO, F.C. Respostas morfológicas e estruturais de plantas tropicais submetidas à desfolhação. **Boletim de Indústria Animal**, v. 72, p. 321-330, 2015.
- BARBERO, L.M.; CECATO, U.; LUGÃO, S.M.B.; GOMES, J.A.N.; LIMÃO, V.A.; BASSO, K.C. Produção de forragem e componentes morfológicos em pastagem de coastcross consorciada com amendoim forrageiro. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 5, p. 788-795, 2009.
- BARCELLOS, A.O.; RAMOS, A.K.B.; VILELA, L.; MARTHA JUNIOR, G.B. 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.
- BASHAN, Y.; HOLGUIN, G.; BASHAN, L.E. *Azospirillum* plant relationships: physiological, molecular, agricultural and environmental advances (1997-2003). **Canadian Journal of Microbiology**, v. 50, p. 521-577, 2004.
- BATISTA, K.; MONTEIRO, F.A. Sistema radicular do capim-marandu, considerando as combinações de doses de nitrogênio e de enxofre. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, p. 821-828, 2006.
- BROUGHAM, R.W. Effects of intensity cology and Mangement of Grazing Systems of defoliation on regrowth of pasture. **Australian Journal Agricultural Research**, v. 7, p. 377-387. 1956.
- CHAPMAN, D.; LEMAIRE, G. **Tissue flows in grazed plant communities**. In: HODGSON, J.; ILLIUS, A.W. (Ed.). The ecology and management of grazing systems. Guilford: CAB International, p. 3-36. 1996.
- CECATO, U.; YANAKA, F.Y.; BRITO FILHO, M.R.T.; SANTOS, G.T.S.; CANTO, M.W.; ONORATO, W.M.; PERNELLI, M. Influência da adubação nitrogenada e fosfatada na produção, na rebrota e no perfilhamento do capim-marandu (*Brachiaria brizantha* [Hochst] stapf. Cv. Marandu). **Acta Scientiarum**, v. 22 (3), p. 817-822, 2000.
- DALLA SANTA, O.R.; DALLA SANTA, H.S.; FERNÁNDES, R.; MICHELENA, G.; JUNIOR, P.R.; SOCCOL, C.R. Influence of *Azospirillum sp.* inoculation in wheat, barley and oats. **Ambiência**, v. 4, n. 2, p. 197-207, 2009.

- DAMIÃO FILHO, C. F. **Morfologia vegetal**. 2 ed. Jaboticabal: Funep, 172 p., 2005.
- DETMANN, E.; SOUZA, M.A.; FILHO, S.C.V.; QUEIROZ, A.C.; BERCHIELLI, T.T.; SALIBA, E.O.S.; CABRAL, L.S.; PINA, D.S.; LADEIRA, M.M.; AZEVEDO, J.A.G. **Métodos para análise de alimentos. Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia Animal. INCT – Ciência Animal**. Livraria UFV. 214p. Visconde do Rio Branco, MG: Suprema, 2012.
- DÖBEREINER, J. Biological nitrogen fixation in the tropics: social and economic contributions. **Soil Biology and Biochemistry**. v. 29, n. 36, p. 771-774, 1997.
- ECHVERRIA, J.R.; EUCLIDES, V.P.B.; SBRISIA, A.F.; MONTAGNER, D.B.; BARSOSA, R.A.; NANTES, N.N. Acúmulo de forragem e valor nutritivo do híbrido de *Urochloa* 'BRS RB331 Ipyporã' sob pastejo intermitente. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 51, n. 7, p. 880-889, 2016.
- EMERENCIANO NETO, J.V.; DIFANTE, G.S.; MONTAGNER, D.B.; BEZERRA, M.G.S.; GALVÃO, R.C.P.; VASCONCELOS, R.I.G. Características estruturais do dossel e acúmulo de forragem em gramíneas tropicais, sob lotação intermitente e pastejada por ovinos. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 4, p. 962-973, 2013.
- EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Centro Nacional de Pesquisa de Solos: Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 3 ed., 306 p., 2013.
- Embrapa Agrossilvipastoril. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Estação meteorológica**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/agrossilvipastoril/estacao-meteorologica>>. Acessado em 07 de outubro de 2017.
- EUCLIDES, V.P.B.; MACEDO, M.C.M.; VALLE, C.B.; BARBOSA, R.A.; GONÇALVES, W.V. Produção de forragem e características da estrutura do dossel de cultivares de *Brachiaria brizantha* sob pastejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 12, p. 1805-1812, 2008.
- FAGUNDES, J.L.; FONSECA, D.M.; MISTURA, C.; MORAIS, R.V.; VITOR, C.M.T.; GOMIDE, C.A.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; CASAGRANDE, D.R. Características morfogênicas e estruturais do capim-braquiária em pastagem adubada com nitrogênio avaliadas nas quatro estações do ano. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 1, p. 21-29, 2006.
- FONSECA, D.M. da; SANTOS, M.E.R.; MARTUSCELLO, J.A. Adubação de pastagens no Brasil: Uma análise crítica. In: PEREIRA, O.G.; OBEID, J.A.; FONSECA, D.M. da; NASCIMENTO JÚNIOR, D. (Ed.) Simpósio sobre manejo estratégico da pastagem. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, **Anais...** p. 295-334, 2008.
- GIMENES, F.M.A.; BARBOSA, H.Z.; GERDES, L.; GIACOMINI, A.A.; MATTOS, W.T.; BATISTA, K.; PREMAZZI, L.M.; MIGUEL, A.N.V. The utilization of tropical legumes to provide nitrogen to pastures: a review. **African Journal of Agricultural Research**. v. 12, n. 2, p. 85-92, 2017.

- GOMIDE, J.A.; GOMIDE, C.A.M. Utilização e manejo de pastagens. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38. Piracicaba - SP. **Anais...** 2001.
- GUIMARÃES, S.L.; BONFIM-SILVA, E.M.; POLIZEL, A.C.; CAMPOS, D.T.S. Produção de Capim-Marandu inoculado com *Azospirillum* spp. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 7, n. 13, pp.816 - 826, 2011.
- HUERGO, L.F. Regulação do metabolismo do nitrogênio em *Azospirillum brasilense*. **Tese** (Doutorado - Pós-Graduação em Ciências Bioquímica) - Universidade federal do Paraná, Curitiba, 170 p., 2006.
- HUNGRIA, M. **Inoculação com *Azospirillum brasilense*: inovação em rendimento a baixo custo**. Embrapa Soja. Documentos, n. 325. Londrina – PR, 36 p., 2011.
- 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. 221, p. 125–131, 2016.
- LANA, M.C.; DARTORA, J.; MARINI, D.; HANN, J.E. Inoculation with *Azospirillum*, associated with nitrogen fertilization in maize. **Revista Ceres**, v. 59, n. 3, p. 399-405, 2012.
- LITTELL, R.C.; MILLIKEN, G.A.; STROUP, W.W.; WOLFINGER, R.D.; SCHABENBERGER, O. **Sas for Mixed Models**. 2. ed. SAS Institute Inc., 2006.
- MARTHA JUNIOR, G.B.; VILELA, L.; BARIONI, L.G.; SOUZA, D.M.G.; BARCELLOS, A. O Manejo da Adubação Nitrogenada em Pastagens. In: PEDREIRA, C.G.C.; MOURA, J.C.; FARIA, V.P. Fertilidade do Solo para Pastagens Produtivas; 21º Simpósio sobre Manejo de Pastagem. Piracicaba: FEALQ, **Anais...** p. 155-215, 2004.
- MARTHA-JÚNIOR, G.B.; VILELA, L.; SOUSA, D.M.G. **Cerrado: Uso Eficiente de Corretivos e Fertilizantes em Pastagem**. 1 ed. Planaltina, DF: Embrapa, 224 p., 2007.
- MARTUSCELLO, J.A.; FARIA, D.J.G.; FONSECA, D.M. Adubação nitrogenada e partição de massa em plantas de *Brachiaria brizantha* cv. xaraés e *Panicum maximum* x *Panicum infestum* cv. Massai. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, n. 3, p. 663-667, 2009.
- MARTUSCELLO, J.A.; SILVA, L.P.; CUNHA, D.N.F.V.; BATISTA, A.C.S.; BRAZ, T.G.S.; FERREIRA, P.S. Adubação nitrogenada em capim-massai: morfogênese e produção. **Ciência Animal Brasileira**, v. 16, n. 1, 2015.
- MOREIRA, F.M. de S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e Bioquímica do Solo**. 2ª edição atualizada e ampliada. Lavras, Editora UFLA, 729 p., 2006.
- OLIVEIRA, H.M.R; SANTOS, A.C; OLIVEIRA, L.B.T; ARAÚJO, A.S; RODRIGUES, M.O.D; SILVEIRA JUNIOR, O. Características agronômicas do capim *Brachiaria Brizantha* cv. Marandu submetido a doses de nitrogênio. **Anais...** Amazon Soil – I Encontro de Ciência do Solo da Amazônia Oriental. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Núcleo Regional Amazônia Oriental. Gurupi-TO, p. 34-40, 2014.

- PARSONS, A.J., LEAFE, E.L., COLLET, B., STILES, W. The physiology of grass production under grazing. 1. Characteristics of leaf and canopy photosynthesis of continuously grazed swards. **Journal Applied Ecology**, v. 20, p. 117-136, 1983.
- PEDREIRA, B.C.; PEDREIRA, C.G.S.; SILVA, S.C. Estrutura do dossel e acúmulo de forragem de *Brachiaria brizantha* cultivar Xaraés em resposta a estratégias de pastejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 2, p. 281-287, 2007.
- PEDREIRA, C.S.; VALDSON J.; PEDREIRA, B.C.; SOLLENBERGER, L. Herbage Accumulation and Organic Reserves of Palisadegrass in Response to Grazing Management based on Canopy Targets. **Crop Science**, v. 57, p. 2283-2293, 2017.
- PREMAZZI, L.M.; MONTEIRO, F.A. Produção do capim-tifton 85 submetido a doses e épocas de aplicação de nitrogênio após o corte. **Boletim de Indústria Animal**, v. 59, n. 1, p. 1-16, 2002.
- RODRIGUES, R.C.; LIMA, D.O.S.; CABRAL, L.S.; PLESE, L.P.M.; SCARAMUZZA, W.L.M.P.; UTSONOMYA, T.C.A.; SIQUEIRA, J.C.; JESUS, A.P.R. Produção e morfofisiológica do capim *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés sob doses de nitrogênio e fósforo. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 2, n. 1, p. 124-131, 2012.
- RODRIGUES, R.C.; MOURÃO, G.B.; VALINOTE, A.C.; HERLING, V.R. Reservas orgânicas, relação parte aérea-raiz e c-n e eliminação do meristema apical no capim-xaraés sob doses de nitrogênio e potássio. **Ciência Animal Brasileira**, v. 8, n. 3, p. 505-514, 2007.
- SANGOI, L.; MARASCHI DA SILVA, L.M.; MOTA, R.M.; PANISON, F.; SCHMITT, A.; SOUZA, N.M.; SCHENATTO, D.E. Desempenho agrônômico do milho em razão do tratamento de sementes com *Azospirillum* sp. e da aplicação de doses de nitrogênio mineral. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 4, 2015.
- SANTOS, L.C.; BONOMO, P.; DA SILVA, C.C.F.; PIRES, A.J.V.; VELOSO, C.M.; DA SILVA PATÊS, N.M. Produção e composição química da *Brachiaria brizantha* e *Brachiaria decumbens* submetidas a diferentes adubações. **Ciência Animal Brasileira**, v. 9, n. 4, p. 856-866, 2008.
- SCHULTZ, N.; MORAIS, R.F.; SILVA, J.A.; BAPTISTA, R.B.; OLIVEIRA, R.P.; LEITE, J.M.; BODDEY, R.M. Avaliação agrônômica de variedades de cana-de-açúcar inoculadas com bactérias diazotróficas e adubadas com nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 2, p. 261-268, 2012.
- SILVA FILHO, A.S.; MOUSQUER, A.J.; CASTRO, W.J.R.; SIQUEIRA, J.V.M.; OLIVEIRA, V.J.; MACHADO, R.J.T. Desenvolvimento de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu submetido a diferentes doses de ureia. **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**, v. 08, n. 1, p. 172-188, 2014.
- SILVA, G.L.S.; CARNEIRO, M.S.S.; FURTADO, F.M.V.; SANTOS, F.J.S.; SILVA, M.S.; COSTA, N.L.; MAGALHÃES, J.A. Algumas considerações sobre o sistema radicular de plantas forrageiras. **PUBVET**, v. 8, n. 6, Ed. 255, Art. 1687, 2014.

- SOIL SURVEY STAFF. **Keys to soil taxonomy**. Department of Agriculture: Natural Resources Conservation Service, 2014.
- SOUZA, P.T. Inoculação com *Azospirillum brasilense* e adubação nitrogenada em *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. **Dissertação** (Mestrado). Universidade Federal de Goiás Regional. Programa de Pós-graduação em Agronomia. Jataí - GO, 2014.
- TAIZ, L; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 2.ed. Porto Alegre: Artmed, 719 p., 2006.
- VALENTIM, J.F.; CARNEIRO, J.C.; SALES, M.F.L. **Amendoim forrageiro cv. Belmonte: leguminosa para a diversificação das pastagens e conservação do solo no Acre**. Rio Branco:Embrapa CPAF-Acre, (Embrapa Acre. Comunicado Técnico 43). p. 14, 2001.
- VALENTIM, J.F. **Produção de sementes de *Arachis pintoi* cv. BRS Mandobi no Acre**. In: Introdução. Rio Branco, AC. Embrapa Acre (Sistemas de Produção, 4). ISSN 1679-1134 Versão Eletrônica, 2011. Disponível em: <<https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/>>. Acesso em 07 maio 2016.
- YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S. Como melhorar a eficiência da adubação nitrogenada do milho? **Informações Agronômicas**. Piracicaba - SP, n. 91, p. 1-5, 2000.
- WOLFINGER, R.; OCONNELL, M. Generalized linear mixed models – a pseudo-likelihood approach. **Journal of Statistical Computation and Simulation**, v. 48, n. 3-4, p. 233-243, 1993.

CONCLUSÕES GERAIS

Em busca de intensificação dos sistemas de produção com pecuária, o nitrogênio é um elemento essencial para garantir maior produtividade das forrageiras. O capim-ipyporã foi lançado recentemente e tem potencial para ser uma opção promissora de uso na pecuária, e responde de maneira positiva as estratégias de fornecimento de nitrogênio.

O capim-ipyporã apresenta um padrão de resposta semelhante, nas diversas variáveis estudadas, quando submetido a fertilização nitrogenada mineral, fertilização nitrogenada mineral + *Azospirillum brasilense* e consórcio com *Arachis pintoi* cv. Mandobi + *Azospirillum brasilense*.

A fixação biológica de nitrogênio e o uso de bactérias promotoras de crescimento em plantas é uma alternativa mais barata e sustentável para o fornecimento de N, trata-se de uma alternativa capaz de permitir que o produtor diminua o uso de fertilizantes nitrogenados minerais, principalmente frente a um cenário de aumento nos custos de produção e de maiores pressões ambientais.