**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Respostas agronômicas, reservas orgânicas e fixação biológica de N em
amendoim forrageiro (*Arachis pintoi* Krapovickas & Gregory cv.
Belmonte) sob pastejo**

Lucas da Rocha Carvalho

Tese apresentada para obtenção do título de Doutor em
Ciências. Área de concentração: Ciência Animal e
Pastagens

**Piracicaba
2018**

Lucas da Rocha Carvalho
Engenheiro Agrônomo

**Respostas agronômicas, reservas orgânicas e fixação biológica de N em amendoim
forrageiro (*Arachis pinto* Krapovickas & Gregory cv. Belmonte) sob pastejo**

versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:

Prof. Dr. **SILA CARNEIRO DA SILVA**

Co-orientadora:

Profa. Dra. **LILIAN ELGALISE TECHIO PEREIRA**

Tese apresentada para obtenção do título de Doutor em
Ciências. Área de concentração: Ciência Animal e
Pastagens

Piracicaba
2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA – DIBD/ESALQ/USP

Carvalho, Lucas da Rocha

Respostas agronômicas, reservas orgânicas e fixação biológica de N em amendoim forrageiro (*Arachis pintoi* Krapovickas & Gregory cv. Belmonte) sob pastejo / Lucas da Rocha Carvalho. - - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2018.

147 p.

Tese (Doutorado) - - USP / Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.

1. Leguminosa forrageira 2. Nitrogênio 3. Pastejo rotativo 4. Respostas adaptativas I. Título

Dedico,

Aos meus pais, **Jorge Carvalho e Zulma Rosa da Rocha Carvalho**, pelo amor indescritível e apoio incondicional!

Meu eterno amor e gratidão!

Ofereço,

À minha irmã, **Emanuela da Rocha Carvalho**, por todo apoio, carinho, educação e incentivo desde sempre! Muito obrigado!

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo esplêndido o dom da vida!

Ao meu orientador, Professor Dr. Sila Carneiro da Silva, pelo exemplo de profissionalismo, e pela oportunidade de aprendizado e crescimento pessoal e profissional.

A Professora Dr. Lilian Engalise Techio Pereira (USP/FZEA) pela dedicação, auxílio e participação direta para realização deste trabalho, fazendo *jus* o papel posição de co-orientadora meus sinceros agradecimentos.

Ao Professor Dr. André Fischer Sbrissia (UDESC/CAV) pela amizade, formação desde a graduação, com auxílios e contribuições valiosas durante o curso.

Aos Professores Dr. Plínio Barbosa de Camargo e Dr. Luiz Antonio Martinelli (CENA/USP) e a técnica Fabiana Cristina Fracassi Adorno por disponibilizarem o Laboratório de Ecologia Isotópica e auxiliarem para a realização das análises de ^{15}N .

A Professora Carla Maris Machado Bittar (ESALQ/USP) pelo auxílio na liofilização das amostras para determinação de compostos de reservas e outras dúvidas com as análises químicas.

Ao Professor Dr. Flávio Augusto Portela Santos por disponibilizar os animais para a realização do experimento.

À ESALQ e à coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e Pastagens pela oportunidade de desenvolver o curso de doutorado.

Aos professores da Pós-graduação e técnicos pelos valiosos ensinamentos transmitidos durante as disciplinas e discussões ao longo do curso de doutorado.

A todos estagiários que contribuíram com a execução do projeto, em especial a Bia Anchão Oliveira (Xãtili) e Luiz Henrique Goulart Bernardes (Morfina) que acompanharam e auxiliaram do início ao fim as atividades experimentais.

Aos técnicos e funcionários do departamento de Zootecnia da Esalq Carlos Cesar Alves, Emerson Smania, Jucelino Lopes da Silva, Laerte Dagher Cassoli e Lauriano Alves da Silva.

Ao José Figueiredo (Zezinho) por todo auxílio e ajuda com o sistema de irrigação.

A todos os colegas do Grupo de Estudos em Plantas Forrageiras (GEPF) e do Laboratório de Plantas Forrageiras (LAPF), pela boa convivência e companheirismo durante o dia a dia.

A Gabrielle Alencar, pelo amor, apoio, paciência e dedicação, obrigado!

Enfim, a todos que contribuíram e que não estão aqui citados, mas que contribuíram para a realização deste trabalho, muito obrigado!

No décimo sétimo capítulo de São Lucas é escrito que o Reino de Deus está dentro do homem, não de um só homem ou um grupo de homens, mas em todos os homens! Está em vós!

(Charles “Charlie” Spencer Chaplin, em “O grande ditador”)

***“Seja você quem for, seja qual for a posição social que você tenha na vida, a mais alta ou a mais baixa, tenha sempre como meta muita força, muita determinação e sempre faça tudo com muito amor e com muita fé em Deus, que um dia você chega lá.
De alguma maneira você chega lá.
(Ayrton Senna da Silva)***

SUMÁRIO

RESUMO	9
ABSTRACT	10
1. INTRODUÇÃO	11
Referências	12
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	13
2.1 O amendoim forrageiro	13
2.2 Fixação biológica de nitrogênio em leguminosas forrageiras	14
2.3 Reservas orgânicas e sua importância no manejo do pastejo.....	16
2.4 Modelo Conceitual	20
2.5 Objetivo geral.....	20
REFERÊNCIAS	21
3 RESPOSTAS AGRONÔMICAS DO AMENDOIM FORRAGEIRO (<i>Arachis pintoi</i> Krapovickas & Gregory cv. Belmonte) SUBMETIDO A ESTRATÉGIAS DE PASTEJO ROTATIVO.....	27
Resumo.....	27
Abstract	28
3.1 Introdução	28
3.2 Material e métodos.....	30
3.2.1 Localização, Tratamentos e Delineamento Experimental.....	30
3.2.2 Medidas	33
3.2.3 Análise estatística.....	37
3.3 Resultados	37
3.3.1 Condição pós-pastejo	40
3.3.2 Condição pré-pastejo.....	45
3.4 Discussão	52
3.5 Conclusão.....	56

Referências	56
4 NODULAÇÃO E FIXAÇÃO BIOLÓGICA DE NITROGÊNIO (FBN) EM AMENDOIM FORRAGEIRO (<i>Arachis pintoi</i>) cv. BELMONTE MANEJADO SOB DIFERENTES MÉTODOS DE PASTEJO.....	61
Resumo	61
Abstract.....	62
4.1 Introdução.....	62
4.2 Material e métodos	65
4.2.1 Localização, tratamentos e delineamento experimental	65
4.2.2 Experimento 1 – Protocolo lotação contínua.....	67
4.2.3 Experimento 2 – Protocolo lotação intermitente	68
4.2.4 Avaliações experimentais	69
4.2.5 Análise estatística	74
4.3 Resultados.....	74
4.3.1 Protocolo lotação contínua	74
4.3.2 Protocolo lotação intermitente.....	78
4.4 Discussão	85
4.4.1 Protocolo lotação contínua	86
4.4.2 Protocolo lotação intermitente.....	91
4.5 Conclusão	100
Referências	100
5 RESERVAS ORGÂNICAS EM PASTOS DE <i>Arachis pintoi</i> KRAPOVICKAS & GREGORY cv. BELMONTE SUBMETIDO A ESTRATÉGIAS DE PASTEJO ROTATIVO	109
Resumo	109
Abstract.....	109
5.1 Introdução.....	110
5.2 Material e métodos	112

5.2.1 Localização, Tratamentos e Delineamento Experimental.....	112
5.2.2 Medidas	115
5.2.3 Amostras para determinações de reservas orgânicas	118
5.2.4 Análises Químicas.....	118
5.2.5 Análise estatística.....	119
5.3 Resultados	119
5.3.1 Condição Pós-Pastejo.....	119
5.3.2 Condição Pré-Pastejo	124
5.4 Discussão	128
5.5 Conclusão.....	137
Referências.....	137
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	143
Referências.....	145
7 CONCLUSÕES	147

RESUMO

Respostas agronômicas, reservas orgânicas e fixação biológica de N em amendoim forrageiro (*Arachis pintoi* Krapovickas & Gregory cv. Belmonte) sob pastejo

A frequência ideal de pastejo em gramíneas tropicais é aquela associada com a interrupção da rebrotação quando o dossel forrageiro atinge 95% de interceptação da luz incidente (IL). Leguminosas forrageiras tropicais, particularmente o amendoim forrageiro, apresentam elevado potencial de uso, especialmente pela habilidade de fixar N_2 atmosférico. Contudo, informações acerca de suas respostas sob condições de pastejo são escassas. O objetivo deste estudo foi avaliar as respostas agronômicas, as reservas orgânicas de C e N e a fixação biológica de N do amendoim forrageiro (*Arachis pintoi* cv. Belmonte) sob condições de pastejo. No caso das avaliações de fixação biológica de N, foram conduzidos dois experimentos, um sob lotação contínua e outro sob lotação intermitente (pastejo rotativo). Durante o período que antecedeu cada um dos experimentos (entre 60 e 90 dias) os piquetes foram submetidos aos tratamentos de pastejo para adaptação. Para o experimento de lotação intermitente os tratamentos corresponderam a combinações entre duas condições pré- (95% e máxima interceptação de luz durante a rebrotação – $IL_{95\%}$ e $IL_{Máx}$, respectivamente) e duas condições pós-pastejo (alturas pós-pastejo correspondentes a 40 e 60% da altura pré-pastejo) alocados às unidades experimentais segundo arranjo fatorial 2x2 e delineamento de blocos completos casualizados, com quatro repetições. Para o experimento de lotação contínua os tratamentos corresponderam a quatro alturas de manejo (5, 10, 15 e 20 cm) mantidas constantes ao longo de todo o período experimental. As avaliações foram realizadas ao longo de todo o ano, em épocas predeterminadas. Sob lotação intermitente, pastos manejados com a meta $IL_{95\%}$ apresentaram menor altura pré-pastejo (13,3 cm) relativamente a pastos manejados com a meta $IL_{Máx}$ (18,5 cm), assim como menor acúmulo de estolão durante a rebrotação, porém sem diferença em acúmulo de forragem. Variações estacionais nas respostas agronômicas estiveram associadas ao ciclo anual de desenvolvimento das plantas e sua estratégia para otimizar recursos energéticos, evento conhecido como segmentação. Ao contrário da maioria dos relatos apresentados na literatura, pastejos frequentes ($IL_{95\%}$) e severos (40% da altura pré-pastejo) sob lotação intermitente ou mais intensos sob lotação contínua (alturas de manejo de 5 e 10 cm) não ocasionaram impactos negativos sobre o sistema radicular e o processo de nodulação. Contudo, maiores valores de nitrogênio oriundo da fixação biológica (%N_{dda}) e a FBN ($kg\ ha^{-1}\ N$) foram obtidos em pastos manejados com estratégias de manejo de intensidade de pastejo moderada a leniente, caracterizadas por valores maiores de biomassa da parte aérea (IAF médio) independente do método de pastejo empregado. As reservas orgânicas de carbono (C) e nitrogênio (N) apresentaram variações ao longo do ano. De forma geral, períodos menos propícios ao crescimento e desenvolvimento da espécie (outono/inverno e início de primavera) apresentaram acúmulo de CHO's e nitrogênio solúvel tanto em concentração como em quantidade (*pool*). Independentemente do método de pastejo considerado, lotação contínua e lotação intermitente, as respostas avaliadas apresentaram como ponto comum a luz e suas relações, uma vez que quando avaliadas em função da biomassa aérea média ou IAF médios seguiram um mesmo continuum de variação. Intensidade de pastejo moderada a leniente parece ser a mais indicada para o manejo do amendoim forrageiro sob pastejo.

Palavras-chave: Acúmulo de forragem; Carboidratos solúvel; Fixação biológica de nitrogênio; Manejo do pastejo; Reservas orgânicas

ABSTRACT

Agronomic responses, organic reserves and nitrogen biological fixation in forage peanut

(*Arachis pintoi* Krapovickas & Gregory cv. Belmonte) under grazing

The ideal grazing frequency of tropical forage grasses is associated with the interruption of regrowth when sward canopy intercepts 95% of the incident light (LI). Tropical forage legumes, particularly forage peanut, have a high potential of use, specially due to their ability to fix nitrogen from the atmosphere. However, information about their responses under grazing are scarce. The objective of this study was to evaluate the agronomic responses, C and N organic reserves and nitrogen biological fixation (NBF) of forage peanut (*Arachis pintoi* cv. Belmonte) under grazing. For measurements regarding NBF, two experiments were carried out, one under continuous and other under intermitent stocking (rotational grazing). Prior to the beginning of the experiments (between 60 and 90 days), paddocks were subjected to the grazing treatments for adaptation purposes. For the intermitent stocking experiment, treatments corresponded to combinations between two pre- (95% and maximum canopy light interception during grazing – $LI_{95\%}$ and LI_{Max} , respectively) and two post-grazing conditions (post-grazing heights equivalent to 40 or 60% of the pre-grazing height). For the continuous stocking experiment, treatments corresponded to four grazing intensities represented for sward management heights of 5, 10, 15 and 20 cm. The experimental design was the same, a randomized complete block with four replications. Measurements were carried out throughout the year, in pre-determined seasons. Under intermitent stocking, swards managed with the $LI_{95\%}$ target were shorter (13.3 cm) than those managed with the LI_{Max} target (18.5 cm), and accumulated less stolon during regrowth, although with no difference in herbage accumulation. Seasonal variations in agronomic responses were associated with the annual cycle of plant development and strategy for optimizing energy use, an event known as segmentation. Contrary to the majority of reports in the literature, frequent ($LI_{95\%}$) and severe (post-grazing height equivalent to 40% of the pré-grazing height) grazings under intermitent stocking or intense grazing under continuous stocking (management heights of 5 and 10 cm) did not cause negative impacts on root mass and nodulation. However, greater values of nitrogen originated from biological fixation (%N_{dda}) and NBF (kg ha⁻¹ N) were recorded on swards managed with moderate to lenient grazing intensities, characterized by greater values of aerial biomass (average LAI) regardless of the grazing method used. C and N organic reserves varied throughout the year. In general, there was an accumulation of soluble carbohydrates and nitrogen (concentration and pool) during periods of limited availability of climatic growth factors (autumn/winter and early spring). Independent of grazing method, continuous or intermitent stocking, plant responses had their variability well associated with light and its relations, since when plotted against average aerial biomass or LAI followed the same continuum of variation. Moderate to lenient grazing intensity seems to be the most adequate for managing forage peanut under grazing.

Keywords: Herbage accumulation; Soluble carbohydrate; Nitrogen biological fixation; Grazing management; Organic reserves

1. INTRODUÇÃO

A produção animal em pastagens apresenta como objetivo central a transformação da energia luminosa em produto animal. O sol é a principal fonte de energia útil no planeta para os seres vivos, sendo que os únicos capazes de aproveitá-la são os clorofilados, transformando a energia luminosa em energia química nos tecidos vegetais que, consumidos pelos animais, são então convertidos em produto animal. Dessa forma, em ecossistemas de pastagens a interceptação da luz é a primeira etapa do processo de produção de forragem. Esse processo autotrófico realizado pelos vegetais é conhecido como fotossíntese, sendo as folhas os principais órgãos especializados em permitir a interceptação de luz e a fixação do CO_2 necessários para sua realização.

Assim, em ecossistemas de pastagens a fotossíntese é governada por características do dossel forrageiro como índice de área foliar (IAF), ângulo foliar, propriedades da radiação solar e ópticas das folhas, distribuição vertical da área foliar e densidade volumétrica dos componentes morfológicos ao longo do dossel, assim como por propriedades relacionadas ao sistema radicular, o qual está diretamente relacionado com a absorção de água e de nutrientes, condicionantes do processo fotossintético. Plantas sob pastejo estão sujeitas a diversos fatores de estresse. Por estresse entende-se algum fator biótico ou abiótico que reduza a taxa de alguns processos fisiológicos (por exemplo, crescimento ou fotossíntese) abaixo da taxa máxima passível de ser mantida pela planta (Lambers et al., 2008).

Dessa maneira, ambientes forrageiros tornam-se entidades extremamente complexas nas quais o animal em pastejo interfere e modifica continuamente o ambiente luminoso e, por consequência, induz frequentes adaptações da comunidade de plantas, gerando novas interações com o meio. Essa complexidade evidencia a necessidade de estudos relacionados às interações entre plantas, animais e o meio ambiente no qual estão inseridos, conhecimento de grande importância para que o sucesso da produção animal em pasto seja alcançado (Da Silva e Nascimento Júnior, 2007). Avanços em manejo a partir de pesquisas somente foram permitidos quando os estudos adotaram uma abordagem sistêmica do uso de plantas forrageiras em pastagens. Nesse contexto, torna-se importante e necessário conhecer e compreender as relações de causa e efeito entre ações de manejo e respostas de plantas e animais para que estratégias de manejo do pastejo possam ser planejadas e executadas de maneira objetiva e racional. Segundo Hodgson (1985), essa relação causal pode ser adequadamente estabelecida por meio da caracterização e dos padrões de modificação da

estrutura do dossel forrageiro sob diferentes regimes e métodos de pastejo. Como consequência, durante as últimas décadas, trabalhos de pesquisa com gramíneas tropicais têm sido feitos tomando por base essa premissa básica e elegendo a altura do dossel como descritor simples das condições de pasto utilizadas. Os resultados têm demonstrado relação consistente entre as variações nas combinações de frequências e intensidades de pastejo em respostas tanto de plantas como de animais, indicando seu potencial de utilização como meta ou alvo de manejo em condições de campo (Hodgson e Da Silva, 2002). A grande maioria dos estudos ecofisiológicos em sistemas pastoris foram e têm sido realizados com espécies pertencentes ao grupo das gramíneas, principalmente em ambientes tropicais. Dessa forma, informações geradas a partir de pesquisas com leguminosas forrageiras no Brasil são escassas, fato que resulta em dificuldade e limitações quanto ao uso e manejo dessas plantas. Apesar desse cenário, o uso de leguminosas em pastagens tropicais surge como alternativa interessante para o suprimento de nitrogênio, uma vez que esse é normalmente um dos nutrientes de menor disponibilidade e, conseqüentemente, o mais limitante na produção forrageira. Entretanto, para que essas plantas possam assumir essa funcionalidade é necessário que coexistam no ambiente, ou seja, sobrevivam mesmo em condições adversas como o pastejo tornando as pesquisas em torno desse grupo de plantas imprescindível para viabilizar seu uso em pastagens tropicais. Dessa forma, dentre as leguminosas forrageiras tropicais o *Arachis pintoi* Krap e Greg. (amendoim forrageiro) cv. Belmonte destaca-se por apresentar elevado potencial para produção animal assim como alta capacidade de persistir em ambientes forrageiros. Apesar disso, aspectos relacionados à sua ecofisiologia e produção em condições de manejo do pastejo são pouco conhecidos, inviabilizando seu uso de forma sustentável e racional, realçando a importância do presente trabalho.

Referências

- DA SILVA, S.C.; NASCIMENTO JÚNIOR, D. Avanços na pesquisa com plantas forrageiras tropicais em pastagens: características morfofisiológicas e manejo do pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p.121-138, 2007.
- HODGSON, J. The significance of sward characteristics in the management of temperate Sown pastures. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 15., Kyoto, 1985. **Proceedings...** Nishi-Nasuno: Japanese Society of Grassland Science, 1985. p. 63-66.
- HODGSON, J.; DA SILVA, S.C. Options in tropical pasture management. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39, SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE FORRAGICULTURA, Recife, 2002. **Anais...** Recife: SBZ, 2002. p. 180-202.
- LAMBERS, H.; CHAPIN, F.S.; PONS, T.L. **Plant physiological ecology**. Springer, 2008.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 O amendoim forrageiro

A utilização de leguminosas forrageiras sob pastejo no Brasil teve início em meados da década de 1970, impulsionada pela elevada contribuição e persistência dessas espécies em ambientes de clima temperado. Apesar da grande diversidade de leguminosas forrageiras, a grande maioria das pesquisas se concentrou em duas espécies: *Medicago sativa* L. e *Trifolium repens* L. (Phelan et al. 2015). Contudo, devido aos insucessos ocorridos, muitas vezes por erros de escolha da espécie, de manejo do pastejo e principalmente pela falta de informações e conhecimento básico sobre essas plantas forrageiras, seu grande potencial deixou de ser explorado. Ao passar dos anos algumas espécies de leguminosas forrageiras com potencial de utilização sob pastejo em condições tropicais foram identificadas, dentre elas, o *Arachis pintoi* Krapovickas & Gregory (amendoim forrageiro).

O amendoim forrageiro é a leguminosa herbácea tropical com o maior número de atributos favoráveis relacionados à persistência sob pastejo (Andrade, 2010). Dentre os cultivares disponíveis, o *Arachis pintoi* cv. Belmonte destaca-se por seu hábito de crescimento prostrado e estolonífero, com elevado número de pontos de crescimento protegidos da desfolhação pelo animal, tolerância ao sombreamento (Andrade et al., 2004; Barro et al. 2014), exigência média de fertilidade do solo, elevada resistência a pragas e doenças e tolerância e persistência ao manejo (Barcellos et al., 2008), além de excelente potencial de fixar nitrogênio biologicamente (Miranda et al., 2003) e produção de forragem de elevado valor nutritivo (Assis, 2010).

No Brasil, um acesso do gênero *Arachis* já havia sido coletado no ano de 1954 (Valls e Pizarro, 1994), mas foi na Austrália e nos Estados Unidos que essa planta forrageira adquiriu reconhecimento comercial. Na região Norte do Brasil, mais especificamente o estado do Acre, o sucesso da utilização do amendoim forrageiro cv. Belmonte veio posteriormente a síndrome da morte do capim-marandu, *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf. cv. Marandu (Valentim e Andrade, 2004). Essa situação forçou produtores a procurar alternativas de recuperação das áreas cultivadas com capim-marandu devido à forte restrição à abertura de novas áreas, impostas pela legislação ambiental. Após a confirmação do uso bem sucedido do *Arachis pintoi* em associação com alguns gêneros de gramíneas (*Cynodon* e *Brachiaria*), a Embrapa Acre passou a recomendar oficialmente o uso do *Arachis pintoi* cv. Belmonte.

Embora possua características agronômicas favoráveis ao desenvolvimento de sistemas de pastagens sustentáveis e produtivos, a ausência de informações acerca de suas

características ecofisiológicas, estratégias de perenização e resistência ao pastejo em resposta a distintas metas de manejo ainda limita de forma marcante sua adoção. Dessa forma, informações acerca de suas características de crescimento e atributos que lhe conferem resistência ao pastejo, tipo e principais órgãos de reserva são essenciais para a adequação do manejo e podem, por meio da manutenção da persistência do dossel, possibilitar a ampliação da utilização de leguminosas como recurso forrageiro no país.

2.2 Fixação biológica de nitrogênio em leguminosas forrageiras

A sustentabilidade e a produtividade de pastagens tropicais podem ser influenciadas por uma série de fatores, dentre eles a fertilidade do solo e o manejo utilizado. No caso do Brasil, os solos ricos em nutrientes e capazes de sustentar níveis elevados de produção de forragem estão cada vez mais disputados pela agricultura, enquanto a pecuária depende crescentemente de solos menos férteis e pouco adequados ao cultivo (Benedetti, 2005). A produção das culturas agrícolas em solos tropicais é severamente limitada pela deficiência de nitrogênio (N). Dessa forma, a adubação nitrogenada é considerada o fator que mais limita a produtividade das pastagens brasileiras (Malavolta, 1980). A insuficiência no fornecimento de N para sustentar o crescimento das pastagens pode ser minimizada por meio da utilização de fertilizantes nitrogenados ou pela introdução de leguminosas fixadoras de N_2 (Thomas, 1992). A importância da fixação biológica fica evidenciada pelo destaque atribuído ao nitrogênio nos meios agrícolas, onde o aporte proporcionado pelas fontes nitrogenadas permite sustentar 40% da população mundial, o que não seria possível na ausência desse nutriente (Galloway et al., 2004), por essas a fixação do N_2 atmosférico é considerado o segundo processo biológico mais importante, perdendo apenas para a fotossíntese (Unkovich, 2013).

Em solos tropicais, a baixa disponibilidade natural de nitrogênio (Espindola et al., 2006), aliada à busca por elevados índices produtivos (Primavesi et al., 2006), torna a adubação nitrogenada, para algumas espécies forrageiras, um dos principais itens de custo de produção (Euclides et al., 2007), realçando a importância em se buscar fontes alternativas desse nutriente (Espindola et al., 2006). Além disso, os impactos ambientais negativos atrelados a adubação nitrogenada, os quais incluem aumentos na lixiviação de N e emissões de óxido nítrico (N_2O) e de amônia (NH_3) a partir do solo (Quiao et al., 2015), enfatiza ainda mais o importante papel e o potencial da fixação biológica do nitrogênio atmosférico como

alternativa para o fornecimento de nitrogênio para a agricultura tropical sustentável (Reis et al., 2006; Udvard e Poole, 2013; Oldroyd et al., 2011).

O nitrogênio é o constituinte de vários compostos vegetais, dentre eles os aminoácidos, os ácidos nucléicos e a clorofila. Assim, reações bioquímicas em plantas e microrganismos envolvem a presença do nitrogênio, razão pela qual ele se torna um dos elementos absorvidos em maiores quantidades pelas plantas cultivadas (Epstein e Bloom, 2005). O seu ciclo no sistema solo-planta-animal é bastante complexo. A maior fração do nitrogênio do solo encontra-se na forma orgânica, presente em diferentes moléculas e com variados graus de recalcitrância, ou como parte de organismos vivos. As principais formas de o nitrogênio ingressar no sistema são: deposições atmosféricas, fixação biológica (simbiótica ou não) e adubações químicas ou orgânicas. Em contrapartida, esse nutriente pode sair do sistema por meio de remoção pelas culturas e por diversos mecanismos de perdas, que incluem lixiviação e volatilização. Dessa forma, seu ciclo é controlado por fatores físicos, químicos e biológicos e afetado por condições climáticas, as quais são difíceis de controlar e de prever (Cantarella, 2007). A fixação biológica de nitrogênio (FBN) desempenha papel importante no suprimento de nitrogênio nos sistemas agrícolas. No mundo, estima-se que essa contribuição corresponda a cerca de 30% do nitrogênio produzido na forma de fertilizantes. Em contrapartida, no Brasil a FBN representa quase três vezes a quantidade de N fertilizante de origem industrial, sendo a cultura da soja responsável por aproximadamente 50% dessa quantidade (Filoso et al., 2006). Estimativas de fixação indicam que a contribuição pode chegar a valores de 100 a 300 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N em leguminosas forrageiras (Graham et al., 2000). A cultura da soja, principal leguminosa cultivada no Brasil, dispensa totalmente a adubação nitrogenada, sendo que em condições normais de cultivo, a FBN consegue suprir totalmente o requerimento em nitrogênio da cultura (Hungria et al., 2006). Esse sucesso da soja no Brasil se deve a um programa de melhoramento direcionado à obtenção de cultivares com alta produção sem adubação nitrogenada e ao desenvolvimento, em paralelo, de inoculantes contendo rizóbios adaptados às condições climáticas e aos solos brasileiros (Scotti et al., 1982).

A fixação biológica de nitrogênio é a principal forma de inserir o nitrogênio oriundo da atmosfera no sistema solo-planta (Peoples e Craswell, 1992). É regulada por fatores intrínsecos à planta e ao microrganismo simbiote, e por fatores do ambiente em que a simbiose ocorre (Giller, 1995), dentre esses fatores influenciadores destacam-se: espécies de bactérias, cultivares de planta, interação rizóbio-planta e condições do ambiente como acidez do solo, salinidade, deficiências ou excesso de minerais, estresse hídrico, variações em temperatura, quantidade de N inorgânico no solo, pragas e doenças (Barcellos et al., 2008).

Em leguminosas forrageiras as alterações na estrutura da planta ocasionam também reflexos sobre a nodulação e a relação simbiótica, Peoples et al. (2012) atribui efeitos deletérios da desfolhação sobre a fixação biológica de nitrogênio devido a sub ou super-pastejo. De acordo com Sheng e Harper (1997), as folhas são os órgãos que dominam a regulação da nodulação na cultura da soja. A relação simbiótica estabelecida entre a bactéria fixadora e a planta hospedeira ocorre por meio do fornecimento de açúcares produzidos no processo fotossintético em troca da disponibilização de nitrogênio fixado pelos microrganismos (Wagner, 2011). A nodulação e a relação simbiótica, por sua vez, estão diretamente ligadas ao processo de fixação biológica de nitrogênio, que pode ser utilizado como variável-resposta para avaliações e inferências sobre aqueles processos (Unkovich et al., 2008). Contudo, o controle da fixação simbiótica de N_2 é extremamente complexo e opera através de uma série de desencadeantes ecofisiológicos que também são influenciados por interações complexas entre espécies de leguminosas, microrganismos e ambiente (Soussana e Tallec, 2009).

Essa capacidade de fixação biológica do nitrogênio atmosférico proporcionada pelas leguminosas é considerada como o mecanismo simbiótico mais sofisticado e eficiente entre as associações de plantas superiores com bactérias fixadoras de N_2 (Döbereiner, 1990). Entretanto, a incerteza das estimativas da fixação de N_2 por unidade de área é uma dificuldade no manejo de produções agrícolas com o uso da fixação biológica de nitrogênio, o que ocasiona problemas quanto ao dimensionamento da capacidade produtiva desse mecanismo (Herridge et al., 2008), estudos baseados na descrição dos efeitos do manejo do pastejo sobre os mecanismos de fixação do N_2 atmosférico são escassos (Carranca et al., 1999). Logo, o entendimento do processo de fixação biológica do nitrogênio e dos fatores que o afetam e controlam é de suma importância tanto para pesquisadores como para produtores, pois com esse conhecimento é possível adequar o manejo da planta visando aumentar a eficiência de utilização de N e incrementar a produtividade da cultura de interesse (Fagan et al., 2007).

2.3 Reservas orgânicas e sua importância no manejo do pastejo

Reservas orgânicas são compostos de carbono (C) e nitrogênio (N) elaborados e estocados em órgãos permanentes das plantas e utilizados como substrato para manutenção e respiração durante períodos de estresse ou crescimento inicial de tecidos após desfolhação (Sheard, 1973). Esses compostos são estocados em órgãos acima e abaixo da superfície do solo, os quais incluem raízes, rizomas e estolões, coroas e a base do colmo (Volenec et al., 1996), embora todas as partes da planta possam temporariamente funcionar como órgãos de

reserva (Perry et al. 1974). A habilidade das plantas em usar os estoques internos de carbono (C) e nitrogênio (N) para rapidamente reestabelecer a área foliar fotossinteticamente ativa e restaurar o suprimento de assimilados de acordo com a demanda é um dos fatores chave, determinantes de sua sobrevivência durante períodos em que a produção de assimilados é inadequada, como durante o início da rebrotação após desfolhação (Volenc et al., 1996), sobrevivência durante o inverno e renovação da população durante a primavera (White, 1973).

A contribuição de cada compartimento da planta para o suprimento de assimilados após desfolhação varia amplamente segundo a espécie. Em alfafa (*Medicago sativa* L.), compostos de C e N são estocados e remobilizados a partir da coroa e da raiz principal para suportar o crescimento da parte aérea (Avise et al., 2003). Em azevém perene (*Lolium perene* L.), as estruturas remanescentes após desfolhação fornecem os carboidratos utilizados para respiração e crescimento inicial (White, 1973). Em trevo branco (*Trifolium repens* L.), cerca de 55 e 70% do conteúdo de nitrogênio são mobilizados de raízes e estolões, respectivamente, para suportar o crescimento de folhas nos primeiros 6 dias após desfolhação. A concentração dos compostos de reserva em cada compartimento da planta é normalmente utilizada para expressar os fluxos de assimilados. Contudo, a importância relativa das partes da planta como órgãos de reserva pode variar tanto em função da concentração de assimilados quanto do tamanho dos órgãos. Adicionalmente, entre as leguminosas, para uma mesma concentração de carboidratos existem diferenças quanto à capacidade de mobilização e utilização destes para a recuperação da área foliar, particularmente aqueles provenientes do sistema radicular (Li et al., 1996). Perry (1974) demonstrou que a concentração de carboidratos de reserva nos colmos foi semelhante àquela nas raízes em *Schizachrium scoparium* Nash. e *Elymus canadensis* L. Contudo, em função do maior peso seco dos colmos, maior quantidade total de carboidratos poderia ocorrer nos colmos ao invés das raízes. Nesse sentido, considerações acerca da importância dos órgãos devem ser feita cuidadosamente e com base não apenas na concentração dos compostos de reserva, mas também no tamanho (massa) dos órgãos.

O C é necessário durante o crescimento não somente como composto estrutural nas folhas novas, mas, também, como substrato utilizado na respiração dos órgãos acima e abaixo do solo, rizodeposição e reestabelecimento dos estoques. Segundo White (1973), os carboidratos de reserva compreendem os carboidratos não-estruturais (CNE). Sacarose e frutanas são os constituintes de reserva predominantes em gramíneas de clima temperado enquanto sacarose e amido são os principais compostos de reserva em gramíneas de clima tropical e leguminosas perenes (Li et al., 1996). Embora a importância dos CNE como

constituintes de reserva energética utilizados durante a rebrotação de gramíneas tenha sido previamente estabelecido (Donaghy e Fulkerson, 1998), debates permanecem acerca da contribuição relativa das reservas de C e de N para o crescimento das plantas. Em leguminosas, a desfolhação diminui a fixação de N, promovendo decréscimos no conteúdo de proteína e leg-hemoglobina nos nódulos. Segundo Corre et al. (1996), a rebrotação nessas espécies requer maior mobilização e utilização de reservas nitrogenadas em função do declínio acentuado na atividade da enzima nitrogenase e da absorção de N pelo sistema radicular, induzidas pela remoção da parte aérea (Li et al., 1996; Bouchart et al., 1998; Dhont et al., 2006). Segundo Davidson e Milthorpe (1966), os CNE formam somente uma parte do *pool* de reservas lábeis utilizadas para respiração e crescimento de *Dactylis glomerata* L. Esse autor sugeriu que a remobilização e/ou clivagem de proteínas participa como parte do *pool* de reservas, já que a quantidade de CNE foi inadequada para o suprimento da demanda de crescimento e respiração após desfolhação severa. Isso sugere que a importância relativa do tipo de reserva também varia segundo a espécie, sendo que, em leguminosas noduladas, as reservas nitrogenadas poderiam adquirir importância relativa maior que os carboidratos, uma vez que a absorção de nitrogênio é severamente reduzida ou mesmo interrompida por vários dias após a remoção da área foliar.

De acordo com Gloser et al. (2007), as reservas nitrogenadas podem suportar o crescimento da planta mesmo sob flutuações externas na disponibilidade de N. Bouchart et al. (1996) e Dhont et al. (2006) descreveram que as reservas nitrogenadas ocorrem na forma de *vegetative storage proteins* (VSP). Para tanto, as proteínas componentes dessa fração devem possuir abundância relativa maior que 5% das proteínas solúveis e seu acúmulo deve ser cíclico ao longo do ano ou após desfolhação, ou seja, acúmulo em tecidos de reserva seguido por substancial degradação. Essas proteínas solúveis foram identificadas na raiz principal (*taproot*) de alfafa (Li et al., 1996) e em raízes e estolões de trevo branco (Bouchart et al., 1996). Segundo Ourry et al. (1994), a rápida recuperação da parte aérea e a habilidade competitiva da planta estão positivamente associadas à concentração de proteínas solúveis em órgãos subterrâneos.

Estratégias de manejo do pastejo têm buscado avaliar a época, severidade e frequência de desfolhação para obter respostas ótimas, ou seja, que possam aliar elevada produção de forragem ao desempenho animal, e são consideradas como ideais aquelas que causam mínimo impacto ao vigor de rebrotação da planta (Turner et al. 2007). Nessas circunstâncias, o vigor de rebrotação parece estar relacionado ao nível de compostos nitrogenados e de carboidratos estocados em órgãos de reserva. Dosséis manejados sob lotação intermitente possuem um

padrão temporal de mobilização e de utilização de reservas relativamente bem conhecido, e o papel crítico das reservas nitrogenadas e de carboidratos das raízes e do resíduo pós-pastejo como substratos para a rebrotação tem sido descrito na literatura (Morvan-Bertrand et al., 1999). Para esse método de pastejo, a severidade de desfolhação afeta o crescimento radicular, embora esse efeito possa ser compensado por aumentos na absorção de N por unidade de peso de raiz em determinadas espécies (Thornton e Millard, 1996). Em plantas de *Lolium perenne* L., aumentos na severidade de desfolhação promoveram decréscimos na contribuição relativa do resíduo pós-pastejo e aumentaram a contribuição das raízes no suprimento de N para os tecidos em crescimento (Lestienne et al., 2006). O resíduo pós-pastejo inclui as folhas completamente expandidas parcialmente desfolhadas (principalmente bainhas foliares), partes imaturas de folhas em expansão protegidas pelas bainhas das folhas mais velhas e primórdios foliares formados no ápice dos perfilhos. Porções de folhas maduras que escapam à desfolhação podem servir como fonte para remobilização de C e N. Contudo, porções de folhas imaturas e primórdios foliares, os quais recompõem a área foliar da planta, agem como drenos de C e N (Schnyder e De Visser, 1999). Nesse sentido, em dosséis manejados sob pastejo rotativo, o papel das estruturas remanescentes após desfolhação como órgãos de reserva diminui na medida em que a severidade de desfolhação aumenta (Lestienne et al., 2006) e o crescimento inicial é dependente em maior proporção das reservas das raízes (Avice et al., 1996). A severidade de desfolhação pode interferir sobre o vigor de rebrotação e persistência, uma vez que interfere sobre a concentração de compostos de reserva nas plantas forrageiras (Fulkerson e Slack, 1995). Decréscimos nos teores de carboidratos de reserva com o aumento em severidade de desfolhação foram registrados em perfilhos vegetativos de *Bromus willdenowii* Kunth. e *Dactylis glomerata* L. (Turner et al., 2007), demonstrando a importância da determinação de alturas de pastejo mínimas abaixo das quais a restauração da superfície fotossintética e o crescimento das plantas são prejudicados e, portanto, a persistência da população e longevidade dos pastos diminuídas.

Dessa forma, informações acerca de suas características de crescimento e atributos que lhe conferem resistência ao pastejo, tipo e principais órgãos de reserva são essenciais para a adequação do manejo e podem, por meio da manutenção da persistência do dossel, possibilitar a ampliação da utilização de leguminosas como recurso forrageiro no país.

2.4 Modelo Conceitual

A desfolhação modifica a área foliar dos pastos interferindo com seu potencial fotossintético, de crescimento (radicular e de parte aérea) e de armazenamento de reservas orgânicas (carboidratos e compostos nitrogenados) (Figura 1). A frequência e a severidade da desfolhação, características do método de pastejo empregado, alteram o padrão de partição e utilização dos fotoassimilados, dos compostos nitrogenados de reserva e do nitrogênio fixado biologicamente, caracterizando diferentes estratégias de crescimento e desenvolvimento das plantas forrageiras e consequentemente definindo seus limites de utilização.

Figura 1 – Modelo conceitual.

2.5 Objetivo geral

Descrever, caracterizar e compreender as respostas morfológicas do amendoim forrageiro (*Arachis pintoi* cv. Belmonte) submetido a frequências e intensidades de pastejo e as estratégias de uso dos compostos de reservas, afim de reestabelecer o aparato fotossintético assim como o processo de fixação biológica de nitrogênio.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, C.M.S. Produção de ruminantes em pastos consorciados. In.: V SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 2010, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 2010. p. 171-214.
- ANDRADE, C. M.; VALENTIM, J. F.; CARNEIRO, J. da C.; VAZ, F. A. Crescimento de gramíneas e leguminosas forrageiras tropicais sob sombreamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, p.263-270, 2004.
- AVICE, J.C.; OURRY, A.; LEMAIRE, G.; BOUCAUD, J. Nitrogen and carbon flows estimated by ^{15}N and ^{13}C pulse-chase labeling during regrowth of alfalfa. **Plant Physiology**, v.112, p.281-290, 1996.
- 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.
- BARRO, R.S.; SAIBRO, J.C.; VARELLA, A.C.; CARASSAI, I.J.; NABINGER, C.; LEMAIRE, G. Morphological acclimation and canopy structure characteristics of *Arachis pintoi* under reduced light and in full sun. **Tropical Grasslands-Forrajões Tropicais**, v.2, p.15-17, 2014.
- BENEDETTI, E. **Leguminosas na produção de ruminantes nos trópicos**. Uberlândia: Edufo, 2005. 118p.
- BOUCHART, V.; MACDUFF, J.H.; OURRY, A.; SVENNING, M.M.; GAY, A.P.; SIMON, J.C.; BOUCAUD, J. Seasonal pattern of accumulation and effects of low temperatures on storage compounds in *Trifolium repens*. **Physiologia Plantarum**, v.104, p.65-74, 1998.
- CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V.; V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. 1017p.
- CARRANCA, C.; VARENNES, A.; ROLSTON, D.E. Biological nitrogen fixation estimated by ^{15}N dilution, natural ^{15}N abundance, and N difference techniques in a subterranean clover-grass sward under Mediterranean conditions. **European Journal Agronomy**, v.10, p.81-89, 1999.
- CORRE, N.; BOUCHART, V.; OURRY, A.; BOUCAUD, J. Mobilization of nitrogen reserves during regrowth of defoliated *Trifolium repens* L. and identification of potential vegetative storage proteins. **Journal of Experimental Botany**, v.47, p.1111-1118, 1996.
- DÖBEREINER, J. Avanços recentes na pesquisa em fixação biológica de nitrogênio no Brasil. **Revista Estudos Avançados**, v.4, n.8, p. 144-152, 1990.
- DHONT, C.; CASTONGUAY, Y.; NADEAU, P.; BELANGER, G.; DRAPEAU, R.; LABERGE, S.; AVICE, J.C.; CHALIFOUR, F.P. Nitrogen reserves, spring regrowth and winter survival of field-grown alfalfa (*Medicago sativa*) defoliated in the autumn. **Annals of Botany**, v.97, p.109-120, 2006.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A.J. **Mineral nutrition of plants: principles and perspective**. Sinauer Associates, Sunderland, T & W, GBR. 2005. 380p.

ESPINDOLA, J.A.A.; GUERRA, J.G.M.; PERIN, A.; TEIXEIRA, M.G.; ALMEIDA, D.L.; URQUIAGA, S.; BUSQUET, R.N.B. Bananeiras consorciadas com leguminosas herbáceas perenes utilizadas como coberturas vivas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n.3, p. 415-420, 2006.

EUCLIDES, V.P.B.; COSTA, F.P.; MACEDO, M.C.M.; FLORES, R.; OLIVEIRA, M.P. Eficiência biológica e econômica de pasto de capim-tanzânia adubado com nitrogênio no final do verão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n.9, p. 1345-1355, 2007.

FAGAN, E.B.; MEDEIROS, S.L.P.; MANFRON, P.A.; CASAROLI, D.; SIMON, J.; NETO, D.D.; VAN LIER, Q.J.; SANTOS, O.S.; MÜLLER, L. Fisiologia da fixação biológica do nitrogênio em soja. **Revista da FZVA**, v. 14, p. 89- 106, 2007.

FILOSO, S.; MARTINELLI, L.A.; HOWARTH, R.W.; BOYER, E.W.; DENTENER, F. Human activities changing the nitrogen cycle in Brazil. **Biogeochemistry**, v. 79, p. 61-89, 2006.

FULKERSON, W.J, SLACK, K. Leaf number as a criterion for determining defoliation time for *Lolium perenne*. Effect of defoliation frequency and height. **Grass and Forage Science**, v.50, p.16-20, 1995.

GALLOWAY, J.N.; DENTENER, F.J.; CAPONE, D.G.; BOYER, E.W.; HOWARTH, R.W.; SEITZINGER, S.P.; CLEVELAND, C.C.; GREEN P.A.; HOLLAND, E.A.; KARL, D.M.; PORTER, J. H.; TOWNSEND, A.R.; VOROSMARTY, C.J. Nitrogen cycles: past, present and future. **Biogeochemistry**, v. 70, p. 153-226, 2004.

GILLER, K.; CADISCH, G. Future benefits from biological nitrogen fixation: na ecological approach to agriculture. **Plant and Soil**, v. 174, p. 255- 277,1995.

GRAHAM, M.H.; HAYNES, R.J.; MEYER, J.H. Changes in soil fertility induced by trash retention and fertilizer applications on the long-term trash management trial at Mount Edgecombe. **Proceedings of South Africa Sugar Technology Association**, v. 74, p. 109-113, 2000.

GLOSER, V., KOSVANCOVÁ, M.; GLOSER, J. Regrowth dynamics of *Calamagrotis epigejos* after defoliation as affected by nitrogen availability. **Biologia Plantarum**, v.51, p.501-506, 2007.

HERRIDGE, D.F; PEOPLES, M.B.; BODDEY, R.M. Global inputs of biological nitrogen fixation in agricultural systems. **Plant Soil**, v. 311, p. 1-18, 2008.

HUNGRIA, M.; FRANCHINI, J.C.; CAMPO, R.J.; CRISPINO, C.C.; MORAES, J.Z.; SIBALDELLI, R.N.R.; MENDES, I.C.; ARIHARA, J. Nitrogen nutrition of soybean in Brazil: Contributions of biological N₂ fixation and of N fertilizer to grain yield. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 86, p. 927-939, 2006.

LESTIENNE, F.; THORNTON, B.; GASTAL, F. Impact of defoliation intensity and frequency on N uptake and mobilization in *Lolium perenne*. **Journal of Experimental Botany**, v.57, p.997-1006, 2006.

LI, R.; J. J. VOLENEC, J.J.; JOERN, B.C.; CUNNINGHAM, S.M. Seasonal changes in nonstructural carbohydrates, protein, and macronutrients in roots of alfalfa, red clover, sweetclover, and birdsfoot trefoil. **Crop Science**, v.36, p.617-623, 1996.

MALAVOLTA, E. Os elementos minerais. In: MALAVOLTA, E., eds. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo, Brasil: Agronômica Ceres. 1980. p. 104-219.

MIRANDA, C.H.B.; VIEIRA, A.; CADISCH, G. Determinação da fixação biológica do amendoim forrageiro (*Arachis* spp.) por intermédio da abundância natural de ^{15}N . **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, p. 1859-1865, 2003.

MORVAN-BERTRAND, A.; PAVIS, N.; BOUCAUD, J.; PRUD'HOMME, M-P. Partitioning of reserve and newly assimilated carbon in roots and leaf tissues of *Lolium perenne* during regrowth after defoliation: assessment by ^{13}C steady-state labelling and carbohydrate analysis. **Plant, Cell & Environment**, v.22, p.1097-1108, 1999.

OLDROYD, G.E.; MURRAY, J.D.; POOLE, P.S.; DOWNIE, J.A. The rules of engagement in the legume-rhizobial symbiosis. **Annual review of genetics**, v.45, p.119-144, 2011.

OURRY, A.; KIM, T.H.; BOUCAUD, J. Nitrogen reserve mobilization during regrowth of *Medicago sativa* L. (Relationships between availability and regrowth yield). **Plant Physiology**, v.105, p.831-837, 1994.

PEOPLES, M.B.; CRASWELL, E.T. Biological nitrogen fixation: investments, expectations and actual contributions to agriculture. **Plant and Soil**, v. 141, p. 13-40, 1992.

PEOPLES, M.B.; BROCKWELL, J.; HUNT, J.R.; SWAN, A.D.; WATSON, L.; HAYES, R.C.; LI, G.D.; HACKNEY, B.; NUTTALL, J.G.; DAVIES, S.L.; FILLERY, I.R.P. Factors affecting the potential contributions of N_2 fixation by legumes in Australian pasture systems. **Crop and Pasture Science**, v. 63, p.759-786, 2013.

PERRY JR, L.J.; MOSER, L.E. Carbohydrate and organic nitrogen concentrations within range grass parts at maturity. **Journal of range management**, v. 27, p.276-278, 1974.

PHELAN, P.; MOLONEY A.P.; McGEOUGH E.J.; HUMPHREYS, J.; BERTILSSON, J.; O'RIORDAN, E.G.; O'KIELY, P. Forage legumes for grazing and conserving in ruminant production systems. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 34, p. 281-326, 2015.

PRIMAVESI, A.C; PRIMAVESI, O.; CORRÊA, L.A.; SILVA, A.G.; CANTARELLA, H. Nutrientes na fitomassa de capim-marandu em função de fontes e doses de nitrogênio. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, p. 562:568, 2006.

POLLEY, H.W.; DETLING, J. K. Defoliation, Nitrofen, and Competition: Effects on Plant Growth and Nitrogen Nutrition. **Ecology**, v.70, p.721-727, 1989.

QIAO, C.; LIU, L.; HU, S.; COMPTON, J. E.; GREAVES, T. L.; LI, Q. How inhibiting nitrification affects nitrogen cycle and reduces environmental impacts of anthropogenic nitrogen input. **Global Change Biology**, v. 21, p.1249–1257, 2015.

REIS, V.M., OLIVEIRA, A.L.M., BALDANI, V.L.D., OLIVARES, F.L.; BALDANI, J.I. Fixação biológica de nitrogênio simbiótica e associativa. In: FERNANDES, M.S. (Ed.). Nutrição mineral de plantas. **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, p.153-174, 2006.

SCHNYDER, H.; VISSER, R. Fluxes of reserve-derived and currently assimilated carbon and nitrogen in perennial ryegrass recovering from defoliation. The regrowing tiller and its component functionally distinct zones. **Plant Physiology**, v.119, p.1423-1436, 1999.

SCOTTI, M.R.J.M.M.L.; SÁ, N.M.H.; VARGAS, M.A.T.; DÖBEREINER, J. Streptomycin resistance of Rhizobium isolates from Brazilian Cerrados. **Anais da Academia Brasileira de Ciência**, v. 54, p. 733-738, 1982.

SHEARD, R.W. Organic reserves and plant regrowth. In: BUTLER, G. W.; BAILEY, R. W.(Ed.). **Chemistry and biochemistry of herbage**. London: Academic Press, 1973. cap.25, 353-377.

SHENG, C.; HARPER, J.E. Shoot versus root signal involvement in nodulation and vegetative growth in wild-type and hypernodulating soybean genotypes. **Plant Physiology**, v. 113, p.825-831, 1997.

SOUSSANA, J.F.; TALLEC, T. Can we understand and predict the regulation of biological N₂ fixation in grassland ecosystems? **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v.88, p.197–213, 2010.

THOMAS, R.J. (1992). The role of the legume in the nitrogen cycle of productive and sustainable pastures. **Grass and forage science**, 47, 133-142, 2012.

THORNTON, B., MILLARD, P. Effects of severity of defoliation on root functioning in grasses. **Journal of Range Management**, v.49, p.443-447, 1996.

TURNER, L.R.; DONAGHY, D.J.; LANE, P.A.; RAWNSLEY, R.P. Distribution of water-soluble carbohydrate reserves in the shoot of prairie grass and orchardgrass plants. **Agronomy Journal**, v.99, p.591-594, 2007.

UDVARDI, M.; POOLE, P.S. Transport and metabolism in legume-rhizobia symbioses. **Annual review of plant biology**, v.64, p.781-805, 2013.

UNKOVICH, M. Isotope discrimination provides new insight into biological nitrogen fixation. **New Phytologist**, v.198, p.643-646, 2013.

VALENTIM, J.F.; ANDRADE, SOARES, C.M.; MENDONÇA, H.A.; SALES, M.F.L. Velocidade de estabelecimento de acessos de amendoim forrageiro na Amazônia Ocidental. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, p.1569-1577, 2003.

VALLS, J.F.M.; PIZARRO, E.A. Colletion of wild Arachis germoplasm. In: KERRIDGE, P. C.; HARDY, B. (Ed.). **Biology and agronomy of forage Arachis**. Cali: CIAT, 1994. chap. 2, p. 19-27.

VOLENEC, J.J.; OURRY, A.; JOERN, B.C. A role for nitrogen reserves in forage regrowth and stress tolerance. **Physiologia Plantarum**, v.87, p.185-193, 1996.

WAGNER, S.C. Biological Nitrogen Fixation. **Nature Education**. Disponível em: www.nature.com/scitable/knowledge/library/biological-nitrogen-fixation-23570419. Acesso em: 27 dez. 2013.

WHITE, L. M. Carbohydrate reserves of grasses: a review. **Journal of range management**, v.26, p.13-18, 1973.

3 RESPOSTAS AGRONÔMICAS DO AMENDOIM FORRAGEIRO (*Arachis pinto* Krapovickas & Gregory cv. Belmonte) SUBMETIDO A ESTRATÉGIAS DE PASTEJO ROTATIVO

Resumo

A utilização de pastagens no Brasil que, em sua maioria, são formadas por gramíneas forrageiras, constitui a base dos sistemas de produção de ruminantes. Nesse contexto, as leguminosas forrageiras representam apenas uma pequena parcela das espécies cultivadas em ambientes tropicais. Contudo, algumas espécies de leguminosas com potencial de utilização sob pastejo foram identificadas e, dentre elas, destaca-se o *Arachis pinto* Krapovickas & Gregory (amendoim forrageiro). Diversas pesquisas com gramíneas tropicais determinaram que a frequência ideal de pastejo seria aquela associada com a interrupção da rebrotação quando o dossel forrageiro atinge 95% de interceptação da luz incidente (IL). No entanto, informações disponíveis acerca das metas de manejo do pastejo para leguminosas forrageiras tropicais são escassas. Dessa maneira, o presente estudo propôs as seguintes hipóteses: (i) o momento ideal para interromper a rebrotação de pastos de amendoim forrageiro seria também aos 95% de IL e, (ii) severidades de pastejo correspondentes a 40 ou 60% da altura pré-pastejo estariam também dentro dos limites de tolerância das leguminosas ao pastejo, e não resultariam em pequeno impacto negativo sobre os atributos do dossel na condição pré-pastejo e na taxa de acúmulo de forragem. O objetivo deste trabalho foi avaliar a estrutura do dossel forrageiro e a taxa acúmulo de forragem de amendoim forrageiro submetido a combinações entre duas frequências e duas severidades de pastejo, no intuito de identificar e recomendar metas de manejo do pastejo para essa espécie. Durante o período que antecedeu o experimento (novembro 2014 – janeiro 2015) foram realizados pastejos nos piquetes, como forma de adaptar os pastos aos tratamentos experimentais, período denominado adaptação. Os tratamentos corresponderam a combinações entre duas condições pré- (95% e máxima interceptação de luz durante a rebrotação – $IL_{95\%}$ e $IL_{Máx}$, respectivamente) e duas condições pós-pastejo (alturas pós-pastejo correspondentes a 40 e 60% da altura pré-pastejo). As avaliações foram realizadas uma vez por época do ano: verão I, outono/inverno, início de primavera, final de primavera e verão II. Durante os períodos de crescimento ativo dos pastos (verão I, final de primavera e verão II) houve maior porcentagem de estolões na massa de forragem, enquanto nos períodos de crescimento reduzido (outono/inverno e início de primavera) ocorreu o contrário, ou seja, houve maior porcentagem de folíolos/pecíolos na massa de forragem. Pastos cuja altura pós-pastejo correspondeu a 60% da altura pré-pastejo apresentaram maior massa de forragem, maior proporção de folíolos e, consequentemente, maior IAF pós-pastejo. A meta pré-pastejo de $IL_{95\%}$, apesar de resultar em menor massa de forragem dos pastos, resultou em maior porcentagem de folhas (folíolos e pecíolos) e maior relação folíolo/estolão na massa de forragem. Os valores de taxa de acúmulo de forragem e de taxa de acúmulo de folíolos apresentaram apenas variações estacionais, entretanto a meta $IL_{Máx}$ resultou em maior taxa de acúmulo de estolões. Quando submetido a pastejo rotativo, o amendoim forrageiro possui padrão de resposta semelhante ao descrito para gramíneas forrageiras tropicais, sendo a meta $IL_{95\%}$ também válida para manejo do pastejo rotativo.

Palavras-chave: Lotação intermitente; Adaptação morfológica; Interceptação luminosa; Leguminosa forrageira; Segmentação

Abstract

Cultivated grasslands in Brazil are mainly comprised of forage grasses, and form the basis of ruminant production systems in the country. In this context, forage legumes correspond to a small proportion of the cultivated forage species in the tropics. Nevertheless, some forage legumes with potential for use in pastoral systems have been identified and, among them, the forage peanut (*Arachis pintoii* Krapovickas & Gregory). For forage grasses, evidence in the literature indicates that the optimum grazing frequency would be that associated with the interruption of regrowth at 95% canopy light interception (LI). However, analogous information for tropical forage legumes is scarce. This study was conceived to test two hypotheses: (i) the ideal moment for interrupting regrowth of forage peanut swards would also be at 95% LI and, (ii) grazing severity equivalent to 40 or 60% of the pre-grazing height would also be within the limits of grazing tolerance and resistance of forage peanut, and would result in no negative impact on pre-grazing canopy traits and herbage accumulation. The objective of the experiment was to evaluate the sward structure and herbage accumulation of forage peanut subjected to combinations of two frequencies and two severities of grazing as a means of identifying and recommend management targets for this forage species. Before the beginning of the experiment (November 2014 to January 2015), there was a 90-day adaptation period of swards to experimental grazing treatments. These corresponded to combinations between two pre- (95% and maximum canopy light interception during grazing – $LI_{95\%}$ and LI_{Max} , respectively) and two post-grazing conditions (post-grazing heights equivalent to 40 or 60% of the pre-grazing height). Measurements were performed once every season of the year: summer I, autumn/winter, early spring, late spring and summer II. During periods of active growth (summer I, late spring and summer II) there was a higher percentage of stolon in the herbage mass while during periods of slow growth the opposite happens, with higher percentage of leaflets/petioles in the herbage mass. Swards managed with the 60% post-grazing target showed greater herbage mass, greater percentage of leaflets and LAI at post-grazing than those managed with the 40% target. The pre-grazing target of $LI_{95\%}$, although associated with smaller pre-grazing herbage mass, resulted in higher percentage of leaf (leaflets and petioles) and higher leaflet/stolon ratio in the herbage mass. Total herbage and leaflet accumulation rate varied only with season of the year, but the LI_{Max} target resulted in higher rates of stolon accumulation. When subjected to rotational grazing, forage peanut shows a similar response pattern as that described for tropical forage grasses, and the pre-grazing target of $LI_{95\%}$ also valid for interrupting regrowth.

Keywords: Intermittent stocking; Morphological adaptation; Light interception; Forage legume; Segmentation

3.1 Introdução

Os sistemas de produção de ruminantes no Brasil são baseados na utilização de pastagens que, em sua maioria, são formadas por gramíneas, de forma que as leguminosas forrageiras representam apenas uma pequena parcela das espécies cultivadas em ambientes tropicais. Apesar disso, algumas espécies de leguminosas com potencial de utilização sob pastejo foram identificadas e, dentre elas, destaca-se o *Arachis pintoii* Krapovickas & Gregory (amendoim forrageiro). Essa é uma planta com elevado potencial de produção de forragem com elevado valor nutritivo (Valentim et al., 2001; Lascano, 1994), persistência em solos de

fertilidade limitada (Rincón et al., 1992) e tolerância ao sombreamento (Cook, 2005), características que lhe proporcionam potencial de uso em condições de cultivo consorciado (Jones, 1993), além de excelente potencial de fixação biológica de nitrogênio (Miranda et al., 2003). Embora possua características agrônômicas favoráveis ao desenvolvimento de sistemas de pastagens sustentáveis e produtivos, a ausência de informações acerca de suas características morfofisiológicas, estratégias de perenização e capacidade de adaptações morfológicas em resposta a distintas metas de manejo ainda limita de forma marcante sua adoção.

O manejo do pastejo sob lotação intermitente (i.e. pastejo rotativo) deve priorizar a adoção de metas de pré e de pós-pastejo compatíveis com os limites de tolerância da planta, os quais são específicos a cada espécie vegetal. Com relação à condição pré-pastejo, diversas pesquisas com gramíneas tropicais em monocultivo determinaram que a frequência ideal de pastejo seria aquela associada com a interrupção da rebrotação quando o dossel forrageiro atinge 95% de interceptação da luz incidente (IL), condição a partir da qual ocorre redução acentuada no acúmulo de folhas e aumento no acúmulo de colmos e de material morto (Da Silva et al., 2015), reduzindo o valor nutritivo da forragem produzida (Trindade et al., 2007). Do ponto de vista do animal em pastejo, identificar o momento ideal de interrupção do processo de rebrotação pode garantir maiores taxas de ingestão de forragem e, consequentemente, proporcionar elevado desempenho animal (Fonseca et al., 2012).

A condição pós-pastejo define a estrutura do dossel, composição morfológica e índice de área foliar (IAF) remanescente, os quais atuarão na recomposição das estruturas da planta ao longo da rebrotação (Da Silva et al., 2015; Pereira et al., 2013) e na quantidade e valor nutritivo da forragem consumida (Trindade et al., 2007). Nesse sentido, as metas pós-pastejo têm sido definidas com vistas a maximizar a velocidade de recuperação do dossel, ao mesmo tempo em que devem assegurar persistência da comunidade vegetal e elevada produtividade. Esses objetivos têm sido obtidos para a maior parte das gramíneas forrageiras tropicais quando as severidades de pastejo correspondem a uma amplitude de remoção da altura pré-pastejo entre 40 e 60% (Carvalho et al., 2009; Fonseca et al., 2012). No entanto, informações disponíveis acerca das metas de manejo do pastejo para leguminosas forrageiras tropicais são escassas ou praticamente inexistentes.

Assumindo-se que os princípios que regem a dinâmica da rebrotação em gramíneas tropicais ocorrem de maneira similar no amendoim forrageiro, as seguintes hipóteses foram formuladas: (i) o momento ideal para interromper a rebrotação de pastos de amendoim forrageiro seria também aos 95% de IL e, (ii) as severidades de pastejo correspondentes a 40

ou 60% da altura pré-pastejo estão também dentro dos limites de tolerância do amendoim forrageiro ao pastejo, e teriam pouco impacto sobre os atributos do dossel na condição pré-pastejo e na taxa de acúmulo de forragem. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a estrutura do dossel forrageiro e a taxa acúmulo de forragem de amendoim forrageiro submetido a combinações entre duas frequências e duas severidades de pastejo, no intuito de identificar e recomendar metas de manejo do pastejo para essa espécie.

3.2 Material e métodos

3.2.1 Localização, Tratamentos e Delineamento Experimental

O experimento foi conduzido de novembro de 2014 até abril de 2016, na Unidade Experimental de Plantas Forrageiras (UEPF), em área do Departamento de Zootecnia da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, pertencente à Universidade de São Paulo, no município de Piracicaba, Estado de São Paulo. As coordenadas geográficas aproximadas do local são 22°42’ de latitude Sul, 47°38’ de longitude Oeste e 546 m de altitude (Cepagri, 2012).

O clima da região de Piracicaba, segundo classificação de Köppen, é do tipo Cwa, com precipitação média anual de 1328 mm. Para evitar déficits hídricos, foi instalado sistema de irrigação por aspersão na área experimental, acionado com base nos dados de precipitação, temperatura média e evapotranspiração. Os dados climáticos foram coletados na estação meteorológica “Professor Jesus Marden dos Santos” pertencente ao Departamento de Ciências Exatas da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, localizada cerca de 500 m da área experimental. A precipitação era monitorada semanalmente e, sempre que ocorria chuva, a precipitação era quantificada e o valor descontado no cálculo da irrigação, de modo a garantir que não ocorresse estresse hídrico por falta ou excesso de água. As temperaturas médias do período experimental variaram de 19,7 °C em julho de 2015 a 27,7 °C em janeiro de 2015 (Figura 1).

Figura 1 – Precipitação média mensal (mm) e temperaturas médias mensais do período experimental (PE e TE, respectivamente) e histórica (PHist e THist - 1917 a 2017 -, respectivamente) para a região de Piracicaba, SP, de novembro de 2014 a abril de 2016

As temperaturas médias do período experimental foram superiores às temperaturas médias de 100 anos, assim como a precipitação média mensal, que em sua maioria foi superior à média histórica (Figura 1). Não houve ocorrência de déficit hídrico, mesmo nos períodos mais secos (abril 2015 - agosto 2015), em função do sistema automatizado de irrigação via aspersão instalado na área experimental.

A área experimental foi plantada no final de novembro de 2011, a partir de mudas (estolões) provenientes de doação da Estação Experimental de Zootecnia do Extremo Sul, da Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (CEPLAC), localizada no município de Itabela, Bahia. O solo da área experimental é classificado como Nitossolo Vermelho Eutroférico, com horizonte A moderado e textura variando de argilosa a muito argilosa (Embrapa, 2006). A análise de solo da área (camada 0-20 cm) antes do plantio do amendoim forrageiro apresentou as seguintes características químicas: pH $\text{CaCl}_2 = 5,85$; matéria orgânica = $41,0 \text{ g.dm}^{-3}$; P (resina trocadora de íons) = $77,0 \text{ mg.dm}^{-3}$; Ca = $87,5 \text{ mmolc.dm}^{-3}$; Mg = $50,0 \text{ mmolc.dm}^{-3}$; K = $16,3 \text{ mmolc.dm}^{-3}$; H + Al = $26,5 \text{ mmolc.dm}^{-3}$; soma de bases = $146,3 \text{ mmolc.dm}^{-3}$; capacidade de troca catiônica = $172,8 \text{ mmolc.dm}^{-3}$; saturação por bases = 84%.

Esses valores eram satisfatórios em relação às exigências da espécie em estudo e, portanto, não foram necessárias adubações adicionais.

A área experimental era de aproximadamente 0,5 hectare e foi dividida em 16 piquetes. Uma área adicional de 2 hectares foi utilizada como forma de manter os animais quando não estavam sendo utilizados no experimento. Foram utilizadas novilhas leiteiras da raça holandesa e mestiças com a raça Jersey com peso corporal médio de 230 ± 60 kg, as quais serviram apenas como agentes desfolhadores para realizar e/ou manter as metas de pastejo idealizadas. O número de animais utilizados foi dimensionado para que o rebaixamento dos pastos ocorresse no menor tempo e, de preferência, em período não superior a um dia de ocupação (pastejos diurnos) utilizando-se a técnica de “*mob grazing*” (Gildersleeve et al., 1987). Os tratamentos corresponderam a combinações entre duas condições pré- (95% e máxima interceptação de luz durante a rebrotação – $IL_{95\%}$ e $IL_{Máx}$, respectivamente) e duas condições pós-pastejo (alturas pós-pastejo correspondentes a 40 e 60% da altura pré-pastejo) definidas com base em recomendações de pesquisa geradas por Fonseca et al. (2012), e foram alocados às unidades experimentais segundo arranjo fatorial 2x2 e delineamento de blocos completos casualizados, com quatro repetições. O critério de controle da variabilidade local foi o declive do terreno (Figura 2). Durante o período que antecedeu o experimento (novembro 2014 a janeiro 2015) foram realizados pastejos nos piquetes respeitando as metas de pré e de pós-pastejo de cada unidade experimental, como forma de adaptar os pastos aos tratamentos experimentais, período denominado adaptação. Apesar de o experimento ter sido realizado de forma contínua ao longo do período experimental, as avaliações foram realizadas uma a cada época do ano, estas predeterminadas, como forma de descrever o contraste entre os regimes de desfolhação gerados

Figura 2 – Layout da área experimental

3.2.2 Medidas

Interceptação luminosa e Ângulo da folhagem

O monitoramento da interceptação luminosa do dossel forrageiro e do ângulo da folhagem foi realizado utilizando-se aparelho analisador de dossel marca LI-COR modelo LAI 2000 (LI-COR, Lincoln, Nebraska, EUA) logo após cada pastejo e semanalmente durante todo o período de rebrotação até que ocorresse 90% de interceptação da luz incidente. A partir desse momento, as medidas foram tomadas a cada dois dias, como forma de assegurar que as metas de $IL_{95\%}$ e $IL_{Máx}$ fossem geradas com precisão. Definiu-se como $IL_{Máx}$ valores similares obtidos a partir de duas leituras consecutivas. As medições eram realizadas sempre ao entardecer, em oito pontos representativos da condição média do dossel forrageiro (avaliação visual de altura e massa de forragem) de cada piquete no momento da amostragem. Em cada ponto era tomada uma leitura de referência acima do dossel forrageiro e cinco leituras abaixo, com o sensor alocado no nível do solo, totalizando oito leituras acima e 40 no nível do solo por unidade experimental. O controle das metas de IL pré-pastejo ao longo do período experimental foi efetivo (Tabela 1).

Altura do dossel

A altura do dossel forrageiro foi mensurada na condição pré- e pós-pastejo utilizando-se bastão medidor adaptado de *sward stick* (Bathram, 1985), sendo as medidas tomadas em 50 pontos aleatórios por piquete. A média dos 50 pontos correspondeu à altura média da unidade experimental (piquete). Para as metas de altura pós-pastejo, os valores foram efetivamente controlados dentro do limite de variação aceito no protocolo experimental (10% para cima ou para baixo) (Tabela 1).

Tabela 1 – Médias e erro padrão da média para interceptação luminosa pré-pastejo (%) e altura pós-pastejo (cm) em pastos de amendoim forrageiro cv. Belmonte submetidos a estratégias de pastejo rotativo

IL_{Máx} - Altura pós-pastejo 60 %						
Épocas	Adaptação	Verão I	Outono/Inverno	Início Primavera	Final Primavera	Verão II
IL Pré-Pastejo	98,7±0,19	99,4 ±0,18	99,7 ±0,16	99,5±0,15	99,6±0,16	99,3±0,15
Altura Pós-Pastejo	10,6±0,23	10,9±0,19	10,8±0,17	10,6±0,09	10,6±0,16	10,7±0,11
IL_{Máx} - Altura pós-pastejo 40 %						
IL Pré-Pastejo	97,9±0,17	99,3±0,18	99,8 ± 0,14	99,7±0,15	99,6±0,17	99,7±0,16
Altura Pós-Pastejo	7,5±0,23	7,3±0,19	7,9±0,17	7,4±0,09	7,6±0,16	7,4±0,11
IL 95% - Altura pós-pastejo 60 %						
IL Pré-Pastejo	95,1±0,15	94,8±0,18	95,1±0,17	95,4±0,15	94,7±0,14	94,6±0,15
Altura Pós-Pastejo	8,3±0,23	8,2±0,19	7,8±0,17	8,2±0,09	7,6±0,16	7,8±0,11
IL 95% - Altura pós-pastejo 40 %						
IL Pré-Pastejo	94,7±0,16	95,5±0,16	94,8±0,16	94,7±0,17	94,9±0,16	94,7±0,14
Altura Pós-Pastejo	5,9±0,23	5,3±0,19	5,6±0,17	5,6±0,09	5,1±0,16	5,4±0,11

Massa de forragem e composição botânica e morfológica

As avaliações de massa de forragem e de sua composição botânica e morfológica foram realizadas por meio do corte de duas amostras de forragem por piquete nas condições pré- e pós-pastejo. Foram utilizadas armações metálicas de 0,33 m² (0,90 x 0,37 m) posicionadas em locais representativos da condição média dos piquetes no momento da amostragem (avaliação visual da altura e massa de forragem). A forragem foi cortada no nível do solo e as amostras levadas para laboratório, pesadas separadamente e fracionadas em duas sub-amostras. Uma das sub-amostras foi submetida a separação manual, de onde obteve-se os seguintes componentes: plantas invasoras (qualquer outra planta que não o amendoim forrageiro), material morto, estolões, lâminas foliares (folíolos) e pecíolos. Cada componente botânico/morfológico foi acondicionado em sacos de papel devidamente identificados e levados à estufa de circulação forçada de ar para secagem a 65°C até massa constante. A partir dos valores de massa seca obtidos após secagem para cada componente foi calculada a composição botânica/morfológica da massa de forragem.

A massa de forragem (t MS ha⁻¹) foi estimada a partir da relação do peso total da amostra e da área conhecida da armação metálica com o respectivo teor de matéria seca da segunda sub-amostra. A relação folíolo/estolão foi calculada por meio da divisão do peso dos folíolos pelo peso dos estolões após o procedimento de secagem.

Índice de área foliar

O índice de área foliar (IAF) dos pastos foi determinado utilizando-se as mesmas amostras utilizadas para as avaliações de composição botânica e morfológica descritas acima. Após a separação dos componentes morfológicos, as lâminas foliares eram passadas em aparelho integrador de área foliar marca LI-COR modelo LAI-3100 antes de serem colocadas para secar em estufa. A partir dos dados de massa seca de lâminas foliares da sub-amostra e da leitura gerada de área foliar do aparelho calculou-se a relação entre massa seca de lâminas foliares e área foliar (área foliar específica). Essa relação foi utilizada para a determinação da área foliar da amostra da qual a sub-amostra foi gerada. Os valores de IAF foram calculados a partir do quociente entre a área foliar da amostra e a área de amostragem correspondente.

Taxa de Acúmulo de Forragem

O acúmulo de forragem foi determinado a partir das amostras colhidas para as avaliações de massa de forragem, por meio da diferença entre a massa de forragem entre o

pré-pastejo atual e o pós-pastejo imediatamente anterior. A taxa de acúmulo de forragem durante o período de rebrotação foi obtida dividindo-se o acúmulo de forragem pelo número de dias compreendido entre as condições de pós e de pré-pastejo.

3.2.3 Análise estatística

Os dados foram agrupados de acordo com épocas do ano predeterminadas, sendo elas verão I, outono/inverno, início de primavera, final de primavera e verão II, e submetidos à análise de variância utilizando-se o PROC MIXED do pacote estatístico SAS[®] (*Statistical Analysis System*). A escolha da matriz de variância foi feita utilizando-se o critério bayesiano de Schwarz (BIC) (Littel et al., 2000). A porcentagem de invasoras na massa de forragem foi utilizada como covariável, função da proporção variável de invasoras nos piquetes experimentais desde o início do período experimental. A matriz que mais se repetiu no banco de dados foi selecionada para todas as variáveis, sendo utilizada ARH(1). A análise de variância foi realizada com base nas seguintes causas de variação: interceptação luminosa em pré-pastejo (IL), altura pós-pastejo (% altura pré-pastejo, APP), épocas do ano e as interações entre elas (IL*APP, IL*ÉPOCA, APP*ÉPOCA e IL*APP*ÉPOCA). As médias dos tratamentos foram estimadas utilizando-se o “LSMEANS” e a comparação entre elas, quando necessária, realizada por meio do teste de “Student” e diferenças foram declaradas significativas quando $P < 0,05$.

3.3 Resultados

O número médio de ciclos de pastejo realizados variou de 8,0 a 10,8 e foi maior nos pastos manejados com a meta $IL_{95\%}$ relativamente àqueles manejados com $IL_{Máx}$ (Tabela 2).

Tabela 2 – Número médio de ciclos de pastejo (médias $\pm$ erro-padrão da média) em *Arachis pinto* cv. Belmonte submetido a estratégias de pastejo rotativo de novembro de 2014 a abril de 2016

Metas IL	Alturas Pós-pastejo	
	40%	60%
IL _{95%}	8,8 $\pm$ 0,48	10,8 $\pm$ 0,63
IL _{Máx}	8,0 $\pm$ 0,00	8,5 $\pm$ 0,29

Maiores intervalos de rebrotação foram observados durante a época do ano menos propícia ao crescimento e desenvolvimento da espécie, o outono/inverno. De forma geral, pastos manejados com a meta IL_{Máx} apresentaram maiores intervalos entre pastejos relativamente àqueles manejados com a meta IL_{95%}. A meta de altura pós-pastejo de 40% da altura pré-pastejo resultou em períodos de rebrotação mais longos em relação àquela de 60% da altura pré-pastejo (Tabela 3).

Tabela 3 - Intervalo médio de pastejo (dias) (médias $\pm$ erro-padrão da média) em *Arachis pinto* cv. Belmonte submetido a estratégias de pastejo rotativo de novembro de 2014 a abril de 2016

Metas IL (%)		
Adaptação		
Altura Pós-Pastejo	IL _{95%}	IL _{Máx}
	(dias)	
40%	26 $\pm$ 2,3	31 $\pm$ 2,1
60%	24 $\pm$ 1,8	26 $\pm$ 2,3
Verão I		
	IL _{95%}	IL _{Máx}
40%	27 $\pm$ 1,5	28 $\pm$ 1,0
60%	24 $\pm$ 0,9	27 $\pm$ 1,5
Outono/Inverno		
	IL _{95%}	IL _{Máx}
40%	95 $\pm$ 4,4	104 $\pm$ 1,4
60%	78 $\pm$ 4,6	102 $\pm$ 3,5
Início Primavera		
	IL _{95%}	IL _{Máx}
40%	30 $\pm$ 0,8	34 $\pm$ 2,5
60%	28 $\pm$ 1,4	32 $\pm$ 2,4
Final Primavera		
	IL _{95%}	IL _{Máx}
40%	31 $\pm$ 1,2	39 $\pm$ 1,8
60%	24 $\pm$ 2,3	35 $\pm$ 3,8
Verão II		
	IL _{95%}	IL _{Máx}
40%	29 $\pm$ 1,2	34 $\pm$ 1,7
60%	24 $\pm$ 1,3	28 $\pm$ 1,4

Como forma de caracterizar a dinâmica de crescimento e dos processos envolvidos na rebrotação, primeiramente serão apresentados os resultados da condição pós-pastejo, caracterizando os pastos após o pastejo realizado pelos animais e, posteriormente, os resultados da condição pré-pastejo, os quais fornecem informações das condições do dossel antecedendo o próximo evento de desfolhação.

3.3.1 Condição pós-pastejo

Interceptação luminosa

A interceptação luminosa variou com a altura pós-pastejo ($p < 0,0001$), época do ano e com as interações IL x época do ano ($p = 0,0356$) e altura pós-pastejo x época do ano ($p = 0,0021$). Houve diferença entre as metas pré-pastejo durante o outono/inverno e final de primavera, com maiores valores encontrados para a meta $IL_{Máx}$. Para a meta $IL_{95\%}$, maior IL pós-pastejo foi registrada durante o período de adaptação, outono/inverno e início de primavera e menor no final de primavera e verão II. Já para a meta $IL_{Máx}$, valores superiores foram mensurados durante o outono/inverno, intermediários durante o período de adaptação, verão I, início e final de primavera e menores no verão II. Com exceção do período de adaptação, onde não houve diferença entre as alturas pós-pastejo, valores consistentemente maiores foram registrados nos pastos manejados com a meta de 60% relativamente à de 40% da altura pré-pastejo. Para a meta pós-pastejo de 40%, maiores valores foram encontrados no período de adaptação e durante o outono/inverno, intermediários no verão I e início de primavera e menores no final de primavera e verão II. Para a meta pós-pastejo de 60%, maiores valores foram registrados durante o outono/inverno e início de primavera, intermediários durante o verão I, final de primavera e verão II e menores durante o período de adaptação (Tabela 4).

Tabela 4 – Interceptação luminosa pós-pastejo (médias $\pm$ erro-padrão da média) em pastos de *Arachis pintoi* cv. Belmonte submetidos a estratégias de pastejo rotativo caracterizadas pelas metas de $IL_{95\%}$ e $IL_{Máx}$ e altura pós-pastejo de 40 e 60% da altura pré-pastejo de fevereiro de 2015 a abril de 2016

Época	Metas IL	
	$IL_{95\%}$	$IL_{Máx}$
	(%)	
Adaptação	68,1 $\pm$ 2,29 Aba	67,3 $\pm$ 2,29 Ba
Verão I	65,9 $\pm$ 1,80 Bca	70,5 $\pm$ 1,78 Ba
Outono/Inverno	71,6 $\pm$ 1,69 Ab	76,6 $\pm$ 1,54 Aa
Início Primavera	70,8 $\pm$ 1,22 Aa	71,8 $\pm$ 1,12 Ba
Final Primavera	62,32 $\pm$ 1,38 CDb	69,8 $\pm$ 1,47 Ba
Verão II	60,0 $\pm$ 2,18 Da	60,4 $\pm$ 2,17 Ca
	Altura pós-pastejo	
	40%	60%
Adaptação	66,6 $\pm$ 2,29 ABa	68,8 $\pm$ 2,30 Ca
Verão I	63,5 $\pm$ 1,79 Bb	72,9 $\pm$ 1,82 BCa
Outono/Inverno	69,6 $\pm$ 1,56 Ab	78,6 $\pm$ 1,62 Aa
Início Primavera	63,9 $\pm$ 1,17 Bb	78,7 $\pm$ 1,14 Aa
Final Primavera	58,3 $\pm$ 1,37 Cb	73,8 $\pm$ 1,36 Ba
Verão II	51,3 $\pm$ 2,19 Db	69,1 $\pm$ 2,16 BCa

Médias seguidas de letras distintas, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, diferem entre si ($p < 0,05$).

Índice de área foliar (IAF)

O índice de área foliar (IAF) variou com a IL ($p=0,0086$), altura pós-pastejo ($p < 0,0001$) e com a época do ano ($p=0,0058$). Maiores valores foram registrados nos pastos manejados com a meta $IL_{Máx}$ relativamente àqueles manejados com a meta $IL_{95\%}$. Para a meta pós-pastejo de 60% foram registrados maiores valores relativamente à meta de 40%. Em relação às épocas do ano, maiores valores foram registrados no outono/inverno e no início de primavera relativamente às demais épocas do ano, as quais não diferiram entre si (Tabela 5).

Ângulo foliar

O ângulo foliar variou com a época do ano ($p=0,0008$). Maiores valores foram registrados durante o período de adaptação e verão I, intermediários durante o início e final de primavera e menores no outono/inverno e verão II (Tabela 5).

Tabela 5 – Índice de área foliar (IAF) e ângulo foliar (AF) pós-pastejo (médias $\pm$ erro-padrão da média) em pastos de *Arachis pinto* cv. Belmonte submetidos a estratégias de pastejo rotativo caracterizadas pelas metas de $IL_{95\%}$ e $IL_{Máx}$ e altura pós-pastejo de 40 e 60% da altura pré-pastejo de fevereiro de 2015 a abril de 2016

Metas IL	IAF	
$IL_{95\%}$	1,6 $\pm$ 0,14 B	
$IL_{Máx}$	2,2 $\pm$ 0,14 A	
Altura pós-pastejo	IAF	
40%	1,4 $\pm$ 0,14 B	
60%	2,4 $\pm$ 0,14 A	
Época	AF	IAF
	($^{\circ}$)	
Adaptação	58,0 $\pm$ 1,14 A	1,7 $\pm$ 0,25 B
Verão I	57,6 $\pm$ 0,88 A	1,6 $\pm$ 0,26 B
Outono/Inverno	52,4 $\pm$ 0,95 BC	2,7 $\pm$ 0,26 A
Início Primavera	54,5 $\pm$ 1,13 B	2,5 $\pm$ 0,28 A
Final Primavera	54,1 $\pm$ 1,26 B	1,4 $\pm$ 0,18 B
Verão II	49,7 $\pm$ 1,68 C	1,4 $\pm$ 0,23 B

Médias seguidas de letras maiúsculas distintas na coluna diferem entre si ($p<0,05$).

Massa de forragem

A massa de forragem pós-pastejo variou com a IL ($p<0,0001$), altura pós-pastejo ($p<0,0001$), época do ano ($p=0,0031$) e com a interação altura pós-pastejo x época do ano ($p=0,0044$). Maiores valores foram observados nos pastos manejados com a meta $IL_{Máx}$ relativamente àqueles manejados com a meta $IL_{95\%}$. Houve diferença entre alturas pós-pastejo, com valores superiores para a meta de 60% relativamente à meta de 40% da altura

pré-pastejo durante o outono/inverno, início e final de primavera. A meta de 40% resultou em maiores valores durante o período de adaptação, verão I, outono/inverno e início de primavera e menores durante o final de primavera e verão II. Já a meta de 60% resultou maiores valores durante o outono/inverno e início de primavera, intermediários durante verão I, final de primavera e verão II e menores no período de adaptação (Tabela 6).

Tabela 6 – Massa de forragem pós-pastejo (médias $\pm$ erro-padrão da média) em pastos de *Arachis pintoi* cv. Belmonte submetidos a estratégias de pastejo rotativo caracterizadas pelas metas de altura pós-pastejo de 40 e 60% da altura de pré-pastejo de fevereiro de 2015 a abril de 2016

Época	Altura pós-pastejo	
	40%	60%
	(t MS ha ⁻¹)	
Adaptação	7,4 $\pm$ 0,51 Aa	6,7 $\pm$ 0,51 Da
Verão I	7,6 $\pm$ 0,51 Aa	7,5 $\pm$ 0,52 BCDa
Outono/Inverno	7,5 $\pm$ 0,51 Ab	10,2 $\pm$ 0,52 Aa
Início Primavera	6,6 $\pm$ 0,52 ABb	9,0 $\pm$ 0,51 ABa
Final Primavera	5,9 $\pm$ 0,51 Bb	8,2 $\pm$ 0,50 BCa
Verão II	5,8 $\pm$ 0,55 Ba	7,0 $\pm$ 0,53 CDa
Média	6,8 $\pm$ 0,21 b	8,1 $\pm$ 0,21 a

Médias seguidas de letras distintas, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, diferem entre si (p<0,05).

Composição botânica e morfológica da massa de forragem

Porcentagem de estolão

A porcentagem de estolão variou com a IL (p<0,0001), altura pós-pastejo (p=0,0016) e época do ano (<0,0001). Maior porcentagem de estolão foi registrada para a meta IL_{Máx} relativamente à meta IL_{95%}, e para a meta de 40% relativamente à meta de 60% da altura pré-pastejo. Em relação às épocas do ano, maiores valores foram registrados durante o verão II, intermediários durante o período de adaptação, verão I e final de primavera e menores outono/inverno e início de primavera (Tabela 7).

Porcentagem de pecíolos

A porcentagem de pecíolos variou com a altura pós-pastejo ($p=0,0002$) e com a época do ano ($p=0,0028$). Pastos manejados com a meta de altura pós-pastejo 60% apresentaram valores superiores que aqueles manejados com a meta de 40%. Em relação às épocas do ano, valores superiores foram registrados durante o outono/inverno e início de primavera, não havendo diferença entre as demais épocas do ano (Tabela 7).

Porcentagem de folíolos

A porcentagem de folíolos variou com a altura pós-pastejo ($p=0,0005$) e com a época do ano ($p=0,0081$). Maiores valores foram registrados nos pastos manejados com a meta pós-pastejo de 60% relativamente àqueles manejados com a meta de 40%. Valores mais elevados foram registrados durante o outono/inverno e início de primavera, intermediários no período de adaptação e menores no verão I, final de primavera e verão II (Tabela 7).

Porcentagem de material morto

A porcentagem de material morto variou com a IL ($p<0,0002$) e com a época do ano ($p<0,0001$). Maiores valores foram encontrados nos pastos manejados com a meta $IL_{95\%}$ relativamente àqueles manejados com a meta $IL_{Máx}$. Em relação às épocas do ano, maiores valores foram registrados durante o outono/inverno, intermediários durante o período de adaptação, verão I, início e final de primavera e menores no verão II (Tabela 7).

Relação Lâmina/Estolão

A relação lâmina/estolão (L/E) variou com a altura pós-pastejo ($p=0,0027$) e com a época do ano ($p=0,0017$). Pastos manejados com a meta de 60% apresentaram maiores valores que aqueles manejados com a meta de 40% da altura pré-pastejo. Os maiores valores foram registrados no outono/inverno, sendo os intermediários no início de primavera e verão I e os menores no período de adaptação, final de primavera e verão II (Tabela 7).

Tabela 7 - Porcentagem de estolão, porcentagem de pecíolos (PEC), porcentagem de folíolos (PF), porcentagem de material morto e relação lâmina/estolão (L/E) (médias $\pm$ erro-padrão da média) na massa de forragem pós-pastejo em pastos de *Arachis pintoi* cv. Belmonte submetidos a estratégias de pastejo rotativo caracterizadas pelas metas de $IL_{95\%}$ e $IL_{Máx}$ e altura pós-pastejo de 40 e 60% da altura pré-pastejo de fevereiro de 2015 a abril de 2016

Metas I.L	Estolão	M. Morto			
		(%)			
$IL_{95\%}$	47,0 $\pm$ 0,89 B	14,3 $\pm$ 0,72 A			
$IL_{Máx}$	53,1 $\pm$ 0,89 A	9,6 $\pm$ 0,72 B			
Altura Pós-Pastejo	Estolão	PEC	PF	L/E	
	(%)	(%)	(%)		
40%	52,3 $\pm$ 0,88 A	3,1 $\pm$ 0,17 B	9,4 $\pm$ 0,66 B	0,2 $\pm$ 0,02 B	
60%	47,8 $\pm$ 0,88 B	4,1 $\pm$ 0,17 A	13,3 $\pm$ 0,66 A	0,3 $\pm$ 0,02 A	
Época	Estolão	PEC	PF	L/E	M. Morto
	(%)	(%)	(%)		(%)
Adaptação	51,6 $\pm$ 1,26 B	3,2 $\pm$ 0,23 B	11,1 $\pm$ 1,09 AB	0,2 $\pm$ 0,03 C	10,5 $\pm$ 1,01 B
Verão I	52,9 $\pm$ 1,69 B	3,0 $\pm$ 0,33 B	10,0 $\pm$ 1,21 B	0,2 $\pm$ 0,04 C	11,0 $\pm$ 0,76 B
Outono/Inverno	40,8 $\pm$ 1,46 C	4,2 $\pm$ 0,35 A	14,1 $\pm$ 1,05 A	0,4 $\pm$ 0,04 A	17,4 $\pm$ 1,48 A
Início Primavera	44,9 $\pm$ 1,46 C	5,1 $\pm$ 0,43 A	14,1 $\pm$ 1,06 A	0,3 $\pm$ 0,03 B	12,4 $\pm$ 2,12 AB
Final Primavera	52,1 $\pm$ 1,46 B	2,9 $\pm$ 0,23 B	8,7 $\pm$ 0,99 B	0,2 $\pm$ 0,02 C	13,5 $\pm$ 1,51 AB
Verão II	58,1 $\pm$ 1,71 A	3,1 $\pm$ 0,28 B	9,8 $\pm$ 1,29 B	0,2 $\pm$ 0,03 C	6,9 $\pm$ 0,84 C

3.3.2 Condição pré-pastejo

Altura do dossel

A altura do dossel forrageiro em pré-pastejo variou apenas com a IL ($p < 0,0001$), sendo que maiores valores foram registrados nos pastos manejados com a meta $IL_{Máx}$ relativamente àqueles manejados com a meta $IL_{95\%}$ (13,3 e 18,5 $\pm$ 0,07 cm para $IL_{95\%}$ e $IL_{Máx}$, respectivamente).

Índice de área foliar (IAF)

O índice de área foliar (IAF) pré-pastejo variou com a IL ($p<0,0001$), época do ano ($p<0,0001$) e interação IL x época do ano ($p=0,0348$). Para ambas as metas pré-pastejo, menores valores foram registrados durante o período de adaptação e verão I e maiores a partir do início do segundo período de crescimento (início e final de primavera) (Tabela 8). Diferenças entre as metas pré-pastejo foram observadas apenas durante o verão I e outono/inverno, quando maiores valores foram registrados nos pastos manejados com a meta $IL_{Máx}$ relativamente àqueles manejados com a meta $IL_{95\%}$ (Tabela 8).

Tabela 8 – Índice de área foliar (IAF) pré-pastejo (médias $\pm$ erro-padrão da média) em pastos de *Arachis pintoi* cv. Belmonte submetidos a estratégias de pastejo rotativo caracterizadas pelas metas de $IL_{95\%}$ e $IL_{Máx}$ de fevereiro de 2015 a abril de 2016

Época	Metas IL		Média
	$IL_{95\%}$	$IL_{Máx}$	
Adaptação	6,2 $\pm$ 0,35 Ca	7,1 $\pm$ 0,36 Da	6,7 $\pm$ 0,25 D
Verão I	6,4 $\pm$ 0,48 Cb	8,2 $\pm$ 0,48 CDa	7,3 $\pm$ 0,34 CD
Outono/Inverno	7,0 $\pm$ 0,57 BCb	11,3 $\pm$ 0,54 Aa	9,2 $\pm$ 0,40 AB
Início Primavera	9,1 $\pm$ 0,67 Aa	10,0 $\pm$ 0,65 ABa	9,6 $\pm$ 0,46 A
Final Primavera	8,4 $\pm$ 0,71 ABa	9,9 $\pm$ 0,72 ABCa	9,1 $\pm$ 0,50 AB
Verão II	7,2 $\pm$ 0,57 BCa	8,7 $\pm$ 0,59 BCa	7,9 $\pm$ 0,43 BC
Média	7,39 $\pm$ 0,21 b	9,2 $\pm$ 0,21 a	

Médias seguidas de letras distintas, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, diferem entre si ($p<0,05$).

Ângulo foliar

O ângulo foliar variou com a IL ($p<0,0001$) e com a época do ano ($p=0,00780$). Maiores valores foram registrados nos pastos manejados com a meta $IL_{95\%}$ relativamente àqueles manejados com a meta $IL_{Máx}$. Com relação à época do ano, maiores valores foram registrados no início de primavera, valores intermediários no final de primavera, verão I e II e menores durante o período de adaptação e outono/inverno (Tabela 9).

Tabela 9 – Massa de forragem (MF), porcentagem de folíolos (PF), relação lâmina/estolão (L/E) e ângulo da folhagem (AF) pré-pastejo (médias $\pm$ erro-padrão da média) em pastos de *Arachis pintoi* cv. Belmonte submetidos a estratégias de pastejo rotativo caracterizadas pelas metas de $IL_{95\%}$ e $IL_{Máx}$ de fevereiro de 2015 a abril de 2016

Metas IL	MF	PF	L/E	AF
	(t MS ha ⁻¹)	(%)		(°)
$IL_{95\%}$	9,3 $\pm$ 0,24 B	30,1 $\pm$ 0,69 A	0,8 $\pm$ 0,02 A	50,3 $\pm$ 0,66 A
$IL_{Máx}$	12,6 $\pm$ 0,24 A	26,6 $\pm$ 0,69 B	0,6 $\pm$ 0,02 B	41,6 $\pm$ 0,66 B
Época				
Adaptação	11,6 $\pm$ 0,45 A	22,3 $\pm$ 1,01 C	0,5 $\pm$ 0,04 C	45,2 $\pm$ 1,06 B
Verão I	11,4 $\pm$ 0,45 A	26,5 $\pm$ 1,02 B	0,6 $\pm$ 0,02 B	46,4 $\pm$ 0,81 AB
Outono/Inverno	12,1 $\pm$ 0,48 A	28,2 $\pm$ 1,52 AB	0,9 $\pm$ 0,10 A	45,3 $\pm$ 0,36 B
Início Primavera	11,5 $\pm$ 0,46 A	30,6 $\pm$ 0,75 A	0,8 $\pm$ 0,03 A	47,9 $\pm$ 0,48 A
Final Primavera	9,9 $\pm$ 0,45 B	31,3 $\pm$ 0,80 A	0,8 $\pm$ 0,03 A	47,0 $\pm$ 0,88 AB
Verão II	9,3 $\pm$ 0,48 B	31,5 $\pm$ 1,15 A	0,8 $\pm$ 0,04 A	43,7 $\pm$ 2,70 AB

Médias seguidas de letras maiúsculas distintas na coluna diferem entre si (p<0,05).

Massa de forragem

A massa de forragem pré-pastejo variou com a IL (p<0,0001) e com a época do ano (p=0,001). Maiores valores foram registrados nos pastos manejados com a meta $IL_{Máx}$ relativamente àqueles manejados com a meta $IL_{95\%}$. Ao longo do ano, os valores permaneceram estáveis desde o período de adaptação até o início de primavera, diminuindo durante o final de primavera e verão II (Tabela 9).

Composição botânica e morfológica da massa de forragem

Porcentagem de folíolos

A porcentagem de folíolos variou com a IL (p=0,0002) e com a época do ano (p<0,0001). Maiores valores foram registrados nos pastos manejados com a meta $IL_{95\%}$ relativamente àqueles manejados com a meta $IL_{Máx}$. Ao longo do ano, maiores valores foram registrados durante o início de primavera, final de primavera e verão II, menores no período de adaptação e intermediários no verão I (Tabela 9).

Relação folíolo /estolão

A relação folíolo/estolão variou com a IL ($p < 0,0001$) e com a época do ano ($p < 0,0001$). Pastos manejados com a meta $IL_{95\%}$ apresentaram valores superiores àqueles manejados com a meta $IL_{Máx}$. Os menores valores foram registrados durante o período de adaptação, intermediários durante o verão I e os maiores durante outono/inverno, início e final de primavera e verão II (Tabela 9).

Porcentagem de estolão

A porcentagem de estolão variou com a IL ($p < 0,0001$), altura pós-pastejo ($p = 0,0136$), época do ano ($p < 0,0001$) e com as interações IL x época do ano ($p = 0,0041$) e altura pós-pastejo x época do ano ($p = 0,0453$). De maneira geral, maior porcentagem de estolão foi registrada durante a primeira estação de crescimento (período de adaptação e verão I) para ambas as metas pré-pastejo ($IL_{95\%}$ e $IL_{Máx}$). Pastos manejados com a meta $IL_{Máx}$ apresentaram maior porcentagem de estolões na massa de forragem que pastos manejados com a meta $IL_{95\%}$ durante o período de adaptação, verão I e final de primavera (Tabela 9). Na média do período experimental, a meta pós-pastejo de 60% resultou em maior proporção de estolão na massa de forragem relativamente à meta de 40%. Houve também diferença entre épocas do ano, sendo os maiores valores registrados no período de adaptação para ambas metas pós-pastejo (40% e 60% da altura pré-pastejo) (Tabela 10).

Tabela 10 – Porcentagem de estolão na massa de forragem pré-pastejo (médias $\pm$ erro-padrão da média) em pastos de *Arachis pintoi* cv. Belmonte submetidos a estratégias de pastejo rotativo caracterizadas pelas metas de IL_{95%} e IL_{Máx} e altura pós-pastejo de 40 e 60% da altura pré-pastejo de fevereiro de 2015 a abril de 2016

Época	Metas IL		Média
	IL _{95%}	IL _{Máx}	
	(%)		
Adaptação	44,6 $\pm$ 2,09 Ab	55,7 $\pm$ 2,09 Aa	50,1 $\pm$ 1,50 A
Verão I	41,9 $\pm$ 1,34 ABb	50,0 $\pm$ 1,34 Ba	45,0 $\pm$ 0,98 B
Outono/Inverno	35,9 $\pm$ 3,22 BCa	39,2 $\pm$ 3,22 CDa	37,5 $\pm$ 2,29 C
Início Primavera	40,4 $\pm$ 1,07 ABCa	40,4 $\pm$ 0,94 Da	40,4 $\pm$ 0,74 C
Final Primavera	36,8 $\pm$ 1,56 Cb	44,8 $\pm$ 1,58 Ca	40,8 $\pm$ 1,13 C
Verão II	40,4 $\pm$ 1,07 ABCa	44,3 $\pm$ 1,85 CDa	42,2 $\pm$ 1,37 C
Média	39,9 $\pm$ 0,81 b	45,7 $\pm$ 0,81 a	

Época	Altura pós-pastejo		Média
	40%	60%	
	(%)		
Adaptação	50,2 $\pm$ 2,09 Aa	50,1 $\pm$ 2,09 Aa	50,1 $\pm$ 1,50 A
Verão I	44,5 $\pm$ 1,35 Ba	47,4 $\pm$ 1,35 ABa	45,0 $\pm$ 0,98 B
Outono/Inverno	35,1 $\pm$ 3,16 Ca	40,0 $\pm$ 3,16 BCDa	37,6 $\pm$ 2,29 C
Início Primavera	41,1 $\pm$ 0,94 Ca	39,7 $\pm$ 1,02 Da	40,4 $\pm$ 0,74 C
Final Primavera	39,5 $\pm$ 1,59 Ca	42,2 $\pm$ 1,56 CDa	40,8 $\pm$ 1,13 C
Verão II	38,3 $\pm$ 1,87 Ca	46,1 $\pm$ 1,84 ABCa	42,2 $\pm$ 1,37 C
Média	41,4 $\pm$ 0,81 b	44,2 $\pm$ 0,81 a	

Médias seguidas de letras distintas, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, diferem entre si (p<0,05).

Porcentagem de pecíolos

A porcentagem de pecíolos variou com a IL (p<0,0041), altura pós-pastejo (P= 0,026), época do ano (p<0,0001) e com a interação altura pós-pastejo x época do ano (p=0,0453). Pastos manejados com a meta IL_{95%} apresentaram valores superiores àqueles de pastos manejados com a meta IL_{Máx}. Houve diferença entre metas de altura pós-pastejo apenas no verão II, com maiores valores registrados para a meta de 40% relativamente à meta de 60%.

Para ambas as metas de altura pós-pastejo os menores valores foram registrados durante o período de adaptação, com valores maiores, mas relativamente estáveis após o início de primavera, variando de 7,2 a 9,3% da massa de forragem (Tabela 11).

Tabela 11 – Porcentagem de pecíolos na massa de forragem pré-pastejo (médias $\pm$ erro-padrão da média) em pastos de *Arachis pintoi* cv. Belmonte submetidos a estratégias de pastejo rotativo caracterizadas pelas metas de altura pós-pastejo de 40 e 60% da altura pré-pastejo de fevereiro de 2015 a abril de 2016

Época	Altura pós-pastejo		Média
	40%	60%	
	(%)		
Adaptação	5,0 $\pm$ 0,42 Ca	5,9 $\pm$ 0,42 Da	5,4 $\pm$ 0,30 E
Verão I	6,9 $\pm$ 0,42 Ba	6,5 $\pm$ 0,42 CDa	6,7 $\pm$ 0,30 D
Outono/Inverno	7,8 $\pm$ 0,31 Ba	7,4 $\pm$ 0,35 BCa	7,6 $\pm$ 0,24 C
Início Primavera	9,1 $\pm$ 0,28 Aa	8,9 $\pm$ 0,29 Aa	9,0 $\pm$ 0,21 A
Final Primavera	9,3 $\pm$ 0,46 Aa	8,2 $\pm$ 0,46 ABa	8,8 $\pm$ 0,33 AB
Verão II	9,3 $\pm$ 0,42 Aa	7,2 $\pm$ 0,42 BCb	8,2 $\pm$ 0,31 BC
Média	7,9 $\pm$ 0,17 a	7,4 $\pm$ 0,17 b	

Médias seguidas de letras distintas, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, diferem entre si ($p < 0,05$).

Porcentagem de material morto

A porcentagem de material morto variou com a época do ano ($p < 0,0001$) e com a interação IL x época do ano ($p = 0,0029$). Houve diferença entre metas pré-pastejo durante o período de adaptação e verão I, com maiores valores registrados para os pastos manejados com a meta IL_{95%} relativamente àqueles manejados com a meta IL_{Máx}, e início de primavera, com maiores valores registrados nos pastos manejados com a meta IL_{Máx} relativamente àqueles manejados com a meta IL_{95%}. Para ambas as metas pré-pastejo maiores valores foram registrados durante o outono/inverno (Tabela 12).

Tabela 12 – Porcentagem de material morto na massa de forragem pré-pastejo (médias $\pm$ erro-padrão da média) em pastos de *Arachis pintoi* cv. Belmonte submetidos a estratégias de pastejo rotativo caracterizadas pelas metas de $IL_{95\%}$ e $IL_{Máx}$ de fevereiro de 2015 a abril de 2016

Época	Metas IL		
	$IL_{95\%}$	$IL_{Máx}$	Média
	(%)		
Adaptação	11,0 $\pm$ 1,50 ABa	4,2 $\pm$ 1,51 BCb	7,6 $\pm$ 1,11 B
Verão I	7,7 $\pm$ 1,02 Ba	4,8 $\pm$ 1,03 BCb	6,2 $\pm$ 0,79 BC
Outono/Inverno	14,1 $\pm$ 1,98 Aa	10,7 $\pm$ 1,91 Aa	12,4 $\pm$ 1,43 A
Início Primavera	3,9 $\pm$ 1,09 Cb	7,1 $\pm$ 0,99 ABa	5,5 $\pm$ 0,80 BCD
Final Primavera	4,2 $\pm$ 0,96 Ca	4,7 $\pm$ 0,98 Ca	4,5 $\pm$ 0,75 CD
Verão II	3,5 $\pm$ 1,11 Ca	3,2 $\pm$ 1,11Ca	3,4 $\pm$ 0,89 D

Médias seguidas de letras distintas, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, diferem entre si ($p < 0,05$).

Taxa de acúmulo de forragem

A taxa de acúmulo de forragem e de folíolos variou apenas entre as épocas do ano ($p < 0,0001$). Maiores valores de taxa de acúmulo foram registrados durante o verão I, intermediários no início e final de primavera e verão II e menores no outono/inverno. Com relação à taxa de acúmulo de folíolos, maiores valores foram registrados durante o verão I e verão II, intermediários durante o início e final de primavera e menores durante o outono/inverno. A taxa de acúmulo de estolões variou com a IL ($p < 0,0301$) e época do ano ($p < 0,0001$). Maiores taxas de acúmulo de estolões foram registradas nos pastos manejados com a meta $IL_{Máx}$ relativamente àqueles manejados com a meta $IL_{95\%}$. Com relação às épocas do ano, maiores valores foram registrados durante o verão I, intermediários durante o início e final de primavera e verão II e menores durante o outono/inverno (Tabela 13).

Tabela 13 – Taxa de acúmulo de forragem (TA), de folíolos (TAF) e de estolões (TAE) (médias $\pm$ erro-padrão da média) em pastos de *Arachis pinto* cv. Belmonte submetidos a estratégias de pastejo rotativo caracterizadas pelas metas de $IL_{95\%}$ e $IL_{Máx}$ de fevereiro de 2015 a abril de 2016

Meta IL		TAE	
		$(kg\ ha^{-1}\ dia^{-1})$	
IL95%		37 $\pm$ 6,4 B	
ILMáx		58 $\pm$ 5,9 A	
Época	TA	TAF	TAE
$(kg\ ha^{-1}\ dia^{-1})$			
Verão I	206 $\pm$ 26,4 A	71 $\pm$ 6,4 A	93 $\pm$ 16,6 A
Outono/Inverno	33 $\pm$ 5,0 C	20 $\pm$ 1,9 C	9 $\pm$ 1,7 C
Início Primavera	103 $\pm$ 15,9 B	53 $\pm$ 5,6 B	45 $\pm$ 6,8 B
Final Primavera	108 $\pm$ 13,0 B	63 $\pm$ 4,1 AB	51 $\pm$ 7,6 B
Verão II	143 $\pm$ 16,0 AB	72 $\pm$ 3,2 A	40 $\pm$ 6,1 B

Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes na coluna diferem entre si ($p < 0,05$).

3.4 Discussão

Os padrões de resposta aos tratamentos impostos durante a primeira estação de crescimento (verão I) foram similares àqueles observados durante o período de adaptação dos pastos. Nessas épocas, no início do período experimental, observou-se maior massa de forragem, maior taxa de acúmulo de estolões e, conseqüentemente, maior participação deste componente na massa de forragem em pré-pastejo, além de menor porcentagem de folíolos e de pecíolos e, conseqüentemente, menor IAF dos pastos comparativamente ao que foi observado durante a segunda estação de crescimento (final de primavera e verão II). O investimento no alongamento de estolões nas fases iniciais do período experimental representa uma importante estratégia de colonização, previamente descrita em outras espécies estoloníferas, tais como: *Glechoma hederacea* L. (Birch e Hutchings, 1999), *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms (Méthy et al. 1990) e *Potentilla reptans* L. e *Potentilla anserina* L. (Louâpre et al., 2012).

Estolões, também denominados “*spacers*”, desempenham funções ligadas à exploração e captura de recursos (Ottaviani et al., 2017) em espécies clonais como o

amendoim forrageiro. A habilidade de se espalhar lateralmente por meio dos “*spacers*” habilita a colonização de novos “*patches*” no ambiente em um processo cíclico que envolve a produção de longos segmentos clonais e gerações associadas e a subsequente segmentação do clone em “*ramets*” independentes, cuja sobrevivência é assegurada pelo prévio desenvolvimento de sistema radicular (Chen et al., 2015; Fialho, 2015).

O alongamento de estolões resulta na formação de longos sistemas clonais. Paralelamente à expansão do clone parental, a ativação de gemas axilares e o subsequente desenvolvimento e crescimento de novos “*ramets*”, definidos por Ottaviani et al. (2017) como a menor parte da planta (que possui sistema radicular e parte aérea interconectados) capaz de sobreviver independentemente, cria um sistema integrado de gerações inicialmente dependentes do clone parental. A manutenção de conexões vasculares viáveis entre as gerações associadas e o clone assegura a troca de recursos entre “*ramets*” por um determinado período (Price e Marshall, 1999; Louâpre et al., 2012), em um processo definido como integração clonal (Birch e Hutchings, 1999). A integração clonal garante a sobrevivência dos “*ramets*”, normalmente até que estes possuam sistema radicular desenvolvido.

Observa-se que a prioridade no desenvolvimento de estolões se estendeu ao longo do verão I, caracterizando uma fase de estabelecimento e ocupação da área, cuja dinâmica de crescimento ocorreu independentemente do regime de desfolhação imposto. Este fato elucidaria as diferenças em taxa de acúmulo e de estolões entre o primeiro e o segundo períodos de crescimento (verão I e verão II).

Uma dinâmica de crescimento sazonal foi observada, função da variação em disponibilidade de fatores de crescimento para as plantas, particularmente temperatura e luminosidade, uma vez não houve déficit hídrico em função do sistema de irrigação utilizado. Durante os períodos de crescimento ativo dos pastos (verão I, final de primavera e verão II) houve maior porcentagem de estolões na massa de forragem, enquanto nos períodos de crescimento reduzido (outono/inverno e início de primavera) ocorreu o contrário, ou seja, houve maior porcentagem de folíolos/pecíolos na massa de forragem. Merece destaque, com relação ao efeito de época do ano, os maiores valores de massa de forragem, maior proporção de folíolos e de pecíolos e a menor proporção de estolões registrados na condição pós-pastejo durante o outono/inverno e início de primavera relativamente às demais épocas do ano. De forma geral, tanto em pré como em pós-pastejo maior porcentagem de material morto foi registrada nos pastos durante o outono/inverno e início de primavera relativamente às épocas de crescimento ativo. Em adição, diferentemente dos padrões observados em gramíneas

tropicais perenes (Carnevali et al., 2006; Da Silva et al., 2015), o IAF nas condições de pós- e de pré-pastejo foi maior naquelas épocas do ano. Essas respostas evidenciam um processo de segmentação de estolões e estabelecimento de novos “*ramets*”, o qual consiste em estratégia natural de perenização da planta.

O fato é coerente e consistente com o ciclo estacional de desenvolvimento do amendoim forrageiro descrito por Fialho (2015). Segundo a autora, durante os meses de primavera e verão, quando as condições de crescimento são favoráveis, a planta investe no aumento do tamanho de plantas individuais, especialmente no comprimento dos estolões, como forma de potencializar a exploração de recursos na área. Em contrapartida, a restrição de recursos que se inicia a partir do outono, com o encurtamento dos dias e redução da temperatura, faz com que o custo de manutenção de longos estolões seja muito alto e, como forma de aumentar a probabilidade de sobrevivência na área, as plantas iniciam um processo de enraizamento dos nós mais velhos dos estolões e, em seguida, a desintegração física ou segmentação, processo caracterizado pelo rompimento das conexões entre “*ramets*” induzido pela morte da porção basal de estolões mais velhos. A segmentação origina novas unidades (plantas menores) contendo um ou mais “*ramets*” conectados (Birch e Hutchings, 1994). Estes novos indivíduos assim permanecem até o final de primavera, quando condições favoráveis ao crescimento vegetativo das plantas são restabelecidas e o ciclo se reinicia, com o aumento do tamanho e comprimento de estolões individuais.

Dessa forma, a manipulação de variáveis como frequência e severidade de desfolhação ao longo do ano pode afetar o processo de crescimento e uso de assimilados pelo amendoim forrageiro, uma vez que interfere em um processo estacional e central para a persistência dessa planta forrageira, e na segmentação durante o outono/inverno. Se pastejos excessivamente severos e/ou frequentes (muito intensos) forem adotados nessa época do ano, existe o risco de comprometimento dessa fase, com potenciais impactos negativos sobre o estabelecimento da população de plantas e produção de forragem na estação de crescimento seguinte.

A severidade de pastejo define as estruturas remanescentes ao início de cada novo ciclo de rebrotação. Em protocolo experimental semelhante Alonzo et al. (2017) demonstraram impactos negativos na rebrotação quando as desfolhações removeram mais de 60% da altura pré-pastejo. No presente experimento, pastos cujo altura pós-pastejo correspondeu a 60% da altura pré-pastejo iniciaram a rebrotação com maior massa de forragem, maior proporção de folíolos e, conseqüentemente, maior IAF pós-pastejo. Entretanto, as severidades de pastejo exerceram menores impactos na condição dos pastos em

pré-pastejo, tal como postulado pela hipótese (ii), sendo esse padrão de resposta coerente com aquele descrito para gramíneas forrageiras submetidas a regimes análogos de desfolhação. Nesse sentido, quando se considera apenas atributos da parte aérea e as taxas de acúmulo de forragem, severidades de pastejo correspondentes à remoção de até 60% da altura pré-pastejo ainda proporcionam condições de dossel adequadas, não comprometendo a rebrotação (Fonseca et al., 2013).

As metas de IL adotadas também afetaram a condição pós-pastejo. Pastos manejados com a meta $IL_{95\%}$, apesar de possuírem valores similares para a proporção de folíolos, iniciaram a rebrotação com menor massa de forragem, menor IAF e menor proporção de estolões comparativamente àqueles manejados com a meta $IL_{Máx}$, sendo que essas diferenças persistiram até a condição pré-pastejo. Em contrapartida, resultaram em maior porcentagem de folhas (folíolos e pecíolos) e maior relação folíolo/estolão na massa de forragem e menores alturas atingidas na condição pré-pastejo.

Com relação ao efeito da frequência de desfolhação, pastos manejados com a meta $IL_{Máx}$ apresentaram maiores valores de altura do dossel, de massa de forragem, de IAF e de porcentagem de estolões na massa de forragem em pré-pastejo comparativamente àqueles manejados com a meta $IL_{95\%}$. Esses resultados são consequência dos maiores períodos de rebrotação aos quais os pastos são submetidos quando a meta de $IL_{Máx}$ é adotada (Tabela 3). Todavia, o maior tempo para crescimento e desenvolvimento vegetativo das plantas favorece aumentos no acúmulo de biomassa aérea e investimento em estolões, órgão responsável pelo armazenamento de reservas orgânicas e que permite a busca por nichos com maior disponibilidade de fatores de crescimento, particularmente na fase final do processo de rebrotação. Esse padrão de resposta é típico de plantas submetidas à competição por luz, em que restrições em quantidade e qualidade da luz estimulam o investimento em estolões. Esse processo é direcionado à exploração primeiramente dos perfis horizontais e, posteriormente, verticais, como forma de posicionar as novas folhas em ambientes com melhores condições de luminosidade (Hutchings e Kroon, 1994). A capacidade em ajustar/alternar o crescimento horizontal/vertical habilita as plantas a serem mais eficientes no processo fotossintético quando submetidas a ambientes com restrição ou quando submetidas à competição (Holmes et al., 1983). Diversas pesquisas descreveram este comportamento em gramíneas forrageiras de clima temperado e, posteriormente, em gramíneas forrageiras de clima tropical, sendo que a partir de um determinado momento (interceptação de 95 % da luz incidente), em não havendo interrupção da rebrotação, ocorre menor acúmulo líquido de forragem em função de uma maior proporção de material morto/senescente (auto-sombreamento). No caso das espécies

tropicais cespitosas, o alongamento de colmos e estiolamento dos indivíduos (Parsons e Penning, 1988; Korte et al., 1982; Carnevalli et al., 2006; Trindade et al., 2007; Da Silva et al., 2015) é resposta comumente descrita quando os dosséis são submetidos a longos períodos de rebrotação.

Neste experimento, desfolhações mais frequentes, associadas à meta $IL_{95\%}$, apesar de resultarem em menor massa de forragem dos pastos por ocasião do pré-pastejo, resultaram em maior porcentagem de folhas (folíolos e pecíolos) e maior relação folíolo/estolão na massa de forragem. Além disso, valores similares de taxa de acúmulo de forragem e de taxa de acúmulo de folíolos foram observados para essa meta de manejo em relação aos dosséis manejados com a meta $IL_{Máx}$. Por sua vez, a meta $IL_{Máx}$ resultou em maior taxa de acúmulo de estolões, embora os efeitos potenciais negativos para o consumo animal possam ser menos expressivos do que a estrutura do colmo para gramíneas tropicais (Silva et al., 2017). Tais respostas observadas em amendoim forrageiro são análogas àquelas descritas para gramíneas forrageiras quando submetidas a estratégias de pastejo rotativo, sendo assim validando a hipótese (i), onde o momento ideal para interromper a rebrotação de pastos de amendoim forrageiro também corresponde ao ponto em que os dosséis atingem 95% de IL, sendo a altura pré-pastejo correspondente a valores ao redor de 13 cm.

3.5 Conclusão

Quando submetido a pastejo rotativo, o amendoim forrageiro possui padrão de resposta semelhante ao descrito para gramíneas forrageiras tropicais. O momento “ideal” para interrupção da rebrotação, assim como nas gramíneas corresponde ao momento em que o dossel forrageiro intercepta 95% da luz incidente, uma vez a partir desse ponto ocorre aumento na taxa de acúmulo de estolões, mesmo que não haja impacto negativo sobre o acúmulo de folíolos. Severidades de pastejo correspondentes à remoção da altura pré-pastejo entre 40 e 60% não resultam em respostas negativas sobre atributos morfológicos da parte aérea ligados ao processo de rebrotação.

Referências

Alonzo, L. A., Ferreira, O. G., Vaz, R. Z., Costa, O. D., Motta, J. F., & Brondani, W. C. (2017). Amendoim forrageiro manejado com baixos resíduos de pastejo por ovinos. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, **69**, 173-180.

Barthram, G. T. (1985) Experimental Techniques: The HFRO Sward Stick. In: The Hill Farming Research Organization. Biennial Report, HFRO, Midlothian, 29-30.

Birch, C. P. D. & Hutchings, M. J. (1994). Exploitation of patchily distributed soil resources by the clonal herb *Glechoma hederacea*. *Journal of Ecology*, **82**, 653-664.

Birch, C. P. D. & Hutchings, M. J. (1999). Clonal segmentation. The development of physiological independence within stolons of *Glechoma hederacea* L. (*Lamiaceae*). *Plant Ecology*, **141**, 21-31.

Carnevali, R. A., Da Silva, S. C., Bueno, A. D. O., Uebele, M. C., Bueno, F. O., Hodgson, J., ... & Morais, J. P. G. (2006). Herbage production and grazing losses in *Panicum maximum* cv. Mombaça under four grazing managements. *Tropical grasslands*, **40**, 165-176.

Carvalho, P. C. F., Trindade, J. K., Da Silva, S. C., Bremm, C., Mezzalira, J. C., Nabinger, C., ... & Gonçalves, E. M. (2009). Consumo de forragem por animais em pastejo: analogias e simulações em pastoreio rotativo. In *Proceedings of the XXV symposium on manejo de pastagens*. (Eds SC Da Silva, CGS Pedreira, JC Moura, VP Faria), 61-93.

Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura - CEPAGRI (2016). Campinas, Brasil.
http://www.cpa.unicamp.br/outrasinformacoes/clima_muni_436.html.

Chen, B. J. W., Vermeulen, P. J., During, H. J., & Anten, N. P. R. (2015). Testing for disconnection and distance effects on physiological self-recognition within clonal fragments of *Potentilla reptans*. *Frontiers in Plant Science*, **6**, 1-9.

Cook, B. G., Pengelly, B. C., Brown, S. D., Donnelly, J. L., Eagles, D. A., Franco, M. A., ... Schultze-Kraft, R. (2005). The Production of Tropical Forages: An alternative selection tool. <http://www.tropicalforages.info>.

Da Silva, S. C., Sbrissia, A. F., & Pereira, L. E. T. (2015). Ecophysiology of C4 forage grasses—Understanding plant growth for optimising their use and management. *Agriculture*, **5**, 598-625.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. (2006). Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. (2ed.). Rio de Janeiro, Brasil.

- Fialho, C. A. (2015). Características morfogênicas e estruturais de amendoim forrageiro (*Arachis pintoi* Krapovickas & Gregory cv. Belmonte) submetido a intensidades de pastejo sob lotação contínua. Piracicaba, São Paulo: 121p. Tese (Doutorado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.
- Fonseca, L., Mezzalira, J. C., Bremm, C., Gonda, H. L., & Carvalho, P. D. F. (2012). Management targets for maximising the short-term herbage intake rate of cattle grazing in *Sorghum bicolor*. *Livestock Science*, **145**, 205-211.
- Fonseca, L., Carvalho, P. C. F., Mezzalira, J. C., Bremm, C., Galli, J. R., & Gregorini, P. (2013). Effect of sward surface height and level of herbage depletion on bite features of cattle grazing swards. *Journal of animal Science*, **91**, 4357-4365.
- Gildersleeve, R.R., Ocumpaugh, W.R., Quesenberry, K.H. & Moore, J.E. (1987). Mob-grazing of morphologically different *Aeschynomene* species. *Tropical Grasslands*, 21, 123-132.
- Holmes, M.G., Farmer, A.M., & Bartley, M.R. (1983). Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, *Biological Sciences*, 303, 503-521.
- Hutchings, M. J., & de Kroon, H. (1994). Foraging in plants: the role of morphological plasticity in resource acquisition. *Advances in ecological research*, **25**, 159-238.
- Jones, R. M. (1993). Persistence of *Arachis pintoi* cv. Amarillo on three soil types at Samford, south-eastern Queensland. *Tropical Grasslands*, **27**, 11-15.
- Korte, C. J., Watkin, B. R., & Harris, W. (1982). Use of residual leaf area index and light interception as criteria for spring-grazing management of a ryegrass-dominant pasture. *New Zealand journal of agricultural research*, **25**, 309-319.
- Lascano, C. E. (1994). Nutritive value and animal production of forage *Arachis*. *Biology and Agronomy of Forage Arachis. International Center for Tropical Agriculture (CIAT)*, 109-121.
- Littell, R. C., Pendergast, J., & Natarajan, R. (2000). Modelling covariance structure in the analysis of repeated measures data. *Statistics in Medicine*, **19**, 1793–1819.

Louâpre, P., Bittebière, A. K., Clément, B., Pierre, J. S., & Mony, C. (2012). How past and present influence the foraging of clonal plants?. *PLoS One*, **7**, e38288.

Méthy, M., Alpert, P., & Roy, J. (1990). Effects of light quality and quantity on growth of the clonal plant *Eichhornia crassipes*. *Oecologia*, **84**, 265-271.

Miranda, C. H. B., Vieira, A., & Cadisch, G. (2003). Determinação da fixação biológica de nitrogênio no amendoim forrageiro (*Arachis* spp.) por intermédio da abundância natural de ¹⁵N. *Revista Brasileira de Zootecnia*, **32**, 1859-1865.

Ottaviani, G., Martínková, J., Herben, T., Pausas, J. G., & Klimešová, J. (2017). On Plant Modularity Traits: Functions and Challenges. *Trends in Plant Science*, **22**, 648-651.

Parsons, A. J., & Penning, P. D. (1988). The effect of the duration of regrowth on photosynthesis, leaf death and the average rate of growth in a rotationally grazed sward. *Grass and forage science*, **43**, 15-27.

Pereira, L. E. T., Paiva, A. J., Geremia, E. V., & Silva, S. C. (2015). Regrowth patterns of elephant grass (*Pennisetum purpureum* Schum) subjected to strategies of intermittent stocking management. *Grass and Forage Science*, **70**, 195-204.

Price, E. A., & Marshall, C. (1999). Clonal plants and environmental heterogeneity—An introduction to the proceedings. *Plant ecology*, **141**, 3-7.

Rincón, C. A., Cuesta, M. P. A., Perez, B. R., Lascano, C. E., & Fergurson, J. (1992). Maní forrajero perenne (*Arachis Pintoi* Krapovickas & Gregory): Una alternativa para ganaderos y agricultores. ICA/CIAT, Colombia, *Boletín Técnico ICA*, 219. <http://hdl.handle.net/10568/69587>

Silva, G.P., Fialho, C.A., Carvalho, L.R., Fonseca, L., Carvalho, P.C.F., Bremm, C., & Da Silva, S. C. (2017). Sward structure and short-term herbage intake in *Arachis pintoii* cv. Belmonte subjected to varying intensities of grazing. *Journal of Agricultural Science*, **156**, 1-8.

Trindade, J. K., da Silva, S. C., de Souza Júnior, S. J., Giacomini, A. A., Zeferino, C. V., Guarda, V. D. A., & de Faccio Carvalho, P. C. (2007). Composição morfológica da forragem consumida por bovinos de corte durante o rebaixamento do capim-marandu submetido a estratégias de pastejo rotativo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, **42**, 883-890.

Valentim, J. F., Andrade, C. M. S., Mendonça, H. A., & Sales, M. F. L. (2003). Velocidade de estabelecimento de acessos de amendoim forrageiro na Amazônia Ocidental. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, **32**, 1569-1577.

4 NODULAÇÃO E FIXAÇÃO BIOLÓGICA DE NITROGÊNIO (FBN) EM AMENDOIM FORRAGEIRO (*Arachis pinto*) cv. BELMONTE MANEJADO SOB DIFERENTES MÉTODOS DE PASTEJO

Resumo

A produtividade dos ecossistemas de pastagens é diretamente ligada à disponibilidade de nitrogênio proveniente do solo e/ou da fixação biológica do N_2 atmosférico. Contudo, o alto custo da adubação nitrogenada e o crescente apelo ambiental para sistemas de produção animal mais sustentáveis aumentam a importância estratégica da fixação biológica de nitrogênio. A desfolhação interfere com o crescimento das plantas e pode interferir nesse processo, uma vez que modifica a área foliar e a disponibilidade de energia para as plantas. Apesar das potencialidades acerca da utilização de leguminosas forrageiras em pastagens, estudos sobre a descrição dos efeitos do manejo do pastejo sobre o processo de fixação biológica do N_2 atmosférico são escassos. Com o intuito de avaliar o efeito do pastejo sobre a massa de raízes, nodulação e a fixação biológica do nitrogênio (FBN) em amendoim forrageiro (*Arachis pinto* cv. Belmonte), foram utilizados dois protocolos experimentais baseados nos métodos de pastejo de lotação contínua e intermitente (pastejo rotativo). As hipóteses formuladas foram: (i) sob lotação contínua, diferentes intensidades de pastejo interferem na relação parte aérea/raízes, sendo que maiores intensidades de pastejo resultam em menor massa de raízes e nodulação, reduzindo a fixação biológica de nitrogênio, e (ii) sob lotação intermitente, combinações de frequências e severidades de desfolhação interferem no balanço parte aérea/raízes, sendo que estratégias de manejo baseadas em pastejos frequentes e severos resultam em menor massa de raízes e nodulação, diminuindo a fixação biológica de nitrogênio. Os tratamentos do protocolo de lotação contínua corresponderam a quatro intensidades de pastejo representadas pelas alturas de manejo de 5, 10, 15 e 20 cm, e para o protocolo de lotação intermitente os tratamentos corresponderam a combinações entre duas condições pré- (95% e máxima interceptação de luz durante a rebrotação – $IL_{95\%}$ e $IL_{Máx}$, respectivamente) e duas condições pós-pastejo (alturas pós-pastejo correspondentes a 40 e 60% da altura pré-pastejo). Sob lotação contínua, alturas de manejo mais baixas resultaram em maiores valores de massa de raízes assim como massa de nódulos. O número e tamanho dos nódulos nesse protocolo experimental apresentaram variações inversas ao longo do ano, sendo que alturas de manejo mais altas proporcionaram maiores valores dos parâmetros ligados à fixação biológica de nitrogênio (%Ndda e FBN). Sob lotação intermitente, as combinações de frequências e severidades de desfolhação não afetaram a massa de raízes nem o número de nódulos nas condições de pré- e de pós-pastejo. De forma geral, pastos manejados com a meta $IL_{Máx}$ apresentaram maiores valores de %Ndda e de FBN, assim como durante o outono/inverno e início de primavera. Contudo, em determinadas épocas do ano, para pastos manejados com a mesma meta de IL pré-pastejo ($IL_{95\%}$ ou $IL_{Máx}$) a maior severidade de pastejo (meta de 40% da altura pré-pastejo) resultou em menores valores de %Ndda e de FBN. Para ambos os métodos de pastejo as amplitudes das metas de manejo adotadas não resultaram em impactos negativos sobre o sistema radicular nem sobre o processo de nodulação. No entanto, a FBN foi determinada pela biomassa da parte aérea geradora de energia para esse mecanismo, ou seja, a biomassa da parte aérea, tanto sob lotação contínua como sob lotação intermitente, indicando que intensidades de pastejo moderadas a lenientes seriam mais indicadas para otimização do processo.

Palavras-chave: Massa de raízes, Massa de nódulos, Lotação contínua, Pastejo rotativo, N_2

Abstract

Productivity of grassland ecosystems is highly dependent on the availability of nitrogen from the soil and/or biological fixation from the atmosphere. However, the high cost of nitrogen fertilizers and the increasing awareness of the need for sustainable alternatives have increased the strategic importance of the biological fixation process. Defoliation interferes with plant growth and may also interfere with the nitrogen fixation process, since modifies the leaf area and the availability of energy to plants. In spite of the potential advantages of forage legumes to pastures, knowledge regarding the effects of grazing management on the biological nitrogen fixation process from the atmosphere is scarce. In order to evaluate the effect of grazing management on root mass, nodulation and biological nitrogen fixation (BNF) in forage peanut (*Arachis pintoi* cv. Belmonte), two experimental protocols based on the continuous and intermittent (rotational grazing) grazing methods were used. The formulated hypotheses were: (i) under continuous stocking, different grazing intensities interfere with the shoot/root ratio, with high intensity resulting in smaller root mass and nodulation and lower BNF than moderate/lenient intensities, and (ii) under intermittent stocking, combinations between frequencies and severities of grazing interfere with the shoot/root ratio, with frequent and severe grazings resulting in smaller root mass and nodulation and lower BNF than less frequent and moderate/lenient grazings. For the continuous stocking protocol treatments corresponded to four grazing intensities represented for sward management heights of 5, 10, 15 and 20 cm. For the intermittent stocking protocol treatments corresponded to combinations between two pre (95% and maximum canopy light interception during regrowth – $LI_{95\%}$ and LI_{Max} , respectively) and two post-grazing conditions (post-grazing heights equivalent to 40 and 60% of the pre-grazing height). Under continuous stocking, shorter management heights resulted in greater root and nodule mass. Greater nodule number was associated with smaller nodule mass and vice-versa throughout the year, with taller management heights resulting in greater responses related to the biological nitrogen fixation process (%Ndfa and BNF). Under intermittent stocking, the combinations between frequencies and severities of grazing did not affect root mass or nodule number at both pre- and post-grazing conditions. Overall, swards managed with the LI_{Max} target showed greater values of %Ndfa and BNF than those managed with the $LI_{95\%}$ target, and in autumn/winter and early spring relative to other seasons of the year. However, in some seasons, for swards managed with the same LI target ($LI_{95\%}$ or LI_{Max}) the greater severity of grazing (40% of the pre-grazing height) resulted in smaller values of %Ndfa and BNF. For both grazing methods, the range of management targets used did not result in negative impacts on the root system or the nodulation process. Nevertheless, BNF was determined by the shoot biomass that provided energy for this process, for both grazing methods, indicating that moderate intensities of grazing would be adequate for optimizing the process.

Keywords: Root mass, Nodule mass, Continuous stocking, Rotational grazing, N_2

4.1 Introdução

A fixação biológica do nitrogênio (FBN) é, provavelmente, o processo biológico natural mais importante depois da fotossíntese (Unkovich, 2013), sendo de grande relevância para a agricultura sustentável (Udvard e Poole, 2013; Oldroyd et al., 2011), uma vez que representa a principal entrada de nitrogênio (N) em muitos ecossistemas terrestres. A compreensão dos mecanismos e *feedbacks* que o controlam tem recebido crescente destaque

na literatura nacional e internacional (Menge e Hedin, 2009), embora particularidades relacionadas aos fatores que afetam a FBN em leguminosas tropicais utilizadas sob regime de pastejo nas condições brasileiras ainda sejam incipientes.

A disponibilidade de nitrogênio no solo consiste em um dos principais limitantes à manutenção da produtividade dos ecossistemas de pastagens no Brasil. A insuficiência no fornecimento de N para sustentar o crescimento das pastagens pode ser minimizada por meio da utilização de fertilizantes nitrogenados ou pela introdução de leguminosas fixadoras de N_2 (Thomas, 1992). Embora a adubação nitrogenada seja considerada prática essencial em regiões tropicais, a intensificação no uso de pastagens baseada na utilização de N derivado de fertilizantes tem sido fortemente questionada, não só por consistir em um dos principais itens no custo de produção (Euclides et al., 2007), mas também devido aos impactos ambientais negativos, os quais incluem aumentos na lixiviação de N e emissões de óxido nitroso (N_2O) e de amônia (NH_3) a partir do solo (Quiao et al., 2015), interferindo, portanto, na sustentabilidade do ecossistema. Além disso, a base energética da fixação de N_2 atmosférico em leguminosas comparando com sistemas baseados em fertilizantes é, indiscutivelmente, o maior fator que diferencia a sustentabilidade entre essas fontes de N (Crews e Peoples, 2004).

O controle da fixação simbiótica de N_2 opera através de uma série de desencadeantes ecofisiológicos que também são influenciados por interações complexas entre espécies de leguminosas, microrganismos e ambiente (Soussana e Tallec, 2009). Peoples e Baldock (2001) afirmaram que qualquer fator que afete o crescimento da leguminosa ou a efetividade da simbiose e do processo de nodulação possui impacto direto sobre a quantidade de nitrogênio fixado. Peoples et al. (2012) descreveram que na Austrália limitações à fixação do N_2 incluem restrições climáticas que afetam o crescimento da leguminosa (distribuição de chuvas e temperaturas), ausência ou deficiências na efetividade da associação planta x rizóbio devido a ambientes de solo hostis (particularmente baixo pH), níveis de nutrientes no solo abaixo do requerido para o adequado crescimento da leguminosa. Além disso, esses autores atribuem variações sazonais na participação da leguminosa para a composição botânica da pastagem, devido a efeitos deletérios do pastejo (sub ou super-pastejo). No caso de leguminosas utilizadas em pastagens, o componente animal representa importante fator envolvido nessa interação, uma vez que, além da perturbação ocasionada pela desfolhação, pode alterar a ciclagem de N, acelerando e/ou desacelerando o processo de mineralização (Ritchie et al., 1998). A incorporação de N inorgânico no solo via excreta animal (Eriksen e Høgh-Jensen, 1998), particularmente proveniente da urina em sistemas intensivos de produção, constitui um dos maiores limitantes para a incorporação do N ao solo (Ledgard e

Steele, 1992), uma vez que pode reduzir em até 90% o mecanismo de FBN (Ball et al., 1979). Dessa maneira, ambientes forrageiros com a presença de leguminosas nodulantes com potencial de fixar nitrogênio tornam-se entidades complexas para a manipulação do sistema.

Quando se utiliza leguminosas nodulantes capazes de adquirir nitrogênio via N_2 atmosférico e, considerando que existam condições edafoclimáticas não restritivas ao crescimento da planta (distribuição adequada de precipitação, baixo teor de N inorgânico no solo, adequada umidade, temperatura e pH do solo, e alta densidade de estirpes micorrízicas), o regime de desfolhação modula o processo de fixação do N_2 (Lawson et al., 2000). Regimes de desfolhação caracterizados por diferentes combinações entre frequências e severidades de pastejo alteram o balanço parte aérea/raízes (Richards, 1993; Gordon et al., 1990), modificando a forma e função dos componentes morfológicos no espaço e no tempo. O pastejo afeta diretamente a quantidade e a qualidade do aparato fotossintético remanescente e, conseqüentemente, o seu potencial de transformar energia luminosa em energia química. Baixa atividade fotossintética da superfície foliar remanescente, decorrente da adoção de longos períodos de rebrotação (Pedreira e Pedreira, 2007), e/ou baixa área foliar remanescente, resultante da adoção de pastejos severos, podem resultar em restrições ao suprimento de carboidratos imediatamente após a desfolhação e diminuir o crescimento, desenvolvimento e atividade de nódulos (Lie, 1971; King e Purcell, 2001). Bayne et al. (1984) e Hartwig et al. (1994) observaram que após a desfolhação, a atividade metabólica dos nódulos é drasticamente reduzida, com reflexos negativos sobre o mecanismo de fixação do nitrogênio atmosférico.

Em sistemas pastoris de produção animal, a parte aérea das plantas tem sido mais estudada e valorizada porque é a porção consumida pelos animais, mas a planta deve ser considerada como um todo, uma vez que as diferentes estruturas que a compõem interagem para sua recuperação após desfolhações sucessivas, afetando sua velocidade de crescimento e desenvolvimento (Giacomini et al., 2005). Apesar das potencialidades acerca da utilização de leguminosas, estudos baseados na descrição dos efeitos do manejo da pastejo sobre os mecanismos de fixação do N_2 atmosférico são escassos (Carranca et al., 1999). Com o intuito de avaliar o efeito do pastejo sobre a massa de raízes, nodulação e a fixação biológica do nitrogênio (FBN) em amendoim forrageiro (*Arachis pintoi* cv. Belmonte), foram utilizados dois protocolos experimentais baseados nos métodos de pastejo de lotação contínua e lotação intermitente (pastejo rotativo). As hipóteses formuladas foram: (i) sob lotação contínua, diferentes intensidades de pastejo interferem na relação parte aérea/raízes, sendo que maiores intensidades de pastejo resultam em menor massa de raízes e nodulação, reduzindo a fixação

biológica de nitrogênio, e (ii) sob lotação intermitente, combinações de frequências e severidades de desfolhação interferem no balanço parte aérea/raízes, sendo que estratégias de manejo baseadas em pastejos frequentes e severos resultam em menor massa de raízes e nodulação, diminuindo a fixação biológica de nitrogênio.

4.2 Material e métodos

4.2.1 Localização, tratamentos e delineamento experimental

Os experimentos foram conduzidos de novembro de 2012 até abril de 2016, na Unidade Experimental de Plantas Forrageiras (UEPF), em área do Departamento de Zootecnia da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, pertencente à Universidade de São Paulo, no município de Piracicaba, Estado de São Paulo. As coordenadas geográficas aproximadas do local são 22°42’ de latitude Sul, 47°38’ de longitude Oeste e 546 m de altitude (Cepagri, 2012).

O clima da região de Piracicaba, segundo classificação de Köppen, é do tipo Cwa, com precipitação média anual de 1328 mm. Para evitar déficits hídricos, foi instalado sistema de irrigação por aspersão na área experimental, acionado com base nos dados de precipitação, temperatura média e evapotranspiração. Para tanto, os dados climáticos foram coletados na estação meteorológica “Professor Jesus Marden dos Santos” pertencente ao Departamento de Ciências Exatas da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, localizada cerca de 500 m da área experimental. A precipitação era monitorada semanalmente e, sempre que ocorria chuva, a precipitação era quantificada sendo o valor descontado no cálculo da irrigação, de modo a garantir que não ocorresse estresse hídrico por falta ou excesso de água. Durante o protocolo de lotação contínua (novembro/2012 até abril/2014), as temperaturas médias diárias variaram de 18,7°C em julho de 2013 a 27,1°C em fevereiro de 2014. Durante o protocolo de lotação intermitente (novembro/2014 até abril/2016), as temperaturas médias diárias variaram de 19,7°C em julho de 2015 a 27,7°C em janeiro de 2015 (Figura 1).

Figura 1 – Precipitação média mensal (mm.mês^{-1}) e temperaturas médias mensais do período experimental (PE e TE, respectivamente) e histórica (PHist e THist - 1917 a 2017 -, respectivamente) para a região de Piracicaba, SP, de novembro de 2012 a abril de 2016

A área experimental foi implantada no final de novembro de 2011 utilizando mudas (estolões) provenientes de doação da Estação Experimental de Zootecnia do Extremo Sul, da Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (CEPLAC), localizada no município de Itabela, Bahia. O solo da área experimental é classificado como Nitossolo Vermelho Eutroférico, com horizonte A moderado e textura variando de argilosa a muito argilosa (Embrapa, 2006). A análise de solo da área (camada 0-20 cm) antes do plantio do amendoim forrageiro revelou elevada fertilidade, e apresentou as seguintes características químicas: pH CaCl_2 : 5,85; matéria orgânica = $41,0 \text{ g.dm}^{-3}$; P (resina trocadora de íons) = $77,0 \text{ mg.dm}^{-3}$; Ca = $87,5 \text{ mmolc.dm}^{-3}$; Mg = $50,0 \text{ mmolc.dm}^{-3}$; K = $16,3 \text{ mmolc.dm}^{-3}$; H + Al = $26,5 \text{ mmolc.dm}^{-3}$; soma de bases = $146,3 \text{ mmolc.dm}^{-3}$; capacidade de troca catiônica = $172,8 \text{ mmolc.dm}^{-3}$; saturação por bases = 84%. Esses valores foram considerados satisfatórios em relação às exigências da espécie em estudo e, portanto, não foram necessárias adubações adicionais. O material vegetativo de propagação, os estolões, não apresentaram inoculação, sendo esta realizada de forma efetiva pelos rizóbios nativos encontrados no solo da área experimental.

A área experimental era de aproximadamente 0,5 hectare e foi dividida em 16 piquetes. Uma área adicional de 2 hectares foi utilizada para manter os animais quando estes não estavam sendo utilizados no experimento. Foram utilizadas novilhas leiteiras da raça holandesa e mestiças com a raça Jersey com peso corporal médio de $230 \pm 60 \text{ kg}$, as quais serviram apenas como agentes desfolhadores para realizar e/ou manter as metas de pastejo idealizadas. Em ambos os protocolos experimentais, os tratamentos foram distribuídos em delineamento de blocos completos casualizados com 4 repetições, utilizando como critério de bloqueamento o declive do terreno. O protocolo de lotação contínua foi realizado de janeiro de 2013 a abril de 2014 e o protocolo de lotação intermitente foi realizado de fevereiro de 2015 a abril de 2016. Apesar de os experimentos terem sido realizados de forma contínua ao longo de cada período experimental, as avaliações foram realizadas uma a cada época do ano, estas predeterminadas para cada protocolo experimental, como forma de descrever o contraste entre os regimes de desfolhação gerados.

4.2.2 Experimento 1 – Protocolo lotação contínua

O protocolo de lotação contínua foi iniciado em janeiro de 2013 após um período de adaptação dos piquetes aos tratamentos experimentais de cerca de 60 dias (novembro e

dezembro/2012). Os tratamentos corresponderam a quatro intensidades de pastejo representadas pelas alturas de manejo de 5, 10, 15 e 20 cm, mantidas constantes ao longo do ano por meio de simulação de lotação contínua (pastejos semanais), consequência do tamanho reduzido das unidades experimentais (piquetes de 210 m²) (Figura 2). A amplitude de alturas foi definida de forma a assegurar contraste adequado entre as intensidades de pastejo (severo, moderado, leniente e muito leniente), necessário para se realizar as avaliações propostas.

Figura 3 – Layout da área experimental para o protocolo lotação contínua

4.2.3 Experimento 2 – Protocolo lotação intermitente

O protocolo de lotação intermitente foi iniciado em fevereiro de 2015 após um período de aproximadamente 60 dias de adaptação dos piquetes aos tratamentos experimentais (dezembro/2014 e janeiro/2015). Os tratamentos corresponderam a combinações entre duas condições pré- (95% e máxima interceptação de luz durante a rebrotação – $IL_{95\%}$ e $IL_{Máx}$, respectivamente) e duas condições pós-pastejo (alturas pós-pastejo correspondentes a 40 e 60% da altura pré-pastejo), definidas com base em recomendações de Fonseca et al. (2012) (Figura 3). Os pastejos foram realizados no menor tempo e, de preferência, em período não

superior a um dia de ocupação (pastejos diurnos), utilizando-se a técnica de “*mob grazing*” (Gildersleeve et al., 1987).

Figura 3 – Layout da área experimental para o protocolo lotação intermitente

4.2.4 Avaliações experimentais

Altura do dossel

Durante o protocolo de lotação contínua, a altura do dossel forrageiro foi avaliada durante todo o período experimental em intervalos de 3 a 4 dias (2 vezes por semana) utilizando-se bastão medidor graduado em centímetros (adaptação de um *sward stick* – Barthram, 1985). Os piquetes foram divididos em nove quadrantes (pontos de amostragem), tendo sido tomadas três leituras por ponto de amostragem, ou seja, 27 por piquete. Os pastejos foram realizados como forma de manter uma amplitude máxima de variação nas metas de altura de manejo de $\pm 10\%$.

Durante o protocolo de lotação intermitente, a altura do dossel forrageiro foi mensurada nas condições de pré- e de pós-pastejo utilizando-se bastão medidor (adaptação de um *sward stick* – Bathram, 1985), sendo as medidas tomadas em 50 pontos aleatórios por piquete. A média dos 50 pontos correspondeu à altura média do piquete.

Interceptação luminosa

O monitoramento da interceptação luminosa (IL) do dossel forrageiro foi realizado durante o protocolo de lotação intermitente utilizando-se aparelho analisador de dossel marca LI-COR modelo LAI 2000 (LI-COR, Lincoln, Nebraska, EUA) logo após cada pastejo, semanalmente durante todo o período de rebrotação até que ocorresse 90% de interceptação da luz incidente e, a partir desse momento, a cada dois dias como forma de assegurar que as metas de $IL_{95\%}$ e $IL_{Máx}$ fossem geradas com precisão. Definiu-se como $IL_{Máx}$ o valor obtido a partir de duas leituras consecutivas. As medições eram realizadas sempre ao entardecer, em oito pontos representativos da condição média do dossel forrageiro (avaliação visual de altura e massa de forragem) em cada piquete. Em cada ponto era tomada uma leitura de referência acima do dossel forrageiro e cinco leituras abaixo, com o sensor posicionado no nível do solo, totalizando oito leituras acima e 40 no nível do solo por piquete.

Biomassa da parte aérea

As avaliações de biomassa da parte aérea em cada um dos protocolos experimentais foram realizadas uma a cada época do ano. No protocolo de lotação intermitente apenas os resultados da condição pré-pastejo serão apresentados. Para tanto, foram colhidas duas amostras por unidade experimental utilizando-se armações metálicas de $0,33 \text{ m}^2$ ($0,90 \times 0,37 \text{ m}$) alocadas em locais representativos da condição média dos piquetes no momento da amostragem (avaliação visual da altura e massa de forragem). A forragem foi cortada no nível do solo e as amostras levadas para laboratório onde foram sub-amostradas. As sub-amostras foram divididas em duas, sendo uma delas utilizada para determinações da massa de forragem e a outra armazenada para determinações de fixação biológica de nitrogênio (FBN). Cada sub-amostra foi acondicionada em sacos de papel devidamente identificados e levados à estufa de circulação forçada de ar para secagem a 65°C até massa constante. A biomassa da parte aérea (t ha^{-1}) foi estimada a partir da relação do peso total da amostra e da área conhecida da armação metálica com o respectivo teor de matéria seca da sub-amostra.

Fixação biológica de nitrogênio

As amostras utilizadas para as determinações de fixação biológica de nitrogênio (FBN) foram as mesmas provenientes das avaliações de biomassa da parte aérea. A FBN foi estimada por meio da técnica da abundância natural do isótopo ^{15}N (Shearer e Kohl, 1986). Essa técnica baseia-se no fato de que o nitrogênio disponível na maioria dos solos é levemente enriquecido com o isótopo ^{15}N em comparação à atmosfera (Okito et al., 2004), razão pela qual uma planta fixadora de N terá menor concentração de ^{15}N do que uma planta controle, que apresenta total dependência do N do solo. As foram secas em estufa de circulação forçada a 65°C até massa constante e armazenadas. Posteriormente, foram moídas em moinho tipo *Willey* com peneira de 0,85 mm (Smith e Myung, 1990) e, em seguida, encaminhadas para a análise de $\delta^{15}\text{N}$ utilizando-se espectrômetro de massa - IRMS- HYDRA 20-20 (SERCON, UK), acoplado a analisador automático ANCA-GSL. De acordo com essa metodologia, a contribuição percentual de nitrogênio derivado da FBN foi calculada a partir da seguinte fórmula:

$$\% \text{Ndda} = \left(\frac{\delta^{15}\text{N planta referência} - \delta^{15}\text{N planta teste}}{\delta^{15}\text{N planta referência} - B} \right) \times 100$$

Onde:

- $\delta^{15}\text{N}$ planta referência: valor de $\delta^{15}\text{N}$ do solo obtido a partir de plantas não fixadoras;
- $\delta^{15}\text{N}$ planta teste: valor de $\delta^{15}\text{N}$ da planta fixadora de N_2 ;
- B: valor para o ajuste do fracionamento isotópico de ^{15}N realizado pelas leguminosas durante o processo de FBN.

Como planta fixadora foi considerada a parte aérea do amendoim-forrageiro e como planta controle, não fixadora, foram utilizados materiais de parte aérea de três gramíneas que vegetavam nas proximidades das unidades experimentais: *Brachiaria decumbens* Stapf., *Cynodon dactylon* (L.) Pers., *Panicum maximum* (Jacq.) e *Paspalum notatum* (Flügge. Parodi). Essas plantas apresentam capacidade desprezível de fixar nitrogênio atmosférico e encontravam-se em condições semelhantes de solo das unidades experimentais. O ajuste do fracionamento isotópico seguiu as recomendações sugeridas por Doughton et al. (1992) e

utilizou-se o valor de $B = -2,27\text{‰}$ proposto por Okito et al. (2004) para a parte aérea de *Arachis hypogea* L. não inoculado. O teor de nitrogênio total da parte aérea do amendoim-forrageiro foi determinado por meio de combustão seca da amostra a 1400°C utilizando-se o sistema Leco FP 528 (LECO CORPORATION, St. JOSEPH, MI, EUA) a partir de sub-amostras obtidas na amostragem da avaliação de $\delta^{15}\text{N}$. A quantidade de N fixada biologicamente na parte aérea do amendoim-forrageiro (kg ha^{-1}) foi determinada por:

$$N_{\text{FBN}} = N_{\text{total}} \times \%N_{\text{dda}}$$

Onde:

- N_{FBN} : quantidade total de nitrogênio na parte aérea do amendoim-forrageiro derivado da FBN em kg ha^{-1} ;
- N total: quantidade total de nitrogênio (kg ha^{-1}) existente na parte aérea do amendoim-forrageiro determinada por combustão seca da amostra associada com os dados de biomassa da parte aérea (kg ha^{-1});
- $\%N_{\text{dda}}$: concentração de nitrogênio (%) na parte aérea do amendoim-forrageiro oriundo da FBN.

Avaliações radiculares

Amostras de raízes foram coletadas utilizando-se cilindro de aço com 15 cm de diâmetro introduzido a uma profundidade aproximada de 20 cm da superfície do solo. Foram coletadas duas amostras por piquete em pontos representativos das unidades experimentais no momento da amostragem (avaliação visual da altura e massa de forragem) com a mesma frequência de coleta das amostras referentes às avaliações de FBN. No protocolo de lotação intermitente as coletas foram realizadas nas condições de pré- e de pós-pastejo. Após coleta, as amostras foram imediatamente levadas para laboratório e padronizadas para uma profundidade de 10 cm retirando-se o excesso de terra e raízes. Em seguida, foram lavadas em água corrente pressurizada sobre peneiras (malha de 300 μm) para separação das raízes. Após lavagem e separação das raízes, foram submetidas a procedimento de separação manual dos nódulos, sendo contabilizado o número total de nódulos por amostra (Figura 5). As raízes foram secas em estufa de circulação forçada de ar a 65°C até massa constante e sua massa calculada em relação à área de solo amostrada.

Figura 5 – Amostragem de solo e processamento referente às avaliações radiculares.

4.2.5 Análise estatística

Os dados foram analisados separadamente por protocolo experimental, e agrupados de acordo com épocas do ano predeterminadas. Para o protocolo de lotação contínua foram definidas as seguintes épocas do ano: verão I, outono, inverno, primavera e verão II. Para o protocolo de lotação intermitente as épocas do ano foram as seguintes: verão I, outono/inverno, início de primavera, final de primavera e verão II. Os dados foram submetidos à análise de variância utilizando-se o PROC MIXED do pacote estatístico SAS® (*Statistical Analysis System*). A escolha da matriz de covariância foi feita utilizando-se o critério bayesiano de Schwarz (BIC) (Littel et al., 2000). A matriz que mais se repetiu em cada banco de dados foi selecionada para todas as variáveis, sendo utilizada ARH(1) para variáveis do protocolo de lotação contínua e TOEP para variáveis do protocolo de lotação intermitente. A análise de variância foi realizada com base nas seguintes causas de variação: (i) protocolo de lotação contínua: altura de manejo, época do ano e a interação entre elas (efeitos fixos) e blocos (efeito aleatório); (ii) protocolo de lotação intermitente: interceptação luminosa em pré-pastejo (IL), altura pós-pastejo (% altura pré-pastejo), época do ano e as interações entre elas (efeitos fixos) e blocos (efeito aleatório). Em ambos os protocolos a época do ano foi considerada como medida repetida. As médias dos tratamentos foram estimadas utilizando-se o “LSMEANS” e a comparação entre elas, quando necessária, realizada por meio do teste t “Student”. Diferenças foram declaradas significativas quando $p < 0,05$.

4.3 Resultados

4.3.1 Protocolo lotação contínua

Massa de raízes

A massa de raízes variou com a altura de manejo ($p=0,0352$) e com a época do ano ($p<0,0001$). Maiores valores foram registrados nos pastos manejados a 5 e 10 cm, intermediários nos pastos manejados a 20 cm e menores nos pastos manejados a 15 cm. Em relação à época do ano, maiores valores foram registrados durante o inverno, primavera e verão II e menores durante o verão I e outono (Tabela 1).

Massa total de nódulos por cilindro de amostragem

A massa total de nódulos variou com a altura de manejo ($p=0,0219$) e com a época do ano ($p<0,0001$). Maiores valores foram registrados nos pastos manejados a 10 cm, enquanto menores valores foram registrados nos pastos manejados a 15 e 20 cm. Ao longo das épocas do ano, maiores valores foram registrados na primavera, intermediários durante o verão I, inverno e verão II e menores durante o outono (Tabela 1).

Tabela 1 – Massa de raízes e massa total de nódulos por cilindro (Médias $\pm$ Erro-padrão da média) de *Arachis pintoi* cv. Belmonte manejado a quatro alturas de pastejo sob lotação contínua de fevereiro de 2013 a abril de 2014

Altura de manejo (cm)	Massa de raízes	Massa total de nódulos
	(mg)	(mg)
5	10255 $\pm$ 762,6 A	231 $\pm$ 23,4 AB
10	10623 $\pm$ 762,6 A	250 $\pm$ 23,4 A
15	7840 $\pm$ 762,6 B	155 $\pm$ 23,4 C
20	8569 $\pm$ 762,6 AB	167 $\pm$ 23,4 BC
Época do ano	Massa de raízes	Massa total de nódulos
	(mg)	(mg)
Verão I	5389 $\pm$ 852,6 B	208 $\pm$ 33,6 B
Outono	7654 $\pm$ 852,6 B	92 $\pm$ 18,6 C
Inverno	10458 $\pm$ 852,6 A	178 $\pm$ 22,1 B
Primavera	12447 $\pm$ 852,6 A	325 $\pm$ 21,1 A
Verão II	10660 $\pm$ 852,6 A	200 $\pm$ 33,6 B

Médias seguidas de letras maiúsculas distintas na coluna diferem entre si ($p<0,05$)

Número de nódulos por cilindro de amostragem

O número de nódulos variou apenas com a época do ano ($p=0,0046$), com maiores valores registrados durante o verão I e primavera, valores intermediários durante o outono e verão II e menores durante o inverno (Tabela 2).

Tamanho médio de nódulos

O tamanho médio dos nódulos variou com a época do ano ($p < 0,0001$), com maiores valores registrados durante a primavera e o inverno, intermediários durante o verão II e verão I e menores durante o outono (Tabela 2).

Tabela 2 – Número total de nódulos por cilindro e tamanho médio do nódulo (média $\pm$ erro-padrão da média) de *Arachis pinto* cv. Belmonte manejado a quatro alturas de pastejo sob lotação contínua de fevereiro de 2013 a abril de 2014

Época do ano	Número de nódulos	Tamanho médio de nódulos (mg)
Verão I	632 $\pm$ 73,4 A	0,32 $\pm$ 0,03 C
Outono	546 $\pm$ 66,9 AB	0,17 $\pm$ 0,03 D
Inverno	414 $\pm$ 51,1 B	0,45 $\pm$ 0,03 AB
Primavera	660 $\pm$ 34,2 A	0,50 $\pm$ 0,03 A
Verão II	543 $\pm$ 56,9 AB	0,38 $\pm$ 0,03 BC

Médias seguidas de letras maiúsculas distintas na coluna diferem entre si ($p < 0,05$)

Biomassa da parte aérea

A biomassa da parte aérea variou com a altura de manejo ($p < 0,0001$), época do ano ($p = 0,0001$) e com a interação altura de manejo x época do ano ($p = 0,0165$). Pastos manejados com 5 cm registraram os menores valores, aumentando gradualmente com a altura de manejo e valores superiores registrados nos pastos com 20 cm. Em relação as épocas do ano, maiores valores foram registrados durante o primeiro período de crescimento (verão I e outono) e menores durante o segundo período de crescimento (primavera e verão II), sendo que valores intermediários foram registrados durante o inverno (Tabela 3).

Tabela 3 – Biomassa da parte aérea (média $\pm$ erro-padrão da média) de *Arachis pintoi* cv. Belmonte manejado a quatro alturas de pastejo sob lotação contínua de fevereiro de 2013 a abril de 2014

Época do ano	Altura de manejo (cm)				Média
	5	10	15	20	
	(t MS ha ⁻¹)				
Verão I	5,7 $\pm$ 0,78 Ad	8,6 $\pm$ 0,78 Ac	11,2 $\pm$ 0,78 ABb	13,5 $\pm$ 0,78 Ba	9,7 $\pm$ 0,45 AB
Outono	4,6 $\pm$ 0,78 Ad	7,3 $\pm$ 0,78 ABc	12,6 $\pm$ 0,78 Ab	16,2 $\pm$ 0,78 Aa	10,1 $\pm$ 0,45 A
Inverno	4,3 $\pm$ 0,78 Ac	8,0 $\pm$ 0,78 Ab	9,6 $\pm$ 0,78 BCb	13,4 $\pm$ 0,78 Ba	8,8 $\pm$ 0,45 BC
Primavera	4,9 $\pm$ 0,78 Ac	7,8 $\pm$ 0,78 Ab	8,6 $\pm$ 0,78 Cb	12,0 $\pm$ 0,78 BCa	8,3 $\pm$ 0,45 CD
Verão II	4,8 $\pm$ 0,78 Ab	5,6 $\pm$ 0,78 Bb	9,6 $\pm$ 0,78 BCa	11,0 $\pm$ 0,78 Ca	7,8 $\pm$ 0,45 D
Média	4,9 $\pm$ 0,42 d	7,5 $\pm$ 0,42 c	10,3 $\pm$ 0,42 b	13,2 $\pm$ 0,42 a	

Médias seguidas de letras distintas, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, diferem entre si (p<0,05)

Fixação Biológica de Nitrogênio

Nitrogênio total

A concentração de nitrogênio total na parte aérea variou com a altura de manejo (p=0,0062) e com a época do ano (p=0,0006). Pastos manejados a 20 cm apresentaram a menor concentração de nitrogênio total na parte aérea relativamente àqueles manejados a 5 cm, sem diferença entre as alturas intermediárias. Com relação à época do ano, maiores valores foram registrados durante a primavera, não havendo diferenças entre as demais épocas do ano (Tabela 4).

Fixação Biológica de Nitrogênio (kg N ha⁻¹)

A FBN variou com a altura de manejo (p<0,0001) e com a época do ano (p=0,0376). Os valores de FBN foram crescentes com as maiores alturas de manejo, com os maiores valores registrados nos pastos manejados a 20 cm. Em relação à época do ano, maiores valores foram registrados na primavera, intermediários durante o inverno e menores durante o verão I, outono e verão II (Tabela 4).

Proporção de nitrogênio derivado da atmosfera (Ndda)

A porcentagem de nitrogênio derivado da atmosfera variou com a altura de manejo (p=0,005) e com a época do ano (p<0,0001). Maiores valores de %Ndda foram registrados com alturas crescentes de manejo, com os maiores valores registrados nos pastos manejados a

15 e 20 cm. Ao longo do ano, maiores valores foram registrados durante o inverno, primavera e verão e menores durante o verão I e outono (Tabela 4).

Tabela 4 – Concentração de nitrogênio total na parte aérea (N-Total), porcentagem de nitrogênio derivado da atmosfera (Ndda) e fixação biológica de nitrogênio (FBN) (média $\pm$ erro-padrão da média) em *Arachis pintoi* cv. Belmonte manejado a quatro alturas de pastejo sob lotação contínua de fevereiro de 2013 a abril de 2014

Alturas de manejo (cm)	N-Total	Ndda	FBN
	(%)	(%)	(kg N ha ⁻¹)
5	3,3 $\pm$ 0,09 A	53 $\pm$ 2,3 C	88 $\pm$ 7,4 D
10	3,1 $\pm$ 0,09 AB	57 $\pm$ 2,3 BC	128 $\pm$ 7,4 C
15	2,9 $\pm$ 0,09 B	62 $\pm$ 2,3 AB	177 $\pm$ 7,4 B
20	2,9 $\pm$ 0,09 B	64 $\pm$ 2,3 A	244 $\pm$ 7,4 A
Época do ano	N-Total	Ndda	FBN
	(%)	(%)	(kg N ha ⁻¹)
Verão I	2,7 $\pm$ 0,11 B	51 $\pm$ 2,3 B	144 $\pm$ 6,2 B
Outono	2,9 $\pm$ 0,10 B	49 $\pm$ 2,0 B	145 $\pm$ 5,4 B
Inverno	2,9 $\pm$ 0,11 B	66 $\pm$ 2,0 A	163 $\pm$ 8,2 AB
Primavera	3,8 $\pm$ 0,15 A	65 $\pm$ 4,5 A	199 $\pm$ 16,1 A
Verão II	3,0 $\pm$ 0,09 B	64 $\pm$ 2,2 A	146 $\pm$ 7,4 B

Médias seguidas de letras maiúsculas distintas na coluna diferem entre si (p<0,05)

4.3.2 Protocolo lotação intermitente

Pós-Pastejo

Massa de raízes por cilindro de amostragem

A massa de raízes na condição pós-pastejo variou com a época do ano (p= 0,0274), com maiores valores registrados durante o outono/inverno, intermediários durante o início de primavera e verão II, e menores durante o verão I (Tabela 5).

Tabela 5 - Massa de raízes por cilindro em pós-pastejo (média $\pm$ erro-padrão da média) de *Arachis pintoi* cv. Belmonte submetido a estratégias de pastejo rotativo de fevereiro de 2015 a abril de 2016

Época do ano	Média (mg)
Verão I	8331 $\pm$ 1117,0 C
Outono/Inverno	12478 $\pm$ 1117,0 A
Início Primavera	10989 $\pm$ 1117,0 AB
Final Primavera	9707 $\pm$ 1117,0 BC
Verão II	11856 $\pm$ 1117,0 AB

Médias seguidas de letras maiúsculas distintas na coluna diferem entre si ($p < 0,05$)

Número total de nódulos por cilindro de amostragem

Não houve efeito de nenhuma das causas de variação estudadas ($p > 0,05$) sobre o número total de nódulos radiculares na condição pós-pastejo, sendo o valor médio registrado de 697 $\pm$ 29,5.

Massa total de nódulos por cilindro de amostragem

A massa total de nódulos na condição pós-pastejo variou com a época do ano ($p = 0,0016$) e com a interação interceptação luminosa x época do ano ($p = 0,0247$). Nos pastos manejados com a meta $IL_{Máx}$ a massa total de nódulos aumentou do verão I para o outono/inverno e manteve-se constante até o final do período experimental. Nos pastos manejados com a meta $IL_{95\%}$ maiores valores foram registrados durante o verão II, intermediários durante o início e final de primavera e menores durante o verão I e outono/inverno. Diferenças entre metas de IL foram registradas durante o outono/inverno e final de primavera, com valores maiores registrados para a meta $IL_{Máx}$ relativamente à meta $IL_{95\%}$ (Tabela 6).

Tabela 6 - Massa total de nódulos por cilindro em pós-pastejo (médias $\pm$ erro-padrão da média) de *Arachis pinto* cv. Belmonte submetido a estratégias de pastejo rotativo caracterizadas pelas metas de $IL_{95\%}$ e $IL_{Máx}$ de fevereiro de 2015 a abril de 2016

Época do ano	Metas IL		Média
	$IL_{95\%}$	$IL_{Máx}$	
	(mg)		
Verão I	186 $\pm$ 62,3 Ba	273 $\pm$ 62,3 Ba	229 $\pm$ 44,1 C
Outono/Inverno	181 $\pm$ 62,3 Bb	429 $\pm$ 62,3 Aa	305 $\pm$ 44,1 BC
Início Primavera	295 $\pm$ 62,3 ABa	429 $\pm$ 62,3 Aa	362 $\pm$ 44,1 AB
Final Primavera	266 $\pm$ 62,3 ABb	461 $\pm$ 62,3 Aa	363 $\pm$ 44,1 AB
Verão II	378 $\pm$ 62,3 Aa	393 $\pm$ 62,3 ABa	385 $\pm$ 44,1 A

Médias seguidas de letras distintas, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, diferem entre si ($p < 0,05$)

Tamanho médio de nódulos

O tamanho médio de nódulos na condição pós-pastejo variou com a interceptação luminosa ($p=0,0067$), com valores maiores (cerca de 30%) registrados nos pastos manejados com a meta $IL_{Máx}$ relativamente àqueles manejados com a meta $IL_{95\%}$ (0,52 e 0,40 $\pm$ 0,031 mg, respectivamente).

Pré-Pastejo

Massa de raízes no cilindro de amostragem

Não houve efeito de nenhuma das causas de variação estudadas ($p > 0,05$) sobre a massa de raízes na condição pré-pastejo, sendo o valor médio registrado de 11810 $\pm$ 507,0 mg.

Número de nódulos no cilindro de amostragem

O número de nódulos na condição pré-pastejo variou com a época do ano ($p=0,0072$), com maiores valores registrados durante o verão II e final de primavera e menores durante o outono/inverno e início de primavera (Tabela 7).

Tabela 7 - Número de nódulos em pré-pastejo (média $\pm$ erro-padrão da média) de *Arachis pintoi* cv. Belmonte submetido a estratégias de pastejo rotativo de fevereiro de 2015 a abril de 2016

Época do ano	Número de nódulos
Verão I	777 $\pm$ 78,2 BC
Outono/Inverno	692 $\pm$ 78,2 C
Início Primavera	655 $\pm$ 78,2 C
Final Primavera	859 $\pm$ 78,2 AB
Verão II	954 $\pm$ 78,2 A

Médias seguidas de letras maiúsculas distintas na coluna diferem entre si ($p < 0,05$)

Massa total de nódulos por cilindro de amostragem

A massa de nódulos na condição pré-pastejo variou com a época do ano ($p < 0,0001$) e com a interação interceptação luminosa x época do ano ($p = 0,0235$). De maneira geral, os valores foram semelhantes entre metas de IL. Para a meta $IL_{Máx}$, a massa total de nódulos aumentou ao longo do período experimental, com maiores valores registrados no final de primavera e verão II. Para a meta $IL_{95\%}$, maiores valores foram registrados no final de primavera, com valores menores e similares entre si nas demais épocas do ano (Tabela 8).

Tamanho médio de nódulos

O tamanho médio de nódulos na condição pré-pastejo variou com a época do ano ($p < 0,0001$) e com a interação interceptação luminosa x época do ano ($p < 0,0001$). Houve diferença entre metas de IL somente durante o início de primavera e verão II, com maiores valores registrados para a meta $IL_{95\%}$ relativamente à meta $IL_{Máx}$. Para a meta $IL_{95\%}$ maiores valores foram registrados durante o início de primavera, final de primavera e verão II e menores no verão I e outono/inverno. Para a meta $IL_{Máx}$ maiores valores foram registrados durante o final de primavera relativamente às demais épocas do ano (Tabela 8).

Tabela 8 – Massa total de nódulos por cilindro e tamanho médio de nódulos em pré-pastejo (médias $\pm$ erro-padrão da média) de *Arachis pintoï* cv. Belmonte submetido a estratégias de pastejo rotativo caracterizadas pelas metas de $IL_{95\%}$ e $IL_{Máx}$ de fevereiro de 2015 a abril de 2016

Época do ano	Massa total de nódulos		Tamanho médio de nódulos	
	$IL_{95\%}$	$IL_{Máx}$	$IL_{95\%}$	$IL_{Máx}$
	(mg)		(mg)	
Verão I	247 $\pm$ 64,3 Ca	286 $\pm$ 64,3 Ba	0,33 $\pm$ 0,039 Ba	0,36 $\pm$ 0,039 Ba
Outono/Inverno	231 $\pm$ 64,3 Ca	287 $\pm$ 64,3 Ba	0,37 $\pm$ 0,039 Ba	0,36 $\pm$ 0,039 Ba
Início Primavera	345 $\pm$ 64,3 BCa	344 $\pm$ 64,3 Ba	0,64 $\pm$ 0,041 Aa	0,40 $\pm$ 0,043 Bb
Final Primavera	445 $\pm$ 64,3 ABa	594 $\pm$ 64,3 Aa	0,54 $\pm$ 0,041 Aa	0,61 $\pm$ 0,039 Aa
Verão II	540 $\pm$ 64,3 Aa	388 $\pm$ 64,3 Ba	0,55 $\pm$ 0,039 Aa	0,40 $\pm$ 0,039 Bb

Médias seguidas de letras distintas, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, diferem entre si ($p < 0,05$)

Biomassa da parte aérea

A biomassa da parte aérea variou com a interceptação luminosa ($p < 0,0001$) e com a interação interceptação luminosa x época do ano ($p = 0,0253$). Exceto no início de primavera, quando não houve diferença entre metas de IL, maiores valores foram registrados para a meta $IL_{Máx}$ relativamente à meta $IL_{95\%}$ nas demais épocas do ano. Para ambas as metas de IL, a biomassa da parte aérea diminuiu ao longo das épocas do ano, atingindo menores valores durante o final de primavera e verão II (Tabela 10).

Tabela 10 - Biomassa da parte aérea em pré-pastejo (médias $\pm$ erro-padrão da média) em *Arachis pintoi* cv. Belmonte submetido a estratégias de pastejo rotativo caracterizadas pelas metas de $IL_{95\%}$ e $IL_{Máx}$ de fevereiro de 2015 a abril de 2016

Época do ano	Metas IL	
	$IL_{95\%}$	$IL_{Máx}$
	<i>(t MS ha⁻¹)</i>	
Verão I	9,1 $\pm$ 0,67 ABb	13,9 $\pm$ 0,67 ABa
Outono/Inverno	9,5 $\pm$ 0,67 ABb	14,3 $\pm$ 0,67 Aa
Início de Primavera	10,6 $\pm$ 0,67 Aa	12,1 $\pm$ 0,67 BCa
Final de Primavera	8,2 $\pm$ 0,67 Bb	11,7 $\pm$ 0,67 Ca
Verão II	8,2 $\pm$ 0,67 Bb	10,8 $\pm$ 0,67 Ca
Média	9,2 $\pm$ 0,32 b	12,6 $\pm$ 0,32 a

Médias seguidas de letras distintas, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, diferem entre si ($p < 0,05$)

Fixação biológica de nitrogênio

Nitrogênio total

A concentração de nitrogênio total (N-Total) na parte aérea variou com a época do ano ($p = 0,0002$), com maiores valores registrados no início e final de primavera relativamente aos verões I e II, e valores intermediários durante o outono/inverno (Tabela 11).

Tabela 11 – Concentração de nitrogênio total (N-Total) (médias $\pm$ erro-padrão da média) de *Arachis pintoi* cv. Belmonte submetido a estratégias de pastejo rotativo de fevereiro de 2015 a abril de 2016

Época do ano	N-Total
Verão I	2,9 $\pm$ 0,08 C
Outono/Inverno	3,3 $\pm$ 0,08 AB
Início Primavera	3,5 $\pm$ 0,08 A
Final Primavera	3,5 $\pm$ 0,08 A
Verão II	3,1 $\pm$ 0,08 B

Médias seguidas de letras maiúsculas distintas na coluna diferem entre si ($p < 0,05$)

Porcentagem de nitrogênio derivado da atmosfera (Ndda)

A %Ndda variou com a altura pós-pastejo ($p=0,0303$), época do ano ($p<0,0001$) e com a interação interceptação luminosa x altura pós-pastejo x época do ano ($p=0,0372$). Os valores registrados variaram ao longo do ano, sendo que maiores os valores foram registrados durante o verão I e início de primavera. De maneira geral, não houve diferença entre metas de IL para a mesma meta de altura pós-pastejo dentro de época do ano. Em contrapartida, para uma mesma meta de IL, foram registrados maiores valores para a meta $IL_{Máx}$ no início e final de primavera e $IL_{95\%}$ no verão II para a meta de altura pós-pastejo de 60% relativamente à meta de 40% da altura pré-pastejo (Tabela 12).

Fixação biológica de nitrogênio ($kg\ N\ ha^{-1}$)

A FBN variou com a interceptação luminosa ($p<0,0001$), altura pós-pastejo ($p=0,0113$), época do ano ($p=0,0005$) e a interação interceptação luminosa x altura pós-pastejo x época do ano ($p=0,0474$). A FBN apresentou diferenças ao longo das épocas do ano, sendo que os maiores valores foram registrados durante mais crítico para o crescimento e desenvolvimento da espécie (outono/inverno e início de primavera). Dentro de cada época do ano, variou conforme a interceptação luminosa e a altura pós-pastejo, de forma geral os maiores valores foram registrados nos pastos manejados com a condição pré-pastejo $IL_{Máx}$ e altura de 60% na condição pós-pastejo (Tabela 12).

Tabela 12 – Porcentagem de nitrogênio derivado da atmosfera (Ndda) e fixação biológica de nitrogênio (FBN, em kg N ha⁻¹) e (médias ± erro-padrão da média) em *Arachis pinto* cv. Belmonte submetido a estratégias de pastejo rotativo caracterizadas pelas metas de IL_{95%} e IL_{Máx} e altura pós-pastejo de 40 e 60% da altura de entrada de fevereiro de 2015 a abril de 2016

Altura pós-pastejo	%Ndda		FBN	
	IL _{95%}	IL _{Máx}	IL _{95%}	IL _{Máx}
Verão I				
		(%)		(kg N ha ⁻¹)
40%	60±4,5 Aa	68±4,5 Aa	151±22,7 Ab	264±22,7 Aa
60%	66±4,5 Aa	70±4,5 Aa	193±22,7 Ab	275±22,7 Aa
Outono/Inverno				
40%	58±4,5 Aa	65±4,5 Aa	210±22,7 Ab	299±22,7 Aa
60%	63±4,5 Aa	68±4,5 Aa	183±22,7 Ab	319±22,7 Aa
Início Primavera				
40%	63±4,5 Aa	58±4,5 Ba	241±22,7 Aa	224±22,7 Ba
60%	66±4,5 Aa	74±4,5 Aa	229±22,7 Ab	309±22,7 Aa
Final Primavera				
40%	48±4,5 Aa	42±4,5 Ba	132±22,7 Aa	158±22,7 Ba
60%	57±4,5 Aa	59±4,5 Aa	182±22,7 Ab	236±22,7 Aa
Verão II				
40%	49±4,5 Ba	58±4,5 Aa	108±22,7 Bb	194±22,7 Aa
60%	62±4,5 Aa	62±4,5 Aa	186±22,7 Aa	201±22,7 Aa

Médias seguidas de letras distintas, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, diferem entre si (p<0,05)

4.4 Discussão

A planta forrageira no ecossistema pastagem apresenta alterações em sua forma e função (Ritchie et al., 1998), na parte aérea e raízes, interagindo com a comunidade de plantas no sentido de buscar formas de minimizar as adversidades provocadas pelo animal em pastejo e assegurar sua persistência e coexistência na área. Essas mudanças determinam a resistência relativa das plantas ao pastejo (Briske, 1996), e são função da frequência e severidade de desfolhação a que são submetidas. De maneira geral, os resultados demonstraram

particularidades em alguns processos de acordo com o protocolo experimental utilizado; lotação contínua ou pastejo rotativo.

Os tratamentos experimentais do protocolo de lotação contínua foram baseados na representação de um gradiente de intensidades de pastejo (5, 10, 15 e 20 cm) correspondentes aos níveis severo, moderado, leniente e muito leniente. Em um primeiro momento, planejou-se uma variação máxima de $\pm 10\%$ para a altura média dos tratamentos, mas devido às práticas de ajuste em taxa de lotação utilizadas e às variações nas condições climáticas (exceto déficit hídrico), as alturas planejadas oscilaram durante o ano, particularmente nos pastos cujas metas eram 15 e 20 cm. Apesar disso, o fato não comprometeu o contraste pretendido entre as intensidades de pastejo, ponto central para testar a hipótese postulada neste trabalho.

Os tratamentos relativos ao protocolo de lotação intermitente foram propostos tendo como base diversos estudos com gramíneas forrageiras tropicais. Nesse sentido, a frequência de desfolhação, ou seja, o momento “ideal” para a interrupção da rebrotação, correspondeu ao ponto em que o dossel forrageiro atingia 95% de interceptação da luz incidente (meta $IL_{95\%}$). A interrupção da rebrotação em dosséis submetidos a longos períodos de rebrotação foi realizada quando o ponto de máxima interceptação luminosa foi atingido (meta $IL_{Máx}$). Essa condição, em gramíneas forrageiras tropicais, resulta em redução considerável no acúmulo de folhas e aumento no acúmulo de colmos e de material senescente (morto), proporcionando uma forragem de menor valor nutritivo (Da Silva et al., 2015). As frequências de pastejo foram efetivamente controladas, assim como as severidades de desfolhação (alturas pós-pastejo), que não ultrapassaram a variação máxima planejada de $\pm 10\%$. Dessa forma, as metas de manejo forneceram os contrastes necessários para testar as hipóteses levantadas neste estudo.

4.4.1 Protocolo lotação contínua

Os mecanismos regulatórios do desenvolvimento do sistema radicular em espécies clonais de crescimento prostrado são amplamente dependentes da estratégia ecológica dirigida e fixada evolutivamente de acordo com o ambiente ao qual as espécies foram submetidas. Nessas espécies, dentre as características primárias que conferem sua natureza clonal, está a habilidade de formar raízes adventícias em seus nós. Segundo Thomas e Hay (2004), o mecanismo evolutivo associado ao desenvolvimento de novas ramificações (*branches*) em espécies de crescimento plagiotrópico, como o trevo-branco (*Trifolium repens* L.) e o amendoim forrageiro, foi baseado em um mecanismo de regulação ligado à presença de raízes

nodais. Os primórdios responsáveis pela formação das raízes nodais são precocemente formados dentro das gemas e desenvolvem-se em sistema radicular sob condições adequadas de umidade do solo.

O desenvolvimento do sistema radicular em um dado nó produz um estímulo que causa a ativação e posterior desenvolvimento das gemas axilares em novas ramificações (Thomas e Hay, 2010). As sucessivas gemas axilares localizadas nas porções distais ao longo do eixo do estolão que continuamente se alonga, embora possam receber tal estímulo, normalmente produzem ramificações em menor número e com menor vigor de crescimento. Segundo Thomas e Hay (2007), isso se deve ao fato de que a intensidade com que o sinal derivado do sistema radicular é percebido diminui na medida em que as gemas se distanciam dos pontos de enraizamento.

Uma vez que o vigor de crescimento das ramificações localizadas distalmente ao longo do eixo do estolão é diminuído, a fragmentação de longos clones em pequenos ‘*ramets*’, cuja sobrevivência é assegurada pelo prévio desenvolvimento de sistema radicular, consiste em importante estratégia para maximização de persistência da população de plantas (Wang et al., 2013). Price e Marshall (1999) descreveram que a fragmentação ou segmentação natural (ou programada) consiste em estratégia adaptativa desenvolvida por muitas espécies clonais em resposta à heterogeneidade espaço-temporal na distribuição de recursos de crescimento. A segmentação clonal pode ocorrer naturalmente segundo uma programação sazonal, ou em resposta a determinados distúrbios, tal como a segmentação induzida por desfolhação. Em ambos os casos, os benefícios maiores da expressão dessa estratégia incluem a otimização da utilização de recursos dentro do clone e persistência da comunidade vegetal.

Observa-se no amendoim forrageiro que a adoção de pastejos de intensidade severa a moderada (alturas de manejo de 5 e 10 cm) resultou em maior massa de raízes, o que poderia estar ligado a maior segmentação de estolões induzida por desfolhações mais frequentes associadas com essas metas de manejo. Além disso, o aumento na massa de raízes do outono para o inverno também indica a possibilidade de um padrão sazonal de segmentação, o qual foi previamente descrito por Fialho (2015). Segundo a autora, durante as épocas de outono, inverno e primavera atributos indicativos de aumento no número de indivíduos são intensificados, enquanto variáveis indicativas da presença de plantas de maior tamanho diminuem. Brock et al. (1998) demonstraram que o número de raízes por planta em trevo-branco aumenta ao longo do inverno, atinge pico no início de primavera e então declina no verão e outono subsequente, em um padrão sazonal similar ao observado para a massa de

raízes em amendoim forrageiro. Ainda segundo os autores, os estolões enraizados sustentavam 62, 48 e 90% das folhas, pontos de crescimento e gemas axilares por planta.

A massa total de nódulos apresentou padrão de variação convergente com a massa de raízes, tanto em relação a intensidade de pastejo quanto ao efeito de época do ano. O estabelecimento da simbiose da leguminosa/rizóbio envolve a infecção da raiz da planta hospedeira e a subsequente formação dos nódulos (Bauer, 1981). Sistemas radiculares com maiores massas provavelmente resultam em maior volume de solo explorado, o que representa maior superfície para infecção e formação da estrutura responsável pela simbiose, o nódulo. Entretanto, segundo Bhuvaneswari et al. (1981), raízes maduras e/ou mais velhas não são suscetíveis a infecção. Assim, o estabelecimento e desenvolvimento de sistema radicular em indivíduos jovens, provenientes do processo de segmentação programada durante o outono e inverno, também explicaria o aumento crescente na massa total de nódulos do outono até a primavera.

O nódulo é a estrutura básica da relação simbiótica entre planta e rizóbio e, para que ocorra um equilíbrio nessa relação, é necessário um suprimento contínuo ao nódulo de fotoassimilados produzidos pela parte aérea. Paralelamente, a fixação biológica no nódulo disponibiliza formas assimiláveis de nitrogênio (NO_3^- e NH_4^+) para a planta. Maior massa total de nódulos, número de nódulos, bem como maior tamanho médio de nódulos foram observados na primavera, resultado provavelmente da dinâmica de crescimento que prevalece durante o outono e inverno. Nessas épocas, a diminuição na disponibilidade de fatores climáticos (temperatura e luminosidade) induz à redução nas taxas de crescimento da planta. Como consequência, a frequência de remoção da parte aérea é menor, permitindo que as estruturas foliares presentes mantenham certa continuidade na produção de assimilados via fotossíntese. Uma vez que o crescimento ocorre em baixas taxas, a produção de assimilados poderia exceder a demanda de crescimento, possibilitando sua alocação para o desenvolvimento e crescimento do sistema radicular, bem como poderiam ser utilizados para o aumento em número e tamanho dos nódulos da planta. Nota-se que do verão para o inverno o número de nódulos diminui enquanto o tamanho médio dos nódulos aumenta. Segundo Carranca et al. (1999), nódulos de tamanho maior apresentam maior força dreno, particularmente com relação à prioridade na utilização de carboidratos em comparação a nódulos menores.

Assim, diferentemente do que foi postulado na hipótese (i) para este protocolo experimental, as maiores intensidades de pastejo não afetaram negativamente aspectos relacionados ao sistema radicular (massa de raiz e nodulação). Ao contrário, as maiores

intensidades de pastejo afetaram positivamente a massa de raízes e a nodulação. Segundo Quinn e Hall (1996), mecanismos de compensação no sistema radicular após a desfolhação podem ser desencadeados pelas plantas desde que a disponibilidade de nutrientes não seja limitante. Contudo, a hipótese não foi totalmente rejeitada. Observou-se que a porcentagem de nitrogênio oriundo da FBN (%Ndda) apresentou maior relação com a biomassa da parte aérea do que com a massa de raízes, já que incrementos nos valores de FBN (kg N ha^{-1}) foram registrados à medida que os pastos foram manejados com as alturas mais altas de manejo (15 e 20 cm).

A quantidade de nitrogênio (N_2) fixado por área (ha) é regida por dois fatores: a biomassa (t MS ha^{-1}) geradora de energia (i.e. carboidratos) para esse mecanismo e a eficiência de fixação de N_2 (ou atividade) no nódulo, neste caso expressa pela porcentagem de nitrogênio oriundo da FBN (Hartwig, 1998). Observa-se assim que, apesar da maior massa total e número de nódulos ($p=0,054$) terem sido registrados nos pastos manejados sob maiores intensidades de pastejo, tais variáveis isoladamente não expressam a atividade ou eficiência da fixação do nódulo. Em algumas leguminosas, a atividade do nódulo possui relação direta com seu tamanho (King and Purcell, 2001). Tajima et al. (2007) descreveram que nódulos de *Arachis hypogaea* L. possuem áreas periféricas não infectadas muito finas e a parte central densamente preenchida com células infectadas, sugerindo, dessa forma, que nódulos maiores possuem maior atividade. De fato, em amendoim forrageiro uma relação entre tamanho médio do nódulo e porcentagem de nitrogênio oriundo da FBN (%Ndda) foi observada ao longo das épocas do ano (Figura 6), mas a mesma relação tamanho médio do nódulo x atividade do nódulo não foi verificada entre metas de pastejo. Além disso, após o primeiro período de crescimento (verão I e outono) a porcentagem de nitrogênio oriundo do processo de FBN (%Ndda) estabilizou-se, corroborando com os resultados de Mallarino et al. (1990).

Figura 6 – Relação entre o tamanho médio de nódulos e a porcentagem de nitrogênio da parte aérea oriundo da fixação biológica (%Ndfa) em amendoim forrageiro submetido a intensidades de pastejo sob lotação contínua.

Tanto a porcentagem de nitrogênio da parte aérea oriundo da fixação biológica (%Ndfa) quanto a quantidade de nitrogênio fixado por unidade de área foram maiores quando os pastos foram manejados com a altura de 20 cm. De tal modo, sabe-se que menores intensidades de pastejo promovem menor remoção de biomassa da parte aérea por evento de desfolhação, o que induziu a manutenção de maior porcentagem de N na parte aérea derivado da fixação biológica. Diferenças em %Ndfa foram mais pronunciadas entre pastos manejados com as alturas de 5 e 10 cm em relação àqueles manejados a 20 cm. Possivelmente, sob condições de pastejos severos (5 e 10 cm) seja de menor “custo” energético para a planta adquirir uma forma assimilável e disponível de nitrogênio no solo comparativamente a estabelecer uma relação simbiótica com um microrganismo para fixar o nutriente. Plantas submetidas a pastejos severos podem apresentar maior acúmulo de N por unidade de raiz, sendo este um mecanismo eficaz desde que a cinética de absorção de N a partir do solo não seja limitada (Pooley e Detling, 1989). Dessa forma, o regulador no processo de FBN neste método de pastejo foi a biomassa da parte aérea, responsável por absorver e sintetizar a energia luminosa e transformá-la em energia química por meio da produção de fotoassimilados, os quais foram utilizados na “alimentação” dos rizóbios durante a simbiose.

4.4.2 Protocolo lotação intermitente

O regime de desfolhação (frequência e severidade de pastejo) está atrelado ao método de pastejo adotado. As metas de manejo definidas para cada método interferem sobre a quantidade e a qualidade da área foliar existente e, conseqüentemente, sobre a interceptação da radiação incidente e absorção de CO₂, fontes primárias para a fotossíntese bruta dos pastos. Sob pastejo rotativo a estrutura dos pastos é modificada a cada ciclo de pastejo, diferentemente do método lotação contínua, onde perturbações (pastejo) discretas, mais ou menos intensas de acordo com a meta definida, ocorrem durante todo o período de ocupação.

A severidade de remoção da área foliar sob lotação intermitente (i.e pastejo rotativo) é modulada pela meta pós-pastejo previamente definida e aplicada. Sob condições de pastejos severos, onde uma grande proporção do IAF, massa de forragem ou altura pré-pastejo é removida (Da Silva et al. 2014), as plantas alteram suas prioridades de alocação de assimilados, interferindo no balanço parte aérea/raízes. A fotossíntese da planta é imediatamente reduzida após a remoção da parte aérea pelo pastejo ou corte. Assim, sob desfolhações frequentes e severas pode ocorrer o cessamento do crescimento de raízes (Evans, 1971; Evans, 1973; Fownes e Anderson, 1991; Hodgkinson e Becking, 1977; Schuster, 1964) como forma de assegurar energia para restabelecer a área foliar. Todavia, impactos maiores da severidade de desfolhação sobre o crescimento do sistema radicular são observados quando severidades de pastejo ultrapassam 50% de remoção da parte aérea (Richards, 1993). A respiração radicular e a aquisição de nutrientes do solo também são reduzidos após desfolhação, mas de acordo com Briske e Richards (1995), essa redução ocorre em menor extensão comparativamente ao decréscimo no crescimento radicular.

As diferentes combinações entre frequência e severidade de desfolhação avaliadas neste experimento não afetaram a massa de raízes nem o número de nódulos nas condições de pré- e de pós-pastejo do amendoim forrageiro. Possivelmente, os regimes de desfolhação estabelecidos estavam dentro de uma faixa de “resistência” da planta, estabelecendo condições de crescimento e microclima que minimizaram impactos negativos sobre o crescimento radicular. Em contrapartida, a massa total de nódulos na condição pós-pastejo foi afetada pelas metas de manejo do pastejo adotadas, e foi regulada diretamente pelo tamanho médio do nódulo. Nódulos de maior tamanho foram registrados quando a meta IL_{Máx} foi adotada, resultando em maior massa total de nódulos nas épocas de outono/inverno e final de primavera. Contudo, esse efeito da frequência de desfolhação sobre a massa total de nódulos desapareceu quando os pastos atingiram a condição pré-pastejo, situação em que o tamanho

médio dos nódulos foi maior para a meta $IL_{95\%}$. Butler et al. (1959) observaram que a recuperação do crescimento do sistema radicular e a nodulação em leguminosas de clima temperado submetidas ao sombreamento e desfolhações sucessivas é um processo espécie-dependente amplamente ligado à forma de crescimento da planta. Maior capacidade de recuperação em resposta ao sombreamento e desfolhação foi observada em trevo-branco comparativamente ao trevo-vermelho (*Trifolium pratense* L.) e cornichão (*Lotus uliginosus*). Segundo os autores, após a desfolhação houve progressiva morte de raízes velhas e nódulos, seguido pelo seu rápido restabelecimento a partir do enraizamento de novos estolões densamente nodulados em trevo-branco. Nas demais espécies, limitações à rebrotação inerentes ao hábito de crescimento incorreram em progressivo declínio na habilidade de recuperação e nodulação após desfolhações sucessivas.

A atividade metabólica nos nódulos (atividade da nitrogenase e redução de acetileno) é amplamente reduzida poucas horas após a desfolhação (Gordon et al., 1990), levando à senescência da estrutura nodular (Dupont et al., 2012). A recuperação do potencial de fixação de nitrogênio, dessa forma, dependeria da velocidade de renovação do sistema radicular, já que raízes jovens possuem maior potencial de nodulação que raízes mais velhas (Carranca et al., 1999; Gage, 2004; Pommeresche e Hansen, 2017).

Todavia, independentemente das respostas obtidas para o sistema radicular e atributos relacionados à nodulação na condição pré-pastejo, a FBN esteve amplamente ligada à frequência de desfolhação e, quando as respostas são comparadas dentro da mesma meta de IL, a meta pós-pastejo adotada definiu a quantidade total de nitrogênio fixado na parte aérea e a %Ndda. Para ambos os efeitos, a biomassa da parte aérea dirigiu o processo fixatório, uma vez que maior FBN e %Ndda (início e final de primavera) foram obtidas quando os pastos foram manejados com a meta $IL_{Máx}$ associada à meta de altura pós-pastejo de 60% da altura pré-pastejo (pastejos menos frequentes e lenientes) (Figura 7).

(a)

(b)

Figura 7 – Variação sazonal da FBN (a) e proporção de nitrogênio da parte aérea oriundo da fixação biológica (%Ndda) (b) em amendoim forrageiro submetido a estratégias de pastejo rotativo.

Com relação aos efeitos da frequência de desfolhação, Suzuki et al. (2011), estudando o processo de regulação da nodulação em plantas mutantes de *Lotus japonicus* inoculadas com *Mesorhizobium loti*, concluíram que a formação do nódulo é uma resposta fotomorfogênica controlada pela parte aérea e modulada pela sensibilidade da planta à

qualidade da luz, diminuindo na medida em que a planta é submetida a baixa relação vermelho:vermelho distante percebida pelos fitocromos. Entretanto, impactos negativos do sombreamento sobre a nodulação e fixação biológica do N, tais quais seriam esperados quando os pastos foram manejados com a meta $IL_{Máx}$, poderiam ser minimizados se a plasticidade no alongamento de pecíolos fosse capaz de alocar os folíolos nos horizontes com maior disponibilidade de luz. Esse mecanismo de ajuste plástico na estrutura do dossel poderia explicar os maiores valores de FBN a partir do outono e inverno nos pastos submetidos ao tratamento $IL_{Máx}/60$ (Figura 7a). Todavia, redução acentuada da FBN e maior dependência de N do solo a partir do outono/inverno foi observada nos pastos submetidos ao tratamento $IL_{Máx}/40$, indicando que essa combinação de metas de pré- e de pós-pastejo é amplamente prejudicial à eficiência da fixação biológica, mesmo que impactos negativos ao sistema radicular e atributos de nodulação não tenham sido observados.

É reconhecido que pastejos severos (remoção de mais de 50% da altura pré-pastejo) ocasionam perturbações nos dosséis forrageiros, limitando a aquisição de carbono após o evento de desfolhação e proporcionando estresses na atividade dos nódulos (Bayne et al., 1984). A atividade da nitrogenase decresce rapidamente a partir de severidades de pastejo superiores a 50% da área foliar (Hartwig et al. 1994), exercendo efeito pronunciado sobre a %Ndda independentemente da frequência de defolhação adotada (Figura 7b). A fixação biológica de nitrogênio apresenta alto custo energético para as plantas (Gutschick, 1981; Houlton et al. 2008), uma vez que o consumo de fotoassimilados para sustentar somente a respiração dos nódulos pode representar até 23% da fotossíntese bruta (Ryle et al., 1985). Assim, em condições adversas, tais quais aquelas estabelecidas pela adoção de pastejos severos (representadas pela altura pós-pastejo de 40% da altura pré-pastejo neste experimento), as plantas parecem priorizar a absorção de nitrogênio do solo como forma de otimizar o uso da energia disponível. Esse mecanismo de balanço energético é conhecido como FBN-facultativo, onde o processo fixatório de N_2 atmosférico é regulado, para mais ou para menos, a partir de fatores externos, como a disponibilidade natural de N no solo e, como observado neste experimento, pela severidade de desfolhação (Menge e Hedin, 2009).

Os resultados de FBN sempre devem ser analisados com determinado cuidado, pois, embora o método da abundância natural de ^{15}N seja uma técnica difundida e calibrada para condições de campo, deve-se atentar para suas recomendações e padrões de referência, uma vez que estes afetam as estimativas de FBN. Dubeux et al. (2017), em estudo com *Arachis glabrata*, registrou valores de FBN superiores aos registrados em ambos os métodos de pastejo avaliados neste experimento. No entanto, os autores indicaram terem utilizado o valor

de ajuste ao fracionamento isotópico (B) sugerido por Okito et al. (2004) para *Arachis hypogea* L. (-2,27‰), mas o valor real utilizado para o cálculo foi (-1,35‰), proposto para a *Crotalaria juncea* L. Assim, diferenças dessa magnitude no valor utilizado de ajuste do fracionamento isotópico levaram a valores superestimados de FBN (kg N ha^{-1}). O uso inadequado do valor de correção do fracionamento é um dos maiores erros cometidos no uso dessa técnica (Okito et al., 2004).

Inferências acerca dos impactos do manejo do pastejo sobre a eficiência da simbiose baseadas na FBN (kg N ha^{-1}) se tornam interessantes desde que estejam atreladas à porcentagem do nitrogênio oriundo da FBN (%N_{dda}). Isso ocorre, pois, pastos com quantidades distintas de biomassa da parte aérea podem apresentar valores de FBN (kg N ha^{-1}) semelhantes, tal como foi observado por Querné et al. (2017), em estudo com sistema integrado entre espécie arbórea (*Juglans nigra* × *regia* cv. NG23, não fixadora de N₂ atmosférico) e espécie forrageira (*Medicago sativa* L., fixadora de N₂ atmosférico). Os autores demonstraram que, embora tenha sido registrada diminuição na produção de biomassa das plantas próximas aos renques de árvores como resultado do sombreamento, esse efeito foi compensado pela maior %N_{dda}, resultando em valores de FBN relativamente constantes, independentemente da posição espacial da planta. Segundo os autores, o componente arbóreo consiste no principal dreno das fontes inorgânicas de N do solo, de forma que a diminuição na disponibilidade de N mineral atuaria como estímulo à fixação biológica do nitrogênio. Cabe ainda ressaltar, ao contrário do que foi observado por Anglade et al. (2015), que encontraram correlações altamente significativas entre estimativas de FBN e a quantidade total de N da parte aérea (%N-total) em regiões de clima temperado, que os resultados observados em ambos os métodos de pastejo neste estudo indicam que a %N-total não deve ser utilizada para inferências acerca da quantidade de nitrogênio fixado em amendoim forrageiro. Todavia, mais estudos são necessários para avaliar se esse padrão ocorre de maneira similar em outras regiões do país.

Quando aos padrões sazonais são analisados, observa-se que tanto a FBN quanto a %N_{dda} diminuíram do outono/inverno até o final de primavera, de forma geral atingindo seus menores valores nesta última época do ano. Esse padrão é oposto ao registrado para massa de raízes, massa total de nódulos e tamanho médio de nódulos, os quais atingiram seus maiores valores na mesma estação. No entanto, segue de forma próxima as variações registradas em biomassa da parte aérea dos pastos. Dessa forma, assim como ocorreu com o protocolo de lotação contínua, a hipótese postulada para os pastos manejados sob pastejo rotativo foi parcialmente rejeitada no que diz respeito a proposição de uma relação direta entre sistema

radicular e FBN. Estratégias de manejo do pastejo sob pastejo rotativo que removam elevada proporção da parte aérea, seja por meio de pastejos frequentes independentemente da altura pós-pastejo, seja pela adoção de longos períodos de rebrotação associados a pastejos severos, afetam negativamente a fixação biológica do nitrogênio.

Independentemente do método de pastejo utilizado o processo de fixação biológica de nitrogênio teve relação com o IAF médio dos pastos (média entre pré e pós-pastejo para o intermitente - Figura 8a) e com a biomassa da parte aérea (Figura 8b) geradora de energia, sendo que maiores valores de biomassa da parte aérea estiveram relacionados com menor número de nódulos grandes, os quais são mais eficientes no mecanismo de fixação do N_2 atmosférico.

(a)

(b)

Figura 8 – Relação entre FBN e índice de área foliar médio dos pastos (a) e biomassa da parte aérea (b) em amendoim forrageiro manejado sob diferentes métodos de pastejo. Valores médios de IAF corresponderam aos valores medidos nos pastos sob lotação contínua e à média aritmética entre pré- e pós-pastejo nos pastos sob lotação intermitente.

De forma geral, independentemente do regime de desfolhação (lotação contínua ou intermitente), o processo de fixação biológica de nitrogênio parece ser otimizado quando a intensidade de pastejo utilizada é de mediana a alta (Figura 9), condição que possibilitou maior contribuição do N absorvido via FBN para utilização na parte aérea dos pastos de amendoim forrageiro. O fato indica o efeito deletério sobre o processo de fixação biológica de nitrogênio do uso de intensidades de pastejo elevadas.

(a)

(b)

Figura 9 - Variação na contribuição da via N-FBN e N-solo na relação kg Biomassa/kg N em amendoim forrageiro manejado sob lotação contínua (a) e sob lotação intermitente (b). Valores médios de IAF corresponderam aos valores medidos nos pastos sob lotação contínua e à média aritmética entre pré- e pós-pastejo nos pastos sob lotação intermitente.

4.5 Conclusão

Em ambos os métodos de pastejo as amplitudes das metas de manejo adotadas não ocasionaram impactos negativos sobre o sistema radicular e o processo de nodulação. Sob lotação contínua e lotação intermitente a fixação biológica de nitrogênio foi determinada pela biomassa geradora de energia para esse mecanismo, ou seja, a biomassa da parte aérea. De forma geral, maior porcentagem de nitrogênio derivado da fixação biológica e quantidade total de nitrogênio fixado é obtida quando se adotam pastejos de intensidade moderada/leniente (15 e 20 cm) sob lotação contínua e maiores alturas pós-pastejo sob pastejo rotativo.

Referências

- Anglade, J., Billen, G., & Garnier, J. (2015). Relationships for estimating N₂ fixation in legumes: incidence for N balance of legume-based cropping systems in *Europe. Ecosphere*, **6**, 1-24.
- Ball, R., Keeney, D.R., Theobald, P.W., & Nes, P. (1979). Nitrogen balance in urine-affected areas of a New Zealand pasture. *Agronomy Journal*, **71**, 309-314.
- Bathram, G.T. (1985). Experimental techniques: The HFRO Sward Stick. In: HILL FARMING RESEARCH ORGANIZATION. *Biennial report*. Midlonthian, 29- 30.
- Bauer, W.D. (1981). Infection of legumes by rhizobia. *Annual Review of Plant Physiology*, **32**, 407-449.
- Bayne, H.G., Brown, M.S., & Bethlenfalvay, G.J. (1984). Defoliation effects on mycorrhizal colonization, nitrogen fixation and photosynthesis in the *Glycine-Glomus-Rhizobium* symbiosis. *Physiologia plantarum*, **62**, 576-580.
- Bhuvaneswari, T.V., Bhagwat, A.A., & Bauer, W.D. (1981). Transient susceptibility of root cells in four common legumes to nodulation by rhizobia. *Plant Physiology*, **68**, 1144-1149.
- Briske, D.D. Strategies of plant survival in grazed systems: A functional interpretation. (1996). In: HODGSON, J., ILLIUS, A. (Ed). The ecology and management of grazing systems. Wallingford: CAB Internacional, 37-69.

Briske, D.D., & Richards, J.H. (1995). Plant responses to defoliation: a physiological, morphological and demographic evaluation. Wildland plants: physiological ecology and developmental morphology. *Society for Range Management*, Denver, CO, 635-710.

Brock, J., Hay, M., Thomas, V., & Sedcole, J. (1988). Morphology of white clover (*Trifolium repens* L.) plants in pastures under intensive sheep grazing. *The Journal of Agricultural Science*, **111**, 273-283.

Butler, G. W., Greenwood, R.M., & Soper, K. (1959). Effects of shading and defoliation on the turnover of root and nodule tissue of plants of *Trifolium repens*, *Trifolium pratense*, and *Lotus uliginosus*. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, **2**, 415-426.

Carranca, C., Varennes, A., & Rolston, D.E. (1999). Biological nitrogen fixation estimated by ^{15}N dilution, natural ^{15}N abundance, and N difference techniques in a subterranean clover-grass sward under Mediterranean conditions. *European Journal Agronomy*, **10**, 81-89.

Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura – CEPAGRI (2016). Campinas, Brasil.
http://www.cpa.unicamp.br/outrassinformacoes/clima_muni_436.html.

Crews, T.E., & Peoples, M.B. (2004). Legume versus fertilizer sources of nitrogen: ecological tradeoffs and human needs. *Agriculture Ecosystems & Environment*, **102**, 279-297.

Da Silva, S.C., Pereira, L.E.T., Sbrissia, A.F., & Hernandez-Garay, A. (2015a). Carbon and nitrogen reserves in marandu palisade grass subjected to intensities of continuous stocking management. *The Journal of Agricultural Science*, **153**, 1449-1463.

Da Silva, S., Sbrissia, A., & Pereira, L. (2015b). Ecophysiology of C4 Forage Grasses- Understanding Plant Growth for Optimising Their Use and Management. *Agriculture*, **5**, 598-625.

Doughton, J. A., Vallis, I., & Saffigna, P. G. (1992). An indirect method for estimating ^{15}N isotope fractionation during nitrogen fixation by a legume under field conditions. *Plant and Soil*, **144**, 23-29.

Dubeux, J.C., Blount, A.R., Mackowiak, C., Santos, E.R., Pereira Neto, J.D., Riveros, U., ... & Ruiz-Moreno, M. (2017). Biological N Fixation, Belowground Responses, and Forage Potential of Rhizoma Peanut Cultivars. *Crop Science*, **57**, 1027-1038.

Dupont, L., Alloing, G., Pierre, O., El Msehli, S., Hopkins, J., Hérouart, D., ...& Frendo, P. (2012). The legume root nodule: from symbiotic nitrogen fixation to senescence. In Senescence. InTech.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. (2006). Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. (2ed.). Rio de Janeiro, Brasil.

Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2ed. Rio de Janeiro, 2006.

Eriksen, & J., Høgh-Jensen, H. (1998). Variations in the natural abundance of ^{15}N in ryegrass/white clover shoot material as influenced by cattle grazing. *Plant Soil*, **205**, 67-76.

Euclides, V.P.B., Costa, F.P., Macedo, M.C.M., Flores, R., & Oliveira, M.P. (2007). Eficiência biológica e econômica de pasto de capim-tanzânia adubado com nitrogênio no final do verão. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, **42**, 1345-1355.

Evans, P.S. (1971). Root growth of *Lolium perenne* L. II. Effects of defoliation and shading. *New Zealand journal of agricultural research*, **14**, 552-562.

Evans, P.S. (1973). The effect of repeated defoliation to three different levels on root growth of five pasture species. *New Zealand journal of agricultural research*, **16**, 31-34.

Fialho, C.A. (2015). Características morfogênicas e estruturais de amendoim forrageiro (*Arachis pintoi* Krapovickas & Gregory cv. Belmonte) submetido a intensidades de pastejo sob lotação contínua. Piracicaba, 121. Tese (Doutorado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.

Fonseca, L., Mezzalira, J. C., Bremm, C., Filho, R. S. A., Gonda, H. L., & Carvalho, P. C. F. (2012). Management targets for maximising the short-term herbage intake rate of cattle grazing in *Sorghum bicolor*. *Livestock Science*, **145**, 205–211.

Fownes, J.H., & Anderson, D.G. (1991). Changes in nodule and root biomass of *Sesbania sesban* and *Leucaena leucocephala* following coppicing. *Plant and Soil*, **138**, 9-16.

Gage, D. J. (2004). Infection and invasion of roots by symbiotic, nitrogen-fixing rhizobia during nodulation of temperate legumes. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, **68**, 280-300.

Giacomini, A.A., Mattos, W.T., Mattos, W.B., Werner, J.C., Cunha, E.A.D., & Carvalho, D.D. (2005). Crescimento de Raízes dos Capins Aruana e Tanzânia Submetidos a Duas Doses de Nitrogênio. *Revista Brasileira Zootecnia*, **34**, 1109-1120.

Gildersleeve, R.R., Ocumpaugh, W.R., Quesenberry, K.H., & Moore, J.E. (1987). Mob-grazing of morphologically different *Aeschynomene* species. *Tropical Grasslands*, **21**, 123-132.

Gordon, A.J., Kessler, W., & Minchin, F.R. (1990). Defoliation-induced stress in nodules of white clover: I. Changes in physiological parameters and protein synthesis. *Journal of Experimental Botany*, **41**, 1245-1253.

Gutschick, V.P. (1981). Evolved strategies in nitrogen acquisition by plants. *The American Naturalist*, **118**, 607-637.

Hartwig, U.A., Heim, I., Lüscher, A., & Nösberger, J. (1994) The nitrogen-sink is involved in the regulation of nitrogenase activity in white clover after defoliation. *Physiologia Plantarum*, **92**, 97-105.

Hartwig, U.A. (1998). The regulation of symbiotic N₂ fixation: a conceptual model of N feedback from the ecosystem to the gene expression level. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, **1**, 92-120.

Hodgkinson, K. C., & Becking, H.B. (1978). Effect of defoliation on root growth of some arid zone perennial plants. *Australian Journal of Agricultural Research*, **29**, 31-42.

Houlton, B.Z., Wang, Y.P., Vitousek, P. M., & Field, C.B. (2008). A unifying framework for dinitrogen fixation in the terrestrial biosphere. *Nature*, **454**, 327-330.

- King, C.A., & Purcell, C. (2001). Soybean nodule size and relationship to nitrogen fixation response to water deficit. *Crop Science*, **41**, 1099-1107.
- Lawson, A.R., Kelly, K.B., & Sale, P.W.G. (2000). Defoliation frequency and cultivar effects on the storage and utilisation of stolon and root reserves in white clover. *Australian journal of agricultural research*, **51**, 1039-1046.
- Ledgard, S.F., & Steele, K.W. (1992). Biological nitrogen fixation in mixed legume/grass pastures. *Plant and Soil*, **141**, 137–153.
- Lie, T.A. (1971). Symbiotic nitrogen fixation under stress conditions. *Plant and Soil*, Special Volume, 127–137.
- Littel, R.C., Pendergast, J., & Natarajan, R. (2000). Modelling covariance structure in the analysis of repeated measures data. *Statistics in Medicine*, **19**, 1793-1819.
- Mallarino, A.P., Wedin, W.F., Goyenola, R.S., Perdomo, C.H., & West, C.P. (1990). Legume species and proportion effects on symbiotic dinitrogen fixation in legume-grass mixtures. *Agronomy Journal*, **82**, 785-789.
- Menge, D.N.L., & Hedin, L.O. (2009) Nitrogen fixation in different biogeochemical niches along a 120 000-year chronosequence in New Zealand. *Ecology*, **90**, 2190-2201.
- Okito, A., Alves, B.R.J., Urquiaga, S., & Boddey, R.M. (2004). Isotopic fractionation during N₂ fixation by four tropical legumes. *Soil Biology and Biochemistry*, **36**, 1179-1190.
- Oldroyd, G.E., Murray, J.D., Poole, P.S., & Downie, J.A. (2011). The rules of engagement in the legume-rhizobial symbiosis. *Annual review of genetics*, **45**, 119-144.
- Pedreira, B.C., & Pedreira, C.G.S. (2007). 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*, **36**, 773-779.
- Peoples, M.B., & Baldock, J.A. (2001). Nitrogen dynamics of pastures: nitrogen fixation inputs, the impact of legumes on soil nitrogen fertility, and the contributions of fixed nitrogen to Australian farming systems. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, **41**, 327-346.

- Peoples, M. B., Brockwell J., Hunt J. R., Swan A. D., Watson L., Hayes R. C., ... & Fillery, I. R. P. (2012). Factors affecting the potential contributions of N₂ fixation by legumes in Australian pasture systems. *Crop and Pasture Science*, **63**, 759-786.
- Polley, H.W., & Detling, J. K. (1989). Defoliation, Nitrofen, and Competition: Effects on Plant Growth and Nitrogen Nutrition. *Ecology*, **70**, 721-727.
- Pommeresche, R., & Hansen, S. (2017). Examining root nodule activity on legumes.
- Price, E.A., & Marshall, C., 1999. Clonal plants and environmental heterogeneity—An introduction to the proceedings. *Plant ecology*, **141**, 3-7.
- Qiao, C., Liu, L., Hu, S., Compton, J. E., Greaver, T. L., & Li, Q. (2015). How inhibiting nitrification affects nitrogen cycle and reduces environmental impacts of anthropogenic nitrogen input. *Global Change Biology*, **21**, 1249–1257.
- Querné, A., Battie-laclau, P., Dufour, L., Wery, J., & Dupraz, C. (2017). Effects of walnut trees on biological nitrogen fixation and yield of intercropped alfalfa in a Mediterranean agroforestry system. *European Journal of Agronomy*, **84**, 35-46.
- Quinn, M.A., & Hall, M.H. (1996). Compensatory growth response of the legume, *Medicago sativa*, to defoliation and denodulation. *Entomologia experimentalis et applicata*, **78**, 243-252.
- Richards, J.H. Physiology of plant recovery from defoliation. (1993). In: BAKER, M.J. (Ed). Grassland for our world. *Wellington: SIR Publishing*, 46-54.
- Ritchie, M.E., Tilman, D., & Knops, J. M. (1998). Herbivore effects on plant and nitrogen dynamics in oak savanna. *Ecology*, **79**, 165-177.
- Ryle, G.J.A., Powell, C.E., & Gordon, A.J. (1985). Defoliation in white clover: regrowth, photosynthesis and N₂ fixation. *Annals of Botany*, **56**, 9-18.
- Shearer, G., & Kohl, D.H. (1986). N₂ fixation in field settings - estimations based on natural ¹⁵N abundance. *Australian Journal of Plant Physiology*, **13**, 699-756

Schuster, J. L. (1964). Root development of native plants under three grazing intensities. *Ecology*, **45**, 63-70.

Smith, J.L., & Myung H.U. (1990). Rapid procedures for preparing soil and KCl extracts for ¹⁵N analysis. *Communications in Soil Science & Plant Analysis*, **21**, 2173-2179.

Soussana, J.F., & Tallec, T. (2010) Can we understand and predict the regulation of biological N₂ fixation in grassland ecosystems? *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, **88**, 197–213.

Suzuki, A., Suriyagoda, L., Shigeyama, T., Tominaga, A., Sasaki, M., Hiratsuka, ... & Inada, S. (2011). Lotus japonicus nodulation is photomorphogenetically controlled by sensing the red/far red (R/FR) ratio through jasmonic acid (JA) signaling. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, **108**, 16837-16842.

Tajima, R., Lee, O.N., Abe, J., Lux, A., & Morita, S. (2007). Nitrogen-fixing activity of root nodules in relation to their size in peanut (*Arachis hypogaea* L.). *Plant production science*, **10**, 423-429.

Thomas, R.J. (1992). The role of the legume in the nitrogen cycle of productive and sustainable pastures. *Grass and forage science*, **47**, 133-142.

Thomas, R.G., & Hay, M.J.M. (2004). Evidence suggests plagiotropic clonal species have evolved a branching physiology emphasizing regulation by nodal roots. *Evolutionary Ecology*, **18**, 409-427.

Thomas, R.G., & Hay, M.J.M. (2007). Cumulative activation of axillary buds by nodal roots in *Trifolium repens* L. *Journal of Experimental Botany*, **58**, 2069-2078.

Thomas, R.G., & Hay, M.J.M. (2010). The role of nodal roots in prostrate clonal herbs: ‘phalanx’ versus ‘guerrilla’. *Evolutionary Ecology*, **24**, 1489-1504.

Udvardi, M.; & Poole, P.S. (2013). Transport and metabolism in legume-rhizobia symbioses. *Annual review of plant biology*, **64**, 781-805.

Unkovich, M. (2013). Isotope discrimination provides new insight into biological nitrogen fixation. *New Phytologist*, **198**, 643-646.

Wang, Z., Van Kleunen, M., During, H.J., & Werger, M.J.A. (2013). Root Foraging Increases Performance of the Clonal Plant *Potentilla reptans* in Heterogeneous Nutrient Environments. PLoS ONE, 8.

5 RESERVAS ORGÂNICAS EM PASTOS DE *Arachis pintoi* KRAPOVICKAS & GREGORY cv. BELMONTE SUBMETIDO A ESTRATÉGIAS DE PASTEJO ROTATIVO

Resumo

Reservas orgânicas são compostos de C e N elaborados e estocados em órgãos permanentes das plantas e utilizados como substrato para manutenção e respiração durante períodos de estresse ou crescimento inicial de tecidos após desfolhação. Os órgãos de estoque podem estar posicionados acima e abaixo da superfície do solo, variando para cada espécie. A habilidade das plantas em usar os estoques internos de C e N para rapidamente reestabelecer a área foliar fotossinteticamente ativa e restaurar o suprimento de assimilados para atender sua demanda é um dos determinantes para a sobrevivência da espécie sob condições adversas. O objetivo deste trabalho foi determinar a importância relativa do tipo de composto de reserva para o crescimento e recuperação do dossel em leguminosas noduladas, assim como a importância relativa dos compartimentos de armazenamento desses compostos, e avaliar os padrões sazonais de acúmulo de reservas orgânicas de C e N. A hipótese a ser testada considera que dosséis manejados sob lotação intermitente alteram bruscamente seu aparato fotossintético, em função da variação em área foliar entre as condições de pré e de pós-pastejo, induzindo a mobilização dos compostos de reserva a partir das raízes para suprir o crescimento inicial e, no caso das leguminosas forrageiras nodulantes, reestabelecer as atividades ligadas ao processo de fixação biológica de nitrogênio, após a desfolhação. Durante o período que antecedeu o experimento (novembro 2014 a janeiro 2015) foram realizados pastejos nos piquetes como forma de adaptar os pastos aos tratamentos experimentais, período denominado adaptação. Os tratamentos corresponderam a combinações entre duas condições pré- (95% e máxima interceptação de luz durante a rebrotação – $IL_{95\%}$ e $IL_{Máx}$, respectivamente) e duas condições pós-pastejo (alturas pós-pastejo correspondentes a 40 e 60% da altura pré-pastejo). As avaliações foram realizadas uma vez por época do ano: verão I, outono/inverno, início de primavera, final de primavera e verão II. O maior conteúdo de N total na condição pós-pastejo foi registrado na parte aérea, sendo que as variações tanto nas concentrações quanto nos *pools* de N solúvel foram mais pronunciadas com as oscilações sazonais em fatores climáticos do que com os tratamentos de pastejo avaliados. As concentrações de N solúvel antes e após a desfolhação apresentaram variações discretas, tanto nas raízes quanto na parte aérea (exceção da parte aérea durante o verão II). Os *pools* de CHO's solúveis nas condições pós e pré-pastejo foram maiores na parte aérea do que no sistema radicular durante o verão I e final de primavera. No outono/inverno e início de primavera as raízes continham os maiores *pools* de CHO's na condição pós-pastejo, mas a parte aérea apresentou o maior *pool* de CHO's na condição pré-pastejo. Um padrão na dinâmica de utilização de CHO's não foi encontrado, possivelmente em função das intensidades medianas de pastejo utilizadas. Estudos de compostos de reservas nitrogenadas devem focar na fração de nitrogênio solúvel. Períodos menos propícios ao crescimento e desenvolvimento da parte aérea são aqueles com os maiores *pools* de CHO's e N solúvel.

Palavras-chave: Nitrogênio total; Nitrogênio solúvel; Carboidratos solúveis; Rebrotção; *Pool*

Abstract

Organic reserves are carbon and nitrogen compounds stored in permanent plant organs and used as substrate for maintenance and respiration during periods of stress or initial growth

after defoliation. Storage organs may be positioned above and below soil surface depending on plant species. Plants' ability to use internal C and N storages for quickly restabilising photosynthetic active leaf area and restoring assimilate supply to meet their demand is one of the determining factors to species survival under adverse conditions. The objective of this experiment was to determine the relative importance of the type of reserve compound to plant growth and recovery of nodulated forage legumes after defoliation as well as the relative importance of the corresponding storage compartments, and evaluate the seasonal patterns of C and N organic reserves accumulation. The hypothesis to be tested considers that under rotational grazing there is a sudden change in sward photosynthetic apparatus, consequence of the variation in leaf area between pre and post-grazing, that induces the mobilization of reserve compounds from the roots to supply assimilates for initial growth and sustain biological nitrogen fixation activities and processes in forage peanut after defoliation. Prior to the beginning of the experimental period (from November 2014 to January 2015), paddocks were subjected to the experimental treatments for adaptation. Treatments corresponded to combinations between two pre (95% and maximum canopy light interception during regrowth – $LI_{95\%}$ and LI_{Max}) and two post-grazing conditions (post-grazing heights equivalent to 40 and 60% of the pre-grazing height). Measurements were performed once every season of the year: summer I, autumn/winter, early spring, late spring and summer II. The highest concentration of total N at post-grazing was recorded on above ground storage organs (aerial part), and variations in both concentration and pools of soluble N were more affected by seasonal variations in climatic conditions than the grazing treatments. Concentration of soluble N at pre and post-grazing were discrete for both roots and aerial part (except for aerial part in summer II). Pools of soluble carbohydrates at pre and post-grazing were greater for the aerial part relative to roots during summer I and late spring. During autumn/winter and early spring, roots showed the greatest pools at post-grazing, but the aerial part showed the greatest pools at pre-grazing. A clear pattern of variation in soluble carbohydrates concentration and pool was not found, possibly because the grazing strategies used were not challenging enough for plant resilience. Studies focusing on nitrogen reserves should concentrate on the soluble nitrogen fraction. Periods of the year with limiting climatic conditions to plant growth and development are usually those when soluble carbohydrate and soluble nitrogen concentration and pool are greatest.

Keywords: Total nitrogen; Soluble nitrogen; Soluble carbohydrates; Regrowth; *Pool*

5.1 Introdução

A remoção da parte aérea, a cada corte ou pastejo, representa um estresse para as plantas cuja magnitude é regida pela frequência e intensidade dos eventos de desfolhação (Davidson e Milthorpe, 1966). A fotossíntese é instantaneamente reduzida após desfolhação, resultando em um período transitório de alteração no padrão de alocação e utilização de recursos. Os efeitos da redução na fotossíntese rapidamente se propagam pela planta inteira e incluem redução das taxas de crescimento da parte aérea, cessação do crescimento do sistema radicular, que pode ser seguido de um aumento na mortalidade de raízes, e diminuição da respiração radicular seguida de reduzida absorção de nutrientes (Briske e Richards, 1995). Nessa fase, a quantidade de compostos orgânicos de reserva, ou reservas orgânicas (Davidson

e Milthorpe, 1966), e a disponibilidade de carbono (C) e nitrogênio (N) derivados da assimilação atual (*current assimilation*, Schnyder e De Visser, 1999) definem a velocidade de recuperação das funções fisiológicas e de crescimento da planta (Briske e Richards, 1995).

Reservas orgânicas são compostos de C e N elaborados e estocados em órgãos permanentes das plantas e utilizados como substrato para manutenção e respiração durante períodos de estresse ou de crescimento inicial de tecidos após desfolhação (Sheard, 1973). Esses compostos são estocados em órgãos acima e abaixo da superfície do solo, os quais incluem raízes, rizomas e estolões, coroa e a base do colmo (Volenc et al., 1996), embora todas as partes da planta possam temporariamente funcionar como órgãos de reserva (Perry et al., 1974). A habilidade das plantas em usar os estoques internos de carbono (C) e de nitrogênio (N) para rapidamente reestabelecer a área foliar fotossinteticamente ativa e restaurar o suprimento de assimilados de acordo com sua demanda é um dos fatores chave, determinantes de sua sobrevivência durante períodos em que a produção de assimilados é inadequada, como durante o início da rebrotação após desfolhação severa (Volenc et al., 1996), sobrevivência durante o inverno e renovação da população durante a primavera (White, 1973).

A contribuição de cada compartimento da planta para o suprimento de assimilados após desfolhação varia amplamente segundo a espécie (Avice et al., 2003; White, 1973). Raízes em *Lotus japonicus* (Vriet et al., 2014), *Cichorium intybus* L. e *Plantago lanceolata* L. (Lee et al., 2015) e raízes e coroas em alfafa (*Medicago sativa* L.) desempenham papel essencial como órgãos de reserva (Lu et al., 2017), enquanto que o resíduo remanescente após desfolhação, incluindo folhas parcialmente desfolhadas e colmos (Da Silva et al., 2015) em gramíneas, e estolões em trevo-branco (*Trifolium repens* L.) e em espécies do gênero *Cynodon*, parece adquirir importância relativa maior no suprimento de assimilados para a recuperação da parte aérea (Goulas et al. 2001). Cabe ressaltar que considerações acerca da importância dos órgãos de reserva devem ser feitas cuidadosamente e com base não apenas na concentração dos compostos de reserva, mas também no tamanho (massa) dos órgãos. As concentrações de compostos de reserva podem ser semelhantes entre diferentes estruturas das plantas, mas a quantidade total (*pool*) pode diferir segundo a massa de determinado componente (Perry, 1974). Lu et al. (2017) observaram que a recuperação da parte aérea de alfafa (*Medicago sativa* L.) esteve positivamente correlacionada com os *pools* de açúcares solúveis, amido e carboidratos totais não estruturais (CNE) nas raízes, mas não esteve correlacionada com as concentrações desses compostos de reserva.

Sob pastejo, as metas de manejo da desfolhação têm sido definidas com o objetivo de aliar elevada produção de forragem e com elevado desempenho animal, e são consideradas como ideais aquelas que causam mínimo impacto ao vigor de rebrotação da planta (Turner et al., 2007). Este parece ser modulado pela disponibilidade de carboidratos e compostos nitrogenados estocados em órgãos de reserva. Pastos manejados sob lotação intermitente possuem um padrão temporal de mobilização e de utilização de reservas orgânicas relativamente bem conhecido, e o papel crítico das reservas nitrogenadas e de carboidratos das raízes e resíduo pós-pastejo como substratos para a rebrotação em gramíneas tem sido amplamente descrito na literatura (Morvan-Bertrand et al., 1999). Todavia, lacunas na compreensão dos mecanismos de remobilização e utilização de reservas orgânicas após desfolhação são maiores quando se consideram as leguminosas noduladas (Corre et al., 1996; Aranjuelo et al., 2015).

No intuito de determinar a importância relativa do tipo de composto de reserva para o crescimento e recuperação de leguminosas noduladas pós-pastejo, assim como a importância relativa dos compartimentos de armazenamento desses compostos, e avaliar os padrões sazonais de acúmulo de reservas orgânicas de C e N em amendoim *Arachis pintoi* Krapovickas & Gregory cv. Belmonte, foram avaliados as concentrações e os *pools* de nitrogênio total, nitrogênio solúvel e de carboidratos solúveis em pastos submetidos a estratégias de pastejo rotativo definidas por combinações entre frequências e severidades de desfolhação. A hipótese experimental formulada considera que dosséis manejados sob lotação intermitente alteram bruscamente seu aparato fotossintético em função da variação em área foliar entre as condições de pré e de pós-pastejo, induzindo a mobilização dos compostos de reserva a partir das raízes para suprir o crescimento inicial e, no caso das leguminosas forrageiras nodulantes, reestabelecer as atividades ligadas ao processo de fixação biológica de nitrogênio, após a desfolhação.

5.2 Material e métodos

5.2.1 Localização, Tratamentos e Delineamento Experimental

O experimento foi conduzido de novembro de 2014 até abril de 2016, na Unidade Experimental de Plantas Forrageiras (UEPF), em área do Departamento de Zootecnia da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, pertencente à Universidade de São Paulo, no município de Piracicaba, Estado de São Paulo. As coordenadas geográficas aproximadas

do local são 22°42' de latitude Sul, 47°38' de longitude Oeste e 546 m de altitude (Cepagri, 2012).

O clima da região de Piracicaba, segundo classificação de Köppen, é do tipo Cwa, com precipitação média anual de 1328 mm. Para evitar déficits hídricos, foi instalado sistema de irrigação por aspersão na área experimental acionado com base nos dados de precipitação, temperatura média e evapotranspiração. Os dados climáticos foram coletados na estação meteorológica “Professor Jesus Marden dos Santos” pertencente ao Departamento de Ciências Exatas da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, localizada cerca de 500 m da área experimental. A precipitação foi monitorada semanalmente e, sempre que ocorria chuva, a precipitação era quantificada e o valor descontado no cálculo da irrigação, de modo a garantir que não ocorresse estresse hídrico por falta ou excesso de água. As temperaturas médias do período experimental variaram de 19,7 °C em julho de 2015 a 27,7 °C em janeiro de 2015 (Figura 1).

Figura 1 – Precipitação média mensal (mm) e temperaturas médias mensais do período experimental (PE e TE, respectivamente) e histórica (PHist e THist - 1917 a 2017 -, respectivamente) para a região de Piracicaba, SP, de novembro de 2014 a abril de 2016

As temperaturas médias durante o período experimental foram superiores às temperaturas médias históricas, assim como a precipitação média mensal que, em sua maioria, foi superior à média histórica (Figura 1). Não houve ocorrência de déficit hídrico mesmo nos períodos mais secos do ano (abril 2015 - agosto 2015) em função do sistema automatizado de irrigação via aspersão instalado na área experimental.

A área experimental foi implantada no final de novembro de 2011 a partir de mudas (estolões) provenientes de doação da Estação Experimental de Zootecnia do Extremo Sul, da Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (CEPLAC), localizada no município de Itabela, Bahia. O solo da área experimental é classificado como Nitossolo Vermelho Eutroférico, com horizonte A moderado e textura variando de argilosa a muito argilosa (Embrapa, 2006). A análise de solo da área (camada 0-20 cm) antes do plantio do amendoim forrageiro apresentou as seguintes características químicas: pH $\text{CaCl}_2 = 5,85$; matéria orgânica = $41,0 \text{ g.dm}^{-3}$; P (resina trocadora de íons) = $77,0 \text{ mg.dm}^{-3}$; Ca = $87,5 \text{ mmolc.dm}^{-3}$; Mg = $50,0 \text{ mmolc.dm}^{-3}$; K = $16,3 \text{ mmolc.dm}^{-3}$; H + Al = $26,5 \text{ mmolc.dm}^{-3}$; soma de bases = $146,3 \text{ mmolc.dm}^{-3}$; capacidade de troca catiônica = $172,8 \text{ mmolc.dm}^{-3}$; saturação por bases = 84%. Esses valores foram satisfatórios em relação às exigências da espécie em estudo e, portanto, não foram realizadas adubações adicionais.

A área experimental era de aproximadamente 0,5 hectare e foi dividida em 16 piquetes. Uma área adicional de 2 hectares foi utilizada como forma de manter os animais quando não estavam sendo utilizados no experimento. Foram utilizadas novilhas leiteiras da raça holandesa e mestiças com a raça Jersey com peso corporal médio de $230 \pm 60 \text{ kg}$, as quais serviram apenas como agentes desfolhadores para realizar e/ou manter as metas de pastejo idealizadas. O número de animais utilizados foi dimensionado para que o rebaixamento dos pastos ocorresse no menor tempo e, de preferência, em período não superior a um dia de ocupação (pastejos diurnos) utilizando-se a técnica de “*mob grazing*” (Gildersleeve et al., 1987). Os tratamentos corresponderam a combinações entre duas condições pré- (95% e máxima interceptação de luz durante a rebrotação – $\text{IL}_{95\%}$ e $\text{IL}_{\text{Máx}}$, respectivamente) e duas condições pós-pastejo (alturas pós-pastejo correspondentes a 40 e 60% da altura pré-pastejo) definidas com base em recomendações de pesquisa geradas por Fonseca et al. (2012), e foram alocados às unidades experimentais segundo arranjo fatorial 2×2 e delineamento de blocos completos casualizados, com quatro repetições. O critério de controle da variabilidade local foi o declive do terreno (Figura 2). Durante o período que antecedeu o experimento (novembro 2014 a janeiro 2015) foram realizados pastejos nos piquetes respeitando as metas de pré e de pós-pastejo de cada unidade experimental, como forma de adaptar os pastos aos

tratamentos experimentais, período denominado adaptação. Apesar de o experimento ter sido realizado de forma contínua ao longo do período experimental, as avaliações foram realizadas uma a cada época do ano, estas predeterminadas, como forma de descrever o contraste entre os regimes de desfolhação gerados.

Figura 2 – Layout da área experimental

5.2.2 Medidas

Interceptação luminosa

O monitoramento da interceptação luminosa do dossel forrageiro foi realizado utilizando-se aparelho analisador de dossel marca LI-COR modelo LAI 2000 (LI-COR, Lincoln, Nebraska, EUA) logo após cada pastejo e semanalmente durante todo o período de rebrotação até que ocorresse 90% de interceptação da luz incidente. A partir desse momento, as medidas foram tomadas a cada dois dias, como forma de assegurar que as metas de $IL_{95\%}$ e $IL_{Máx}$ fossem geradas com precisão. Definiu-se como $IL_{Máx}$ valores similares obtidos a partir de duas leituras consecutivas. As medições eram realizadas sempre ao entardecer, em oito pontos representativos da condição média do dossel forrageiro (avaliação visual de altura e massa de forragem) de cada piquete no momento da amostragem. Em cada ponto era tomada uma leitura de referência acima do dossel forrageiro e cinco leituras abaixo, com o sensor

alocado no nível do solo, totalizando oito leituras acima e 40 no nível do solo por unidade experimental. O controle das metas de IL pré-pastejo ao longo do período experimental foi efetivo (Tabela 1).

Altura do dossel

A altura do dossel forrageiro foi mensurada nas condições pré- e pós-pastejo utilizando-se bastão medidor adaptado de *sward stick* (Bathram, 1985), sendo as medidas tomadas em 50 pontos aleatórios por piquete. A média dos 50 pontos correspondeu à altura média da unidade experimental (piquete). Para as metas de altura pós-pastejo, os valores foram efetivamente controlados dentro do limite de variação aceito no protocolo experimental (10% para cima ou para baixo) (Tabela 1).

Tabela 1 – Interceptação luminosa (%) pré-pastejo e altura (cm) pós-pastejo (média $\pm$ erro padrão da média) em pastos de amendoim forrageiro cv. Belmonte submetidos a estratégias de pastejo rotativo

ILMáx - Altura pós-pastejo 60 %						
Épocas	Adaptação	Verão I	Outono/Inverno	Início Primavera	Final Primavera	Verão II
IL Pré-Pastejo	98,7 $\pm$ 0,19	99,4 $\pm$ 0,18	99,7 $\pm$ 0,16	99,5 $\pm$ 0,15	99,6 $\pm$ 0,16	99,3 $\pm$ 0,15
Altura Pós-Pastejo	10,6 $\pm$ 0,23	10,9 $\pm$ 0,19	10,8 $\pm$ 0,17	10,6 $\pm$ 0,09	10,6 $\pm$ 0,16	10,7 $\pm$ 0,11
ILMáx - Altura pós-pastejo 40 %						
IL Pré-Pastejo	97,9 $\pm$ 0,17	99,3 $\pm$ 0,18	99,8 $\pm$ 0,14	99,7 $\pm$ 0,15	99,6 $\pm$ 0,17	99,7 $\pm$ 0,16
Altura Pós-Pastejo	7,5 $\pm$ 0,23	7,3 $\pm$ 0,19	7,9 $\pm$ 0,17	7,4 $\pm$ 0,09	7,6 $\pm$ 0,16	7,4 $\pm$ 0,11
IL 95% - Altura pós-pastejo 60 %						
IL Pré-Pastejo	95,1 $\pm$ 0,15	94,8 $\pm$ 0,18	95,1 $\pm$ 0,17	95,4 $\pm$ 0,15	94,7 $\pm$ 0,14	94,6 $\pm$ 0,15
Altura Pós-Pastejo	8,3 $\pm$ 0,23	8,2 $\pm$ 0,19	7,8 $\pm$ 0,17	8,2 $\pm$ 0,09	7,6 $\pm$ 0,16	7,8 $\pm$ 0,11
IL 95% - Altura pós-pastejo 40 %						
IL Pré-Pastejo	94,7 $\pm$ 0,16	95,5 $\pm$ 0,16	94,8 $\pm$ 0,16	94,7 $\pm$ 0,17	94,9 $\pm$ 0,16	94,7 $\pm$ 0,14
Altura Pós-Pastejo	5,9 $\pm$ 0,23	5,3 $\pm$ 0,19	5,6 $\pm$ 0,17	5,6 $\pm$ 0,09	5,1 $\pm$ 0,16	5,4 $\pm$ 0,11

5.2.3 Amostras para determinações de reservas orgânicas

As amostras foram coletadas utilizando-se cilindro de aço com 15 cm de diâmetro introduzido a uma profundidade aproximada de 20 cm da superfície do solo. Foram coletadas duas amostras por piquete, nas condições pré- e pós-pastejo, em pontos representativos dos piquetes no momento da amostragem (avaliação visual da altura e massa de forragem). As amostras foram imediatamente levadas para laboratório e padronizadas para uma profundidade de 10 cm retirando-se o excesso de terra e raízes. Em seguida, a parte aérea foi separada das raízes com auxílio de tesoura e a fração contendo raízes foi lavada em água corrente pressurizada sobre peneiras (malha de 300 mm) para retirar o excesso de terra e de contaminantes. Após lavagem e separação da parte aérea e raízes, as amostras foram devidamente identificadas, colocadas em embalagens metálicas e congeladas em *freezer* (-18 °C). Após o congelamento, as amostras foram colocadas para secar em liofilizador. Esse método foi utilizado como forma de manter ao máximo as propriedades das amostras. Após secagem, o material foi moído em moinho tipo “*Willey*” com peneira de 1 mm em preparação para as análises químicas em laboratório.

5.2.4 Análises Químicas

As análises químicas foram realizadas em duplicatas para os seguintes componentes: nitrogênio total, nitrogênio solúvel e carboidratos solúveis (CHO's). O nitrogênio total foi determinado por combustão seca da amostra a 1400°C utilizando-se o sistema Leco FP 528 (LECO CORPORATION, St. JOSEPH, MI, EUA). O nitrogênio solúvel foi determinado em Tampão Borato-Fosfato de acordo com Licitra et al. (1996). Os carboidratos solúveis (CHO's) foram determinados utilizando a metodologia descrita por Hall et al. (1999). A partir da relação entre a concentração dos compostos de C e N e a massa de raízes e de parte aérea foi determinado o tamanho dos *pools* (g m^{-2}) em cada compartimento da planta.

5.2.5 Análise estatística

Os dados foram agrupados de acordo com épocas do ano predeterminadas (verão I, outono/inverno, início de primavera, final de primavera e verão II) e submetidos à análise de variância utilizando-se o PROC MIXED do pacote estatístico SAS[®] (*Statistical Analysis System*). A escolha da matriz de variância foi feita utilizando-se o critério bayesiano de Schawrz (BIC) (Littel et al., 2000). A porcentagem de invasoras na massa de forragem inicial foi utilizada como covariável, função da proporção variável de invasoras nos piquetes experimentais desde o início do período experimental. A matriz que mais se repetiu no banco de dados foi selecionada para todas as variáveis, sendo utilizada a TOEPH. A análise de variância foi realizada com base nas seguintes causas de variação: interceptação luminosa em pré-pastejo (IL), altura pós-pastejo (% altura pré-pastejo, APP), épocas do ano e as interações entre elas (IL*APP, IL*ÉPOCA, APP*ÉPOCA e IL*APP*ÉPOCA). As médias dos tratamentos foram estimadas utilizando-se o “LSMEANS” e a comparação entre elas, quando necessária, realizada por meio do teste de “Student” e diferenças foram declaradas significativas quando $P < 0,05$.

5.3 Resultados

5.3.1 Condição Pós-Pastejo

Concentração de nitrogênio total

A concentração de nitrogênio total nas raízes em pós-pastejo variou apenas com a época do ano ($p=0,0039$). Valores superiores foram registrados no outono/inverno e início primavera, intermediários durante o verão I, e inferiores durante o final de primavera e verão II (Tabela 2). Na parte aérea os valores também variaram somente com a época do ano ($p < 0,0001$), com maiores valores registrados durante o outono/inverno, início e final de primavera e menores durante os verões I e II (Tabela 2).

Tabela 2 - Concentração de nitrogênio total na parte aérea (N-Total PA) e nas raízes (N-Total Raízes) e *pool* de nitrogênio total nas raízes (*pool* N-Total Raízes) na condição de pós-pastejo (médias $\pm$ erro-padrão da média) de *Arachis pintoi* cv. Belmonte submetido a estratégias de pastejo rotativo de fevereiro de 2015 a abril de 2016

Época	N-Total PA	N-Total Raízes	<i>pool</i> N-Total Raízes
		(%)	(g m ⁻²)
Verão I	2,25 $\pm$ 0,051 B	1,91 $\pm$ 0,093 BC	10,1 $\pm$ 1,39 C
Outono/Inverno	2,70 $\pm$ 0,072 A	2,16 $\pm$ 0,080 A	16,8 $\pm$ 2,06 A
Início Primavera	2,68 $\pm$ 0,086 A	2,01 $\pm$ 0,071 AB	13,9 $\pm$ 1,32 AB
Final Primavera	2,49 $\pm$ 0,068 A	1,79 $\pm$ 0,089 C	10,1 $\pm$ 1,68 C
Verão II	2,17 $\pm$ 0,069 B	1,67 $\pm$ 0,094 C	10,4 $\pm$ 1,66 BC

Médias seguidas de letras maiúsculas distintas na coluna diferem entre si (p<0,05).

Pool de nitrogênio total

O *pool* de nitrogênio total das raízes em pós-pastejo variou com a época do ano (p=0,0219), com maiores valores registrados durante o outono/inverno, intermediários no início de primavera e menores nos verões I e II e no final de primavera (Tabela 2). Na parte aérea os valores também variaram com a época do ano (p=0,0002) e com a interação IL x época do ano (p=0,0089). Para a meta IL_{95%}, o *pool* de nitrogênio total da parte aérea se manteve constante até o final de primavera, diminuindo apenas no verão II. Para a meta IL_{Máx}, valores maiores e similares foram registrados no verão I, outono/inverno e início de primavera, e menores no final de primavera e verão II. Diferenças entre as metas de IL pré-pastejo (IL_{95%} e IL_{Máx}) foram observadas apenas no outono/inverno, quando pastos manejados com a meta IL_{Máx} apresentaram valores superiores ao daqueles manejados com a meta IL_{95%} (Tabela 3).

Tabela 3 - *Pool* de nitrogênio total da parte aérea na condição pós-pastejo (médias $\pm$ erro-padrão da média) de *Arachis pinto* cv. Belmonte submetido a estratégias de pastejo rotativo caracterizadas pelas metas de $IL_{95\%}$ e $IL_{Máx}$ de fevereiro de 2015 a abril de 2016

Época do ano	Metas de IL pré-pastejo		Média
	$IL_{95\%}$	$IL_{Máx}$	
	(g m ⁻²)		
Verão I	12,0 $\pm$ 1,51 Aa	15,8 $\pm$ 1,48 Aa	13,9 $\pm$ 1,05 A
Outono/Inverno	11,6 $\pm$ 1,61 Ab	17,5 $\pm$ 1,39 Aa	14,6 $\pm$ 1,07 A
Início Primavera	14,7 $\pm$ 1,96 Aa	15,2 $\pm$ 1,53 Aa	15,0 $\pm$ 1,26 A
Final Primavera	11,7 $\pm$ 1,13 Aa	9,6 $\pm$ 1,21 Ba	10,6 $\pm$ 0,78 B
Verão II	7,0 $\pm$ 1,32 Ba	6,9 $\pm$ 1,30 Ba	7,0 $\pm$ 1,01 C

Médias seguidas de letras distintas, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, diferem entre si ($p < 0,05$).

Concentração de nitrogênio solúvel

A concentração de nitrogênio solúvel nas raízes em pós-pastejo variou com a época do ano ($p=0,0073$), com maiores valores registrados durante o outono/inverno, intermediários durante o verão I e início de primavera e menores durante o final de primavera e verão II (Tabela 4). Na parte aérea, os valores variaram com a época do ano ($p=0,0026$) e com a interação IL x época do ano ($p=0,0087$). De forma geral, maiores valores foram registrados no início e final de primavera, e menores no verão II para ambas as metas de IL pré-pastejo. Houve diferença entre metas de IL somente no final da primavera, quando pastos manejados com a meta $IL_{95\%}$ apresentaram valores maiores que aqueles de pastos manejados com meta $IL_{Máx}$ (Tabela 4).

Tabela 4 - Concentração de nitrogênio solúvel nas raízes (N-Sol Raízes) e na parte aérea (N-Sol PA) na condição pós-pastejo (média $\pm$ erro-padrão da média) de *Arachis pintoi* cv. Belmonte submetido a estratégias de pastejo rotativo caracterizadas pelas metas de $IL_{95\%}$ e $IL_{Máx}$ de fevereiro de 2015 a abril de 2016

Época do ano	N-Sol Raízes	N-Sol PA	
		$IL_{95\%}$	$IL_{Máx}$
	(%)		(%)
Verão I	0,87 $\pm$ 0,098 B	0,58 $\pm$ 0,064 Ba	0,59 $\pm$ 0,060 ABa
Outono/Inverno	1,04 $\pm$ 0,090 A	0,84 $\pm$ 0,177 ABa	0,59 $\pm$ 0,160 ABCa
Início Primavera	0,87 $\pm$ 0,078 B	0,70 $\pm$ 0,106 ABa	0,72 $\pm$ 0,087 Aa
Final Primavera	0,74 $\pm$ 0,100 BC	0,89 $\pm$ 0,089 Aa	0,37 $\pm$ 0,092 BCb
Verão II	0,69 $\pm$ 0,096 C	0,32 $\pm$ 0,076 Ca	0,36 $\pm$ 0,075 Ca

Médias seguidas de letras distintas, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, diferem entre si ($p < 0,05$)

Pool de nitrogênio solúvel

O *pool* de nitrogênio solúvel das raízes em pós-pastejo variou com a época do ano ($p=0,005$), com maiores valores registrados durante o outono/inverno e início de primavera e menores durante o final de primavera e verões I e II (Tabela 5). Na parte aérea os valores variaram com a época do ano ($p < 0,0001$) e com a interação $IL \times$ época do ano ($p=0,0003$). Para a meta $IL_{95\%}$, o *pool* de nitrogênio solúvel se manteve constante do verão I até o final de primavera, diminuindo no verão II. Para a meta $IL_{Máx}$, valores maiores e similares foram registrados do verão I até o início de primavera, reduzindo a partir do final de primavera e atingindo os menores valores no verão II. Houve diferença entre metas de IL pré-pastejo somente no final da primavera, quando pastos manejados com a meta $IL_{95\%}$ apresentaram valores superiores àqueles de pastos manejados com meta $IL_{Máx}$ (Tabela 5).

Tabela 5 - *Pools* de nitrogênio solúvel nas raízes (*pool* N-Sol Raízes) e na parte aérea (*pool* N-Sol PA) na condição pós-pastejo (médias $\pm$ erro-padrão da média) de *Arachis pinto* cv. Belmonte submetido a estratégias de pastejo rotativo caracterizadas pelas metas de $IL_{95\%}$ e $IL_{Máx}$ de fevereiro de 2015 a abril de 2016

Época do ano	<i>pool</i> N-Sol Raízes	<i>pool</i> N-Sol PA	
		$IL_{95\%}$	$IL_{Máx}$
	($g\ m^{-2}$)	($g\ m^{-2}$)	
Verão I	4,9 $\pm$ 0,95 BC	3,5 $\pm$ 0,615 Aa	4,3 $\pm$ 0,61 Aa
Outono/Inverno	8,3 $\pm$ 1,21 A	3,8 $\pm$ 0,984 Aa	3,9 $\pm$ 0,91 Aa
Início Primavera	6,2 $\pm$ 0,82 AB	3,7 $\pm$ 0,473 Aa	4,1 $\pm$ 0,40 Aa
Final Primavera	4,1 $\pm$ 1,00 C	4,0 $\pm$ 0,422 Aa	1,6 $\pm$ 0,45 Bb
Verão II	4,1 $\pm$ 0,98 C	0,8 $\pm$ 0,439 Ba	1,0 $\pm$ 0,43 Ca

Médias seguidas de letras distintas, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, diferem entre si ($p < 0,05$)

Concentração de carboidratos solúveis

A concentração de carboidratos solúveis nas raízes em pós-pastejo variou com a época do ano ($p < 0,0001$), com maiores valores registrados durante o início de primavera, outono/inverno e verão II, intermediários durante o final de primavera e menores no verão I (Tabela 7). Na parte aérea não houve efeito de nenhuma das causas de variação estudadas e o valor médio foi de 4,14 $\pm$ 0,484%.

Pool de carboidratos solúveis

O *pool* de carboidratos solúveis nas raízes variou com a época do ano ($p < 0,0001$), com maiores valores registrados durante o outono/inverno e início de primavera, intermediários durante o verão II e final de primavera e menores durante o verão I (Tabela 7). Na parte aérea os valores variaram com a altura pós-pastejo ($p = 0,0118$) e com a época do ano ($p < 0,0001$). Pastos manejados com a meta de 60% da altura pré-pastejo apresentaram maiores valores que pastos manejados com a meta de 40% da altura pré-pastejo (24,0 $\pm$ 1,54 e 18,4 $\pm$ 1,49, respectivamente). Ao longo do ano, os valores permaneceram estáveis, exceto durante o verão II, época em que foram registrados os menores valores (Tabela 7).

Tabela 7 - Concentração de carboidratos solúveis nas raízes (CHO's Raízes) e *pool* de carboidratos solúveis na parte aérea (*pool* CHO's PA) e nas raízes (*pool* CHO's Raiz) na condição pós-pastejo (médias $\pm$ erro-padrão da média) de *Arachis pintoi* cv. Belmonte submetido a estratégias de pastejo rotativo de fevereiro de 2015 a abril de 2016

Época do ano	CHO's Raízes (%)	<i>pool</i> CHO's Raízes (g m ⁻²)	<i>pool</i> CHO's PA (g m ⁻²)
Verão I	2,07 $\pm$ 0,348 C	10,1 $\pm$ 1,07 C	25,4 $\pm$ 2,07 A
Outono/Inverno	4,81 $\pm$ 0,558 A	36,5 $\pm$ 4,96 A	24,7 $\pm$ 2,71 A
Início Primavera	4,96 $\pm$ 0,571 A	31,8 $\pm$ 4,22 A	26,9 $\pm$ 3,18 A
Final Primavera	3,47 $\pm$ 0,291 B	19,3 $\pm$ 3,32 B	21,5 $\pm$ 1,58 A
Verão II	4,31 $\pm$ 0,336 A	25,6 $\pm$ 4,05 AB	7,4 $\pm$ 2,27 B

Médias seguidas de letras maiúsculas distintas na coluna diferem entre si (p<0,05).

5.3.2 Condição Pré-Pastejo

Concentração de nitrogênio total

A concentração de nitrogênio total nas raízes em pré-pastejo variou com a época do ano (p<0,0001), com maiores valores registrados durante o outono/inverno, intermediários no verão I e início de primavera e menores no final de primavera e verão II (Tabela 8). Na parte aérea, os valores também variaram somente com a época do ano (p=0,0171), com maiores valores registrados durante o início e final de primavera, intermediários durante o outono/inverno e verão II e menores no verão I (Tabela 8).

Tabela 8 – Concentração de nitrogênio total na parte aérea (N-Total PA) e nas raízes (N-Total Raízes) e *pool* de nitrogênio total nas raízes (*pool* N-Total Raízes) na condição pré-pastejo (médias $\pm$ erro-padrão da média) de *Arachis pintoi* cv. Belmonte submetido a estratégias de pastejo rotativo de fevereiro de 2015 a abril de 2016

Época	N-Total PA	N-Total Raízes	<i>pool</i> N-Total Raízes
	(%)		(g m ⁻²)
Verão I	2,90 $\pm$ 0,053 B	1,95 $\pm$ 0,066 B	10,8 $\pm$ 0,95 C
Outono/Inverno	2,99 $\pm$ 0,075 AB	2,17 $\pm$ 0,059 A	16,4 $\pm$ 1,39 A
Início Primavera	3,12 $\pm$ 0,070 A	1,98 $\pm$ 0,062 B	13,9 $\pm$ 1,08 AB
Final Primavera	3,23 $\pm$ 0,088 A	1,78 $\pm$ 0,087 C	12,3 $\pm$ 1,46 BC
Verão II	3,03 $\pm$ 0,068 AB	1,69 $\pm$ 0,067 C	11,7 $\pm$ 1,64 BC

Médias seguidas de letras maiúsculas distintas na coluna diferem entre si ($p < 0,05$).

***Pool* de nitrogênio total**

O *pool* de nitrogênio total das raízes em pré-pastejo variou com a época do ano ($p=0,0062$), com maiores valores registrados durante o outono/inverno, intermediários no início e final de primavera e verão II e menores durante o o verão I (Tabela 8). Na parte aérea os valores variaram em função da interação altura pós-pastejo x época do ano ($p=0,021$). De forma geral, não houve diferença entre metas de altura pós-pastejo ao longo do ano, exceto durante o verão I, quando pastos manejados com a meta de 60% da altura pré-pastejo apresentaram valores superiores àqueles de pastos manejados com a meta de 40% da altura pré-pastejo. Para a meta de 60% da altura pré-pastejo, menores valores foram registrados durante o verão I, os quais diferiram apenas daqueles registrados no início da primavera. Para a meta de 40% da altura pré-pastejo, menores valores foram registrados durante o final da primavera, os quais diferiram apenas daqueles registrados durante o verão I (Tabela 9).

Tabela 9- *Pool* de nitrogênio total da parte aérea na condição pré-pastejo (médias $\pm$ erro-padrão da média) de *Arachis pintoi* cv. Belmonte submetido a estratégias de pastejo rotativo caracterizadas pelas metas de altura pós-pastejo de 40 e 60% da altura pré-pastejo de fevereiro de 2015 a abril de 2016

Época do ano	Altura pós-pastejo		Média
	40%	60%	
	(g m ⁻²)		
Verão I	25,9 $\pm$ 1,99 Aa	18,6 $\pm$ 1,97 Bb	22,2 $\pm$ 1,41 A
Outono/Inverno	23,5 $\pm$ 3,81 ABa	25,9 $\pm$ 4,06 ABa	24,7 $\pm$ 2,83 A
Início Primavera	20,6 $\pm$ 3,30 ABa	28,9 $\pm$ 3,39 Aa	24,7 $\pm$ 2,38 A
Final Primavera	17,7 $\pm$ 2,45 Ba	23,0 $\pm$ 2,37 ABa	20,3 $\pm$ 1,69 A
Verão II	20,5 $\pm$ 2,79 ABa	21,1 $\pm$ 2,72 ABa	20,8 $\pm$ 2,04 A
Média	17,7 $\pm$ 2,45 a	23,0 $\pm$ 2,37 a	

Médias seguidas de letras distintas, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, diferem entre si (p<0,05).

Concentração de nitrogênio solúvel

A concentração de nitrogênio solúvel nas raízes em pré-pastejo variou com a época do ano (p=0,003), com maiores valores registrados durante o outono/inverno, intermediários durante o verão I e início de primavera e menores durante o final de primavera e verão II (Tabela 10). Na parte aérea os valores também variaram somente com a época do ano (p=0,0177), com maiores valores registrados no final de primavera e verão II, intermediários no início de primavera e verão I e menores no outono/inverno (Tabela 10).

Pool de nitrogênio solúvel

O *pool* de nitrogênio solúvel das raízes em pré-pastejo variou com a época do ano (p=0,0074), com maiores valores registrados no outono/inverno, intermediários no início de primavera e menores no final de primavera, verão I e verão II (Tabela 10). Na parte não houve efeito de nenhuma das causas de variação estudadas e o valor médio correspondeu a 4,6 $\pm$ 0,32 g m⁻².

Tabela 10 – Concentração de nitrogênio solúvel na parte aérea (N-Sol PA) e nas raízes (N-Sol Raízes) e *pool* de nitrogênio total nas raízes (*pool* N-Sol Raízes) na condição pré-pastejo (médias $\pm$ erro-padrão da média) de *Arachis pintoi* cv. Belmonte submetido a estratégias de pastejo rotativo de fevereiro de 2015 a abril de 2016

Época do ano	N-Sol PA	N-Sol Raízes	<i>pool</i> N-Sol Raízes
	(%)		(g m ⁻²)
Verão I	0,53 $\pm$ 0,052 BC	0,92 $\pm$ 0,064 B	4,9 $\pm$ 0,06 C
Outono/Inverno	0,47 $\pm$ 0,046 C	1,06 $\pm$ 0,052 A	8,2 $\pm$ 0,05 A
Início Primavera	0,56 $\pm$ 0,051 BC	0,92 $\pm$ 0,066 B	6,5 $\pm$ 0,65 AB
Final Primavera	0,72 $\pm$ 0,066 A	0,77 $\pm$ 0,074 BC	5,4 $\pm$ 0,86 BC
Verão II	0,69 $\pm$ 0,063 AB	0,72 $\pm$ 0,082 C	4,8 $\pm$ 0,75 C

Médias seguidas de letras maiúsculas distintas na coluna diferem entre si (p<0,05).

Concentração de carboidratos solúveis

A concentração de CHO's solúveis nas raízes e na parte aérea em pré-pastejo variou com a época do ano (p=0,0005 e p<0,0001, respectivamente). Para as raízes, maiores valores foram registrados no verão II, intermediários no verão I e menores no outono/inverno, início e final de primavera (Tabela 11). Na parte aérea, maiores valores foram registrados no outono/inverno e início de primavera e menores no verão I (Tabela 11).

Tabela 11 – Concentração de carboidratos solúveis na parte aérea (CHO's PA) e nas raízes (CHO's Raízes) pré-pastejo (médias $\pm$ erro-padrão da média) de *Arachis pintoi* cv. Belmonte submetido a estratégias de pastejo rotativo de fevereiro de 2015 a abril de 2016

Época do ano	CHO's Raízes	CHO's PA
	(%)	
Verão I	4,18 $\pm$ 0,180 B	2,76 $\pm$ 0,137 D
Outono/Inverno	3,37 $\pm$ 0,146 C	5,61 $\pm$ 0,594 A
Início Primavera	3,49 $\pm$ 0,186 C	5,37 $\pm$ 0,252 A
Final Primavera	3,68 $\pm$ 0,161 BC	3,85 $\pm$ 0,177 C
Verão II	6,52 $\pm$ 0,527 A	4,52 $\pm$ 0,173 B

Médias seguidas de letras maiúsculas distintas na coluna diferem entre si (p<0,05).

Pool de CHO's solúveis

O *pool* de carboidratos solúveis nas raízes em pré-pastejo não variou com nenhuma das causas de variação estudadas e apresentou o valor médio de $28,4 \pm 1,74 \text{ g m}^{-2}$. Na parte aérea os valores variaram com a época do ano ($p=0,0007$) e com a interação altura pós-pastejo x época do ano ($p=0,001$). De forma geral, os valores permaneceram relativamente estáveis ao longo do ano, exceto durante o final da primavera, quando foram registrados os menores valores relativamente às demais períodos épocas do ano. Diferenças entre as metas de altura pós-pastejo ocorreram somente em duas épocas do ano: durante o verão I, quando maiores valores foram registrados em pastos manejados com a meta de 40% da altura pré-pastejo e durante o final de primavera, quando maiores valores foram registrados nos pastos manejados com a meta de 60% da altura pré-pastejo (Tabela 12).

Tabela 12 - *Pool* de carboidratos solúveis na parte aérea na condição pré-pastejo (médias $\pm$ erro-padrão da média) de *Arachis pintoi* cv. Belmonte submetido a estratégias de pastejo rotativo caracterizadas pelas metas de altura pós-pastejo de 40 e 60% da altura pré-pastejo de fevereiro de 2015 a abril de 2016

Época do ano	Altura pós-pastejo		Média
	40%	60%	
	(g m⁻²)		
Verão I	25,3 $\pm$ 1,73 BCa	17,3 $\pm$ 1,71 Cb	34,4 $\pm$ 3,41 A
Outono/Inverno	34,7 $\pm$ 5,57 ABa	39,2 $\pm$ 5,77 Aba	36,9 $\pm$ 4,06 A
Início Primavera	31,6 $\pm$ 7,19 ABCa	49,5 $\pm$ 7,24 Aa	40,6 $\pm$ 5,12 A
Final Primavera	20,9 $\pm$ 2,00 Cb	27,8 $\pm$ 1,88 Ba	24,4 $\pm$ 1,40 B
Verão II	36,0 $\pm$ 4,73 Aa	32,8 $\pm$ 4,68 Aba	34,4 $\pm$ 3,41 A
Média	29,7 $\pm$ 2,55 a	32,2 $\pm$ 2,55 a	

Médias seguidas de letras distintas, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, diferem entre si ($p<0,05$).

5.4 Discussão

Sob lotação intermitente, as reservas orgânicas são mobilizadas de órgãos remanescentes imediatamente após a desfolhação para dar suporte ao crescimento de nova área foliar. A recuperação da parte aérea em leguminosas noduladas parece requerer intensa mobilização de reservas nitrogenadas, uma vez que ambos os processos responsáveis pelo suprimento de N para a planta, a fixação biológica do N (resultante da diminuição da

atividade da nitrogenase no nódulo) e a absorção radicular do N mineral do solo, são expressivamente reduzidos por alguns dias após a desfolhação (Li et al., 1996). Em alfafa, 87, 66 e 52% do N recuperado na parte aérea aos 3, 10 e 30 dias de rebrotação foi derivado de compostos de reserva (Avice et al., 1996), sendo que aminoácidos específicos (Hendershot e Volenec, 1993) e proteínas solúveis representaram o maior *pool* de N (Corre et al., 1996) no início da rebrotação. Em trevo-branco, cerca de 55% do conteúdo de N das raízes e 70% dos estolões são mobilizados para sustentar o crescimento da parte aérea (Corre et al., 1996).

Neste experimento, maior conteúdo de N total na condição pós-pastejo foi registrado na parte aérea comparativamente às raízes (Figura 3a), embora diferenças entre os compartimentos tenham sido minimizadas quando se considerou os *pools* de N total (Figura 3b). Do conteúdo de N total mensurado na parte aérea do amendoim forrageiro, a porção solúvel representou 26, 26, 26, 25 e 16% durante o verão I, outono/inverno, início e final de primavera e verão II, respectivamente. Por sua vez, esses valores foram significativamente maiores nas raízes, com a porção solúvel atingindo 46, 48, 43, 41 e 41% para as mesmas épocas, sendo essa superioridade também observada com relação aos *pools* de N solúvel (Figura 3b).

O nitrogênio é um elemento essencial para o metabolismo das plantas, e está presente em várias formas nos tecidos vegetais, sendo que nem todas estão prontamente disponíveis para utilização. Os valores de concentração e *pool* de nitrogênio total, tanto na parte aérea como nas raízes variaram pouco, exceto o *pool* de N-Total durante o outono/inverno, contudo as diferenças mensuradas durante este período estão correlacionadas com os maiores valores de massa de raízes (visto no capítulo anterior). Observa-se, tanto pelos resultados reportados na literatura (Bouchart et al. 1998), quanto aqueles observados neste experimento, que o nitrogênio total não consiste em indicador confiável da disponibilidade de reservas nitrogenadas. O N solúvel consiste na porção prontamente disponível para as plantas, sendo constituído por aminoácidos livres e proteínas, das quais até 40% podem ser *vegetative storage proteins* (VSPs), assim inferências e discussões de compostos de reservas nitrogenadas baseadas somente em N total devem ser abordados com certo ressalvo. Reduções de até 80% no conteúdo de VSPs têm sido reportadas durante o início do processo de rebrotação em alfafa e trevo-branco, de forma que sua importância como componente de reservas nitrogenadas nessas espécies tem sido amplamente descrita (Avice et al., 2003). As VSPs são sintetizadas durante o outono e início do inverno, épocas caracterizadas por dias curtos e menores temperaturas médias. Essas condições disparam mecanismos internos que atuam na regulação de sinais moleculares na planta, estimulando a expressão dos genes

envolvidos no metabolismo desses compostos (Zhu e Coleman, 2001; Goulas et al., 2001). Esse padrão sazonal é similar aos resultados observados para N solúvel neste experimento.

(a)

(b)

Figura 3 – Variações estacionais da concentração de nitrogênio total e solúvel na parte aérea e raízes (a) e nos *pools* de nitrogênio total e solúvel na parte aérea e raízes (b) na condição de pós-pastejo de *Arachis pintoi* cv. Belmonte submetido a estratégias de pastejo rotativo de fevereiro de 2015 a abril 2016.

Cabe ressaltar que leguminosas diferem quanto ao tipo de aminoácidos e proteínas solúveis que participam do *pool* de reservas nitrogenadas. *Lotus corniculatus* L., *Melilotus officinalis* L. e *Trifolium pratense* L. parecem estar entre as espécies que não possuem habilidade de acumular VSPs nas raízes (Li et al., 1996). A importância das VSPs reside no fato de que são preferencialmente degradadas e o N derivado redistribuído para a recuperação da parte aérea. Os componentes das reservas nitrogenadas em amendoim forrageiro são, até o presente, desconhecidos.

Variações tanto nas concentrações quanto nos *pools* de N solúvel foram mais pronunciadas com as oscilações sazonais em fatores climáticos do que com os tratamentos de pastejo avaliados. Esses resultados diferem daqueles descritos por Avice et al. (1996) para alfafa, onde o aumento na duração da rebrotação de 30 para 45 dias resultou em aumento nas concentrações de proteínas solúveis e VSPs. Entretanto, as variações discretas nas concentrações de N solúvel em pré e em pós-pastejo (Figura 4) tanto nas raízes quanto na parte aérea (exceção da parte aérea durante o verão II) corroboram os resultados de Li et al. (1996) para *Lotus corniculatus* L., onde concentrações de N não variaram após desfolhação.

Figura 4 – Variações estacionais na concentração de nitrogênio solúvel na parte aérea e nas raízes nas condições pré e pós-pastejo de *Arachis pinto* cv. Belmonte submetido a estratégias de pastejo rotativo de fevereiro de 2015 a abril de 2016.

Mais amplamente discutido na literatura tem sido a importância dos carboidratos de reserva para a rebrotação em plantas submetidas a desfolhações sucessivas. Todavia, enquanto os efeitos de combinações entre frequência e severidade de desfolhação sobre a mobilização e utilização de reservas de carboidratos em gramíneas forrageiras seja relativamente bem estabelecida (Morvan-Bertrand et al. 1999), muito menos se conhece sobre a magnitude de utilização desses compostos para a rebrotação em leguminosas forrageiras noduladas.

Em gramíneas, combinações entre frequências e severidades de pastejo determinam a dependência e a magnitude da mobilização de carboidratos (CHO's). Assim como para reservas nitrogenadas, o início da rebrotação depende da remobilização de CHO's previamente armazenados nas raízes e/ou estruturas que não foram consumidas pelos animais (Skinner et al., 1999). Sucessivas desfolhações frequentes limitam a reposição dos estoques de CHO's, reduzindo a habilidade de recuperação das plantas (Turner et al., 2007). Da mesma forma, a magnitude de depleção dos níveis iniciais de CHO's parece ser função direta da severidade de desfolhação (Thornton e Millard, 1997). Em espécies capazes de mobilizar e utilizar CHO's armazenados nos colmos ou lâminas foliares parcialmente desfolhadas, o papel da parte aérea como órgão de reserva diminui à medida que aumenta a severidade de desfolhação (Lestienne et al., 2006), tornando o crescimento inicial mais dependente de reservas provenientes das raízes (Da Silva et al., 2015). Todavia, Lee et al. (2015) demonstraram que a severidade de desfolhação exerceu mínimos impactos sobre a depleção de CHO's em órgãos aéreos remanescentes em *Cichorium intybus* L. e *Plantago lanceolata* L., sendo essas respostas atribuídas ao fato de que a grande maioria dos CHO's de reserva nessas espécies são estocados nas raízes.

Os *pools* de CHO's solúveis nas condições pós e pré-pastejo foram maiores na parte aérea do que no sistema radicular durante o verão I e final de primavera. No outono/inverno e início de primavera, as raízes representaram os maiores *pools* de reserva de CHO's na condição pós-pastejo, mas a parte aérea representou o maior *pool* na condição pré-pastejo. Os maiores *pools* durante o outono/inverno e início primavera, período este em que os indivíduos estão segmentando (visto capítulo 1) e formando novas plantas, com raízes novas para suprir a independência do novo indivíduo, ou seja, aumentando o número de indivíduos de menor tamanho e não investindo em aumentar tamanho e estocar compostos de reservas como CHO's. Em todas as épocas do ano, os *pools* de CHO's da parte aérea foram restabelecidos entre as condições de pós e de pré-pastejo (Figura 5a). Todavia, no outono/inverno e início de primavera valores em pós-pastejo para o sistema radicular foram maiores do que aquele registrados em pré-pastejo (Figura 5b). Esse padrão de resposta deve ser analisado

cuidadosamente, uma vez que o amido parece consistir no principal componente de reserva de carboidratos nas raízes de *Lotus japonicus* (Vriet et al., 2014) e alfafa (Dhont et al., 2002), e nos estolões de trevo-branco (Gallagher et al., 1997), sendo que esse composto não está incluído no *pool* de CHO's solúveis determinado neste experimento. Dessa forma, maior compreensão dos aspectos relativos à mobilização e utilização de CHO's em amendoim forrageiro poderão ser auxiliados a partir da determinação adicional do amido. A ausência de um padrão claro e definido de causa e efeito na utilização de carboidratos solúveis, pode estar relacionada a intensidade dos tratamentos que possivelmente não foram suficientes para gerar elevada dependência deste tipo de reserva pela planta, visto no capítulo 1 onde as severidades de pastejo correspondentes à remoção da altura pré-pastejo entre 40 e 60% não resultam em respostas negativas sobre atributos morfológicos da parte aérea ligados ao processo de rebrotação.

(a)

(b)

Figura 5 – Variações estacionais em *pools* de carboidratos solúveis nas condições de pré e de pós-pastejo da parte aérea (a) e raízes (b) de *Arachis pintoi* cv. Belmonte submetido a estratégias de pastejo rotativo de fevereiro de 2015 a abril 2016.

Os resultados disponíveis na literatura têm revelado que o C remobilizado das raízes nas fases iniciais de rebrotação não é exportado para a síntese de novos tecidos da parte aérea, mas sim utilizado, em sua grande maioria, para sustentar a atividade respiratória (Ta et al. 1990). Avice et al. (1996) demonstraram que 83% do C presente em órgãos remanescentes após a desfolhação em alfafa (raízes laterais e raiz principal, coroa e folhas) foram utilizados para respiração radicular. Cerca de 13% do C apenas foi translocado para a parte aérea, sendo que destes, 63% foi perdido para a respiração foliar. Segundo os autores, o C utilizado na construção de novas estruturas da parte aérea é principalmente proveniente da fotossíntese atual e não das reservas de CHO's das raízes.

Outro ponto que merece destaque com relação às leguminosas forrageiras noduladas é que os substratos de C utilizados para a manutenção da atividade respiratória em raízes e nódulos não são os mesmos. Avice et al. (1996) apresentaram resultados da literatura que indicam que carboidratos de reserva das raízes são substratos respiratórios para a raiz, mas C derivado da fotossíntese é o substrato para a respiração do nódulo. Todavia, os resultados de Aranjuelo et al. (2015) demonstraram que parte dos carboidratos necessários para sustentar a atividade respiratória do nódulo podem ser provenientes das reservas do sistema radicular. Além disso, Hartwig e Trommler (2001) demonstraram que a modulação da fixação biológica do N e a redução na atividade da nitrogenase após desfolhação não possuem relação com os níveis de CHO's de reserva em alfafa.

Estudos acerca dos padrões de utilização de reservas orgânicas em plantas, com muita frequência, têm se baseado nas variações em concentração dos compostos. Entretanto, Dhont et al. (2002) demonstraram claramente que o vigor de rebrotação em alfafa esteve amplamente relacionado com a quantidade total de amido do sistema radicular (*pools*) e não com suas concentrações. A mesma ressalva acerca da interpretação de resultados baseados nos *pools* ao invés da concentração foi feita por Da Silva et al. (2015) em pastos de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu e por Lu et al. (2017) também para alfafa. No presente trabalho os valores de nitrogênio solúvel na condição pós e pré- pastejo (Tabelas 4 e 5 e Tabela 10) apresentaram valores semelhantes quanto a concentração desse composto durante o período de verão I e início primavera, em contrapartida quando aborda-se a quantidade (*pool*) desse composto os mesmos períodos apresentam valores distintos, sendo maiores durante o início de primavera. Dessa forma, apresentar as duas formas de resultados concentração (%) e quantidade (*pool*) proporciona uma abordagem mais acuradas dos valores

5.5 Conclusão

Estudos de compostos de reservas nitrogenadas devem focar na fração de nitrogênio solúvel. Da mesma forma, medidas relativas ao “*pool*” de reservas de carboidratos e N solúvel estão mais próximas da real quantidade de reservas disponíveis para a planta. A magnitude de utilização e reposição de compostos de reserva (C e N) nas raízes e parte aérea apresentam variações ao longo do ano. Períodos menos propícios ao crescimento e desenvolvimento da parte aérea são aqueles em que se verifica os maiores *pools* de CHO’s e N solúvel.

Referências

- Aranjuelo, I., Molero, G., Erice, G., Aldasoro, J., Arrese-Igor, C., & Nogués, S. (2015). Effect of shoot removal on remobilization of carbon and nitrogen during regrowth of nitrogen-fixing alfalfa. *Physiologia plantarum*, **153**, 91-104.
- Avie, J.C., Dily, F.L., Goulas, E., Noquet, C., Meuriot, F., Volenec, J.J., ... & Nadeau, P. (2003). Vegetative storage proteins in overwintering storage organs of forage legumes: roles and regulation. *Canadian Journal of Botany*, **81**, 1198-1212.
- Avie, J.C., Ourry, A., Lemaire, G., & Boucaud, J. (1996). Nitrogen and carbon flows estimated by ¹⁵N and ¹³C pulse-chase labeling during regrowth of alfalfa. *Plant Physiology*, **112**, 281-290.
- Bathram, G.T. (1985). Experimental techniques: The HFRO Sward Stick. In: HILL FARMING RESEARCH ORGANIZATION. Biennial report. Midlonthian, 29- 30.
- Bouchart, V., Macduff, J.H., Ourry, A., Svenning, M.M., Gay, A.P., Simon, J.C., ... & Boucaud, J. (1998). Seasonal pattern of accumulation and effects of low temperatures on storage compounds in *Trifolium repens*. *Physiologia Plantarum*, **104**, 65-74.
- Briske, D.D., & Richards, J.H. (1995). Plant responses to defoliation: a physiological, morphological and demographic evaluation. Wildland plants: physiological ecology and developmental morphology. *Society for Range Management*, Denver, CO, 635-710.

CENTRO DE PESQUISAS METEOROLÓGICAS E CLIMÁTICAS APLICADAS A AGRICULTURA. Disponível em:

<http://www.cpa.unicamp.br/outrasinformacoes/clima_muni_436.html>. Acesso em: 15 nov. 2016.

Corre, N., Bouchart, V., Ourry, A., & Boucaud, J. (1996). Mobilization of nitrogen reserves during regrowth of defoliated *Trifolium repens* L. and identification of potential vegetative storage proteins. *Journal of Experimental Botany*, **47**, 1111-1118.

Da Silva, S.C., Pereira, L.E.T., Sbrissia, A.F., & Hernandez-Garay, A. (2015). Carbon and nitrogen reserves in marandu palisade grass subjected to intensities of continuous stocking management. *The Journal of Agricultural Science*, **153**, 1449-1463.

Davidson, J.L., & Milthorpe, F.L. (1965). Carbohydrate reserves in the regrowth of cocksfoot (*Dactylis glomerata* L.). *Grass and Forage Science*, **20**, 15-18.

Dhont, C., Castonguay, Y., Nadeau, P., Belanger, G., & Chalifour, F.P. (2002). Alfalfa root carbohydrates and regrowth potential in response to fall harvests. *Crop Science*, **42**, 754-765.

Dhont, C.; Castonguay, Y.; Nadeau, P.; Belanger, G.; Drapeau, R.; Laberge, S.; Avice, J.C.; Chalifour, F.P. (2006). Nitrogen reserves, spring regrowth and winter survival of field-grown alfalfa (*Medicago sativa*) defoliated in the autumn. *Annals of botany*, **97**, 109-120, 2006.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. (2006). Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2ed. Rio de Janeiro, 2006.

Fonseca, L., Mezzalira, J. C., Bremm, C., Gonda, H. L., & Carvalho, P. D. F. (2012). Management targets for maximising the short-term herbage intake rate of cattle grazing in *Sorghum bicolor*. *Livestock Science*, **145**, 205-211.

Gallagher, J.A., Volenec, J.J., Turner, L.B., & Pollock, C.J. (1997). Starch hydrolytic enzyme activities following defoliation of white clover. *Crop Science*, **37**, 1812-1818.

Gildersleeve, R.R., Ocumpaugh, W.R., Quesenberry, K.H., & Moore, J.E. (1987). Mob-grazing of morphologically different *Aeschynomene* species. *Tropical Grasslands*, Queensland, **21**, 123-132.

- Goulas, E., Le Dily, F., Teissedre, L., Corbel, G., Robin, C., & Ourry, A. (2001). Vegetative storage proteins in white clover (*Trifolium repens* L.): quantitative and qualitative features. *Annals of Botany*, **88**, 789-795.
- Hall, M.B., Hoover, W.H., Jennings, J.P., & Webster, T.K.M., (1999). A method for partitioning neutral detergent-soluble carbohydrates. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **79**, 2079-2086.
- Hartwig, U., & Trommler, J. (2001). Increase in the concentrations of amino acids in the vascular tissue of white clover and white lupin after defoliation: an indication of a N feedback regulation of symbiotic N₂ fixation. *Agronomie*, **21**, 615-620.
- Hendershot, K.L., & Volenec, J.J. (1993). Taproot nitrogen accumulation and use in overwintering alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Journal of Plant Physiology*, **141**, 68-74.
- Lee, J.M., Minnee, E.M., & Clark, C.E. (2015). Patterns in non-structural carbohydrate and nitrogen reserves in chicory (*Cichorium intybus* L.) and plantain (*Plantago lanceolata* L.) during regrowth in summer. *Crop and Pasture Science*, **66**, 1071-1078.
- Lestienne, F., Thornton, B., & Gastal, F. (2006). Impact of defoliation intensity and frequency on N uptake and mobilization in *Lolium perenne*. *Journal of Experimental Botany*, **57**, 997-1006.
- Li, R., J. J. Volenec, J.J., Joern, B.C., & Cunningham, S.M. (1996). Seasonal changes in nonstructural carbohydrates, protein, and macronutrients in roots of alfalfa, red clover, sweetclover, and birdsfoot trefoil. *Crop Science*, **36**, 617-623.
- Licitra, G., Hernandez, T.M., & Van Soest, P.J. (1996). Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology*, **57**, 347-358.
- Littel, R.C., Pendergast, J., & Natarajan, R. (2000). Modelling covariance structure in the analysis of repeated measures data. *Statistics in Medicine*, **19**, 1793-1819.
- Lu, X., Ji, S., Hou, C., Qu, H., Li, P., & Shen, Y. (2017). Impact of root C and N reserves on shoot regrowth of defoliated alfalfa cultivars differing in fall dormancy. *Grassland Science*.

- Morvan-Bertrand, A., Pavis, N., Boucaud, J., & Prud'Homme, M-P. (1999). Partitioning of reserve and newly assimilated carbon in roots and leaf tissues of *Lolium perenne* during regrowth after defoliation: assessment by ^{13}C steady-state labelling and carbohydrate analysis. *Plant, Cell & Environment*, **22**, 1097-1108.
- Perry JR, L. J., & Moser, L.E. (1974). Carbohydrate and organic nitrogen concentrations within range grass parts at maturity. *Journal of range management*, 276-278.
- Sheard, R.W. Organic reserves and plant regrowth. (1973). In: Butler, G.W., Bailey, R. W.(Ed.). Chemistry and biochemistry of herbage. *London: Academic Press*, cap.25, 353-377.
- Schnyder, H., & Visser, R., (1999). Fluxes of reserve-derived and currently assimilated carbon and nitrogen in perennial ryegrass recovering from defoliation. The regrowing tiller and its component functionally distinct zones. *Plant Physiology*, **119**, 1423-1436.
- Skinner, R.H., Morgan, J.A., & Hanson, J.D. (1999). Carbon and Nitrogen Reserve Remobilization Following Defoliation: Nitrogen and Elevated CO_2 Effects. *Crop Science*, **39**, 1749-1756.
- Ta, T.C., MacDowall, F.D.H., & Faris, M.A. (1990). Utilization of carbon and nitrogen reserves of alfalfa roots in supporting N_2 -fixation and shoot regrowth. *Plant and Soil*, **127**, 231-236.
- Thornton, B., & Millard, P. (1996). Effects of severity of defoliation on root functioning in grasses. *Journal of Range Management*, 443-447.
- Turner, L.R., Donaghy, D.J., Lane, P.A., & Rawnsley, R.P. (2007). Distribution of water-soluble carbohydrate reserves in the shoot of prairie grass and orchardgrass plants. *Agronomy Journal*, **99**, 591-594.
- Volenc, J.J., Ourry, A., & Joern, B.C. (1996). A role for nitrogen reserves in forage regrowth and stress tolerance. *Physiologia Plantarum*, **97**, 185-193.

Vriet, C., Smith, A.M., & Wang, T.L. (2014). Root starch reserves are necessary for vigorous re-growth following cutting back in *Lotus japonicus*. *PloS one*, **9**, p.e87333.

Zhu, B., & Coleman, G.D. (2001). Phytochrome-mediated photoperiod perception, shoot growth, glutamine, calcium, and protein phosphorylation influence the activity of the poplar bark storage protein gene promoter (bspA). *Plant Physiology*, **126**, 342-351

White, L. M. (1973). Carbohydrate reserves of grasses: a review. *Journal of range management*, 13-18.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A eficácia do uso do critério de interceptação da luz incidente pelo dossel forrageiro como forma de definir o momento adequado de interromper a rebrotação tem se mostrado consistente para gramíneas forrageiras tropicais (Carnevalli et al., 2006; Barbosa et al., 2007; Da silva et al., 2009; Giacomini et al., 2009; Gimenes et al., 2011; Pereira et al. 2013; Trindade et al. 2007; Voltolini et al. 2009). Contudo, informações análogas para leguminosas forrageiras, especialmente de clima tropical, são mais escassas ou até mesmo inexistentes. Protocolos experimentais que apresentam respostas de plantas sob pastejo favorecem a compreensão dos processos envolvidos na dinâmica de rebrotação e permitem a definição de metas ou alvos de manejo que propiciam elevada produção de forragem de qualidade, elevado consumo e desempenho animal.

Os padrões gerais de composição morfológica e acúmulo de forragem obtidos neste estudo são semelhantes àqueles descritos para gramíneas forrageiras tropicais. Entretanto, algumas características são intrínsecas da espécie. A partir do momento em que ocorre 95% de interceptação da luz incidente, benefícios que justifiquem o prolongamento da rebrotação além desse ponto são mínimos devido ao aumento no acúmulo de estolões, mesmo que não ocorra impactos negativos sobre a acúmulo de folíolos. Em protocolo experimental de lotação contínua realizado anteriormente na mesma área experimental, Silva et al. (2017) demonstraram que a taxa de consumo de forragem é maximizada quando o dossel forrageiro apresenta 13,1 cm de altura, resultado este que converge com os valores registrados no presente trabalho onde o dossel forrageiro interceptou 95% da luz incidente com 13,3 cm de altura. Assim, mesmo em espécies com hábitos de crescimento diferentes, a luz tem forte papel modulador das respostas agrônômicas, sendo o acúmulo de colmos no caso de gramíneas forrageiras e de estolões para amendoim forrageiro a consequência comum de períodos de rebrotação mais longos, superiores à condição de interceptação de 95% da luz incidente.

O estolão, é a estrutura básica do amendoim forrageiro, assim como o colmo é para as gramíneas, sendo de extrema importância para a coexistência da espécie em condições abióticas adversas. Assim como neste protocolo experimental sob lotação intermitente, Fialho (2015), sob lotação contínua, já havia descrito que o amendoim forrageiro apresenta capacidade em modular sua forma de explorar e adquirir recursos no ambiente. A autora descreveu que durante os meses em que as condições climáticas são favoráveis ao crescimento e desenvolvimento da espécie (primavera e verão), os indivíduos investiram no

aumento do tamanho de plantas individuais, principalmente no comprimento dos estolões, como forma de potencializar a exploração de recursos na área. Em contrapartida, a restrição de recursos que se inicia a partir do outono, com o encurtamento dos dias e redução da temperatura, faz com que o custo energético de manutenção de longos estolões seja alto e ocorra desintegração física ou segmentação, aumentando o número de indivíduos de menor tamanho.

As informações na literatura acerca da fixação biológica de nitrogênio em condições de pastejo e/ou cortes são escassas e dispersas, não apresentando uma linha que define causa e consequência dos eventos envolvidos nesse mecanismo. Dessa forma, foram apresentados neste trabalho resultados obtidos em dois protocolos experimentais, um de lotação contínua e outro de lotação intermitente. Apesar da diferença entre métodos de pastejo, o determinante da FBN foi comum, o tamanho da biomassa aérea ou o IAF médio dos pastos. Sob lotação contínua, maiores valores de %Ndda e FBN foram registrados nos pastos manejados a 15 e 20 cm. Contudo, esses pastos apresentaram menor massa de raízes e de nódulos e menor número de nódulos ($p < 0,054$). Nos dados parciais desse protocolo Carvalho (2014) inferiu que os pastos mantidos com maior intensidade de pastejo (5 e 10 cm), por apresentarem maior número e massa de nódulos e de raízes, possivelmente apresentariam maior FBN que pastos manejados a 15 e 20 cm, o que não se mostrou adequado conforme os resultados deste estudo. O fato demonstra a complexidade de se estudar esse mecanismo simbiótico, e demonstra que fazer inferências sobre a FBN a partir de respostas indiretas nem sempre pode trazer resultados acurados.

Esse fato também é demonstrado no estudo de reservas orgânicas, onde diversos trabalhos na literatura abordam o nitrogênio total como uma fonte lábil de nitrogênio para as plantas, mas sabe-se que apenas uma parcela desse nitrogênio é solúvel, e esta sim é disponível para a planta. Os resultados demonstraram pequena variação em nitrogênio-total ao longo do ano. Em contrapartida, o nitrogênio solúvel apresentou sazonalidade em concentração e em quantidade (*pool*), sendo os maiores valores registrados no compartimento raízes durante os períodos com menores temperaturas e comprimento dos dias (outono/inverno e início de primavera). Este fato apresenta afliência com a estratégia de eficiência de uso energético da planta, a fragmentação física ou segmentação. Durante o outono/inverno e início de primavera, as plantas, que até então cresciam ativamente e investiam em alongamento de estolões e aumento do tamanho dos indivíduos, mudam de estratégia de crescimento e passam a se fragmentar, formando indivíduos menores e em maior número por meio do enraizamento de nós mais velhos e segmentação das plantas grandes.

Essa alteração promove a mudança de uma estrutura de planta de elevado custo energético de manutenção para outra de menor custo, aumentando a probabilidade de sucesso e de sobrevivência da espécie. Esta resposta adaptativa da planta pode ter contribuído para mascarar os efeitos dos tratamentos para definição de um padrão de resposta para carboidratos solúveis, combinação de frequências e severidades de pastejo. Além disso, as magnitudes dos contrastes gerados pelos tratamentos de pastejo possivelmente não foram grandes o suficiente para promover elevada dependência pela planta no uso de carboidratos solúveis de reservas. Os resultados de carboidratos solúveis não apresentaram um padrão definido de resposta, o que poderia também estar associado ao fato de que não foi realizada a determinação de amido nas amostras, que, em algumas leguminosas de clima temperado (i.e alfafa), encontra-se em quantidade considerável no sistema radicular.

De maneira geral, as respostas medidas seguem um mesmo padrão de relação causa-efeito, independentemente do método de pastejo utilizado, lotação contínua ou lotação intermitente. O fator comum, de convergência, seria a luz, o ambiente luminoso e suas relações que atuariam como modulador central dos processos. A análise integrada dos resultados demonstrou que o IAF médio e/ou o tamanho da biomassa da parte aérea determinaram o estoque e o uso de reservas, interferindo com o mecanismo de FBN e afetando o acúmulo de forragem. Em linhas gerais, regimes de desfolhação de intensidade moderada a leniente, normalmente resultaram em otimização das respostas agrônômicas da planta independentemente do método de pastejo, e deveriam ser os norteadores das estratégias de manejo utilizadas como forma de assegurar persistência, longevidade e garantir índices produtivos do amendoim forrageiro sob pastejo. O fato evidencia a importância de se realizar estudos com temas interconectados, pois em muitas oportunidades existe um ponto de convergência, um ponto comum entre os processos biológicos integrados.

Referências

BARBOSA, R.A., NASCIMENTO JÚNIOR, D., EUCLIDES, V.P.B., DA SILVA, S.C., ZIMMER, A.H., TORRES JÚNIOR, R.A.A. Capim-tanzânia submetido a combinações entre intensidade e frequência de pastejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, p.329-340, 2007.

CARNEVALLI, R.A., DA SILVA, S.C., BUENO, A.A.O, UEBELE, M.C., BUENO, F.O., HODGSON, J., SILVA, G.N., MORAIS, J.P.G. Herbage production and grazing losses in *Panicum maximum* cv. Mombaça under four grazing management. **Tropical Grassland**, v.40, p.165-176, 2006.

CARVALHO, L.R. **Interceptação luminosa, massa de raízes e acúmulo de forragem em *Arachis pinto* cv. Belmonte submetido a intensidades de pastejo**. Piracicaba, 2014. 77p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2014.

DA SILVA, S.C., BUENO, A.A.O, CARNEVALLI, R.A., UEBELE, M.C., BUENO, F.O., HODGSON, J., MATTHEW, C., ARNOLD, J.C., MORAIS, J.P.G. Sward structural characteristics and herbage accumulation of *Panicum maximum* cv. Mombaça subject to rotational stocking managements. **Scientia Agricola**, v.66, p.8-19, 2009.

FIALHO, C.A. **Características morfológicas e estruturais de amendoim forrageiro (*Arachis pinto* Krapovickas & Gregory cv. Belmonte) submetido a intensidades de pastejo sob lotação contínua**. Piracicaba, 2015. 121p. Tese (Doutorado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2015.

GIACOMINI, A.A., DA SILVA, S.C., SARMENTO, D.O.L., ZEFERINO, C.V., SOUZA JÚNIOR, S.J., TRINDADE, J.K., GUARDA, V.D., NASCIMENTO JÚNIOR, D. Growth of marandu palisadegrass subjected to strategies of intermittent stocking. **Scientia Agricola**, v.66, p.733-741, 2009.

GIMENES, F.M.A., DA SILVA, S.C., FIALHO, C.A., GOMES, M.B., BERNDT, A., GERDES, L., COLOZZA, M.T. Ganho de peso e produtividade animal em capim marandu sob pastejo rotativo e adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, p.751-759, 2011.

SILVA, G.P., FIALHO, C.A., CARVALHO, L.R., FONSECA, L., CARVALHO, P.C.F., BREMM, C., DA SILVA, S.C. Sward structure and short-term herbage intake in *Arachis pinto* cv. Belmonte subjected to varying intensities of grazing. **Journal of Agricultural Science**, v.156, p.1-8, 2017.

VOLTOLINI, T.V., SANTOS, F.A.P., MARTINEZ, J.C., CLARINDO, R.L., PENATI, M.A., Imaizumi, H. Características produtivas e qualitativas do capim-elefante pastejado em intervalo fixo ou variável de acordo com a interceptação da radiação fotossinteticamente ativa. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.1002-1010, 2010.

7 CONCLUSÕES

A utilização da meta pré-pastejo $IL_{95\%}$ favorece a estrutura do dossel forrageiro, favorecendo maior porcentagem de folhas relativamente a estolões na massa de forragem. A fixação biológica de nitrogênio, assim como o estoque de reservas orgânicas de C e N, são regulados pelo tamanho da parte aérea (IAF médio), tanto sob lotação contínua como lotação intermitente, fato indicativo de que pastejos de intensidade moderada a leniente favorecem o desempenho agrônômico da planta. O processo de segmentação das plantas de amendoim forrageiro durante o outono/inverno parece ter efeito importante sobre o padrão sazonal de variação nas reservas orgânicas e FBN, fato que precisa ser melhor compreendido.