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

**Características morfogênicas e estruturais de amendoim forrageiro
(*Arachis pintoi* krapovickas & Gregory cv. Belmonte) submetido a
intensidades de pastejo sob lotação contínua**

Cleunice Auxiliadora Fialho

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

**Piracicaba
2015**

Cleunice Auxiliadora Fialho
Zootecnista

**Características morfogênicas e estruturais de amendoim forrageiro (*Arachis pinto*
Krapovickas & Gregory cv. Belmonte) submetido a intensidades de pastejo sob lotação
contínua**

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

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

Piracicaba
2015

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

Fialho, Cleunice Auxiliadora

Características morfogênicas e estruturais de amendoim forrageiro (*Arachis pinto* krapovickas & Gregory cv. Belmonte) submetido a intensidades de pastejo sob lotação contínua / Cleunice Auxiliadora Fialho. - - Piracicaba, 2015.

121 p. : il.

Tese (Doutorado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

1. Morfogênese de plantas 2. Estratégias de crescimento 3. Plasticidade fenotípica 4. Índice de área foliar I. Título

CDD 633.3
F438c

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

DEDICO

Aos meus pais **Ilma Bittencourt Fialho e Renato Camilo Fialho**, pelo amor,
dedicação e por me ensinar a enxergar a vida com otimismo!

OFEREÇO

Aos meus irmãos (**Elisa, Cici, Márcio, Ana, Flávio e Regina**) e ao **Mateus**, meu
futuro esposo, pelo incentivo, apoio e carinho dedicados a mim.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por sempre iluminar o meu caminho.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pela concessão da bolsa.

Ao Prof. Dr. Sila Carneiro da Silva, exemplo de profissional, pela orientação dedicada e incansável paciência, minha grande admiração e eterna gratidão.

À Comissão executiva do plano da lavoura cacaueira (CEPLAC), em especial ao Dr. José Marques Pereira, pela concessão das mudas de amendoim forrageiro.

À ESALQ e à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e Pastagens pela oportunidade de realização do Doutorado e a todos os professores que colaboraram com a minha formação.

Aos companheiros e amigos de condução do experimento, Lucas da Rocha Carvalho e Guilherme Portes Silva, pela dedicação, sob sol e chuva, e pela paciência em me escutar nas fases difíceis.

Aos funcionários do departamento de Zootecnia, Sr. Laureano, Jucelino e Emerson, pelos atendimentos de urgência das muitas vezes que precisamos.

Aos estagiários, Maiara Despontin, Paula Kozowski, Edson Nascimento, Ellen Gomes e Henrique Zavares pela ajuda durante o experimento e pelas horas de descontração.

Aos colegas de Pós Graduação do Laboratório de Plantas Forrageiras, Adenilson, Lilian, Diego, Aliedson, Débora, Valdson, Ana Flávia, Eliana, Steben, Daniel, Liliane, Marcell e Júnior.

À minha querida amiga Sandra Vicente Augusto, pela amizade verdadeira, carinho, dedicação e por não medir esforços para agradar e ajudar a “preferida”, minha eterna gratidão.

Ao professor Dr. Gerson Mourão Barreto, que mesmo de longe me ajudou prontamente com as análises estatísticas dos dados.

Aos professores José Fernando Machado Menten e José Eurico (Zico), pela amizade, torcida e conversas agradáveis e construtivas.

Aos queridos sobrinhos e sobrinhas (André, Henrique, Arthur, Guilherme, Paula, Gustavo, Caio, Amanda, Maria Eduarda, Arthuzinho, Bernardo, João Miguel e ao meu afilhado Henrique).

À minha família paulista Cidinha, Valter, Mariana e Ico.

Às minhas queridas amigas do IZ Alessandra Giacomini, Luciana Gerdes e Flávia Gimenes, por aquilo que resume nossa relação, a amizade sincera.

Ao Dr. Gilles Lemaire, Marília Chiavegato e Lilian Elgalise Pereira pela ajuda técnica e científica.

Aos amigos mais que queridos Carolina Guerra, Dudú, Rafaela Pereira, Fernanda Lopes, Lucas Jado, Adenilson Paiva e Diego Pequeno, meus sinceros agradecimentos.

SUMÁRIO

RESUMO	9
ABSTRACT	11
1 INTRODUÇÃO.....	13
Referências	14
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1 O amendoim forrageiro	15
2.2 Leguminosas forrageiras como alternativa de intensificação sustentável da produção animal em pastagens.....	16
2.3.1 A importância dos meristemas no crescimento e desenvolvimento vegetal	21
2.4 Respostas adaptativas de plantas com desenvolvimento clonal	22
2.4.1 Habilidade competitiva.....	25
2.4.2 Interdependência clonal.....	26
2.5 Modelo conceitual	29
2.6 Hipótese.....	30
2.7 Objetivos.....	30
2.8 Objetivos específicos.....	30
Referências	30
3 TÉCNICAS E MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE AMENDOIM FORRAGEIRO (<i>ARACHIS PINTOI</i> KRAPPOVICKAS & GREGORY CV. BELMONTE) SUBMETIDO A INTENSIDADES DE PASTEJO SOB LOTAÇÃO CONTÍNUA.....	39
Resumo	39
Abstract.....	40
3.1 Introdução.....	40
3.2 Material e métodos	42
3.2.1 Ensaio 1 – avaliação e caracterização dos estágios de desenvolvimento foliar	45
3.2.2 Ensaio 2 – adaptação e padronização dos procedimentos de avaliação do crescimento foliar para mensuração da taxa de expansão das folhas	47
3.2.3 Análise dos dados	50
3.3 Resultados.....	51
3.3.1 Ensaio 1 - avaliação e caracterização dos estágios de desenvolvimento foliar	51
3.3.2 Ensaio 2 – adaptação e padronização dos procedimentos de avaliação do crescimento foliar para mensuração da taxa de expansão das folhas	53

3.4 Discussão	56
3.5 Conclusões	59
Referências	60
4 RESPOSTAS MORFOLÓGICAS DE AMENDOIM FORRAGEIRO (<i>ARACHIS PINTOI</i> KRAPPOVICKAS & GREGORY CV. BELMONTE) SUBMETIDO A INTENSIDADES DE PASTEJO SOB LOTAÇÃO CONTÍNUA	63
Resumo	63
Abstract	63
4.1 Introdução	64
4.2 Material e métodos	65
4.3 Análises dos dados	72
4.4 Resultados	73
4.5 Discussão	78
4.6 Conclusão	85
Referências	85
5 RESPOSTAS MORFOGÊNICAS DE AMENDOIM FORRAGEIRO (<i>ARACHIS PINTOI</i> KRAPPOVICKAS & GREGORY CV. BELMONTE) SUBMETIDO A INTENSIDADES DE PASTEJO SOB LOTAÇÃO CONTÍNUA	89
Resumo	89
Abstract	89
5.2 Material e métodos	92
5.3 Resultados	101
5.4 Discussão	108
5.5 Conclusão	114
Referências	114
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	117
Referências	119
7 CONCLUSÕES	121

RESUMO

Características morfogênicas e estruturais de amendoim forrageiro (*Arachis pintoi* Krapovickas & Gregory cv. Belmonte) submetido a intensidades de pastejo sob lotação contínua

A natureza e a magnitude das respostas morfogênicas em plantas forrageiras variam com a disponibilidade de fatores climáticos de crescimento e com as metas de manejo utilizadas, modificando as características estruturais do dossel forrageiro. Nesse cenário, intensidades de desfolhação determinam alterações de forma e função nas plantas forrageiras que, por sua vez, definem e caracterizam estratégias de crescimento e perenização e a resistência das plantas ao pastejo. O objetivo deste estudo foi descrever e caracterizar as respostas morfogênicas e as características morfológicas do amendoim forrageiro (*Arachis pintoi* cv. Belmonte) submetido a intensidades de pastejo sob lotação contínua de janeiro de 2013 a março de 2014. Os tratamentos corresponderam a quatro níveis de intensidade de pastejo (severo – S, moderado – M, leniente – L, e muito leniente – ML) representados pelas alturas de pasto de 5, 10, 15 e 20 cm, e foram alocados às unidades experimentais (piquetes de 210 m²) segundo um delineamento de blocos completos casualizados, com 4 repetições. Foram identificados dez estágios de desenvolvimento das folhas de amendoim forrageiro que foram utilizados como referência para a realização das avaliações das respostas morfogênicas. Os folíolos apresentaram simetria dentro dos pares, não havendo a necessidade de mensuração dos quatro folíolos, apenas de um dos folíolos de cada par. A relação relativamente estável entre comprimento e largura dos folíolos permitiu que a área foliar fosse calculada de forma direta desde que um fator de correção (0,71) para a forma elíptica dos folíolos fosse utilizado. Estratégias distintas de crescimento foram utilizadas pelo amendoim forrageiro ao longo do ano. Estas foram caracterizadas por uma relação inversa entre as variáveis indicadoras de tamanho das plantas (comprimento do estolão, comprimento médio entre nós, entre pontos de crescimento e de enraizamento) e aquelas indicadoras de número de indivíduos (densidade de estolões, de nós, de pontos de crescimento e de pontos de enraizamento), com as maiores diferenças registradas nos pastos submetidos aos tratamentos L e VL. De forma geral, o aumento nas variáveis indicadoras de tamanho esteve associado com a diminuição daquelas indicadoras de número de indivíduos. Essa relação parece descrever um processo de segmentação das plantas caracterizado pela formação de unidades menores e autônomas durante o outono que voltam a aumentar de tamanho durante a primavera e verão. Esse processo viabiliza a reprodução clonal das plantas e contribui para a persistência da espécie na área. Pastos submetidos aos tratamentos S e M apresentaram maior taxa de aparecimento de folhas, menor filocrono e menor tamanho final de folhas que pastos submetidos aos tratamentos L e ML. Esse padrão de crescimento resultou em valores relativamente estáveis de IAF para as intensidades de pastejo. O IAF dos pastos variou apenas com a época do ano, refletindo a sazonalidade natural de crescimento das plantas. O amendoim forrageiro apresenta elevada plasticidade fenotípica e capacidade de adaptação ao pastejo, mas é preciso evitar estresses que possam interromper o processo de segmentação durante o outono, uma vez que isso poderia interferir com a perenização das plantas e favorecer o início de processo de degradação da área.

Palavras-chave: Morfogênese de plantas; Estratégias de crescimento; Plasticidade fenotípica; Índice de área foliar

ABSTRACT

Morphogenetic and structural characteristics of forage peanut (*Arachis pinto* Krapovickas & Gregory cv. Belmonte) subjected to grazing intensities under continuous stocking

The nature and the magnitude of morphogenetic responses of forage plants vary with the availability of climatic growth factors and with management targets, modifying sward structural characteristics. In this context, defoliation intensity determines changes in plant form and function, which, in turn, define and characterise growth and perennation mechanisms and plant resistance to grazing. The objective of this study was to describe and characterise morphogenetic responses and morphological characteristics of forage peanut (*Arachis pinto* cv. Belmonte) subjected to grazing intensities under continuous stocking from January 2013 to March 2014. Treatments corresponded to four levels of grazing intensity (severe – S, moderate – M, lenient – L, and very lenient – VL) represented by the sward management heights of 5, 10, 15 and 20 cm, and were allocated to experimental units (210 m² paddocks) according to a complete randomised block design with four replications. Ten stages of leaf development were identified and used as reference for evaluations of plant morphogenetic responses. Leaflets were symmetrical within pairs, indicating the possibility of measuring leaf expansion in just one leaflet of each pair. The relatively stable leaflet length:width ratio allowed direct calculations of leaf area since a correction factor (0.71) for the elliptical form of the leaflets was used. Forage peanut used different growth mechanisms throughout the year. These were characterised by an inverse relationship between plant size (stolon length, internode length, distance between growing points and between rooting points) and plant number (stolon density, node density, growing point density and rooting point density), with greater differences recorded on swards subjected to treatments L and VL. In general, the increase in plant size was associated with a reduction in plant number. This relationship seems to describe a plant segmentation process that results in small autonomous units during autumn, that increase again in size during spring and summer. This process ensures plant clonal reproduction and favours persistence. Swards subjected to treatments S and M showed higher rates of leaf appearance, smaller phyllochron and smaller leaves than swards subjected to treatments L and VL. This resulted in LAI values relatively stable across treatments. LAI values varied only with season of the year, reflecting the seasonality of plant growth. Forage peanut is highly phenotypically plastic and adapted to grazing, but stresses may interrupt the segmentation process during autumn, and this may interfere with plant perennation and favour the beginning of a degradation process.

Keywords: Plant morphogenesis; Growth strategies; Phenotypic plasticity; Sward leaf area index

1 INTRODUÇÃO

A importância da introdução de leguminosas forrageiras em sistemas de produção animal em pasto tem sido ressaltada em diferentes pesquisas ao longo de décadas. Os benefícios da utilização de leguminosas em pastagens são vários, favorecendo a redução do uso de fertilizantes nitrogenados, reduzindo os riscos de contaminação ambiental, oferecendo aos animais um ambiente de alimentação mais equilibrado e favorecendo a produção animal de forma mais ambientalmente correta.

O grande número de novos bancos de germoplasmas de leguminosas tropicais lançado na década de 1960 alimentou o entusiasmo de pesquisadores pela possibilidade de aquisição de novos gêneros e espécies (PEREIRA, 2001). O autor afirma que, quando comparadas às gramíneas disponíveis no mercado, o número de leguminosas liberadas para uso ou importadas de outros países como promissoras é significativo. No entanto, o uso de leguminosas pelos produtores brasileiros é ainda insignificante (BARCELLOS et al., 2000). A dificuldade de implantação dessas espécies, devido à sua baixa velocidade de estabelecimento (RAMOS, 2010), ao descrédito na tecnologia e a dificuldade de manutenção (persistência) das leguminosas em ambientes de pastejo são considerados fatores limitantes ao uso dessas espécies. Trabalhos que abordam o assunto (SPAIN, 1990; CAMERON et al., 1993; BARCELLOS et al., 2000) enfatizaram a baixa persistência das leguminosas em pastagens como a principal limitação para a sua inclusão nos sistemas de produção ou até mesmo para a continuidade das avaliações necessárias ao lançamento de novos materiais.

Nos últimos 40 anos pouco conhecimento foi gerado acerca da correta utilização dessas plantas, e ainda não se compreende as razões pelas quais algumas pastagens formadas por leguminosas exclusivas ou em consórcio obtêm sucesso e outras não (Da SILVA; PEREIRA, 2013). A maioria do conhecimento gerado contempla aspectos relacionados à produção de forragem e seu valor nutritivo e pouco se sabe sobre as relações que determinam e regem a persistência das leguminosas em pastagens. Esse tipo de estudo requer a imposição de amplitudes de intensidades de pastejo de maneira a desafiar as plantas e induzir suas respostas adaptativas tanto em forma como em função para a identificação e conhecimento de seus limites de plasticidade e de resistência. O conhecimento adquirido deve proporcionar subsídios para decisões de manejo baseadas em mudanças morfofisiológicas decorrentes das modificações ambientais ao longo do ano e das interações entre indivíduos. Essas modificações refletem as estratégias desenvolvidas pelas plantas para manterem-se competitivas e produtivas, assegurando a persistência e a perenização daquelas que são

perenes. Sua identificação é importante para que as leguminosas possam vir a ser utilizadas de forma efetiva para compor alternativas em ambientes pastoris.

Nesse contexto, o amendoim forrageiro (*Arachis pintoi* Krap. & Greg.) é uma planta de grande potencial, pois, em tese, seu hábito de crescimento estolonífero favorece uma capacidade de adaptação e compatibilidade funcional com um grande número de gramíneas forrageiras tropicais. O conhecimento acerca de seus padrões de crescimento e desenvolvimento e de seus limites biológicos de utilização e de manejo é essencial para que seu potencial possa ser aproveitado e maximizado, fato que abriria uma nova janela de oportunidades em termos de produção animal em pastagens no país.

Referências

- BARCELLOS, A.O.; ANDRADE, R.P. de; KARIA, C.T. Potencial e uso de leguminosas forrageiras dos gêneros *Stylosanthes*, *Arachis* e *Leucaena*. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 17., 2000, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2000. p. 297- 357.
- CAMERON, D.F.; MILLER, C.P.; EDYE, L.A.; MILES, J.W. Advances in research and development with *Stylosanthes* and other tropical pasture legumes. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 17., 1993, Palmerston North. **Proceedings...** Palmerston North: CSIRO Publ., 1993. p. 2109-2114.
- DA SILVA, S.C.; PEREIRA, L.E.T. Desafios e perspectivas para a pesquisa e uso de leguminosas em pastagens tropicais: uma reflexão. In: SIMPÓSIO EM FORRAGICULTURA E PASTAGENS, 4 , 2013, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 2013. p. 111-142.
- PEREIRA, J.M. Produção e persistência de leguminosas em pastagens tropicais. In: SIMPÓSIO EM FORRAGICULTURA E PASTAGENS. Temas em Evidência, 2., 2001, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 2001. p. 111-141.
- SPAIN, J.M., VILELA, L. Perspectivas para pastagens consorciadas na América Latina nos anos 90 e futuros. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 28., 1990, Campinas. **Anais...** Campinas: SBZ, 1990. p. 101-119.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 O amendoim forrageiro

Dentre as poucas leguminosas valorizadas como pastagem, o amendoim forrageiro (*Arachis pinto* Krap. & Greg.) vem ocupando destaque nos sistemas pecuários. O *Arachis* pertence à família *Fabaceae* (*Papilionoideae*), nativa da América do Sul (RINCÓN et al., 1992; MONTENEGRO; PINZÓN, 1997). Em 1954 foi coletado no Brasil um único acesso do gênero *Arachis* (VALLS; PIZARRO, 1994), inicialmente identificado como GK12787, mas foi na Austrália e nos Estados Unidos que essa planta forrageira adquiriu reconhecimento comercial. De acordo com Paganella e Valls (2002), atualmente mais de 150 acessos de *Arachis pinto* encontram-se catalogados.

É uma planta herbácea e perene (FISHER; CRUZ, 1994), de crescimento rasteiro e estolonífero, atingindo de 20 a 50 cm de altura. Geralmente lança densas quantidades de estolões ramificados que se enraízam até 1,50 m horizontalmente em todas as direções. As folhas são alternadas e compostas por quatro folíolos (LIMA et al., 2003; MONTENEGRO; PINZÓN, 1997). Possui flores de cor amarela e floração indeterminada (sem resposta a fotoperíodo) (RAMOS; BARCELLOS; FERNANDES, 2010). A propagação pode ser sexuada ou assexuada, sendo realizada por meio de sementes maduras e segmentos de estolões (material vegetativo), respectivamente (ARGEL, 1994; VALENTIM et al., 2000). Há dificuldades na colheita das sementes, as quais crescem e se desenvolvem abaixo da superfície do solo. Por essa razão os custos operacionais de colheita são elevados, onerando seu preço no mercado, fato que leva normalmente à utilização de material vegetativo para o estabelecimento de novas áreas (FISHER; CRUZ, 1994).

A espécie *Arachis pinto* se destaca por apresentar o desenvolvimento de densas camadas de primórdios radiais (crescimento radial) (SIMPSON; VALLS; MILES, 1994), elevado valor nutritivo da forragem produzida (LASCANO, 1994), além de alta capacidade de fixar nitrogênio biologicamente (MIRANDA; VIEIRA; CADISCH, 2003). No entanto, Fisher e Cruz (1994) relataram que apesar de o *Arachis pinto* apresentar rápido desenvolvimento da área foliar logo após desfolhação, ocorre melhor resposta para pastejo ou cobertura do que para corte, o que pode ser atribuído ao hábito de crescimento prostrado do amendoim forrageiro, garantindo uma proximidade dos pontos de crescimento da superfície do solo protegendo-os do consumo animal.

O amendoim forrageiro cv. Belmonte está presente na secção *Caulorrhizae* e destaca-se pela capacidade de enraizamento dos nós, o que a distingue da secção *Rhizomatosae*. O fato permite que seja mais fácil propagar vegetativamente as plantas do grupo *Caulorrhizae* (SIMPSON; VALLS; MILES, 1994). Entretanto, os dois grupos, *Rhizomatosae* (*Arachis glabrata*) e *Caulorrhizae* (*Arachis pintoii*, *Arachis repens*), são de interesse imediato como plantas forrageiras (SIMPSON; VALLS; MILES, 1994; VALLS; SIMPSON, 1994).

No estado do Acre, região Norte do Brasil, o sucesso da utilização do amendoim forrageiro cv. Belmonte como pastagem se deu após a síndrome da morte do capim-marandu, *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf. cv. Marandu (VALENTIM; 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 pintoii* em associação com alguns gêneros de gramíneas (*Cynodon* e *Brachiaria*), a Embrapa Acre passou a recomendar oficialmente o uso do *Arachis pintoii* cv. Belmonte. Os principais benefícios da associação do *Arachis* com essas gramíneas eram a diversificação do ecossistema da pastagem, a cobertura e a proteção do solo (VALENTIM et al., 2001). Recentemente, tem aumentado o número de trabalhos que utilizam o amendoim forrageiro (ANDRADE, 2013; BABILÔNIA, 2013; LOPES DE SÁ et al., 2013; LIZ, 2014), porém o detalhamento de aspectos relacionados à ecologia e à biologia dessa promissora planta forrageira considerando aspectos funcionais que englobem suas estratégias de crescimento e de desenvolvimento ainda é escasso.

2.2 Leguminosas forrageiras como alternativa de intensificação sustentável da produção animal em pastagens

A pecuária brasileira vem sofrendo grande pressão das comunidades nacional e internacional devido à sua contribuição para o aquecimento global. Segundo Berndt (2010), dois pontos principais afetam negativamente a imagem do setor: a pecuária na Amazônia e a emissão de metano. Ações de mitigação relacionadas ao setor agropecuário e apresentadas pelo governo brasileiro nas conferências sobre clima, como a conferência das partes (COP-15) realizada na Dinamarca em 2009, incluem a redução do desmatamento da Amazônia e do Cerrado; recuperação das áreas de pastagens degradadas; e fixação biológica de N. Todas essas alternativas podem ser vinculadas ao uso de leguminosas forrageiras em pastagens.

A fixação biológica de nitrogênio (FBN), realizada por meio da simbiose entre leguminosas e rizóbios, produz uma quantidade de nitrogênio fixada anualmente de aproximadamente 70 milhões de toneladas. Assumindo que pelo menos 70% dessa quantidade são utilizados na agricultura e em sistemas agroflorestais em substituição aos fertilizantes nitrogenados comerciais, cerca de 50 milhões de toneladas de nitrogênio fixado seriam disponibilizadas para a produção agrícola (WERNER; NEWTON, 2005), gerando uma economia anual estimada em 10 bilhões de dólares (HOWIESON et al., 2008). Tisdade et al. (1985) relataram que cerca de 75% do N presente nas leguminosas fixadoras é oriundo da fixação biológica, sendo que seu poder fixador varia entre 2 a 183 kg/ha.ano (THOMAS, 1995). Resultados experimentais mostram que em sistemas menos intensivos as leguminosas forrageiras tropicais, quando consorciadas com gramíneas e presentes em proporções satisfatórias, são capazes de suprir quantidades de N suficientes para garantir a sustentabilidade da produção (PEREIRA et al., 2009).

A introdução de leguminosas forrageiras em pastagens com indícios de degradação tem gerado resultados promissores. Babilônia (2013) estudou o efeito da introdução de três leguminosas tropicais (*Stylosanthes* cv. Campo Grande, *Arachis pintoii* cv. Belmonte e *Pueraria phaseoloides*) em pastos de *Brachiaria humidicola* com 30 anos de formação e sinais de degradação. Os resultados indicaram que pastos consorciados apresentaram maior disponibilidade de liteira e maiores estoques de C e N no solo do que pastos em monocultivo. O autor afirmou que os maiores estoques de N foram encontrados no consórcio entre a *B. humidicola* e o *Stylosanthes*, e os pastos consorciados com o amendoim forrageiro cv. Belmonte apresentaram a maior persistência da leguminosa.

A FBN oriunda do consórcio é influenciada por três fatores principais: (a) disponibilidade de N no solo; (b) produção e persistência da leguminosa na pastagem; e (c) competição com as gramíneas associadas (LEDGARD; STEELE, 1992). O aporte de nitrogênio que as leguminosas conferem às pastagens se dá basicamente por meio da transferência do nitrogênio fixado biologicamente (NFB). Whitney e Kanehiro (1967) constataram que a queda de folhas em leguminosas foi a fonte mais importante de transferência do nitrogênio fixado. Gonçalves e Costa (1994), em ensaios com leguminosas cultivadas sob corte, obtiveram variação entre 63 e 154 kg/ha.ano no NFB, com transferência variando de 2 a 62%. Dessa forma, estudos que visem a compreensão de aparatos e mecanismos fisiológicos que suportam respostas produtivas e adaptativas de leguminosas forrageiras ao ambiente de pastejo assumem grande importância dentro do contexto de fixação biológica de nitrogênio e uso de pastagens consorciadas para a produção animal.

Em termos de meio ambiente, a utilização de leguminosas forrageiras para a fixação biológica de N e sustentabilidade da produção está relacionada à mitigação global da emissão de gases causadores de efeito estufa. A redução na emissão de metano por meio da melhoria da qualidade da dieta dos animais, a redução do uso de fertilizantes nitrogenados e o sequestro de carbono são pontos importantes a serem discutidos no contexto da sustentabilidade. Os ruminantes produzem globalmente de 80 a 103 milhões de toneladas de metano por ano, o que representa 25% do metano produzido pela humanidade (HOWDEN; REYENGA, 1999). Estimativas revelam que pelo menos metade da população mundial de ruminantes, principalmente bovinos, está localizada em regiões tropicais do mundo, muitas delas em países em desenvolvimento onde os sistemas de produção são baseados no uso de pastagens e muitas vezes caracterizados por baixa eficiência produtiva (UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2000). Segundo Berndt (2010), os ruminantes são responsáveis por 25% do metano produzido no mundo, enquanto no Brasil essa contribuição chega a 70%, principalmente em função do tamanho do rebanho nacional. Segundo esse mesmo autor, a redução da produção de metano por bovinos, além de ser um compromisso nacional, também propicia um aumento de eficiência no aproveitamento da energia pelos animais, refletindo em melhor desempenho zootécnico e econômico.

De acordo com a Associação Internacional de Fertilizantes (IFA), a produção de fertilizantes nitrogenados consome 5% da produção anual de gás natural, sendo responsável por 94% do consumo de energia de toda a produção de fertilizantes. Os principais combustíveis utilizados são o gás natural (73%) e o carvão mineral (27%), ambos fósseis, cujas emissões de dióxido de carbono (CO_2) contribuem com o processo de desequilíbrio do efeito estufa favorecendo, assim, o aquecimento global. Além do CO_2 , o uso de fertilizante nitrogenado é apontado como um dos responsáveis pelas emissões de óxido nitroso (N_2O), um poderoso gás do efeito estufa com potencial de aquecimento global aproximadamente 300 vezes superior àquele do CO_2 (INTERNATIONAL PANEL ON CLIMATE CHANGE - IPCC, 1996). Os fertilizantes nitrogenados são feitos à base de amônia e seus derivados, como a ureia e o ácido nítrico, que proporcionam o nitrogênio assimilável. Ao entrarem em contato com o solo, ocorrem reações químicas, como os processos de nitrificação e desnitrificação, onde é liberado o óxido nitroso (CARVALHO et al, 2006), subproduto, portanto, da fertilização. Nas últimas quatro décadas o uso de fertilizantes nitrogenados nas regiões tropicais foi apontando como sendo uma das explicações para o aumento do acúmulo de óxido nitroso na atmosfera (ROBERTSON, 1993), sendo este um dos principais inimigos da camada de ozônio. Dessa forma, a redução no uso de fertilizantes nitrogenados por meio da

introdução e uso de leguminosas nos sistemas agropecuários é indicada como alternativa promissora para a redução da emissão de óxido nitroso e de outros gases do efeito estufa.

2.3 Aspectos relativos ao crescimento de leguminosas forrageiras

O estudo do crescimento celular e do desenvolvimento de tecidos vegetais a partir da identificação das zonas meristemáticas de crescimento é, em sua maioria, realizado em raízes e folhas de monocotiledôneas (GANDAR; HALL 1988), fato justificado pelo crescimento unidirecional que essas plantas apresentam. As células são continuamente produzidas na região meristemática na base da folha ou no ápice da raiz e se organizam em um padrão estratificado em três camadas distintas de células (FRASER; SILK; ROST, 1990; SKINNER; NELSON, 1994; TAIZ; ZEIGER, 2004). A facilidade de pesquisas em monocotiledôneas está justamente na identificação de uma situação de equilíbrio durante o período que a folha leva para se expandir, em que é possível a dedução de padrões espaço-temporais de crescimento (GRANIER; TARDIEU 1998). Van Volkenburgh e Cleland (1979) afirmaram que em estudos de crescimento de folhas de monocotiledôneas é possível identificar e separar os processos de multiplicação e expansão celular. Diferentemente, no caso de dicotiledôneas (eg. Leguminosas), as folhas possuem desenvolvimento bidimensional e os processos de multiplicação e expansão celular não apresentam separação temporal, fazendo com que a multiplicação e a expansão celular ocorram de forma simultânea. Esse tipo de padrão de crescimento dificulta a discriminação de efeitos hormonais e ambientais sobre o processo de multiplicação e expansão celular. Dessa forma, trabalhos que têm como objetivo compreender a ontogenia das diferentes espécies de leguminosas forrageiras enfrentam o desafio de ter que desenvolver e/ou adaptar metodologias para realizar as mensurações de respostas morfogênicas relativas às folhas. Grande parte dos trabalhos que abordam crescimento em dicotiledôneas é realizada em colmos e cotilédones que possuem o mesmo padrão de crescimento identificado em monocotiledôneas.

Crescimento pode ser compreendido como o aumento irreversível de volume celular (DALE, 1988). Para entender essa dinâmica, é necessário distinguir dois processos que ocorrem continuamente em nível celular: a multiplicação e a expansão de células. Esse conhecimento permite a compreensão de fatores mais detalhados que regem as modificações de forma e função das plantas, condicionadas pelas práticas de manejo utilizadas e pelas condições ambientais vigentes. Os efeitos de fatores ambientais sobre a taxa de expansão foliar têm sido analisados considerando como fator principal as mudanças nas propriedades da

parede celular, resultado da habilidade das células em se deformar em resposta ao turgor. No entanto, Harrison, Nicot e Ougham (1998) alertaram para a possibilidade de a mudança no tamanho final da folha ser decorrente também do processo de multiplicação celular. Esses autores afirmaram que tanto a multiplicação quanto a expansão celular estão envolvidos na variação das taxas de crescimento foliar. Porém, Ben-Haj-Salah e Tardieu (1995) relataram que o processo de multiplicação celular afeta o crescimento somente se ocorrer sincronia entre os processos de divisão e expansão. Ou seja, células que se multiplicaram, mas não se expandiram, não exercem efeito no tamanho final das folhas. Nesse caso, o aumento seria no número de células por unidade de área de folha sem influência no crescimento foliar.

A temperatura é um dos fatores ambientais mais importantes que afetam o crescimento (HARRISON; NICOT; OUGHAM, 1998). Peacock (1975) afirmou que é a temperatura captada pela base das folhas (região de tecidos meristemáticos, de expansão e diferenciação celular) que sinaliza o processo de crescimento e não a temperatura detectada pela lâmina foliar. Normalmente existe uma resposta rápida e sensível do crescimento a variações em temperatura. Creber, Davies e Francis (1993) afirmaram que a temperatura determina a estacionalidade de crescimento, afetando as taxas de divisão celular e o processo de organogênese. Ben-Haj-Salah e Tardieu (1995) investigaram o efeito da temperatura sobre os processos de multiplicação e expansão celular em folhas de milho, e constataram que a multiplicação celular foi 5 vezes maior em temperatura igual a 30°C do que sob temperatura de 13°C. Segundo esses autores, essa variação explica, em parte, a alternância de velocidade de crescimento celular entre o dia e a noite. O aumento da taxa de multiplicação celular aumenta a migração das células para a zona de expansão celular, o que resulta em maior taxa de alongamento foliar. Dessa forma é possível compreender a alta correlação entre temperatura e filocrono. Estudos realizados tanto no campo como em ambientes controlados relatam correlação linear entre o número de folhas de trigo presente no colmo principal com o acumulado em graus-dia (GALLAGHER, 1979; HAY; WILSON, 1982), revelando, portanto, que a temperatura também afeta a taxa de aparecimento de folhas.

Assim como a temperatura, a água exerce papel fundamental sobre o crescimento foliar, uma vez que antes de atingir a maturidade as células expandem de 10 a 1000 vezes em volume. A parede celular sofre expansão sem perder sua integridade mecânica e sem se tornar mais delgada (TAIZ; ZEIGER, 2004). Para a expansão total da célula, a parede rígida precisa ser afrouxada. O afrouxamento da parede celular é explicado pela “teoria do crescimento ácido” (RAYLE; CLELAND, 1992). Esse mecanismo é modulado pela luz e mediado por

enzimas (H^+ -ATPases) que têm papel fundamental no processo de hidrólise de polissacarídeos da parede celular em compostos de energia (ATP) liberando íons hidrogênio no lado externo da célula (VAN VOLKENBURGH; CLELAND, 1980). O acúmulo de íons hidrogênio reduz o pH, criando condições fisiológicas ótimas para o funcionamento de enzimas do tipo hidrolases, que possuem a habilidade de romper ligações da parede celular. Além das hidrolases, outros tipos de enzimas, como as expansinas, operam em pH menor que 4,5 e tornam a parede celular mais flexível por meio do rompimento das ligações (pontes) de hidrogênio (COSGROVE, 1998). O relaxamento da parede celular e a consequente diminuição do potencial hídrico dentro da célula favorecem a entrada de água, causando a expansão celular (COSGROVE, 2000). Com base no exposto, compreende-se que a escassez de água pode promover respostas adaptativas dos componentes morfológicos modificando o crescimento das plantas. De acordo com Santos e Carlesso (1998), as respostas mais proeminentes de plantas ao estresse hídrico, em termos de processos morfológicos, são a redução na área foliar e a aceleração do processo de senescência e abscisão de folhas. Possivelmente essas respostas estão correlacionadas com o papel que a água exerce no processo de expansão celular.

2.3.1 A importância dos meristemas no crescimento e desenvolvimento vegetal

O desenvolvimento de uma planta requer uma sequência de eventos que deve ocorrer de forma precisa e ordenada. A partir de um zigoto, os processos de crescimento, diferenciação e morfogênese, operando conjuntamente, irão produzir um indivíduo adulto. Os meristemas vegetativos, populações de células pequenas com características embrionárias, são responsáveis pela formação do corpo da raiz ou do caule com capacidade de regeneração dos mesmos (TAIZ; ZEIGER, 2004). Para melhor compreensão da importância dos meristemas para a planta, os autores Weigel e Jurgens (2002) fizeram uma analogia entre meristemas e células-tronco presentes nos animais. O meristema apical vegetativo da parte aérea origina o caule assim como os órgãos laterais (folhas e gemas laterais) e está localizado na extremidade do eixo, porém rodeado e coberto por folhas imaturas, as quais são produzidas a partir da atividade do meristema (TAIZ; ZEIGER, 2004). Segundo Briske e Richards (1995), a velocidade de recuperação da área foliar após desfolhação está diretamente relacionada com a disponibilidade e atividade dos diversos tipos de meristemas. Esses autores afirmaram que os meristemas funcionam como fortes drenos e que são responsáveis pela modificação do padrão de alocação de recursos e pela restauração energética do dossel via fotossíntese. Nesse

sentido, pastejos severos que promovam a remoção de grande número de meristemas, podem provocar redução da taxa de aparecimento de folhas em algumas espécies.

Além dos meristemas vegetativos apicais da raiz e do caule (meristemas primários), outros surgem durante o desenvolvimento pós-embrionário, como os meristemas axilares e intercalares (meristemas secundários). Meristemas intercalares são encontrados no interior de órgãos já maduros, em geral próximos da base de folhas e entrenós. Meristemas axilares são formados nas axilas de folhas e derivados do meristema apical da parte aérea, são rudimentares e possuem a capacidade de originar novos indivíduos. Esse tipo de meristema possui desenvolvimento dependente das condições ambientais e da dominância apical exercida pelos meristemas apicais. Uma vez em crescimento e desenvolvimento, produzem ramificações do eixo principal da planta. Todos os meristemas possuem características comuns, são indeterminados em seu desenvolvimento formando repetitivamente tantos fitômeros quanto as condições ambientais favoreçam. Essa organização é fundamental para a perenização de plantas clonais.

2.4 Respostas adaptativas de plantas com desenvolvimento clonal

Devido à natureza séssil das plantas, estas desenvolvem estratégias de crescimento para se moverem em direção a ambientes com alta disponibilidade de recursos. Essas estratégias guiam a aclimatação das plantas a novos ambientes e são desencadeadas por um conjunto de mecanismos sensoriais que envolvem aparatos fisiológicos, genéticos e moleculares (BALLARÉ, 1999). Nesse contexto, as plantas adquirem informações de diferentes fontes, dentre as quais se destacam a qualidade do ambiente luminoso e a disponibilidade de nutrientes no solo. A percepção da qualidade do ambiente luminoso é desencadeada por receptores especializados na recepção e transdução da informação (FRANKLIN, 2008). Nesse grupo estão incluídos os fitocromos, as fototropinas e os criptocromos, cada um absorvendo um comprimento de onda específico e transmitindo sinais indicativos da qualidade do ambiente luminoso, modificado por ações de manejo, fatores ambientais e presença de potenciais “vizinhos” competidores.

Os sinais que guiam a percepção da disponibilidade de nutrientes no solo são fornecidos pela limitação interna dos próprios nutrientes (nitrato, fosfato, sulfato e ferro), que desencadeia mecanismos moleculares e modifica a divisão e diferenciação das células

epidérmicas, provocando profundo impacto no sistema arquitetônico da raiz (LÓPEZ-BUCIO; RAMÍREZ; ESTRELLA, 2003). Os autores relataram que a formação das raízes laterais e dos pêlos radiculares é mediada pela ação conjunta de nutrientes e hormônios como as auxinas, as citocininas e o etileno. Assim, sugere-se que a percepção nutricional pode ser mediada pelas mudanças na síntese, transporte e sensibilidade da planta a esses hormônios. As mudanças na arquitetura da raiz desempenham papel fundamental na adaptação de plantas a ambientes com disponibilidade limitada de nutrientes, aumentando a superfície absorviva do sistema radicular. Nesse sentido, a limitação de um determinado nutriente parece modificar a diferenciação de células epidérmicas da raiz, funcionando como um sinal para a produção de precursores e ações hormonais responsáveis pelo estímulo do crescimento de raízes laterais e pêlos radiculares aumentando o raio de exploração para locais com disponibilidade de nutrientes.

Por essas razões, as plantas são afetadas primariamente pelas condições ambientais locais e pelas interações bióticas entre os indivíduos que compõe a comunidade de plantas. Como resultado, o desempenho de cada indivíduo é modificado, com grandes consequências sobre a dinâmica das populações e sobre a persistência da população de plantas em ambientes de pastejo. A persistência é baseada em estratégias morfológicas e fisiológicas de sobrevivência que visam assegurar a regeneração e perenização das plantas na área. A habilidade das plantas em sobreviver e crescer em sistemas de pastejo é definida como resistência ao pastejo (BRISKE, 1991). Esta pode ser gerada por meio de investimentos em dois tipos básicos de estratégias: escape e tolerância. As estratégias de escape consistem no desenvolvimento de mecanismos que favoreçam a redução da probabilidade e/ou severidade da desfolhação, e são baseadas em modificações morfológicas e na produção de compostos secundários que reduzem a aceitabilidade da planta pelos animais. Por outro lado, as estratégias de tolerância consistem no desenvolvimento de mecanismos que estimulam e/ou favoreçam o crescimento após desfolhação por meio do aumento da atividade de células meristemáticas (desenvolvimento dos diferentes tipos de meristemas) e de modificações fisiológicas de curto prazo (partição de fotoassimilados e aumento da fotossíntese) (McNAUGHTON, 1983; BOEGE; MARQUIS, 2005; BRISKE, 1986). No entanto, as modificações morfológicas e fisiológicas possuem um custo energético, razão pela qual os investimentos nas estratégias para geração de resistência ao pastejo (escape e tolerância) são baseados em relações de custo-benefício para as plantas. Segundo Coley (1986), a produção de compostos secundários está entre as respostas de resistência ao pastejo de maior custo para

a planta, uma vez que reduz sua taxa de crescimento e compromete sua habilidade competitiva.

Dessa forma, o desenvolvimento de mecanismos de escape, apesar de propiciar aumento de resistência ao pastejo, pode resultar em redução do potencial de crescimento e de produção da planta forrageira, já que, normalmente, são feitos investimentos em compostos e componentes não diretamente ligados ao crescimento e regeneração da área foliar como acúleos, espinhos e compostos químicos secundários (BRISKE, 1996). Segundo Mauricio, Rausher e Burdick (1997), os mecanismos de escape e de tolerância não ocorrem simultaneamente porque ambos se correlacionam negativamente devido ao custo operacional. Estudos realizados por Fineblum e Rausher (1995) utilizando *Ipomoea purpurea* (L.) (corda-de-viola) demonstraram que a correlação negativa existente entre os dois tipos de mecanismos induz à seleção evolucionária para ocorrência de um ou outro mecanismo predominantemente, mas nunca de ambos simultaneamente. Nesse contexto, acredita-se que existam diferentes tipos de mecanismos de resistência ao pastejo ao longo da ontogenia da planta e durante o processo de regeneração da área foliar após eventos de desfolhação, uma vez que a alocação de recursos disponíveis é influenciada pelo aumento do tamanho da planta e pelas mudanças funcionais prioritárias ao longo de seus diferentes estádios de desenvolvimento (WEINER, 2004).

A resistência ao pastejo é maximizada quando o custo da resistência se aproxima do benefício da mesma. Em algum ponto, o custo ultrapassa o benefício e, dessa forma, as plantas nunca se tornam completamente resistentes ao pastejo (PIMENTEL, 1988). Assim, o conhecimento dos limites de resistência ao pastejo assume importante papel nas diversas práticas de manejo. A existência de limites de plasticidade tanto de indivíduos quanto da população de plantas indica a necessidade de seu conhecimento para que metas adequadas de manejo do pastejo possam ser definidas sem gerar o risco de colapso da população de plantas e degradação da pastagem. Nesse sentido, plantas que desenvolvem estratégias adaptativas de melhor custo-benefício possuem vantagem competitiva quando comparadas às demais. Segundo De Kroons e Hutchings (1995), plantas que possuem hábito de crescimento prostrado como aquelas que desenvolvem rizomas e estolões possuem alta capacidade de exploração de espaços com disponibilidade de recursos. A alta capacidade de alongamento dos entrenós, a intensificação de ramificação lateral assim como o posicionamento de meristemas próximo da superfície do solo são características que conferem a essas plantas grande potencial competitivo.

2.4.1 Habilidade competitiva

Competição é a interação entre indivíduos em uma comunidade de plantas induzida pela necessidade de dividir recursos limitados que resulta na redução do número de sobreviventes e/ou no crescimento dos indivíduos envolvidos (BEGON; HAPER; TOWNSEND, 1986). O estado de competição é estabelecido pela presença de indivíduos “vizinhos” sendo capaz de modificar o ambiente local e desencadear respostas plásticas tanto em nível modular quanto de população de plantas. A baixa qualidade do ambiente luminoso, representada pelo aumento na proporção da radiação vermelho distante (VD) na luz incidente, é um sinal que indica a presença de plantas vizinhas e desencadeia ajustes morfológicos para otimização da captura de recursos, no caso do fator de crescimento luz. Essas respostas são consideradas como mecanismos de escape (LOTSCHER; NOSBERGER, 1996, 1997). Segundo Thompson (1995), a qualidade do ambiente luminoso detectado em torno de pecíolos e nós de *Trifolium repens* L. (trevo branco) induz respostas regulatórias no alongamento de pecíolos e dos entrenós. Lotscher e Nosberger (1997) investigaram o efeito da qualidade do ambiente luminoso em plantas de trevo branco e verificaram aumento no tamanho de folhas e pecíolos e redução de enraizamento nos nós de plantas submetidas a ambientes sombreados. Os autores observaram efeito indireto da qualidade da luz sobre o desenvolvimento de ramificações por meio da redução do número de pontos de enraizamento. Estolões com nós enraizados proporcionaram maior desenvolvimento de ramificações que estolões com ausência de nós enraizados. Nessas condições, os recursos foram alocados prioritariamente para aumento do tamanho das folhas, pecíolos e entrenós em detrimento da formação de raízes e segmentação das plantas, sugerindo uma forma de exploração horizontal da área na busca por *patches* com melhores condições de luz.

O principal componente estrutural da comunidade de plantas sensível às adaptações morfológicas é o índice de área foliar do dossel forrageiro (IAF) (LEMAIRE; CHAPMAN, 1996). Uma população de plantas reestabelece o IAF modificando a densidade populacional de indivíduos, o número de folhas vivas por indivíduo e o tamanho de cada folha (MATTHEW et al., 2000). Dentre essas características, a densidade populacional de indivíduos é aquela que permite à comunidade de plantas a maior flexibilidade de ajuste aos diferentes regimes de desfolhação, uma vez que normalmente o número de folhas por indivíduo é relativamente estável para cada espécie/cultivar e o tamanho da folha é resultado do processo de desfolhação imposto às plantas (MATTHEW et al., 2000). As gramíneas forrageiras possuem capacidade de ajustar a população de plantas de acordo com a

disponibilidade de recursos variando a densidade populacional e o tamanho dos indivíduos da população (perfilhos), fato constatado para espécies tanto de clima temperado (WESTOBY, 1984; MATTHEW et al., 1995; DUCHINI et al., 2013) como tropical (SBRISSIA et al., 2003, 2008, 2010). Esta capacidade é conhecida como mecanismo de compensação tamanho x densidade populacional de perfilhos (MATTHEW et al., 1995). Dentro dos limites de resistência das plantas esse mecanismo opera e assegura a área foliar da comunidade de plantas (lotação contínua) e/ou sua regeneração (lotação intermitente), favorecendo a persistência e a competitividade da população. Para leguminosas esse tipo de mecanismo compensatório e sua relação com o crescimento, desenvolvimento e resistência das plantas ao pastejo são pouco conhecidos, porém central para que práticas de manejo possam ser idealizadas e utilizadas de forma semelhante ao que é feito com as gramíneas forrageiras. Para leguminosas estoloníferas e rizomatosas, a perenidade da pastagem depende da reposição das plantas mortas por via vegetativa, uma vez que é o mecanismo mais eficiente e desejável para assegurar a persistência das leguminosas forrageiras nas pastagens, além de conferir a elas compatibilidade funcional de crescimento com um grande número de espécies de gramíneas forrageiras (ANDRADE, 2010).

2.4.2 Interdependência clonal

Para melhor compreensão das relações entre indivíduos em populações de plantas clonais fisiologicamente integradas, a literatura divide os indivíduos da população em *genet* e *ramet*. *Genet* corresponde ao conjunto formado pelo genótipo parental (“estolão pai”) e seus ramos conectados (“estolões filhos”) em diferentes graus hierárquicos. *Ramet* corresponde aos estolões individuais ou unidades de crescimento clonal e suas subunidades morfológicas (folhas, pecíolos e colmos) como unidade modular. Esse tipo de divisão caracteriza a planta como sendo formada por um conjunto de módulos.

Em plantas, somente espécies clonais são capazes de dividir recursos entre seus indivíduos. Essa divisão é feita por meio da continuidade vascular entre dois ou mais *ramets* em um único *genet* (PITELKA; ASHMUN, 1985), por onde ocorre o transporte de água, assimilados e nutrientes (ALPERT, 1996) caracterizando uma integração fisiológica entre as unidades clonais envolvidas. Contudo, a existência dessa conexão não implica necessariamente na existência de transmissão de recursos. Segundo Grace e Wetzel (1981), plantas clonais exibem grande plasticidade fenotípica, podendo iniciar ou finalizar a translocação de recursos em conformidade com o tempo e com a distribuição dos recursos

abióticos. Em ambientes naturais a divisão de recursos é estabelecida quando um ou mais fatores limitam o crescimento (BLOOM et al., 1985). Contudo, o padrão de divisão de recursos parece estar condicionado à disponibilidade de recursos internos e externos e ao estágio de maturidade dos clones. Dessa forma, a divisão de recursos entre clones parece variar com as características de cada habitat e com o estágio de desenvolvimento de indivíduos que compõe a comunidade de plantas. Essas relações são baseadas em uma moeda única de referência, a relação custo-benefício da integração fisiológica, que serve também para caracterizar diferenças entre habitats.

Um modelo conceitual sobre as vantagens e desvantagens da transferência de recursos em diferentes habitats foi postulado por Alpert (1999). O modelo indica que em ambientes relativamente uniformes, as áreas ocupadas teriam níveis similares de recursos externos disponíveis. Nesse caso, dois *ramets* maduros possuiriam a mesma capacidade de captar recursos e teriam o mesmo fornecimento de recursos internos. Se o crescimento de plantas é determinado pela disponibilidade de recursos, os *ramets* deveriam obter o mesmo nível de crescimento desde que não houvesse divisão dos recursos. Assumindo que a transferência de recursos não modificaria a capacidade de captar recursos abióticos, qualquer transferência poderia fazer com que o desempenho dos *ramets* fosse diferente, aumentando o desempenho do *ramet* importador em detrimento do *ramet* exportador. Por outro lado, em ambientes heterogêneos os nichos ocupados apresentariam diferentes disponibilidades de recursos. Nesses casos, os *ramets* maduros teriam maior disponibilidade de recursos relativamente aos mais jovens. Assumindo que a transferência de recursos ocorre daqueles com maior para aqueles com menor disponibilidade de recursos, a transferência faria com que o desempenho dos ramos conectados fosse semelhante, diferentemente do desempenho daqueles em ambientes uniformes.

Para elucidação do padrão de transferência de recursos em plantas clonais, Alpert (1999) submeteu clones de *Fragaria chiloensis* (L.) (plantas de morango) com e sem conexões entre os *ramets* a diferentes níveis de luminosidade em ambientes uniformes e heterogêneos. Em todos os clones, *ramets* sombreados apresentaram maior crescimento quando conectados a *ramets* não sombreados. Isso evidenciou a importação de assimilados de *ramets* sombreados daqueles não sombreados. O efeito da integração fisiológica foi mais pronunciado em ambientes heterogêneos do que em ambientes uniformes. Outros estudos realizados por Alpert e Mooney (1986), com a mesma espécie *Fragaria chiloensis* (L.), demonstraram que clones jovens receberam água e nutrientes de clones maduros, mas se

tornaram autossuficientes na produção de assimilados assim que se estabeleceram e a integração fisiológica deixou de existir. Esse tipo de translocação de recursos assume papel importante durante o processo de iniciação dos clones. Espécies clonais que se propagam vegetativamente acima do solo, como as estoloníferas, possuem desenvolvimento tardio de raízes se comparado ao desenvolvimento da sua parte aérea. Birch e Hutchings (1992) afirmaram que os nós são incapazes de emitir raízes e as raízes incapazes de penetrar no solo antes que o entrenó esteja completamente alongado. Isso implica que a translocação de água, nutrientes e assimilados faz-se necessária para o desenvolvimento inicial de folhas e meristemas, sendo realizada por meio da integração fisiológica entre *ramets* jovens e maduros (PRICE; MARSHALL; HUTCHINGS, 1992).

Um importante processo que compõe o padrão de interdependência clonal é o processo de desintegração física ou segmentação. Esse processo é caracterizado pelo rompimento das conexões entre *ramets* causado pela morte da parte basal de estolões mais velhos. A segmentação origina novas unidades contendo um ou mais *ramets* conectados, que se distinguem quanto ao grau de interdependência fisiológica (BIRCH; HUNTCHINGS, 1994). Segundo De Kroon e Schieving (1991), o alongamento dos entrenós e a multiplicação das unidades autônomas favorecem a exploração e adaptação de algumas espécies a novas áreas com escassez de recursos. Assim que locais com alta disponibilidade de recursos são localizados, é mais vantajoso para o *ramet* se desintegrar fisicamente do que persistir apoiado em uma prolongada integração (SLADE; HUTCHINGS, 1987). Nesse sentido, entende-se que a segmentação reduz o risco de morte dos *genets*. Wijesinghe (1994) afirmou que o desenvolvimento da autonomia fisiológica de *ramets* em espécies com capacidade de propagação radial confere sobrevivência aos *ramets* após perturbação do equilíbrio do dossel (e.g. estresse abiótico e eventos de desfolhação). Hartnett e Bazzaz (1983) relataram que em menos de um ano *ramets* de *Solidago canadensis* (L.) se tornaram independentes de *ramets* mais velhos em conformidade com as estações do ano. A segmentação predomina tanto em ambientes sujeitos a altas frequências de perturbação do equilíbrio quanto em condições em que o custo da integração fisiológica supera o benefício da mesma.

A independência do *ramet* parece oscilar em função do tamanho do *ramet* parental e da qualidade dos recursos disponíveis na área em que tanto o *ramet* “pai” quanto o “filho” ocupam. Contudo, a segmentação está associada à magnitude de variação temporal e espacial dos nichos ocupados pelos *ramets* e pelas oscilações climáticas inerentes às estações do ano. A desintegração física pode evitar que doenças sistêmicas se espalhem por todos os clones do setor (HUTCHINGS; BRADBURY, 1986), além de reduzir a permanência de clones em áreas

com baixa disponibilidade de recursos, aumentado a velocidade de colonização desses clones em ambientes favoráveis ao crescimento (SLADE; HUTCHINGS, 1987).

2.5 Modelo conceitual

Com base no exposto, foi elaborado um modelo conceitual para a visualização das respostas desenvolvidas pelas plantas quando submetidas a intensidades de desfolhação ou pastejo. A desfolhação modifica a área foliar dos pastos e, conseqüentemente, altera o ambiente luminoso. O ponto chave da regeneração da área foliar e retomada do equilíbrio fotossintético é o aparecimento de folhas. O aparecimento de folhas influencia diretamente a densidade populacional de pontos de crescimento, o tamanho final das folhas e o número de folhas por estolão. Por meio do “site filling”, do crescimento radial e da alta capacidade que plantas estoloníferas possuem de alongar o entrenó, as gemas são posicionadas em locais favoráveis ao crescimento favorecendo o desenvolvimento de ramificações que, por sua vez, dependem do enraizamento de nós para acelerarem o crescimento e se tornarem independentes fisiologicamente.

Figura 1 - Modelo conceitual do desenvolvimento do amendoim forrageiro cv. Belmonte

2.6 Hipótese

Intensidades de desfolhação determinam alterações de forma e função nas plantas forrageiras que, por sua vez, definem e caracterizam estratégias de sobrevivência e limites de resistência ao pastejo. Intensidades de pastejo mais severas induzem o desenvolvimento de respostas morfogênicas que suportam o balanço negativo de carbono, garantindo a persistência da espécie. Essas respostas podem variar ao longo do ano em função da variação na abundância de fatores de crescimento, sugerindo alternância de estratégias desenvolvidas pelas plantas que melhor se adaptam às condições vigentes para uso e manejo. Nesse sentido, avaliações das respostas morfogênicas e estruturais deverão contribuir para o conhecimento dos limites e plasticidade de uso do amendoim forrageiro, fornecendo subsídios para orientar seu manejo.

2.7 Objetivos

Descrever e caracterizar as respostas morfogênicas e a dinâmica da população do amendoim forrageiro (*Arachis pintoi* cv. Belmonte) submetido a intensidades de pastejo sob lotação contínua.

2.8 Objetivos específicos

- 1- Descrever a morfologia do amendoim forrageiro cv. Belmonte
- 2- Desenvolver metodologia adequada à caracterização do aparecimento e desenvolvimento foliar em amendoim forrageiro
- 3- Avaliar as respostas morfogênicas e a dinâmica de populações e sua possível relação com a caracterização de estratégias de sobrevivência e perenização em amendoim forrageiro
- 4- Avaliar o efeito de condições contrastantes de disponibilidade de fatores climáticos de desenvolvimento (épocas do ano) sobre os padrões de crescimento e desenvolvimento do amendoim forrageiro

Referências

ALPERT, P. Nutrient sharing in natural clonal fragments of *Fragaria chiloensis*. **Journal of Ecology**, London, v. 84, n. 3, p. 395-406, 1996.

_____. Clonal integration in *Fragaria chiloensis* differs between populations: ramets from grassland are selfish. **Oecologia**, Berlin, v. 120, n. 1, p. 69-76, 1999.

ALPERT, P.; MOONEY, H.A. Resource sharing among ramets in the clonal herb, *Fragaria chiloensis*. **Oecologia**, Berlin, v. 70, n. 2, p. 227-233, 1986.

ANDRADE, C.M.S. Produção de ruminantes em pastos consorciados. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 5., 2010, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 2010. p. 171-214.

ANDRADE, E.A. **Consumo de forragem, desempenho animal e emissão de metano entérico por bovinos em pastos de capim-elefante anão com ou sem acesso a amendoim forrageiro**. 2013. 57 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2013.

ARGEL, P.J. Regional experience with forage *Arachis* in Central America and Mexico. In: KERRIDGE, P.C.; HARDY, B. (Ed.). **Biology and agronomy of forage *Arachis***. Cali: CIAT, 1994. chap. 12, p. 43-52.

BABILÔNIA, J.L. **Pastagens consorciadas, estoques de carbono e nitrogênio, produtividade e persistência de leguminosas**. 2013. 160 p. Tese (Doutorado em Produção e Nutrição de Ruminantes) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.

BALLARÉ, C.L. Keeping up with the neighbours: phytochrome sensing and other signalling mechanisms. **Trends in Plant Science**, Oxford, v. 4, n. 3, p. 97-102, 1999.

BEN-HAJ-SALAH, H.; TARDIEU, F. Temperature affects expansion rate of maize leaves without change in spatial distribution of cell length (analysis of the coordination between cell division and cell expansion). **Plant Physiology**, Waterbury, v. 109, n. 3, p. 861-870, 1995.

BERNDT, A. Impacto da pecuária de corte brasileira sobre os gases do efeito estufa. In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 7., 2010, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 2010. p. 1-28.

BIRCH, C.P.D.; HUTCHINGS, M.J. Analysis of ramet development in the stoloniferous herb *Glechoma hederacea* using a plastochron index. **Oikos**, Copenhagen, v. 63, n. 3, p. 387-394, 1992.

_____. Exploitation of patchily distributed soil resources by the clonal herb *Glechoma hederacea*. **Journal of Ecology**, London, v. 82, n. 3, p. 653-664, 1994.

BLOOM, A.J.; CHAPIN, F.S.; MOONEY, H.A. Resource limitation in plants: an economic analogy. **Annual Review of Ecology and Systematics**, Palo Alto, v. 16, p. 363-392, 1985.

BOEGE, K; MARQUIS, R.J.F. herbivory as you grow up: the ontogeny of resistance in plants. **Trends in Ecology & Evolution**, Cambridge, v. 20, n. 8, p. 441-448, 2005.

BRISKE, D.D. Plant response to defoliation: morphological considerations and allocation priorities. In: JOSS, P.J.; LYNCH, P.W.; WILLIAMS, O.B. (Ed.). **Rangelands: a resource under siege**. Cambridge: Cambridge University Press, 1986. p. 425-427.

_____. Developmental morphology and physiology of grasses. In: HEITSCHMIDT, R.K.; STUTH, J.W. (Ed.). **Grazing management**. Portland: Timber Press, 1991. chap. 4, p. 85-108.

_____. Strategies of plant survival in grazed systems: A functional interpretation. In: HODGSON, J.; ILLIUS, A.W. (Eds.). **The ecology and management of grazing systems**. London: CAB International, 1996. p. 37-67.

BRISKE, D.D.; RICHARDS, J.H. Plant responses to defoliation: a physiological, morphological and demographic evaluation. In: BEDUNAH, D.J.; SOSEBEE, R.E. (Ed.). **Wildland plants: physiological ecology and developmental morphology**. Denver: Society for Range Management, 1995. p. 635-710.

CARVALHO, A.D.; BUSTAMANTE, M.D.C.; KOZOVITS, A.R.; MIRANDA, L.D.; VIVALDI, L.J.; SOUSA, D.M.D. Emissão de óxidos de nitrogênio associada à aplicação de ureia sob plantio convencional e direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 4, p. 679-685, 2006.

COLEY, P.D. Costs and benefits of defense by tannins in a neotropical tree. **Oecologia**, Berlin, v. 70, n. 2, p. 238-241, 1986.

COSGROVE, D.J. Cell wall loosening by expansins. **Plant Physiology**, Waterbury, v. 118, n. 2, p. 333-339, 1998.

_____. Expansive growth of plant cell walls. **Plant Physiology and Biochemistry**, Amsterdam, v. 38, n. 1, p. 109-124, 2000.

CREBER, H.M.C.; DAVIES, M.S.; FRANCIS, D. Effects of temperature on cell division in root meristems of natural populations of *Dactylis glomerata* of contrasting latitudinal origins. **Environmental and experimental botany**, Elmsford, v. 33, n. 3, p. 433-442, 1993.

DALE, J.E. The control of leaf expansion. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v. 39, n. 1, p. 267-295, 1988.

DE KROON, H.; HUTCHINGS, M.J. Morphological plasticity in clonal plants: the foraging concept reconsidered. **Journal of Ecology**, London, v. 83, n. 1, p. 143-152, 1995.

DE KROON, H.; SCHIEVING, F. Resource allocation patterns as a function of clonal morphology: a general model applied to a foraging clonal plant. **The Journal of Ecology**, London, v. 79, n. 2, p. 519-530, 1991.

DUCHINI, P.G.; GUZATTI, G.C.; RIBEIRO FILHO, H.M.N.; SBRISSIA, A.F. Tiller size/density compensation in temperate climate grasses grown in monoculture or in intercropping systems under intermittent grazing. **Grass and Forage Science**, Oxford, v. 69, n. 4, p. 655-665, 2013.

FINEBLUM, W.L.; RAUSHER, M.D. Tradeoff between resistance and tolerance to herbivore damage in a morning glory. **Nature**, London, v. 377, n. 6549, p. 517-520, 1995.

FISHER, M.J.; CRUZ, P. Some ecophysiological aspects of *Arachis pintoi*. In: KERRIDGE, P.C.; HARDY, B. (Ed.). **Biology and agronomy of forage Arachis**. Cali: CIAT, 1994. chap. 5, p. 53-70.

FRANKLIN, K.A. Shade avoidance. **New Phytologist**, Lancaster, v. 179, n. 4, p. 930-944, 2008.

FRASER, T.E.; SILK, W.K.; ROST, T.L. Effects of low water potential on cortical cell length in growing regions of maize roots. **Plant Physiology**, Waterbury, v. 93, n. 2, p. 648-651, 1990.

GALLAGHER, J.N. Field studies of cereal leaf growth I. Initiation and expansion in relation to temperature and ontogeny. **Journal of Experimental Botany**, Lancaster, v. 30, n. 4, p. 625-63

GANDAR, P.W.; HALL, A.J. Estimating position-time relationships in steady-state, one-dimensional growth zones. **Planta**, London, v. 175, n. 1, p. 121-129, 1988.

GONÇALVES, C.A.; COSTA, N.L. Avaliação agronômica de *Brachiaria humidicola* em consorciação com leguminosas forrageiras tropicais em Rondônia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 23, n. 5, p. 699-708, 1994.

GRACE, J.B.; WETZEL, R.G. Phenotypic and genotypic components of growth and reproduction in *Typha latifolia*: experimental studies in marshes of differing successional maturity. **Ecology**, Washington, v. 62, n. 3, p. 789-801, 1981.

GRANIER, C.; TARDIEU, F. Spatial and temporal analyses of expansion and cell cycle in sunflower leaves a common pattern of development for all zones of a leaf and different leaves of a plant. **Plant Physiology**, Stanford, v. 116, n. 3, p. 991-1001, 1998.

HARRISON, J.; NICOT, C.; OUGHAM, H. The effect of low temperature on patterns of cell division in developing second leaves of wild-type and slender mutant barley (*Hordeum vulgare* L.). **Plant, Cell and Environment**, Logan, v. 21, n. 1, p. 79-86, 1998.

HARTNETT, D.C.; BAZZAZ, F.A. Physiological integration among intraclonal ramets in *Solidago canadensis*. **Ecology**, Washington, v. 64, n. 4, p. 779-788, 1983.

HAY, R.K.M.; WILSON, G.T. Leaf appearance and extension in field-grown winter wheat plants: the importance of soil temperature during vegetative growth. **The Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 99, n. 2, p. 403-410, 1982.

HOWDEN, S.M.; REYENGA, P.J. Methane emissions from Australia livestock: implications of Kyoto Protocol. **Australian Journal of Agricultural Research**, Collingwood, v. 50, p. 1285-1291, 1999.

HOWIESON, J.G.; YATES, R.J.; FOSTER, K.J.; REAL, D.; BESIÉ, R.B. Prospects for the future use of legumes. In: DILWORTH, M.J.; JAMES, E.K.; SPRENT, J.I.; NEWTON, W.E. (Ed.). **Nitrogen-fixing leguminous symbioses**. Dordrecht: Springer, 2008. chap. 12, p. 363-394.

HUTCHINGS, M.J.; BRADBURY, I.K. Ecological perspectives on clonal perennial herbs. **BioScience**, Oxford, v. 36, n. 3, p. 178-182, 1986.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. The science of climate change. In: HOUGHTON, J.T.; MEIRA FILHO, L.G.; CALLANDER, B.A.; HARRIS, N.; KATTENBERG, A.; MASKELL, K. (Ed.). **Climate change 1995**. Cambridge: Cambridge University Press, 1996. p. 22.

LASCANO, C.E. Nutritive value and animal production of forage *Arachis*. In: KERRIDGE, P.C.; HARDY, B. **Biology and agronomy of forage *Arachis***. Cali: CIAT, 1994. chap. 10, p. 109-121.

LEDGARD, S.F., STEELE, K.W. Biological nitrogen fixation in mixed legume/grass pastures. **Plant and Soil**, The Hague, v. 141, n. 1/2, p. 137-154, 1992.

LEMAIRE, G.; CHAPMAN, D. Tissue flows in grazed plant communities. In: HODGSON, J.; ILLIUS, A.W. (Ed.). **The ecology and management of grazing systems**. Wallingford: CAB International, 1996. p. 3-36.

LIMA, L.A.; PINTO, J.C.; EVANGELISTA, A.R.; SANTANA, R.A.V. **Amendoim forrageiro (*Arachis pinto* Krapov. & Greg)**. UFLA; CNPq, 2003. Disponível em: <http://www.editora.ufla.br/Boletim/pdf_extensao/bol01.pdf>. Acesso em: 20 out. 2014.

LIZ, D.M. **Consumo de forragem e desempenho de bovinos com dois tempos de acesso à área de leguminosa tropical**. 2014. 53 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2014.

LOPES DE SÁ, O.A.A.; LARA, M.A.S.; EVANGELISTA, A.R.; BERNARDES, T.F.; CASAGRANDE, D.R. Estimates of the leaf area of forage peanut for use in morphogenetic assessment. **Grass and Forage Science**, Oxford, 2014. doi: 10.1111/gfs.12128. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/gfs.12128/full>>. Acesso em: 18 out. 2014.

LÓPEZ-BUCIO, J.; CRUZ-RAMÍREZ, A.; HERRERA-ESTRELLA, L. The role of nutrient availability in regulating root architecture. **Current Opinion in Plant Biology**, Cambridge, v. 6, n. 3, p. 280-287, 2003.

LÖTSCHER, M.; NÖSBERGER, J. Influence of position and number of nodal roots on outgrowth of axillary buds and development of branches in *Trifolium repens* (L.). **Annals of botany**, Exeter, v. 78, n. 4, p. 459-465, 1996.

_____. Branch and root formation in *Trifolium repens* is influenced by the light environment of unfolded leaves. **Oecologia**, Berlin, v. 111, n. 4, p. 499-504, 1997.

MATTHEW, C.; ASSUERO, S.G.; BLACK, C.K.; SACKVILLE-HAMILTON, N.R. Tiller dynamics of grazed sward. In: LEMAIRES, G.; HODGSON, J.; MORAES, A.; CARVALHO, P.C.F.; NEBINGER, C. (Ed.) **Grassland ecophysiology and grazing ecology**. Wallingford: CABI Publ., 2000. chap. 7, p. 127-150.

MATTHEW, C.; LEMAIRES, G.; HAMILTON, N.R.S.; HERNANDEZ-GARAY, A.H. A modified self-thinning equation to describe size/density relationships for defoliated swards. **Annals of botany**, Oxford, v. 76, n. 6, p. 579-587, 1995.

MAURICIO, R.; RAUSHER, M.D.; BURDICK, D.S. Variation in the defense strategies of plants: are resistance and tolerance mutually exclusive? **Ecology**, Washington, v. 78, n. 5, p. 1301-1311, 1997.

MCNAUGHTON, S.J. Serengeti grassland ecology. In: the role of composite environmental factors and contingency in community organization. **Ecological Monographs**, Ithaca, v. 53, n. 3, p. 291-320, 1983.

MIRANDA, C.H.B.; VIEIRA, A.; CADISH, G. Determinação da fixação biológica de nitrogênio no amendoim forrageiro (*Arachis* spp.) por intermédio da abundância natural de ¹⁵N. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 32, n. 6, p. 1859-1865, 2003. Suplemento 2.

MONTENEGRO, R.; PINZÓN, B. **Maní forrajero (*Arachis pintoi* Krapovickas & Gregory)**: una alternativa para el sostenimiento de la ganaderia en Panamá. Panamá: IDIAP, 1997. 20 p.

PAGANELLA, M.B.; VALLS, J.F.M. Caracterização morfo-agronômica de cultivares de acessos selecionados de *Arachis pintoi* Krapov. E Gregory. **Pasturas Tropicales**, Cali, v. 24, n. 2, p. 23-30, 2002

PEACOCK, J.M. Temperature and leaf growth in *Lolium perenne*. II. The site of temperature perception. **Journal of Applied Ecology**, Oxford, v. 12, n. 1, p. 115-123, 1975.

PEREIRA, J.M.; TARRÉ, R.M.; MACEDO, R. Productivity of *Brachiaria humidicola* pastures in the Atlantic forest region of Brazil as affected by stocking rate and the presence of a forage legume. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Ithaca, v. 83, n. 2, p. 179-196, 2009.

PIMENTEL, D. Herbivore population feeding pressure on plant hosts: feedback evolution and host conservation. **Oikos**, Copenhagen, v. 53, n. 3, p. 289-302, 1988.

PITELKA, L.F.; ASHMUN, J.W. Physiology and integration of ramets in clonal plants. In: JACKSON, J.B.C.; BUSS, L.W.; COOK, R.E. (Ed.). **Population biology of clonal organisms**. New Haven: Yale University Press, 1985. chap. 2, p. 399-436.

PRICE, E.A.C.; MARSHALL, C.; HUTCHINGS, M.J. Studies of growth in the clonal herb *Glechoma hederacea*. I. Patterns of physiological integration. **Journal of Ecology**, London, v. 80, n. 1, p. 25-38, 1992.

RAYLE, D.L.; CLELAND, R.E. The acid growth theory of auxin-induced cell elongation is alive and well. **Plant Physiology**, Waterbury, v. 99, n. 4, p. 1271-1274, 1992.

RINCÓN, C.A.; CUESTA, M.P.A.; PEREZ, B.R.A.; LASCANO, C.E.; FERGUSON, J.E. **Maní forrajero perenne (*Arachis pintoi* Krapovickas & Gregory)**: una alternativa para ganaderos y agricultores. Bogotá: Instituto Colombiano Agropecuario, 1992. 23 p. (Boletín Técnico, 219).

ROBERTSON, G.P. Fluxes of nitrous oxide and other nitrogen trace gases from intensively managed landscapes. In: HARPER, L.A.; MOSIER, A.R.; DUXBURY, J.M.; ROLSTON, D.E. (Ed.). **Agroecosystem**: effects on radiatively important trace gases and global climate change. Madison: ASA, 1993. p. 95-108. (Special Publication, 55).

SANTOS, R.F.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológicos e fisiológicos das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 2, n. 3, p. 287-294, 1998.

SBRISSIA, A.F.; DA SILVA, S.C. Compensação tamanho/densidade populacional de perfilhos em pastos de capim-marandu. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, n. 1, p. 35-47, 2008.

SBRISSIA, A.F.; DA SILVA, S.C.; MATTHEW, C.; CARVALHO, C.A.B.D.; CARNEVALLI, R.A.; PINTO, L.F.D.M.; PEDREIRA, C.G.S. Tiller size/density compensation in grazed Tifton 85 bermudagrass swards. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 12, p. 1459-1468, 2003.

SBRISSIA, A.F.; DA SILVA, S.C.; SARMENTO, D.O.; MOLAN, L.K.; ANDRADE, F.M.; GONÇALVES, A.C.; LUPINACCI, A.V. Tillering dynamics in palisade grass swards continuously stocked by cattle. **Plant Ecology**, Perth, v. 206, n. 2, p. 349-359, 2010.

SIMPSON, C.E.; VALLS, J.F.M.; MILES, J.W. Reproductive biology and potential for genetic recombination in *Arachis*. In: KERRIDGE, P.C.; HARDY, B. (Ed.). **Biology and agronomy of forage *Arachis***. Cali: CIAT, 1994. chap. 4, p. 43-52.

SKINNER, R.H.; NELSON, C.J. Epidermal cell division and the coordination of leaf and tiller development. **Annals of Botany**, Oxford, v. 74, n. 1, p. 9-16, 1994.

SLADE, A.J.; HUTCHINGS, M.J. The effects of light intensity on foraging in the clonal herb *Glechoma hederacea*. **The Journal of Ecology**, London, v. 75, n. 3, p. 639-650, 1987.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

THOMAS, R.J. The role of the legume in the nitrogen cycle of productive and sustainable pastures. **Grass and Forage Science**, Oxford, v. 47, n. 2, p. 133-142, 1992.

_____. Role of legumes in providing N for sustainable tropical pasture legumes. **Plant and Soil**, The Hague, v. 174, n. 1/2, p. 103-118, 1995.

THOMPSON, L. Sites of photoperception in white clover. **Grass and Forage Science**, Oxford, v. 50, n. 3, p. 259-262, 1995.

TISDALE, S.L.; NELSON, W.L.; BEATON, J.D. **Soil fertility and fertilizers**. 4th ed. London: Collier Macmillan, 1985. 754 p.

TOWNSEND, C.R.; BEGON, M.; HARPER, J.L. The nature of the community. In: _____. **Ecology: individuals, populations and community**. Oxford: Blackwell, 1986. p. 591-628.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Evaluating ruminant livestock efficiency projects and programs**. Washington: EPA, 2000. 48 p.

VALENTIM, J.F.; ANDRADE, C.M.S. Perspectives of grass-legume pastures for sustainable animal production in the tropics. In: REUNIÃO ANNUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40., 2004, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: SBZ, 2004. p. 142-154.

VALENTIM, J.F.; ANDRADE, C.M.S.; AMARAL, E.F. Soluções tecnológicas para o problema da morte de pastagens de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu na Amazônia. In: ENCONTRO INTERNACIONAL DE NEGÓCIOS DA PECUÁRIA, 5., 2004, Cuiabá. **Anais...** Cuiabá: FAMATO, 2004. 1 CD-ROM.

VALENTIM, J.F.; CARNEIRO, J.C.; SALES, M.F.L. **Amendoim forrageiro cv. Belmonte:** leguminosa para a diversificação das pastagens e conservação do solo no Acre. Rio Branco: Embrapa Acre, 2001. 18 p. (Circular Técnica, 43).

VALENTIM, J.F.; CARNEIRO, J.C.; VAZ, F.A.; SALES, M.F.L. **Produção de mudas de *Arachis pintoi* cv. Belmonte no Acre.** Rio Branco: Embrapa Acre, 2000. 4 p. (Instruções Técnicas, 33).

VALLS, J.F.M.; PIZARRO, E.A. Collection 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.

VALLS, J.F.M.; SIMPSON, C.E. Taxonomy, natural distribution and attributes of *Arachis*. In: KERRIDGE, P.C.; HARDY, B. (Ed.). **Biology and agronomy of forage *Arachis*.** Cali: CIAT, 1994. chap. 1, p. 1-18.

VAN VOLKENBURGH, E.; CLELAND, R.E. Separation of cell enlargement and division in bean leaves. **Planta**, London, v. 146, n. 2, p. 245-247, 1979.

_____. Proton excretion and cell expansion in bean leaves. **Planta**, London, v. 148, n. 3, p. 273-278, 1980.

WEIGEL, D.; JÜRGENS, G. Stem cells that make stems. **Nature**, London, v. 415, n. 6873, p. 751-754, 2002.

WEINER, J. Allocation, plasticity and allometry in plants. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, Zurich, v. 6, n. 4, p. 207-215, 2004.

WERNER, D.; NEWTON, W.E. **Nitrogen fixation in agriculture, forestry, ecology, and the environment.** Dordrecht: Springer, 2005. v. 4, 347 p.

WESTOBY, M. The self-thinning rule. **Advances in Ecological Research**, Oxford, v. 14, p. 41-76, 1984.

WHITNEY, A.S.; KANEHIRO, Y. Pathways of nitrogen transfer in some tropical legume-grass association. **Agronomy Journal**, Madison, v. 59, n. 6, p. 585-588, 1987.

WIJESINGHE, D.K. Temporal and structural components of ramet independence in the clonal perennial herb, *Potentilla simplex*. **Journal of Ecology**, London, v. 82, n. 1, p. 13-20, 1994.

3 TÉCNICAS E MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE AMENDOIM FORRAGEIRO (*ARACHIS PINTOI* KRAPPOVICKAS & GREGORY CV. BELMONTE) SUBMETIDO A INTENSIDADES DE PASTEJO SOB LOTAÇÃO CONTÍNUA

Resumo

A avaliação das características morfogênicas das plantas forrageiras possibilita o conhecimento e a compreensão de sua capacidade de adaptação a regimes de desfolhação e a variações estacionais na disponibilidade de fatores climáticos de crescimento. Contudo, os métodos normalmente empregados nesse tipo de estudo foram desenvolvidos para gramíneas, fazendo com que sua utilização para leguminosas seja dependente de adaptações e/ou ajustes particularmente relacionados com as diferenças morfológicas entre as folhas desses dois grupos de plantas forrageiras. O objetivo deste experimento foi analisar a morfologia e o processo de desenvolvimento das folhas de amendoim forrageiro cv. Belmonte com a finalidade de padronizar e adaptar a metodologia para avaliação de respostas morfogênicas de forma análoga ao que é feito para gramíneas forrageiras. O experimento foi composto de dois ensaios. No primeiro, foram utilizados dez estolões que tiveram suas folhas fotografadas em intervalos de doze horas e, após a edição das imagens, foram tomadas medidas de comprimento e largura dos quatro folíolos e comprimento do pecíolo. No segundo, o amendoim forrageiro foi submetido a quatro níveis de intensidade de pastejo (severo - S, moderado - M, leniente - L, e muito leniente - ML) representados pelas alturas de pasto de 5, 10, 15 e 20 cm mantidas constantes por meio de simulação de lotação contínua. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos completos casualizados com 4 repetições. Foram avaliadas as seguintes características: comprimento e largura do folíolo do par 1 (CMP1, LMP1) e do par 2 (CMP2, LMP2); relação comprimento/largura dos folíolos nos pares 1 e 2 (RP1 e RP2); tamanho final da folha (TFF) e razão entre área foliar dos folíolos determinada em aparelho integrador de área e área foliar calculada como produto entre comprimento e largura dos folíolos (fator de correção - FC). Foram identificados dez estágios de desenvolvimento das folhas para o amendoim forrageiro. Os estágios 0,2; 0,3; 0,4 e 1,0 foram considerados como referência para a definição do aparecimento das folhas, início das medições de comprimento e largura dos folíolos, início das medições de comprimento do pecíolo e final das avaliações de comprimento e de largura dos folíolos, respectivamente. A folha foi considerada expandida após a completa abertura dos folíolos e expansão do pecíolo. Os folíolos apresentaram simetria dentro dos pares, não havendo a necessidade de mensuração dos quatro folíolos, apenas de um dos folíolos de cada par. As intensidades de pastejo e as épocas do ano influenciaram o CMP1, CMP2, LMP1, LMP2, e o TFF, sendo que os maiores valores foram registrados para os tratamentos L e ML e durante as épocas de maior disponibilidade de fatores de crescimento (primavera e verão). Os valores de RP1 e RP2 foram maiores para as menores intensidades de pastejo (L e VL), fato que inviabilizaria o uso de somente uma das dimensões para estimativa da área foliar da forma como é feito para gramíneas forrageiras. O valor de FC não variou com o nível de intensidade de pastejo nem com a época do ano (média de 0,71), indicando que a área foliar pode ser determinada diretamente a partir das medidas de comprimento e largura dos folíolos.

Palavras-chave: Amendoim forrageiro; Técnicas experimentais; Morfogênese; Desenvolvimento foliar

Abstract

The evaluation of morphogenetic characteristics of forage plants generates knowledge and understanding of their adaptation to defoliation and to seasonal variations in availability of climatic growth factors. Methods normally used in studies of this nature, however, were developed for grasses, and are not readily applicable to legumes due to morphological differences between the two groups, mainly in leaves. The objective of this experiment was to evaluate the morphology and development of leaves in forage peanut cv. Belmonte and try to standardise experimental methods to evaluate its morphogenetic responses, similar to the protocol used for forage grasses. The experiment comprised two trials. In the first trial, leaves on ten individually marked stolons were photographed at 12-hour intervals and, after editing of the images, the length and the width of the four leaflets and the petiole length were measured. In the second, the forage peanut was subjected to four levels of grazing intensity (severe – S, moderate – M, lenient – L, and very lenient – VL) represented by the sward heights of 5, 10, 15 and 20 cm maintained constant by simulation of continuous stocking. The experimental design was a complete randomised block with four replications. The following response variables were evaluated: length and width of leaflets on pairs 1 (L1, W1) and 2 (L2, W2); length-to-width ratio of leaflets on pairs 1 and 2 (R1, R2); final leaf size (FLS); and ratio between leaflet area determined in a leaf area meter and leaflet area calculated as the product between leaflet length and width (correction factor – CF). Ten stages were identified during leaf development. The stages 0.2, 0.3, 0.4, and 1.0 were considered references for defining leaf appearance, starting point for measuring leaflet length and width, starting point for measuring petiole length, and end point for measuring leaflet length and width, respectively. A leaf was considered fully expanded when the leaflets were fully opened and the petiole fully extended. The leaflets were symmetrical within pairs, indicating that there was no need to measure all four leaflets in every evaluation, but only one leaflet of each pair. Grazing intensity and season of the year influenced L1, L2, W1, W2 and FLS, with greater values recorded for treatments L and VL, and during periods of greater availability of environmental growth factors (spring and summer). R1 and R2 were greater under less intense grazing (L and VL), indicating that the use of one dimension (length or width) to estimate leaflet area, as is normally done for forage grasses, is not adequate. The CF value did not vary with either grazing intensity or season of the year (mean = 0.71), indicating that leaflet and leaf area may be determined directly from measurements of leaflet length and width.

Keywords: Forage peanut; Experimental techniques; Morphogenesis; Leaf development

3.1 Introdução

O sucesso do manejo de plantas forrageiras em pastagens é fundamentado na compreensão das respostas adaptativas e dos limites de resistência ao pastejo desenvolvidos pela espécie, características essas determinantes de sua capacidade de manutenção e/ou restauração da área foliar. A formação da área foliar é resultado do processo de morfogênese das plantas, razão pela qual a análise das respostas morfogênicas permite a compreensão de características altamente sensíveis a fatores bióticos e abióticos que guiam a interpretação das estratégias de adaptação e plasticidade fenotípica dessas plantas. A metodologia e as técnicas de avaliações morfogênicas foram desenvolvidas para gramíneas (monocotiledôneas), cujas

folhas são simples, lanceoladas, não possuem pecíolo e apresentam um crescimento unidirecional característico. Por outro lado, as folhas das leguminosas (dicotiledôneas) são compostas, divididas em dois ou mais folíolos ligados ao colmo por meio do pecíolo. Devido a essas diferenças morfológicas entre as folhas de gramíneas e de leguminosas, a metodologia disponível para avaliação da dinâmica de renovação e crescimento da área foliar possui restrições para a aplicação direta em leguminosas, realçando a necessidade de ajustes e adaptações.

No amendoim forrageiro (*Arachis pintoi* (Krapov & W.C.Greg.) cv. Belmonte) (UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE - USDA, 2012), a folha é tetrafoliada, com os folíolos dispostos em dois pares e que se expandem em duas dimensões, comprimento e largura. O fato impossibilita que a mensuração e a expressão da taxa de crescimento foliar sejam feitas de forma linear como para as gramíneas (alongamento de folhas). Além dos folíolos se expandirem bidirecionalmente, os estágios de desenvolvimento das folhas, desde seu aparecimento até sua senescência, não são conhecidos, dificultando as avaliações de aparecimento, crescimento e senescência foliar.

Em gramíneas, os processos de multiplicação e expansão celular durante o desenvolvimento das folhas ocorrem de forma separada no tempo e no espaço, tornando as avaliações de crescimento mais simples. Em leguminosas, não há separação espaço-temporal, fazendo com que os processos de multiplicação e divisão celular ocorram simultaneamente e em todas as zonas de crescimento das folhas, dificultando o estudo da expansão foliar (GRANIER; TARDIEU, 1998). Segundo Van Volkenburgh e Cleland (1979), esse padrão de crescimento foliar dificulta a discriminação de efeitos hormonais e ambientais no processo de crescimento foliar. Isso representa um desafio nos estudos relacionados à caracterização de aparatos fisiológicos em folhas de dicotiledôneas. Por essa razão, o desenvolvimento e/ou adaptação de metodologias que permitam avaliações dos processos morfofisiológicos em amendoim forrageiro e/ou em outras espécies de leguminosas que apresentem a mesma caracterização morfológica é fundamental para o avanço das pesquisas com o uso de leguminosas.

Com base no exposto, o objetivo deste estudo foi analisar a morfologia e o processo de desenvolvimento das folhas de amendoim forrageiro para padronização e adaptação de metodologia para avaliação de respostas morfogênicas de forma análoga ao que é feito para gramíneas forrageiras.

3.2 Material e métodos

O experimento foi composto de dois ensaios que foram conduzidos na Unidade Experimental de Plantas Forrageiras (UEPF) do Departamento de Zootecnia da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, pertencente à Universidade de São Paulo. As coordenadas geográficas aproximadas são 22°42’ de latitude Sul, 47°38’ de longitude Oeste e 546 m de altitude (OMETO, 1981). A espécie estudada classifica-se como divisão *Magnoliophyta*; classe *Magnoliopsida*; ordem *Fabales*; família *Fabaceae*; subfamília *Faboideae*; Tribo *Dalbergieae*; gênero *Arachis*; espécie *pinto* (Krapov & W.C.Greg.) cultivar Belmonte (USDA, 2012). O solo foi classificado como Nitossolo Vermelho Eutroférico, com horizonte A moderado e textura variando de argilosa a muito argilosa (EMBRAPA, 2006) de elevada fertilidade, com as seguintes características químicas na camada de 0-20 cm: pH CaCl_2 : 5,9; matéria orgânica = 41,0 g.dm⁻³; P (resina trocadora de íons) = 77,0 mg.dm⁻³; Ca = 87,5 mmolc.dm⁻³; Mg = 50,0 mmolc.dm⁻³; K = 16,3 mmolc.dm⁻³; H + AL = 26,5 mmolc.dm⁻³; soma de bases = 146,3 mmolc.dm⁻³; capacidade de troca catiônica = 172,8 mmolc.dm⁻³; saturação por base = 84%. Os valores de pH e os teores de nutrientes foram considerados satisfatórios em relação às exigências da espécie em estudo (CEPLAC, 2012), razão pela qual não foram realizadas práticas de calagem, adubação fosfatada e potássica para correção do solo antes do plantio.

A área experimental foi estabelecida por meio de plantio de mudas (estolões) no dia 30 de novembro de 2011. Estas foram 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. A área utilizada possui cerca de 3.000 m² e tinha como vegetação original grama seda (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.). Para eliminação da grama seda utilizou-se o herbicida dessecante glifosato na dosagem de 10 L/ha cerca de 15 dias antes da data prevista para o plantio. Após oito dias da aplicação do herbicida, o terreno foi preparado com grade aradora e sulcado no dia do plantio (sulcos espaçados de 40 cm e com cerca de 7 cm de profundidade) utilizando implemento para cultivo mecânico da lavoura de milho devidamente adaptado para o serviço. Os estolões (790 kg) foram distribuídos manualmente ao longo dos sulcos e enterrados com auxílio dos pés e enxadas. Após a cobertura das mudas foi realizada compactação da área utilizando o rodado do trator (Figura 1). Como forma de evitar restrições hídricas e manter o solo com elevada reserva de água na fase inicial de estabelecimento foi utilizada irrigação (por aspersão) sempre que ocorria um período mínimo de dois dias sem chuva.

Figura 1 - Implantação e evolução da área experimental

Em setembro de 2012 a área foi considerada formada e os tratamentos foram alocados às unidades experimentais. Os tratamentos corresponderam a quatro níveis de intensidade de pastejo (severo - S, moderado - M, leniente – L, e muito leniente - ML) representados pelas alturas de pasto de 5, 10, 15 e 20 cm mantidas constantes por meio de simulação de lotação contínua, consequência do tamanho reduzido das unidades experimentais (piquetes de 210 m²) (Figura 2). Após quatro meses de adaptação, em janeiro de 2013, o experimento foi iniciado e conduzido até março de 2014, abrangendo as seguintes épocas do ano: verão 2012/2013 (verão I), outono 2013 (outono), inverno 2013 (inverno), primavera 2013 (primavera) e verão 2013/2014 (verão II). O delineamento experimental utilizado foi o de blocos completos casualizados com 4 repetições, tendo como critério de bloqueamento o declive do terreno (Figura 3).

Figura 2 - Contraste entre os níveis de intensidades de pastejo

Figura 3 - Croqui da área experimental

Para que as alturas fossem mantidas constantes foram realizados pastejos semanais com número variável de animais por piquete. Os animais utilizados foram novilhas leiteiras com peso corporal médio de 200 ± 30 kg pertencentes ao rebanho de bovinos leiteiros do Departamento de Zootecnia da ESALQ, os quais serviram apenas como agentes desfolhadores. A altura do dossel forrageiro foi monitorada duas vezes por semana utilizando-

se bastão medidor (*sward stick* – BARTHAM, 1985). Para tanto, cada unidade experimental foi dividida em nove quadrantes e, dentro destes, foram tomados três pontos ao longo de linha previamente marcada, totalizando 27 pontos de medição por unidade experimental (Figura 4).

Figura 4 – Medida da altura do dossel forrageiro utilizando o bastão medidor

A grande maioria das técnicas experimentais normalmente utilizadas para avaliação de respostas morfogênicas foi desenvolvida e/ou adaptada para gramíneas forrageiras. Dessa forma, foram realizadas duas séries de medições (ensaios) para avaliação, dimensionamento e adaptação de protocolos experimentais para a realização de avaliações das respostas morfogênicas, particularmente do desenvolvimento foliar.

3.2.1 Ensaio 1 – avaliação e caracterização dos estágios de desenvolvimento foliar

Este ensaio foi conduzido durante o período de adaptação das unidades experimentais (fase pré-experimental) para caracterização dos estágios de desenvolvimento foliar do amendoim forrageiro e adaptação da técnica de avaliação da expansão foliar. As características monitoradas foram o comprimento e a largura dos folíolos. Para tanto, foram selecionados e identificados dez estolões (Figura 5) em um dos 16 piquetes estabelecidos e em fase de adaptação aos tratamentos. As folhas dos estolões foram fotografadas em intervalos de 12 horas com o objetivo de caracterizar os estágios de desenvolvimento desde o seu aparecimento, abertura dos folíolos até o término da expansão foliar. O ensaio teve duração de cinco dias e, ao final, foram selecionadas imagens que corresponderam a cada estágio de abertura dos folíolos seguindo a escala proposta por Carlson (1966) para trevo

branco (*Trifolium repens* L.), leguminosa de clima temperado de hábito de crescimento análogo ao amendoim forrageiro. Após a edição das imagens, os estolões marcados para caracterização dos estágios de desenvolvimento foliar foram avaliados quanto ao comprimento e largura dos quatro folíolos individualmente e comprimento dos pecíolos utilizando as imagens dos estágios de desenvolvimento foliar identificados previamente para orientar o início e o final das medições.

Figura 5 - Marcação dos estolões (A) e estolão fotografado (B)

O comprimento dos folíolos foi mensurado utilizando-se régua graduada em milímetros e tomando como referência a nervura central da parte abaxial (dorsal) da folha. As medidas iniciais de largura foram tomadas em pares de folíolos devido a esses estarem colados uns aos outros nos estágios iniciais de desenvolvimento (Figura 6A). A partir do início da separação dos folíolos as medidas de largura passaram a ser tomadas nos quatro folíolos (Figura 6B).

Figura 6 - Folíolos colados (A) e folíolos em início de separação (B)

Seguindo a escala de Carlson (1966), foram identificados dez estágios de desenvolvimento foliar baseados no progresso da abertura dos folíolos desde seu surgimento até sua completa expansão. As medições dos pecíolos foram realizadas utilizando régua graduada em milímetros, sendo a medida tomada na parte visível do mesmo (do ponto de inserção no estolão, a partir da estípula, até o ponto de conexão com o segundo par de folíolos) (Figura 7). O final das medições ocorreu após a expansão completa do pecíolo, ponto em que o pulvino motor se tornava visível e era observada uma leve mudança de coloração (verde para amarronzado).

Figura 7 - Identificação de componentes da folha de amendoim forrageiro

3.2.2 Ensaio 2 – adaptação e padronização dos procedimentos de avaliação do crescimento foliar para mensuração da taxa de expansão das folhas

Neste ensaio, conduzido ao longo de todo o período experimental, foram realizadas avaliações nos pares de folíolos e determinado o fator de ajuste para cálculo da área foliar a partir das medidas de comprimento e largura dos folíolos. As avaliações de comprimento e largura dos pares de folíolos foram realizadas em estolões individuais. A marcação dos estolões foi feita com o auxílio de barras de metal de 2 metros de comprimento graduadas a cada 20 centímetros (BIRCHAM; HODGSON, 1983). Foram utilizadas duas régua por piquete, as quais foram posicionadas em pontos representativos da unidade experimental (avaliação visual da altura e massa de forragem). Para cada régua foram selecionados 10

estolões (estolões com no mínimo 3 folhas vivas), os quais foram identificados por meio de anel plástico. Dessa forma, foram selecionados 20 estolões por unidade experimental, totalizando 80 estolões por tratamento. Quando um dos estolões era decapitado por pastejo, dependendo do número de dias que antecedia a finalização do período de avaliação, ocorria marcação de um novo estolão em seu lugar, seguindo os mesmos métodos descritos. Os estolões eram monitorados duas vezes por semana. Foram realizados dez ciclos de avaliação de 28 dias, sendo que a cada ciclo um novo grupo de estolões era selecionado, totalizando 320 estolões marcados por ciclo de avaliação.

As medidas de comprimento e largura foram tomadas em cada par de folíolos (Figura 7). Estas foram realizadas tomando como referência a maior largura do folíolo e o comprimento da nervura central (Figura 8), conforme metodologia descrita por Robson e Sheehy (1981) para avaliações análogas em trevo branco (*Trifolium repens* L.).

Figura 8 - Esquema das medições lineares realizadas em cada um dos folíolos: C= comprimento e L= largura

Ao final de cada período de 28 dias de avaliação, todos os estolões marcados foram cortados no primeiro ponto de inserção acima da superfície do solo e levados para laboratório, onde foi realizada a separação morfológica em folíolos, pecíolos e estolões. Cada folha, devidamente numerada, tinha sua área determinada em aparelho integrador de área foliar modelo LI-3100 (LI-COR, Lincoln, Nebraska, EUA) (Figura 9).

Figura 9 - Corte dos estolões (A); acomodação dos estolões numericamente (B); separação das folhas pela numeração (C) e mensuração da área foliar real (D)

Os valores de comprimento e largura medidos no campo foram utilizados para gerar a área foliar de campo (AFC) multiplicando-se o comprimento (C) pela largura (L) de cada folíolo do par 1 (P1) e do par 2 (P2) e somando-se os valores obtidos para os quatro folíolos. Em função dos folíolos aparecem fechados, a medida da largura foi tomada pela metade (Figura 8), fazendo-se necessário a multiplicação do valor por 2 para obtenção da área foliar do folíolo. Dessa forma, a equação utilizada para estimar a área foliar foi a seguinte:

- $AF = [(2 L_{p1}) C_{p1}] \times 2 + [(2 L_{p2}) C_{p2}] \times 2$ ou, simplificando,
- $AF = 4 (L_{p1}C_{p1} + L_{p2}C_{p2})$, onde:

L_{p1} = largura do folíolo do par 1

L_{p2} = largura do folíolo do par 2

C_{p1} = comprimento do folíolo do par 1

C_{p2} = comprimento do folíolo do par 2

Em função da forma elíptica dos folíolos, a área foliar de campo foi ajustada por meio de um fator de correção (FC). O fator de correção foi obtido pelo quociente entre a área foliar real (AFR), medida no integrador de área foliar, e a área foliar de campo (AFC). A equação utilizada para o cálculo do fator de correção foi a seguinte:

- $FC = AFR/AFC$

Foi gerado um fator de correção para cada repetição de cada tratamento em cada uma das épocas do ano. De posse dos fatores de correção, todas as avaliações de comprimento e largura tomadas durante os períodos de avaliação foram convertidas em valores de área foliar (cm^2). A equação para o cálculo da área foliar corrigida (AFC) foi a seguinte:

- $\text{AFC} = \text{AF} \times \text{FC}$

A partir dos dados de campo e de posse dos fatores de correção foram calculadas as seguintes variáveis:

- **Comprimento médio do folíolo do par 1- CMF1 (cm):** Média do comprimento dos folíolos do par 1;
- **Comprimento médio do folíolo do par 2- CMF2 (cm):** Média do comprimento dos folíolos do par 2;
- **Largura média do folíolo do par 1- LMF1(cm):** Média da largura dos folíolos do par 1;
- **Largura média do folíolo do par 2- LMF2 (cm):** Média da largura dos folíolos do par 2;
- **Relação comprimento/largura do folíolo do par 1- RP1:** Quociente entre o comprimento e a largura média do folíolo do par1;
- **Relação comprimento/largura do folíolo do par 2- RP2:** Quociente entre o comprimento e a largura média do folíolo do par 2;
- **Tamanho final da folha- TFF (cm^2):** Média do somatório da área final do par 1 (AFF1) e do par 2 (AFF2) de folíolos, ajustada pelo fator de correção de área foliar.

3.2.3 Análise dos dados

Para o ensaio 1, os resultados de comprimento e largura dos folíolos foram analisados por meio de regressão linear para folíolos de mesmo par como forma de avaliar a simetria entre eles. Foi utilizado o PROC REG do pacote estatístico SAS® (Statistical Analysis System), versão 8.2 para Windows®. Para o ensaio 2, a análise estatística dos dados foi realizada utilizando o PROC MIXED do mesmo pacote estatístico. Os efeitos de intensidade de pastejo, época do ano e da interação entre eles foram considerados fixos e o efeito de blocos foi considerado aleatório (LITTEL et al., 1996). Todos os conjuntos de dados foram testados quanto à normalidade da distribuição dos erros e homogeneidade das variâncias. Não

houve necessidade de transformação para nenhuma das variáveis estudadas. A escolha da matriz de variância e de covariância foi feita utilizando-se o critério bayesiano de Schwarz (BIC) (LITTEL; NATARAJAN; PENDERGAST, 2000) e a análise de variância realizada com base nas seguintes causas de variação: intensidade de pastejo, época do ano e a interação entre elas. 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 probabilidade de erro de 5%.

3.3 Resultados

3.3.1 Ensaio 1 - avaliação e caracterização dos estágios de desenvolvimento foliar

Tomando por base a escala de Carlson (1966), foram identificados dez estágios de desenvolvimento foliar baseados no progresso da abertura dos folíolos desde o seu surgimento (Figuras 10). Em virtude do acompanhamento do desenvolvimento dos folíolos ter sido realizado em condições de campo e, portanto, sem controle das condições ambientais, não foi possível registrar os dez estágios em uma única folha. Os estágios abaixo correspondem a diferentes folhas de diferentes estolões, e foram organizados em ordem cronológica de desenvolvimento.

Figura 10 - Estágios de desenvolvimento das folhas de amendoim forrageiro (escala numérica de 0,1 a 1,0)

Durante o período de monitoramento dos estolões foram obtidas as seguintes respostas em folhas e pecíolos:

- Identificação do ponto de crescimento: Figura 10; Estágio 0,1;
- Aparecimento de folhas: Figura 10; Estágio 0,2;
- Início das medições dos folíolos em pares: Figura 10; Estágio 0,3;
- Início das medições do pecíolo: Figura 10; Estágio 0,4;
- Início das medições dos folíolos separados: Figura 10; Estágio 0,5;

- Fim das medições dos folíolos (folha completamente expandida): Figura 10; Estágio 1,0.

A análise dos dados de comprimento e largura dos folíolos do mesmo par na folha resultou em regressões lineares altamente significativas e com elevado coeficiente de determinação caracterizadas por coeficiente angular e intercepto iguais a 1 e zero, respectivamente (Tabela 1).

Tabela 1 – Modelos de regressão linear para comprimento e largura de folíolos do mesmo par em folhas de amendoim forrageiro submetido a intensidades de pastejo

Par	Folíolos	Comprimento dos folíolos (cm)			Intercepto $\neq$ 0 Inclinação $\neq$ 1	
		Modelo	P > F	R ²	P > F	P > F
1	1 e 2	$Y = 1,018x - 0,018$	0,0001	0,97	0,6110	0,3544
2	3 e 4	$Y = 1,023x - 0,043$	0,0001	0,98	0,2226	0,1819
Par	Folíolos	Largura dos folíolos (cm)			Intercepto $\neq$ 0 Inclinação $\neq$ 1	
		Modelo	P > F	R ²	P > F	P > F
1	1 e 2	$Y = 0,952x + 0,056$	0,0001	0,90	0,0927	0,1770
2	3 e 4	$Y = 0,977x + 0,028$	0,0001	0,95	0,3382	0,3313

3.3.2 Ensaio 2 – adaptação e padronização dos procedimentos de avaliação do crescimento foliar para mensuração da taxa de expansão das folhas

O comprimento médio dos pares de folíolos 1 (CMF1) e 2 (CMF2) variou com a intensidade de pastejo ($P < 0,0001$) e com a época do ano ($P < 0,0001$). Independente do par de folíolos, o comprimento foi maior quanto menor a intensidade de pastejo avaliada (Tabela 2), sendo que os menores valores foram registrados no inverno (Tabela 3). Para CMF1 os maiores valores foram registrados no verão I relativamente ao outono e primavera, com valores intermediários registrados no verão II. Para CMF2 os valores permaneceram estáveis ao longo do ano, exceto durante o inverno (Tabela 3).

A largura média dos pares de folíolos 1 (LMF1) e 2 (LMF2) variou com a intensidade de pastejo ($P < 0,0001$) e com a época do ano ($P < 0,0001$). Maiores valores foram registrados quanto menor a intensidade de pastejo avaliada (Tabela 2), sendo que os menores valores foram registrados no inverno (Tabela 3). Para LMF1 e LMF2, os maiores valores foram

registrados no verão I, os menores no inverno, e valores intermediários nas demais épocas do ano (Tabela 3).

A relação comprimento/largura dos folíolos nos pares 1 e 2 (RP1 e RP2) variou com a intensidade de pastejo ($P < 0,0001$) (Tabela 2), sendo que aquela para o par 1 (RP1) também variou com a época do ano ($P < 0,0001$) (Tabela 3). Independentemente do par de folíolos, a relação comprimento/largura foi maior para as menores intensidades de pastejo (Tabela 2). Para o par 1, maior relação comprimento/largura foi registrada no verão II relativamente às demais épocas do ano, as quais não diferiram entre si (Tabela 3).

Tabela 2 – Comprimento, largura e relação comprimento/largura de folíolos em folhas de amendoim forrageiro submetido a intensidades de pastejo

Intensidade de pastejo	CMF1	CMF2	LMF1	LMF2	RP1	RP2
	(cm)					
S	1,72 D	1,88 D	0,85 D	1,08 D	2,02 D	1,74 C
M	1,93 C	2,12 C	0,93 C	1,19 C	2,08 C	1,78 B
L	2,20 B	2,37 B	1,02 B	1,32 B	2,15 B	1,83 A
ML	2,37 A	2,59 A	1,08 A	1,39 A	2,19 A	1,86 A
EPM	0,026	0,024	0,015	0,015	0,019	0,013

EPM = Erro padrão da média. Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas colunas não diferem entre si ($P < 0,05$). S= 5cm; M= 10cm; L= 15cm; ML= 20cm

Tabela 3 – Comprimento, largura e relação comprimento/largura de folíolos em folhas de amendoim forrageiro submetido a intensidades de pastejo de janeiro de 2013 a março de 2014

Época do ano	CMF1	CMF2	LMF1	LMF2	RP1
	(cm)				
Verão I	2,19 A	2,33 A	1,05 A	1,33 A	2,07 B
Outono	2,03 B	2,26 A	0,97 B	1,24 B	2,08 B
Inverno	1,90 C	2,09 B	0,90 C	1,14 C	2,11 B
Primavera	2,06 B	2,28 A	0,98 B	1,27 AB	2,09 B
Verão II	2,11 AB	2,25 A	0,95 B	1,24 B	2,22 A
EPM	0,034	0,035	0,017	0,019	0,022

EPM = Erro padrão da média. Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas colunas não diferem entre si ($P < 0,05$)

O tamanho final da folha (TFF) variou com a intensidade de pastejo ($P < 0,0001$), época do ano ($P < 0,0001$) e com a interação intensidade de pastejo x época do ano ($P < 0,0005$). O TFF foi maior nos pastos submetidos aos tratamentos de menor intensidade de pastejo (L e ML) relativamente àqueles de maior intensidade de pastejo (S e M), com maiores valores registrados no verão e primavera relativamente às demais épocas do ano (Tabela 4).

Tabela 4 - Tamanho final da folha em amendoim forrageiro submetido a intensidades de pastejo de janeiro de 2013 a março de 2014

Época do ano	Intensidade de pastejo				EPM*
	S	M	L	ML	
	(cm ²)				
Verão I	5,93Ad	7,14Ac	8,33ABb	10,35Aa	0,372
Outono	4,73Bd	6,41ABc	8,00Bb	9,68ABa	0,325
Inverno	4,62Bc	5,56Bb	6,40Ca	7,11Da	0,303
Primavera	5,18ABc	6,49Ab	8,32ABa	9,20BCa	0,342
Verão II	4,77Bc	6,36ABb	9,20Aa	8,43Ca	0,301

EPM = erro padrão da média. Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas colunas e minúscula nas linhas não diferem entre si ($P > 0,05$). S= 5cm; M= 10cm; L= 15cm; ML= 20cm

O fator de correção para o cálculo da área foliar a partir do comprimento e largura dos folíolos não variou com nenhuma das causas de variação estudadas (intensidade de pastejo - $P < 0,9349$; época do ano - $P < 0,2011$ e interação intensidade de pastejo x época do ano - $P < 0,4848$), e apresentou o valor médio de 0,71.

3.4 Discussão

O aparecimento de folhas foi considerado quando parte da folha se encontrava exposta e a parte remanescente ainda estava posicionada no interior da estípula, com todos os folíolos juntos e colados (Estágio 0,2; Figura 10). Essa condição foi usada como referência para contabilização do aparecimento de folhas, pois no estágio anterior de desenvolvimento (Estágio 0,1; Figura 10) a folha se encontrava totalmente dentro da estípula e não podia ser visualizada. No estágio posterior (Estágio 0,3; Figura 10) a folha estava totalmente fora da estípula e já exposta inteiramente à luz, fator que induzia rápida passagem do estágio 0,3 para o estágio 1,0 (folha totalmente expandida), principalmente nas épocas de maior disponibilidade de fatores de crescimento (primavera e verão). Dessa forma, para avaliar a expansão da folha foi necessário dar início às mensurações a partir do estágio 0,3. A referência para encerramento das medições de expansão foliar foi a condição em que todos os folíolos se encontravam completamente abertos (Estágio 1,0; Figura 10). Nesse estágio, o crescimento tanto em largura quanto em comprimento havia cessado.

A análise dos dados de comprimento e largura dos folíolos de cada um dos pares de folíolos na folha revelou simetria dentro do par tanto em termos de comprimento quanto de largura. O coeficiente angular das regressões lineares entre comprimentos e larguras dos folíolos não diferiu de 1 e o intercepto não diferiu de zero (Tabela 1), características de uma reta que passa pela origem do gráfico (coordenada $x/y = 0/0$) e possui inclinação de 45° sobre a qual os valores do eixo x são idênticos àqueles do eixo y (linha da igualdade). O fato tem importante implicação prática e indica não haver necessidade de monitoramento de todos os quatro folíolos da folha durante os procedimentos de avaliação das respostas morfogênicas, sendo suficiente medir apenas um folíolo de cada par. Resultado semelhante foi relatado por Lopes de Sá et al. (2014) em estudo com o cultivar Belmonte e com o acesso BRA 040550 de amendoim forrageiro.

Os dez estágios de desenvolvimento identificados no ensaio 1 foram utilizados para caracterizar o desenvolvimento das folhas do amendoim forrageiro e orientar as avaliações das demais variáveis-resposta realizadas durante o ensaio 2. As medições dos pecíolos foram

iniciadas a partir do estágio 0,4 (Figura 10), uma vez que foi verificada separação temporal entre o aparecimento do pecíolo e dos folíolos de cada folha, ou seja, o pecíolo se torna visível somente após a completa exposição dos quatro folíolos. Dessa forma, a folha de amendoim forrageiro pode ser considerada completamente expandida somente quando ocorre expansão dos folíolos e do pecíolo. A expansão do pecíolo é considerada completa quando o pulvino motor se torna visível, fato caracterizado por uma mudança de sua coloração do verde para um tom amarronzado. O pulvino motor se localiza na base do pecíolo (Figura 7) e está presente em várias espécies que compõem a família *Fabaceae* (GRIGNON; TOURANE; GRIGNON, 1992). Segundo Taiz e Zeiger (2004), o movimento de fechamento das folhas de algumas espécies de plantas, denominado nictinastia, tem sua base fisiológica nas mudanças rítmicas de turgor das células do pulvino motor, e resulta na alteração do ângulo das folhas ou folíolos. Os autores afirmaram que essa ação é mediada pelos fitocromos, e está relacionada com o fluxo de íons pela membrana celular em resposta a estímulos externos e internos como o estresse hídrico (OOSTERHUIS; WALKER; EASTHAM, 1985) e/ou mudanças nos comprimentos de onda da radiação incidente (GRIGNON; TOURANE; GRIGNON, 1992). O movimento de nictinastia é fator limitante para o horário de realização de algumas avaliações de morfogênese no amendoim forrageiro. Ao entardecer e ao amanhecer os folíolos se encontram fechados, fato que impede a adequada mensuração das dimensões da folha e, por essa razão, precisa ser devidamente levado em consideração no planejamento e execução dessas avaliações.

O desenvolvimento foliar segue um padrão geneticamente determinado e, em geral, é uma característica da espécie. O número e a ordem segundo os quais os primórdios se formam definem o arranjo subsequente das folhas ao redor do caule (estolão no caso do amendoim forrageiro), característica denominada filotaxia (TAIZ; ZEIGER, 2004). Há cinco tipos de filotaxia, sendo que a do amendoim forrageiro é a filotaxia alternada, segundo a qual uma única folha é formada a cada nó. A folha do amendoim forrageiro é composta e tetrafoliada, os pares de folíolos são simétricos (Tabela 1), e o comprimento e a largura do segundo par de folíolos (par 2) são consistentemente maiores que as mesmas medidas para o primeiro par de folíolos (par 1) (Tabelas 2 e 3). A largura é proporcional ao comprimento do folíolo (Figura 11), razão pela qual as duas dimensões são determinantes da área foliar e não apenas o comprimento como no caso das gramíneas forrageiras. Esses resultados estão de acordo com aqueles relatados para o cultivar Belmonte e para o acesso BRA 040550 de amendoim forrageiro por Lopes de Sá et al. (2014).

Figura 11 - Relação entre o comprimento e largura do par de folíolos um (A) e dois (B) em amendoim forrageiro

Para as duas dimensões (comprimento e largura) foi observado padrão semelhante de variação em função da época do ano e da intensidade de pastejo. O aumento da severidade de pastejo resultou em menores valores de comprimento e de largura dos folíolos (Tabela 2), o que resultou em folhas menores para as maiores intensidades de pastejo (Tabela 4). Para as épocas do ano com maior disponibilidade de fatores abióticos (primavera e verão), foram registrados os maiores valores de comprimento e de largura dos folíolos (Tabela 3) assim como o maior tamanho final das folhas (Tabela 4). Contudo, houve aumento da relação

comprimento/largura dos folíolos para as menores intensidades de pastejo (L e ML), indicando que o aumento em comprimento é relativamente maior do que o aumento em largura, fato que inviabilizaria o uso de somente uma das dimensões para estimativa da área foliar da forma como é feito para gramíneas forrageiras, uma vez que a largura e o comprimento influenciam a área foliar de forma diferente conforme o tamanho do folíolo. Por essa razão, a área foliar do amendoim forrageiro não deve ser estimada utilizando-se apenas uma das duas dimensões (comprimento e largura). Apesar da diferença de tamanho entre os pares de folíolos 1 e 2, a relação de proporcionalidade entre comprimento e largura é robusta (Figura 11), favorecendo o uso das medidas de comprimento e largura dos folíolos como forma de avaliar a área foliar. O fato é corroborado pela estabilidade do fator de correção utilizado para o cálculo da área foliar, que não foi influenciado por nenhuma das causas de variação estudadas. No total, foram analisadas aproximadamente 13.000 folhas, tendo sido obtido um valor médio de 0,71 para a relação área foliar real/área foliar a campo (obtida pela multiplicação entre comprimento e largura dos folíolos). Em função do formato elíptico dos folíolos, a área foliar do amendoim forrageiro, quando estimada pela multiplicação entre o comprimento e a largura dos folíolos, é superestimada em relação à área foliar real, razão pela qual se faz necessário o fator de correção. Valor semelhante para o fator de correção (0,78) foi relatado por Lopes de Sá et al. (2014) para o cultivar Belmonte e para o acesso BRA 040550 de amendoim forrageiro.

3.5 Conclusões

- A simetria entre folíolos de mesmo par permite que somente um folíolo por par seja avaliado durante as medições de expansão foliar;
- A proporcionalidade entre comprimento e largura dos folíolos e a estabilidade do valor do fator de correção para o cálculo de área foliar a partir dessas medidas torna desnecessária a mensuração da área foliar das plantas utilizando aparelho integrador de área foliar;
- As avaliações de morfogênese no amendoim forrageiro devem ser realizadas após o amanhecer e antes do entardecer devido ao movimento de nictinastia (fechamento dos folíolos) característico dessa planta.

Referências

- BARTHAM, G.T. Experimental techniques: the HFRO sward stick. In: HILL FARMING RESEARCH ORGANIZATION 1985. **Biennial report**, Midlothian, 1985. p. 29-30.
- BIRCHAM, J.S.; HODGSON, J. The influence of sward condition on rates of herbage growth and senescence in mixed swards under continuous stocking management. **Grass and Forage Science**, Oxford, v. 38, n. 4, p. 323-331, 1983.
- CARLSON, G.E. Grow of clover leaves- developmental morphology and parameters at ten stages. **Crop Science**, Madison, v. 6, p. 293-294, 1966.
- COMISSÃO EXECUTIVA DO PLANO DA LAVOURA CACAUEIRA. **Leguminosas amendoim forrageiro**. Disponível em: <<http://www.ceplac.gov.br/radar/amendoim%20forrageiro.htm>>. Acesso em: 28 dez.2014.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2006. 306 p.
- GRANIER, C.; TARDIEU, F. Spatial and temporal analyses of expansion and cell cycle in sunflower leaves a common pattern of development for all zones of a leaf and different leaves of a plant. **Plant Physiology**, Waterbury, v. 116, n. 3, p. 991-1001, 1998.
- GRIGNON, N.; TOURAINE, B.; GRIGNON, C. Internal phloem in the pulvinus of soybean plants. **American Journal of Botany**, St. Louis, v. 79, n. 3, p. 265-274, 1992.
- LITTEL, R.C.; PENDERGAST, J.; NATARAJAN, R. Modelling covariance structure in the analysis of repeated measures data. **Statistics in Medicine**, Oxford, v. 19, p. 1793-1819, 2000.
- LITTELL, R.C.; MILLIKEN, G.A.; STROUP, W.W.; WOLFINGER R.D. **SAS system for mixed models**. Cary: SAS Institute, 1996. 633 p.
- LOPES DE SÁ, O.A.A.; LARA, M.A.S.; EVANGELISTA, A.R.; BERNARDES, T.F.; CASAGRANDE, D.R. Estimates of the leaf area of forage peanut for use in morphogenetic assessment. **Grass and Forage Science**, Oxford, 2014. doi:10.1111/gfs.12128. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/gfs.12128/epdf>> Acesso em: 11 set. 2014.
- OMETTO, J.C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1981. 425 p.
- OOSTERHUIS, D.M.; WALKER, S.; EASTHAM, J. Soybean leaflet movements as an indicator of crop water stress. **Crop science**, Madison, v. 25, n. 6, p. 1101-1106, 1985.
- ROBSON, M.J.; SHEEHY, J.E. Leaf area and light interception. In: DAVIES, A.; BAKER, R.D.; GRANT, S.A.; LAIDLAW, A.S. (Ed.). **Sward measurement handbook**. Reading: British Grassland Society, 1981. p. 115-139.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Natural Resources Conservation Service. Disponível em: <<http://plants.usda.gov/classification.html>> Acesso em: 28 dez.2014.

VAN VOLKENBURGH, E.; CLELAND, R.E. Separation of cell enlargement and division in bean leaves. **Planta**, London, v. 146, n. 2, p. 245-247, 1979.

4 RESPOSTAS MORFOLÓGICAS DE AMENDOIM FORRAGEIRO (*ARACHIS PINTOI* KRAPPOVICKAS & GREGORY CV. BELMONTE) SUBMETIDO A INTENSIDADES DE PASTEJO SOB LOTAÇÃO CONTÍNUA

Resumo

Plantas clonais e estoloníferas como o amendoim forrageiro possuem elevada capacidade de desenvolver respostas plásticas, alterando sua morfologia como forma de otimizar a captura de recursos e possibilitar rápida ocupação horizontal da área, característica que lhes confere competitividade e resistência ao pastejo. O objetivo deste experimento foi avaliar o desenvolvimento anual de plantas de amendoim forrageiro cv. Belmonte como forma de identificar e descrever padrões estacionais de crescimento e revelar como são afetados pela intensidade de pastejo. Os tratamentos corresponderam a quatro níveis de intensidade de pastejo (severo - S, moderado - M, leniente - L, e muito leniente - ML) representadas pelas alturas de pasto de 5, 10, 15 e 20 cm, e foram alocados às unidades experimentais (piquetes de 210 m²) segundo um delineamento de blocos completos casualizados, com 4 repetições. As variáveis-resposta avaliadas foram classificadas em dois grupos: (1) indicadoras de tamanho das plantas (comprimento do estolão, comprimento médio entre nós, entre pontos de crescimento e de enraizamento); e (2) indicadoras de número de indivíduos na área (densidade de estolões, de nós, de pontos de crescimento e de pontos de enraizamento). Todas as variáveis foram influenciadas pela intensidade de pastejo, época do ano e pela interação entre elas. Foi observada uma relação inversa entre esses dois grupos de respostas, ou seja, aumento em indicadores de tamanho estiveram associados com diminuição em indicadores de número de indivíduos. O fato indica que existe um padrão estacional de variação nas respostas mensuradas relacionado com a população de plantas que é modificado pela intensidade de pastejo. A relação inversa entre as variáveis dos dois grupos parece descrever um processo de segmentação das plantas, com formação de unidades menores e autônomas durante o outono que voltam a aumentar de tamanho durante a primavera e verão. Esse processo viabiliza a reprodução clonal das plantas e contribui para a persistência da espécie na área. A autonomia das novas plantas é assegurada pelo aumento em densidade de pontos de enraizamento observado antes do processo de segmentação. A intensidade de pastejo interferiu com a velocidade e magnitude dos processos e seu efeito foi mediado pela qualidade do ambiente luminoso no interior do dossel forrageiro (quantidade e qualidade de luz), razão pela qual as respostas foram mais intensas nos pastos mantidos a 15 e 20 cm (tratamentos L e VL). O amendoim forrageiro possui elevada capacidade de crescimento horizontal para uma amplitude significativa de intensidades de pastejo, característica que lhe confere elevada habilidade competitiva e adaptação ao pastejo.

Palavras-chave: Segmentação; Amendoim forrageiro; Estolão; Componentes morfológicos

Abstract

Clonal stoloniferous plants such as forage peanut can develop plastic responses, modifying their morphology optimising resource capture and enabling fast horizontal growth, a characteristic that enhance their competitive ability and resistance to grazing. The objectives of this experiment were to evaluate the annual development of forage peanut cv. Belmonte, to

identify and describe seasonal patterns of growth, and to understand how they change in response to grazing intensity. Treatments corresponded to four levels of grazing intensity (severe – S, moderate – M, lenient – L, and very lenient – VL) represented by constant sward heights of 5, 10, 15 and 20 cm, and were allocated to experimental units (210 m² paddocks) according to a complete randomised block design with four replications. The response variables studied comprised two groups: (1) plant size indices (stolon length, internode length, and distance between growing points and between rooting points); and (2) plant number indices (stolon density, node density, growing point density and rooting point density). All responses varied with grazing intensity, season of the year and their interaction. Increases in plant size were associated with decreases in plant number, showing an inverse relationship between the two variables. This suggests the existence of a seasonal pattern of variation in the responses related to plant population and modified by grazing intensity. The inverse relationship between the two groups of variables seems to describe a plant segmentation process that result in small autonomous units during autumn that increase again in size during spring and summer. This process ensures plant clonal reproduction and favours plant persistence. The autonomy of new plants comes from the increase in rooting point density during the segmentation process. Grazing intensity influenced the timing and the magnitude of the processes through changes in the light environment within the sward (quantity and quality of light), explaining the more drastic changes observed on swards managed at 15 and 20 cm (treatments L and VL). Forage peanut shows a high potential for horizontal growth within a wide range of grazing intensity levels, indicating a high competitive ability and adaptation to grazing.

Keywords: Segmentation; Forage peanut; Stolon; Morphological components

4.1 Introdução

A morfologia e a fisiologia das plantas forrageiras são adaptadas para permitir a captura da luz do sol e a absorção de água e nutrientes do solo a partir das raízes. Sob pastejo, as plantas ajustam os processos fisiológicos e as características morfológicas à frequente remoção de sua área foliar por meio do desenvolvimento de estratégias de persistência ao pastejo. Essas estratégias são respostas adaptativas das plantas que atuam de forma integrada ou isolada na distribuição dos componentes morfológicos ao longo do perfil vertical do dossel forrageiro e na ocupação horizontal do solo. Isso se dá a partir da priorização da alocação de recursos em estruturas e formas de crescimento que assegurem a sobrevivência das plantas e a manutenção/restauração de sua área foliar. As respostas adaptativas caracterizam as vias de perenização das plantas forrageiras, determinantes de sua habilidade competitiva e resistência ao pastejo (DA SILVA et al., 2008). Adicionalmente, influenciam sua flexibilidade de uso, fator determinante da compatibilidade funcional para a associação com outras espécies forrageiras (ANDRADE, 2010). O princípio básico que rege essas estratégias é a otimização

da área foliar do dossel forrageiro em relação à intensidade de desfolhação e à disponibilidade de recursos como luz e água (DA SILVA et al., 2008).

A otimização da área foliar é condicionada ao desenvolvimento de unidades morfológicas das plantas tais como folhas, pecíolos, colmos e raízes. Essas unidades são integradas, mas podem responder a estresses bióticos e abióticos isoladamente modificando a adaptação e a perenidade da planta ao pastejo. Em espécies clonais a perenidade é dada pela capacidade de renovação da população de plantas por via vegetativa. No amendoim forrageiro (*Arachis pintoi* Krappovickas & Greg.), a renovação da população de plantas está relacionada com o desenvolvimento do estolão, órgão de armazenamento de reservas orgânicas (BOLLER; NOSBERGER, 1983) responsável pelo crescimento horizontal da espécie que possui pontos de crescimento próximos à superfície do solo e apresenta alta habilidade de desenvolvimento de raízes nodais. O conhecimento da forma e função desempenhada por cada estrutura morfológica da planta, sua plasticidade morfológica e da via de perenização empregada em resposta ao manejo imposto e às variações estacionais em disponibilidade de fatores de crescimento é fundamental para a utilização do amendoim forrageiro em ambientes de pastejo. A identificação de como e em que condições a planta prioriza o desenvolvimento de determinadas estruturas morfológicas em detrimento a outras possibilita a integração do conhecimento para sua melhor utilização. A compreensão das vias naturais de perenização permite que sejam identificadas oportunidades de manipulação como forma de otimizar os processos envolvidos, favorecendo o planejamento de práticas agronômicas e de manejo que assegurem a persistência e a produtividade dos pastos de forma sustentável.

O objetivo deste experimento foi avaliar o desenvolvimento anual de plantas de amendoim forrageiro como forma de identificar e descrever padrões de crescimento estacional ao longo do ano e revelar como são afetados pela intensidade de pastejo. Esse conhecimento deve contribuir para a identificação de fatores e de condições que definem os limites de resistência dessa planta ao pastejo, gerando importantes subsídios para a idealização e planejamento de práticas de manejo.

4.2 Material e métodos

O experimento foi conduzido na Unidade Experimental de Plantas Forrageiras (UEPF) do Departamento de Zootecnia da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”,

pertencente à Universidade de São Paulo. As coordenadas geográficas aproximadas são 22°42' de latitude Sul, 47°38' de longitude Oeste e 546 m de altitude (OMETO, 1981). A espécie estudada classifica-se como divisão *Magnoliophyta*; classe *Magnoliopsida*; ordem *Fabales*; família *Fabaceae*; subfamília *Faboideae*; Tribo *Dalbergieae*; gênero *Arachis*; espécie *pintoi* (Krappovickas & Greg) cultivar Belmonte (USDA, 2012). O solo foi classificado como Nitossolo Vermelho Eutroférico, com horizonte A moderado e textura variando de argilosa a muito argilosa (EMBRAPA, 2006), de elevada fertilidade com as seguintes características químicas na camada de 0-20 cm: pH CaCl_2 = 5,9; matéria orgânica = 41,0 g.dm⁻³; P (resina trocadora de íons) = 77,0 mg.dm⁻³; Ca = 87,5 mmolc.dm⁻³; Mg = 50,0 mmolc.dm⁻³; K = 16,3 mmolc.dm⁻³; H + AL = 26,5 mmolc.dm⁻³; soma de bases = 146,3 mmolc.dm⁻³; capacidade de troca catiônica = 172,8 mmolc.dm⁻³; saturação por base = 84%. Os valores de pH e os teores de nutrientes foram considerados satisfatórios em relação às exigências da espécie em estudo (CEPLAC, 2012), razão pela qual não foram realizadas práticas de calagem, adubação fosfatada e potássica para correção do solo antes do plantio.

O clima da região é do tipo subtropical com inverno seco e precipitação anual média de 1.328 mm (COMISSÃO EXECUTIVA DO PLANO DA LAVOURA CACAUEIRA - CEPAGRI, 2012). Os dados climáticos da área experimental foram coletados em estação meteorológica do Departamento de Ciências Exatas da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, localizada cerca de 500 m do local do experimento (Figuras 1 e 2). As temperaturas médias do período experimental variaram de 18,8 °C em agosto de 2013 a 26,8 °C em janeiro de 2014.

Figura 1 - Precipitação (mm), temperaturas mínimas, médias e máximas (°C) para a região de Piracicaba, SP, de janeiro de 2013 a março de 2014

Figura 2 - Extrato do balanço hídrico mensal (mm) para a região de Piracicaba, SP, de janeiro de 2013 a março de 2014, considerando-se uma capacidade de armazenamento de água no solo (CAD) de 50 mm

A área experimental foi estabelecida por meio de plantio de mudas (estolões) no dia 30 de novembro de 2011. Estas foram 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. A área utilizada possui cerca de 3.000 m² e tinha como vegetação original grama seda (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.). Para eliminação da grama seda utilizou-se o herbicida dessecante glifosato na dosagem de 10 L.ha⁻¹ cerca de 15 dias antes da data prevista para o plantio. Após oito dias da aplicação do herbicida, o terreno foi preparado com grade aradora e sulcado no dia do plantio (sulcos espaçados de 40 cm e com cerca de 7 cm de profundidade) utilizando implemento para cultivo mecânico da lavoura de milho devidamente adaptado para o serviço. Os estolões (aproximadamente 790 kg) foram distribuídos manualmente ao longo dos sulcos e enterrados com auxílio dos pés e enxada. Após a cobertura das mudas foi realizada compactação da área utilizando o rodado do trator. Na fase inicial de estabelecimento do experimento foi utilizada

irrigação (por aspersão) sempre que ocorria um período mínimo de dois dias sem chuva como forma de evitar restrições hídricas e manter o solo com elevada reserva de água. Durante o período experimental, a irrigação foi acionada com base nos dados de precipitação, temperatura média e evapotranspiração. 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. Contudo, devido a problemas técnicos, no mês de julho e em parte do mês de agosto de 2014 (inverno) houve períodos de déficit hídrico.

Em setembro de 2012 a área foi considerada formada e os tratamentos foram alocados às unidades experimentais. Estes corresponderam a quatro níveis de intensidade de pastejo (severo - S, moderado - M, leniente - L, e muito leniente - ML) representados pelas alturas de pasto de 5, 10, 15 e 20 cm. As alturas foram mantidas constantes por meio de simulação de lotação contínua, consequência do tamanho reduzido das unidades experimentais (piquetes de 210 m²). Para que as alturas fossem mantidas constantes, foram realizados pastejos semanais com número variável de animais por piquete. Os animais utilizados foram novilhas leiteiras com peso corporal médio de 200 ± 30 kg pertencentes ao rebanho de bovinos leiteiros do Departamento de Zootecnia da ESALQ, as quais foram utilizadas apenas como agentes desfolhadores. A amplitude de alturas de pasto utilizada foi escolhida para assegurar o contraste adequado entre níveis de intensidade de pastejo (severo, moderado, leniente e muito leniente) necessário para se realizar as avaliações propostas.

Após quatro meses de adaptação aos tratamentos, em janeiro de 2013, o experimento foi iniciado e conduzido até março de 2014, abrangendo as seguintes épocas do ano: verão 2012/2013 (verão I), outono 2013 (outono), inverno 2013 (inverno), primavera 2013 (primavera) e verão 2013/2014 (verão II). O delineamento experimental utilizado foi o de blocos completos casualizados com 4 repetições, tendo como critério de bloqueamento o declive do terreno.

A altura do dossel forrageiro foi monitorada duas vezes por semana utilizando-se bastão medidor (*sward stick* – BARTHRAM, 1985). Para tanto, cada unidade experimental foi dividida em nove quadrantes e, dentro destes, foram tomados três pontos ao longo de linha previamente marcada, totalizando 27 pontos de medição por unidade experimental. As avaliações do comprimento do estolão foram realizadas em estolões individuais. A marcação dos estolões foi feita com o auxílio de barras de metal de 2 metros de comprimento graduadas a cada 20 centímetros (BIRCHAM; HODGSON, 1983). Foram utilizadas duas réguas por

piquete, as quais foram colocadas em pontos representativos da unidade experimental (avaliação visual da altura e massa de forragem). Para cada régua foram selecionados 10 estolões (estolões com no mínimo 3 folhas vivas), os quais foram identificados por meio de anel plástico. Dessa forma, foram selecionados 20 estolões por unidade experimental, totalizando 80 estolões marcados por tratamento. Os estolões eram monitorados duas vezes por semana e quando um desses estolões era decapitado por pastejo, dependendo do número de dias que antecediam a finalização do período de avaliação, ocorria marcação de um novo estolão em seu lugar, seguindo os mesmos métodos descritos. Foram realizados dez ciclos de avaliação de 28 dias, sendo que a cada ciclo um novo grupo de estolões era selecionado, totalizando 320 estolões marcados por ciclo de avaliação. Ao final de cada ciclo, todos os estolões eram cortados no primeiro ponto de inserção acima da superfície do solo e levados para laboratório para separação morfológica em folíolos, pecíolos e estolões (Figura 3). O comprimento estendido do estolão foi obtido usando régua graduada em centímetros, medindo-se desde a base do estolão até o último ponto de crescimento (meristema apical).

Figura 3 - Corte dos estolões ao final de cada ciclo de pastejo

As demais variáveis relativas às características morfológicas dos estolões foram determinadas a partir de amostras colhidas para avaliação de massa de raízes e nódulos em experimento realizado de forma concomitante na mesma área experimental¹ (Figura 4). Para coleta das amostras foi utilizado 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) de junho de 2013 a março de 2014 de modo a representar o outono, o inverno, a primavera e o verão II, respectivamente. A parte aérea foi retirada por meio de corte realizado rente ao solo e utilizada para as avaliações deste trabalho. Estas compreenderam a contagens do número total de pontos de crescimento (todos os meristemas apicais - gemas terminais e axilares); de nós (Figura 5); de pontos de enraizamento (nós com presença de primórdios e/ou pêlos radiculares) e mensuração do comprimento total de estolões (somatório do comprimento de todos os segmentos de estolões contidos na amostra).

Figura 4 - Amostras de raízes das quais foram retiradas as amostras de parte aérea para avaliação das características morfológicas das plantas de amendoim forrageiro

Figura 5 - Contagem do número de nós e de pontos de enraizamento

¹ CARVALHO, L.R. **Interceptação luminosa, massa de raízes e acúmulo de forragem em *Arachis pintoi* cv. Belmonte submetido a intensidades de pastejo.** 2014. 77 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2014.

De posse dessas variáveis foram calculadas as seguintes variáveis-resposta: comprimento médio do entrenó, comprimento médio entre pontos de enraizamento e entre pontos de crescimento (cm), densidade de pontos de crescimento, de nós e de pontos de enraizamento ($\text{n}^\circ \text{m}^{-2}$) e densidade de estolões (m m^{-2}) utilizando-se as equações abaixo:

- Densidade de estolões (m m^{-2}) = comprimento total de todos os estolões contidos no cilindro/área do cilindro;
- Densidade de nós ($\text{n}^\circ \text{m}^{-2}$) = número total de nós presentes no cilindro/área do cilindro;
- Densidade de pontos de enraizamento ($\text{n}^\circ \text{m}^{-2}$) = número total de pontos de enraizamento do cilindro/área do cilindro;
- Densidade de pontos de crescimento ($\text{n}^\circ \text{m}^{-2}$) = número total de pontos de crescimento/área do cilindro;
- Comprimento médio entre pontos de crescimento = densidade de estolões/densidade de pontos de crescimento;
- Comprimento médio do entrenó = densidade de estolões/densidade de nós;
- Comprimento médio entre pontos de enraizamento = densidade de estolões/densidade de pontos de enraizamento.

4.3 Análises dos dados

Para comprimento de estolão os dados foram agrupados nas seguintes épocas do ano: verão I (janeiro/2013 - março/2013), outono (abril/2013 - junho/2013), inverno (julho/2013 - setembro/2013), primavera (outubro/2013 - dezembro/2013) e verão II (janeiro/2014 - março/2014). Para as demais variáveis os dados foram agrupados nas épocas: outono (abril/2013 - junho/2013), inverno (julho/2013 - setembro/2013), primavera (outubro/2013 - dezembro/2013) e verão II (janeiro/2014 - março/2014).

A análise estatística foi realizada utilizando-se o PROC MIXED do pacote estatístico SAS[®] (Statistical Analysis System), versão 8.2 para Windows[®]. Os efeitos de intensidade de pastejo, época do ano e da interação entre eles foram considerados fixos e o efeito de blocos foi considerado aleatório (LITTEL et al., 1996). Todos os conjuntos de dados foram testados quanto à normalidade da distribuição dos erros e homogeneidade de variâncias. Não houve necessidade de transformação em nenhuma das variáveis avaliadas. A escolha da matriz de variância e de covariância foi feita utilizando-se o critério bayesiano de Schwarz (BIC) (LITTEL; NATARAJAN; PENDERGAST, 2000) e a análise de variância realizada com base

nas seguintes causas de variação: intensidade de pastejo, época do ano e a interação entre elas. 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 probabilidade de erro de 5%.

4.4 Resultados

O controle das alturas de pastejo foi efetivo para os tratamentos L e ML durante todo o período experimental, apresentando variações dentro do limite estipulado de 10% acima ou abaixo da meta de manejo. Para o tratamento S e M o controle mais efetivo ocorreu a partir do outono, sendo que o tratamento M apresentou valores consistentemente próximos daqueles desejados, enquanto que o tratamento S apresentou valores acima do planejado durante todo o período experimental (Figura 6).

Figura 6 – Altura de manejo (cm) em amendoim forrageiro cv. Belmonte submetido a intensidades de pastejo sob lotação contínua de abril de 2013 a março de 2014

O comprimento do estolão variou com a intensidade de pastejo ($P<0,0001$), época do ano ($P<0,0001$) e com a interação intensidade de pastejo x época do ano ($P=0,0001$). De forma geral, maiores valores foram registrados para as menores intensidades de pastejo, independentemente da época do ano. Com exceção do tratamento ML, maiores valores foram registrados no verão I, primavera e verão II, menores no inverno e intermediários no outono. Para o tratamento ML os valores diminuíram do verão I para o inverno, e permaneceram estáveis até o final do experimento no verão II (Tabela 1).

O comprimento médio entre pontos de crescimento variou com a intensidade de pastejo ($P<0,0001$), época do ano ($P<0,0001$) e com a interação intensidade de pastejo x época do ano ($P<0,0004$). De forma geral, o comprimento médio entre pontos de crescimento foi maior para as menores intensidades de pastejo, com os maiores valores registrados para o tratamento ML, independentemente da época do ano. Nos pastos submetidos ao tratamento S os valores permaneceram estáveis durante todo o período experimental. Para os tratamentos M e ML os menores valores foram registrados na primavera relativamente às demais épocas do ano, as quais não diferiram entre si. Nos pastos submetidos ao tratamento L houve redução do comprimento médio entre pontos de crescimento do outono até a primavera, voltando a aumentar no verão II (Tabela 1).

O comprimento médio do entrenó foi influenciado pela intensidade de pastejo ($P<0,0001$), época do ano ($P<0,0001$) e pela interação intensidade de pastejo x época do ano ($P<0,0204$). De forma geral, maiores valores foram registrados nos pastos submetidos aos tratamentos L e ML relativamente àqueles submetidos aos tratamentos S e M, independentemente da época do ano. Nos pastos submetidos ao tratamento S os valores permaneceram estáveis durante todo o período experimental. Para o tratamento M os valores diminuíram somente da primavera para o verão II. Nos pastos submetidos aos tratamentos L e ML houve redução do comprimento médio do entrenó a partir do outono, com valores permanecendo estáveis até o verão II para o tratamento L e atingindo valores menores no verão II para o tratamento ML (Tabela 1).

O comprimento médio entre pontos de enraizamento variou apenas com a época do ano ($P<0,0001$), com maiores valores registrados no verão II, menores no outono e intermediários no inverno e primavera, que não diferiram entre si ($10,2\pm0,62$; $12,8\pm0,71$; $15,1\pm2,33$ e $29,3\pm3,72$ cm para o outono, inverno, primavera e verão II, respectivamente).

Tabela 1 - Comprimento médio do estolão, entre pontos de crescimento e do entrenó em amendoim forrageiro submetido a intensidades de pastejo de abril de 2013 a março de 2014

Época do ano	Intensidade de pastejo				EPM*
	S	M	L	ML	
Comprimento médio do estolão (cm)					
Verão I	12,9 ABc	13,2 ABCc	25,0 ABb	45,7 Aa	2,86
Outono	7,4 BCc	10,4 BCc	19,0 Bb	33,4 Ba	1,55
Inverno	6,1 Cc	7,8 Cc	12,3 Cb	22,4 Ca	1,09
Primavera	13,4 Ab	15,2 Ab	20,7 ABa	24,0 Ca	1,31
Verão II	10,2 ABb	11,7 ABb	23,4 Aa	21,9 Ca	1,49
Comprimento médio entre pontos de crescimento (cm)					
Outono	3,6 Ac	5,6 Ab	9,3 Aa	8,9 Aa	0,41
Inverno	3,3 Ad	5,0 Ac	6,2 Cb	8,0 Aa	0,41
Primavera	3,5 Ab	3,4 Bb	4,5 Db	6,6 Ba	0,41
Verão II	3,3 Ac	5,3 Ab	7,6 Ba	8,0 Aa	0,41
Comprimento médio do entrenó (cm)					
Outono	1,2Ac	1,9 Ab	3,0 Aa	3,0 Aa	0,16
Inverno	0,9 Ac	1,9 Ab	2,3 ABab	2,6 Aa	0,14
Primavera	0,9 Ac	1,9 Ab	2,6Ba	2,4 ABa	0,56
Verão II	1,1 Ab	1,3 Bb	2,3 ABa	2,1 Ba	0,12

* EPM = erro padrão da média. Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas colunas e minúscula nas linhas não diferem entre si ($P>0,05$). S= 5cm; M= 10cm; L= 15cm; ML= 20cm

A densidade de estolão variou com a intensidade de pastejo ($P<0,0001$), época do ano ($P<0,0211$) e com a interação intensidade de pastejo x época do ano ($P<0,0001$). Exceto durante o verão II, maiores valores foram registrados nos pastos submetidos ao tratamento ML relativamente aos demais tratamentos. No outono, não houve diferença entre os tratamentos L e ML, cujos valores foram maiores que aqueles dos tratamentos S e M. Nos pastos submetidos ao tratamento S os maiores valores foram registrados na primavera relativamente ao outono e inverno, com valores intermediários durante o verão II. Nos pastos submetidos ao tratamento M os valores permaneceram estáveis ao longo de todo o período experimental. Nos pastos submetidos ao tratamento L houve redução na densidade de estolões do outono para o inverno, época a partir da qual os valores se estabilizaram. Nos pastos

submetidos ao tratamento ML os valores permaneceram elevados do outono até a primavera, época a partir da qual houve redução na densidade de estolões (Tabela 2).

A densidade de nós variou com a intensidade de pastejo ($P < 0,0001$) e com a interação intensidade de pastejo x época do ano ($P < 0,0013$). Maiores valores foram registrados nos pastos submetidos aos tratamentos S e ML relativamente aos tratamentos M e L durante o inverno e primavera. Durante o outono, não houve diferença entre tratamentos e no verão II a densidade de nós diminuiu com a diminuição da intensidade de pastejo. Nos pastos submetidos ao tratamento S houve aumento da densidade de nós do outono até o verão II. Nos pastos submetidos ao tratamento M, maiores valores foram registrados no verão II, menores no inverno e primavera e valores intermediários durante o outono. Nos pastos submetidos ao tratamento L a densidade de nós permaneceu estável ao longo do experimento e naqueles submetidos ao tratamento ML os valores aumentaram do outono até a primavera, diminuindo até o verão II (Tabela 2).

A densidade de pontos de enraizamento foi influenciada pela intensidade de pastejo ($P < 0,0001$), época do ano ($P < 0,0001$) e pela interação intensidade de pastejo x época do ano ($P < 0,0001$). Pastos submetidos ao tratamento ML apresentaram maiores valores de densidade de pontos de enraizamento que aqueles submetidos aos tratamentos S, M e L, exceto no verão II, época em que não houve diferença entre tratamentos. Durante o outono, a densidade de pontos de enraizamento foi maior nos pastos submetidos ao tratamento L relativamente aos tratamentos S e M, e no inverno foram registrados maiores valores nos pastos submetidos ao tratamento L relativamente ao tratamento S, com a diferença desaparecendo na primavera. De forma geral, a densidade de pontos de enraizamento diminuiu do outono para o verão II, exceto nos pastos submetidos ao tratamento S, cujos valores permaneceram estáveis ao longo de todo o período experimental (Tabela 2).

A densidade de pontos de crescimento foi influenciada pela intensidade de pastejo ($P < 0,0128$), época do ano ($P < 0,0001$) e pela interação intensidade de pastejo x época do ano ($P < 0,0280$). Não houve diferença entre tratamentos no outono. No inverno, maiores valores foram registrados para o tratamento ML relativamente aos demais. Na primavera, maiores valores foram registrados para os tratamentos S e ML relativamente aos tratamentos M e L e, no verão II, maiores valores foram registrados para o tratamento S relativamente aos demais tratamentos. Pastos submetidos aos tratamentos M e L apresentaram densidade de pontos de crescimento estáveis ao longo de todo o período experimental. Por outro lado, nos pastos submetidos ao tratamento S houve aumento nos valores do outono/inverno para a

primavera/verão II e, nos pastos submetidos ao tratamento ML ocorreu aumento do outono para o inverno/primavera e redução no verão II (Tabela 2).

Tabela 2 - Densidade de estolão, de nós, de pontos de enraizamento e de pontos de crescimento em amendoim forrageiro submetido a intensidades de pastejo de abril de 2013 a março de 2014

Época do ano	Intensidade de pastejo				EPM*
	S	M	L	ML	
Densidade de estolão (m m ⁻²)					
Outono	178Bb	296 Ab	502 Aa	561 Aa	41
Inverno	168 Bc	240 Abc	274 Bb	582 Aa	28
Primavera	297 Ab	211 Ab	280 Bb	617 Aa	48
Verão II	243 ABa	245 Aa	361 Ba	385 Ba	52
Densidade de nós (nº m ⁻²)					
Outono	15.056 Ca	16.049ABa	16.931 Aa	18.681 BCa	1525
Inverno	19.201BCa	12.882 Bb	12.570Ab	23.042 ABa	1950
Primavera	24.375Aa	12.840Bb	14.757Ab	24.820 Aa	2219
Verão II	23.243ABa	19.340Aab	16.444Ab	17.729 Cb	1818
Densidade de pontos de enraizamento (nº m ⁻²)					
Outono	1.875 Ac	2.257 Ac	4.628 Ab	7.284Aa	296
Inverno	1.284 Ac	1.805 ABbc	2.444 Bb	5.645 Ba	262
Primavera	1.916 Ab	1.583 ABb	2.527 Bb	5.128 Ba	606
Verão II	1.375 Aa	1.048 Ba	823 Ca	1.403 Ca	300
Densidade de pontos de crescimento (nº m ⁻²)					
Outono	4.944 Ba	5.320 Aa	5.479 Aa	6.368BCa	598
Inverno	5.320 Bb	4.861 Ab	4.434 Ab	7.527 ABa	640
Primavera	8.868 Aa	6.146 Ab	6.312 Ab	9.361 Aa	820
Verão II	7.382 Aa	4.812 Ab	4.812 Ab	4.757 Cb	762

* EPM = erro padrão da média. Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas colunas e minúscula nas linhas não diferem entre si ($P>0,05$). S= 5cm; M= 10cm; L= 15cm; ML= 20cm

4.5 Discussão

As variáveis-resposta avaliadas podem ser classificadas genericamente em dois grupos: indicadoras de tamanho das plantas (comprimento do estolão, comprimento médio entre nós, entre pontos de crescimento e de enraizamento) e indicadoras de número de indivíduos na área (densidade de estolões, de nós, de pontos de crescimento e de pontos de enraizamento). De forma geral, todas as variáveis foram influenciadas pelas causas de variação estudadas (intensidade de pastejo, época do ano e pela interação intensidade de pastejo x época do ano). Foi observada uma relação inversa entre os dois grupos, ou seja, aumento em indicadores de tamanho estiveram associados com diminuição em indicadores de número de indivíduos. O fato indica que existe um padrão estacional de variação nas respostas mensuradas relacionado com a população de plantas (Figura 7) que é modificado pela intensidade de pastejo (Figura 8). Assim como para gramíneas forrageiras (e.g. MATTHEW et al., 1995; SBRISSIA et al., 2003, 2008), parece existir um mecanismo de compensação entre tamanho e número de indivíduos na área.

Figura 7 - Relação entre variáveis indicadoras de tamanho e de número de plantas por unidade de área ao longo do período experimental (A - comprimento entre pontos de crescimento x densidade de pontos de crescimento; B - comprimento entre pontos de enraizamento x densidade de pontos de enraizamento; e C - comprimento do entrenó x densidade de nós)

Figura 8 - Relação entre variáveis indicadoras de tamanho e de número de plantas por unidade de área para os tratamentos de intensidade de pastejo (A - comprimento entre pontos de crescimento x densidade de pontos de crescimento; B - comprimento entre pontos de enraizamento x densidade de pontos de enraizamento; e C - comprimento do entrenó x densidade de nós)

Apesar dos 120 dias de adaptação dos pastos aos tratamentos experimentais, o verão I ainda foi considerado como período de adaptação e de estabelecimento das metas de altura de manejo especificadas (Figura 6). Independente da intensidade de pastejo, no período entre outono e a primavera, caracterizado por diminuição do comprimento do dia, redução da temperatura e redução da precipitação, houve aumento das variáveis indicadoras de número de indivíduos e redução daquelas indicadoras de tamanho das plantas. Por outro lado, no período entre a primavera e o verão II, caracterizado pelo aumento do comprimento do dia, temperatura e precipitação, houve aumento das variáveis indicadoras de tamanho das plantas e diminuição daquelas indicadoras de número de indivíduos (Figura 7). Esse padrão de variação parece descrever um processo de segmentação das plantas ocorrendo ao final da estação de crescimento (verão I) após intenso crescimento dos estolões, formando grande número de plantas menores que voltam a aumentar de tamanho na estação de crescimento seguinte (Tabela 1). Na primavera, as novas unidades iniciaram processo de crescimento como forma de explorar melhor a área em busca de condições de crescimento mais favoráveis, particularmente luz, uma vez que a fertilidade do solo era elevada e a água foi suprida pela irrigação. É possível que maiores estolões na época mais favorável de crescimento também propiciem maior quantidade de reservas orgânicas para as plantas, uma vez que esses são órgãos de armazenamento desse tipo de compostos. Essa reserva seria utilizada para o processo de segmentação e formação de raízes nas novas plantas por ocasião da segmentação. O fato é corroborado e consistente com a ocorrência de maiores estolões nos pastos submetidos aos tratamentos L e ML relativamente àqueles submetidos aos tratamentos S e M (Tabela 1). Quanto maior a altura de manejo, maior a competição por luz no interior do dossel forrageiro e, conseqüentemente, maior a necessidade de as plantas desenvolverem estratégias ou mecanismos para obter acesso à luz. Adicionalmente, pastos mantidos mais altos possuem folhas maiores com maior produção de assimilados, necessitando de maiores locais para sua estocagem (estolões). A partir do outono, com o início de condições menos favoráveis de crescimento, iniciou-se um processo de subdivisão das plantas em unidades menores (Tabela 1), que esteve associado com elevadas densidades de pontos de enraizamento no outono (Tabela 2), fato sugestivo de um processo de segmentação das plantas, necessário para viabilizar a reprodução clonal, assegurar a autonomia das novas plantas e favorecer a ocupação da área, garantindo a persistência da espécie. De Krooms e Hutchings (1995) afirmaram que o processo de desintegração das plantas reduz a permanência de clones em áreas com baixa disponibilidade de recursos, aumentando a velocidade de colonização desses clones em ambientes favoráveis ao crescimento e assegurando sua permanência na pastagem.

A partir da primavera, com a restauração das condições favoráveis de crescimento, as novas plantas formadas passaram a aumentar de tamanho novamente, fechando o ciclo anual de desenvolvimento no final do verão seguinte (verão II). Padrão semelhante de crescimento estacional foi descrito para trevo branco (*Trifolium repens* L.), leguminosa de clima temperado de hábito de crescimento análogo ao amendoim forrageiro (HARRIS, 1994). Os dados demonstram que a segmentação predomina tanto em ambientes sujeitos a altas frequências de perturbação (tratamentos S e M) quanto a baixas frequências de perturbação (tratamentos L e ML) em situações em que o custo da integração fisiológica supera o benefício da mesma. Em espécies clonais, que possuem hábito de crescimento prostrado como o amendoim forrageiro, o crescimento inicial dos *ramets*² é assegurado pelo transporte acropetal de assimilados através das conexões intraclonais (PITELKA; ASHMUN, 1985). A dependência dessa translocação diminui a medida que os *ramets* se desenvolvem (HARTNETT; BAZZAZ, 1983; PITELKA; ASHMUN, 1985), sugerindo que, depois de algum tempo, sua dependência da planta mãe (*genet*³) para crescer e sobreviver passa a ser pequena ou inexistente. A independência fisiológica parece oscilar em função do tamanho do *ramet* parental e da qualidade dos recursos disponíveis em que tanto o *ramet* parental quanto o juvenil ocupam. O fato caracteriza duas etapas do ciclo anual de desenvolvimento dessas plantas, uma caracterizada pela integração física (integração fisiológica), em que os *ramets* podem ou não ser dependentes fisiologicamente, e outra em que ocorre a segmentação e formação de novas plantas pequenas e autônomas. A multiplicação das unidades autônomas favorece a exploração e a colonização de novas áreas. Assim que locais com alta disponibilidade de recursos são identificados, é mais vantajoso para o *ramet* se desintegrar fisicamente do que persistir apoiado em uma prolongada integração fisiológica (SLADE; HUTCHINGS, 1987). Isso é coerente com a variação estacional na relação inversa entre as variáveis caracterizadoras de tamanho e número de indivíduos na área revelada ao longo do ano (Figura 7). A dependência fisiológica inicial é decorrente da ausência de raízes nos nós dos ramos juvenis, pois a formação de raízes ocorre somente após o completo alongamento dos entrenós (BIRCH; HUTCHINGS 1992). Dessa forma, estruturas aéreas se desenvolvem antes das raízes e dependem da translocação de água e nutrientes dos *ramets* mais velhos. Consequentemente, a segmentação se dá após período de intenso desenvolvimento vegetativo e acúmulo de reservas nas plantas durante o final de primavera e o verão. Os resultados deste

² Estolões individuais ou unidades de crescimento clonal e suas subunidades morfológicas (folhas, pecíolos e colmos).

³ Conjunto formado pelo genótipo parental e seus ramos conectados em diferentes graus hierárquicos.

trabalho indicaram grande investimento em densidade de pontos de enraizamento como forma de preparar os indivíduos para a desintegração antes do processo de segmentação no outono. Após o processo de segmentação e início de um novo ciclo com *ramets* menores (primavera) e de diferentes ordens hierárquicas, a alocação de recursos passou a ser priorizada para respostas que assegurassem ocupação da área, como o aumento do tamanho e densidade de estolões.

O processo de segmentação está associado à magnitude de variação temporal e espacial dos nichos ocupados pelos *ramets* e pelas oscilações climáticas inerentes às estações do ano. Durante esse processo, a população de plantas fica mais suscetível ao estresse, seja por modificações nas condições climáticas ou imposições de manejo. Nesse sentido, pastos submetidos ao tratamento ML, diante da elevada competição por luz e necessidade de priorizar estruturas que maximizassem a captura de luz, apresentaram expressiva redução na densidade de nós e de pontos de enraizamento, resultando em redução na densidade de pontos de crescimento no verão II (Tabela 2). No entanto, a importância dos pontos de enraizamento é modificada pelo tamanho das estruturas morfológicas, especialmente o tamanho do estolão. A baixa densidade de pontos de enraizamento nos nós dos estolões pequenos de pastos submetidos aos tratamentos S e M não inibiu a sobrevivência dos ramos, provavelmente devido à proximidade destes em relação aos pontos de enraizamento do estolão parental (LOTSCHER, 1996).

As alterações em tamanho e em número dos componentes morfológicos são reflexos das modificações na qualidade e quantidade de luz no interior do dossel forrageiro causadas pelas diferentes alturas de manejo. Modificações na qualidade de luz do ambiente são promovidas pela presença de indivíduos vizinhos e percebidas por fotorreceptores específicos da planta. Em resposta a essas informações, as plantas ajustam suas estruturas morfológicas estrategicamente para maximizar a captura de recursos. Nesse sentido, os pastos submetidos aos tratamentos L e ML priorizaram a alocação de recursos para estruturas com capacidade de exploração de novas áreas (estolões) por meio do aumento do comprimento dos entrenós. Esse tipo de resposta é considerado como uma estratégia de escape ao sombreamento em plantas que possuem crescimento estolonífero ou rizomatoso. Andrade et al. (2012) reportaram valores de até 10 cm para o alongamento do entrenó de *Arachis pintoi* cv. Itacambira em consórcio com o capim-massai (*Panicum maximum* x *P. infestum* cv. Massai), enfatizando que a ocorrência da competição interespecífica além da intraespecífica pode induzir respostas de escape ainda mais acentuadas que as registradas neste experimento. O

alongamento dos entrenós proporciona à planta habilidade para posicionar gemas e pontos de crescimento em micro-habitats ricos em recursos, aumentando a possibilidade de desenvolvimento de novos ramos a partir dos nós (LOTSCHER, 1996). Por outro lado, os pastos submetidos aos tratamentos S e M apresentaram encurtamento dos entrenós. Essa estratégia é induzida pela elevada disponibilidade de fótons e permite à planta agregar as ramificações em locais com elevada disponibilidade de recursos, concentrando investimentos na produção de área foliar e raízes, resposta corroborada pela redução no comprimento entre os pontos de crescimento dos pastos submetidos aos tratamentos S e M (Tabela 1). Carvalho (2014), em experimento concomitante na mesma área experimental, demonstrou que nos pastos submetidos aos tratamentos S e M houve menor atenuação (interceptação da radiação fotossinteticamente ativa - RFA) da luz incidente (62,9; 89,7; 98,9 e 99,6% para os tratamentos S, M, L e ML, respectivamente) e as plantas apresentaram maior massa e número de nódulos e maior massa de raízes relativamente àqueles submetidos aos tratamentos L e ML. A partição e alocação de recursos internamente nas plantas são feitas de forma a priorizar o desenvolvimento de estruturas que maximizam a captura do fator limitante em um dado momento (e.g. água, luz ou nutrientes). Nos pastos mantidos mais baixos (submetidos aos tratamentos S e M) havia elevada disponibilidade de luz, razão pela qual as plantas passaram a investir em massa de raízes para absorção de água e nutrientes. Por outro lado, nos pastos mantidos mais altos (submetidos aos tratamentos L e ML) a disponibilidade de luz era restrita, razão pela qual as plantas investiram em crescimento de estolões (parte aérea) como forma de buscar locais de maior disponibilidade de luz. Esse padrão de alocação constitui a base para o desenvolvimento das estratégias de perenização das espécies forrageiras em pastagens, e é chave para o planejamento de práticas de manejo que assegurem a perenização e produtividade das plantas forrageiras.

As plantas forrageiras possuem um montante de recursos que são utilizados para diferentes estruturas e funções (drenos metabólicos). A destinação prioritária desses recursos depende da importância e da força relativa dos drenos, fato que determina os diferentes padrões de alocação que caracterizam as estratégias de crescimento e perenização das plantas (WEINER, 2004). O padrão de alocação é função do ambiente no qual as plantas estão submetidas, indicando que a partição de recursos é plástica e, em muitos casos, mais importante para a determinação do componente morfológico alvo de competição que os mecanismos fisiológicos associados (KUPPERS, 1994). Em um ambiente competitivo, um indivíduo não reduz a interceptação de luz de um outro indivíduo aumentando sua eficiência

foto-sintética, mas sim posicionando suas folhas em camadas superiores (SCHWINNING; WEINER, 1998), investindo em estolões como forma de explorar novas áreas ou, ainda, investindo em raízes para que a planta suporte altas intensidades de pastejo por meio de aquisição mais eficiente de água, nutrientes e fixação biológica de nitrogênio atmosférico. O amendoim forrageiro mostrou-se uma planta altamente flexível, de grande capacidade de adaptação a uma amplitude grande de intensidades de pastejo, realçando seu potencial como planta forrageira. De forma análoga ao trevo branco, o amendoim forrageiro possui um ciclo anual de desenvolvimento caracterizado por um processo de segmentação e multiplicação das plantas após período de intenso crescimento e ocupação da área (reprodução clonal), fato que caracteriza uma estratégia eficiente de colonização e maximização da utilização dos recursos abióticos disponíveis e confere a essa planta forrageira alta persistência e elevado potencial de produção. O manejo, representado pelas intensidades de pastejo, atua como modulador desse processo, modificando a magnitude das alterações das respostas nos indicadores de número e de tamanho dos componentes morfológicos na população de plantas na área.

4.6 Conclusão

O amendoim forrageiro possui um ciclo anual de desenvolvimento caracterizado por períodos alternados de aumento em tamanho e em número de indivíduos, intercalados por um processo de enraizamento de nós mais velhos e segmentação. Esse processo assegura a perenização e a colonização da área, conferindo elevado grau de plasticidade, competitividade e adaptação da planta a amplitude significativa de manejos do pastejo, representados pelas intensidades de pastejo neste estudo. Contudo, erros de manejo ou limitações de ambiente que prejudiquem os processos de enraizamento e segmentação podem interromper esse ciclo, com potencial risco de degradação do estande de plantas na área.

Referências

ANDRADE, C.M.S. Produção de ruminantes em pastos consorciados. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 5., 2010, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 2010. p. 171-214.

ANDRADE, C.M.S.; GARCIA, R.; VALENTIN, J.F.; PEREIRA, O.G. Plasticidade fenotípica em plantas de *Arachis pintoi* em pastos consorciados com o capim-massai. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 49., 2012, Brasília. **Anais...** Brasília: SBZ, 2012. p. 1-3.

BARTHAM, G.T. Experimental techniques: the HFRO sward stick. In: HILL FARMING RESEARCH ORGANIZATION 1985. **Biennial report**, Midlothian, 1985. p. 29-30.

BIRCH, C.P.D.; HUTCHINGS, M. J. Analysis of ramet development in the stoloniferous herb *Glechoma hederacea* using a plastochron index. **Oikos**, Copenhagen, v. 63, n. 3, p. 387-394, 1992.

BIRCHAM, J.S.; HODGSON, J. The influence of sward condition on rates of herbage growth and senescence in mixed swards under continuous stocking management. **Grass and Forage Science**, Oxford, v. 38, n. 4, p. 323-331, 1983.

BOLLER, B.C.; NÖSBERGER, J. Effects of temperature and photoperiod on stolon characteristics, dry matter partitioning, and nonstructural carbohydrate concentration of two White clover ecotypes. **Crop Science**, Madison, v. 23, n. 6, p. 1057-1062, 1983.

CARVALHO, L.R. **Interceptação luminosa, massa de raízes e acúmulo de forragem em *Arachis pintoi* cv. Belmonte submetido a intensidades de pastejo**. 2014. 79 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2014.

CENTRO DE PESQUISAS METEOROLÓGICAS E CLIMÁTICAS APLICADAS A AGRICULTURA. Disponível em: <http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima_muni_436.html>. Acesso em: 08 nov. 2014.

COMISSÃO EXECUTIVA DO PLANO DA LAVOURA CACAUEIRA. **Leguminosas amendoim forrageiro**. Disponível em: <<http://www.ceplac.gov.br/radar/amendoim%20forrageiro.htm>> Acesso em: 28 dez.2014.

DA SILVA, S.C.; NASCIMENTO JR., D.; SBRISSIA, A.F.; PEREIRA, L.E.T. Dinâmica de população de plantas forrageiras em pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 4., 2008, Viçosa. **Anais...** Viçosa: Suprema, 2008. p. 75-100.

DE KROON, H.; HUTCHINGS, M.J. Morphological plasticity in clonal plants: the foraging concept reconsidered. **Journal of Ecology**, London, v. 83, n. 1, p. 143-152, 1995.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2006. 306 p.

HARRIS, S.L. White clover growth and morphology in dairy pasture in the Waikato region of northern New Zealand. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, Wellington, v. 37, n. 4, p. 487-494, 1994.

HARTNETT, D.C.; BAZZAZ, F.A. Physiological integration among intracolonial ramets in *Solidago canadensis*. **Ecology**, Washington, v. 64, n. 4, p. 779-788, 1983.

KUPPERS, M. Canopy gaps: competitive light interception and economic space filling -a matter of whole-plant allocation. In: CALDWELL, M.M.; PEARCY, R.W. (Ed.).

Exploitation of environmental heterogeneity by plants: ecophysiological processes above- and belowground. San Diego: Academic Press, 1994. chap. 4, p. 111- 114.

LITTEL, R.C.; PENDERGAST, J.; NATARAJAN, R. Modelling covariance structure in the analysis of repeated measures data. **Statistics in Medicine**, Oxford, v. 19, p. 1793-1819, 2000.

LITTELL, R.C.; MILLIKEN, G.A.; STROUP, W.W.; WOLFINGER, R.D. **SAS system for mixed models**. Cary: SAS Institute, 1996. 633 p.

LÖTSCHER, M.; NÖSBERGER, J. Influence of position and number of nodal roots on outgrowth of axillary buds and development of branches in *Trifolium repens* (L.). **Annals of Botany**, Oxford, v. 78, n. 4, p. 459-465, 1996.

MATTHEW, C.; LEMAIRE, G.; HAMILTON, N.R.S.; HERNANDEZ-GARAY, A.H. A modified self-thinning equation to describe size/density relationships for defoliated swards. **Annals of Botany**, Oxford, v. 76, n. 6, p. 579-587, 1995.

OMETTO, J.C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1981. 425 p.

PITELKA, L.F.; ASHMUN, J.W. Physiology and integration of ramets in clonal plants. In: JACKSON, J.B.C.; BUSS L.W.; COOK, R.E. (Ed.). **Population biology of clonal organisms**. New Haven: Yale University Press, 1985. chap. 2, p. 399-436.

SBRISSIA, A.F.; DA SILVA, S.C. Compensação tamanho/densidade populacional de perfilhos em pastos de capim-marandu. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, n. 1, p. 35-47, 2008.

SBRISSIA, A.F.; DA SILVA, S.C.; MATTHEW, C.; CARVALHO, C.A.B.D.; CARNEVALLI, R.A.; PINTO, L.F.D.M.; PEDREIRA, C.G.S. Tiller size/density compensation in grazed Tifton 85 bermuda grass swards. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 12, p. 1459-1468, 2003.

SCHWINNING, S; WEINER, J. Mechanisms determining the degree of size asymmetry in competition among plants. **Oecologia**, Berlin, v. 113, n. 4, p. 447-455, 1998.

SLADE, A.J.; HUTCHINGS, M.J. The effects of light intensity on foraging in the clonal herb *Glechoma hederacea*. **The Journal of Ecology**, London, v. 75, n. 3, p. 639-650, 1987.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Natural Resources Conservation Service. Disponível em: <<http://plants.usda.gov/classification.html>>. Acesso em: 28 dez. 2014.

WEINER, J. Allocation, plasticity and allometry in plants. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, Zurich, v. 6, n. 4, p. 207-215, 2004.

5 RESPOSTAS MORFOGÊNICAS DE AMENDOIM FORRAGEIRO (*ARACHIS PINTOI* KRAPPOVICKAS & GREGORY CV. BELMONTE) SUBMETIDO A INTENSIDADES DE PASTEJO SOB LOTAÇÃO CONTÍNUA

Resumo

Respostas de plantas individuais a eventos de desfolhação compreendem alterações na velocidade e na magnitude de um grande número de processos morfológicos e fisiológicos como forma de assegurar a manutenção e/ou restauração da área foliar e fotossíntese do dossel forrageiro, caracterizando sua plasticidade fenotípica e determinando seu nível de resistência ao pastejo. O objetivo deste trabalho foi avaliar as respostas morfogênicas do amendoim forrageiro submetido a intensidades de pastejo sob simulação de lotação contínua de janeiro de 2013 a março de 2014. Os tratamentos corresponderam a quatro níveis de intensidade de pastejo (severo - S, moderado - M, leniente - L, e muito leniente - ML) representadas pelas alturas de pasto de 5, 10, 15 e 20 cm, e foram alocados às unidades experimentais (piquetes de 210 m²) segundo um delineamento de blocos completos casualizados, com 4 repetições. Foram avaliadas as seguintes variáveis-resposta: taxa de aparecimento (TApF) e expansão de folhas (TExF); taxa de alongamento de pecíolo (TAIP); filocrono em graus-dia (FIL); tamanho final de folha (TFF); comprimento médio do pecíolo (CMP); número de folhas em expansão (NFE), maduras (NFM) e total (NTF) por estolão e índice de área foliar (IAF). Pastos submetidos aos tratamentos S e M apresentaram maior TApF, menor FIL e menor TFF que pastos submetidos aos tratamentos L e VL. Esse padrão de crescimento resultou em valores relativamente estáveis de IAF para as intensidades de pastejo. O IAF variou apenas com as épocas do ano, com maiores valores registrados durante a primavera e verão e menores no outono e inverno, refletindo a sazonalidade natural de crescimento das plantas. A TExF não foi afetada pelas intensidades de pastejo, apenas pelas épocas do ano, indicando que o TFF foi determinado pela duração do período de expansão das folhas e revelando uma importante relação funcional entre os processos de aparecimento e expansão de folhas relacionada com diferentes estratégias de crescimento utilizadas pelas plantas ao longo do ano. A TAIP variou de forma semelhante à TApF. Pastejos mais frequentes, consequência das maiores taxas de crescimento das plantas durante a primavera e verão ou das maiores intensidades de pastejo (tratamentos S e M), resultaram em maior NFE e menor NFM e NTF, porém sem alteração significativa do IAF dos pastos. O amendoim forrageiro cv. Belmonte apresenta elevada plasticidade fenotípica, uma vez que é capaz de ajustar seu IAF por meio de variação no número e tamanho das folhas produzidas. Contudo, o diferente perfil etário das folhas no dossel forrageiro sob as diferentes intensidades de pastejo pode ter implicações sobre a fotossíntese e valor nutritivo da forragem com potenciais implicações para a produção e produtividade animal.

Palavras-chave: Índice de área foliar; Intensidade de pastejo; Características morfogênicas; *Arachis pintoi*

Abstract

Individual plant responses to defoliation include modifications in timing and magnitude of a large number of morphological traits and physiological processes ensuring maintenance and/or restoration of sward leaf area and photosynthesis, and characterising plant phenotypic plasticity and degree of grazing resistance. The objective of this experiment was to evaluate the morphogenetic responses of forage peanut subjected to intensities of grazing under simulated continuous stocking from January 2013 to March 2014. Treatments

corresponded to four levels of grazing intensity (severe – S, moderate – M, lenient – L, and very lenient – VL) represented by four constant sward heights of 5, 10, 15 and 20 cm, and were allocated to experimental units (210 m² paddocks) according to a complete randomised block design with four replications. The following response variables were evaluated: rates of leaf appearance (LAR) and expansion; petiole elongation rate (PER); phyllochron in degree-days (PHY); final leaf size (FLS); petiole length (PL); number of expanding (NEL), mature (NML) and total (NTL) leaves per stolon; and sward leaf area index (LAI). Swards subjected to S and M treatments showed greater LAR, smaller PHY and smaller FLS than those subjected to L and VL treatments. This growth pattern resulted in stability of LAI across grazing intensities. LAI varied only with season of the year, with greater values recorded during spring and summer and lower values during autumn and winter, reflecting the seasonality of plant growth. Similar LER across grazing intensities, varying only with season, indicate that FLS was determined by the duration of leaf expansion period and reveal an important functional relationship between the leaf appearance and expansion processes related to the different growth patterns throughout the year. Variations in PER followed those of LAR. More frequent grazing, consequence of higher growth rates during spring and summer or greater levels of grazing intensity (S and M treatments), resulted in greater NEL and smaller NML and NTL, but with no significant impact on LAI. Belmonte forage peanut shows high phenotypic plasticity, since it is capable of adjusting LAI through changes in number and size of the produced leaves. However, the different leaf age profile in the sward under different levels of grazing intensity may impact photosynthesis and forage nutritive value with potential implications to animal performance and productivity.

Keywords: Sward leaf area index; Grazing intensity; Morphogenetic characteristics; *Arachis pintoi*

5.1 Introdução

Plantas que possuem crescimento plagiotrópico geralmente desenvolvem alto grau de respostas adaptativas às condições de ambiente luminoso. Além das modificações em taxa de crescimento, as alterações na morfologia e na arquitetura são exemplos de respostas envolvidas na plasticidade fenotípica dessas plantas, o que representa alterações no padrão de desenvolvimento dos indivíduos e da população de plantas na área. Em condições naturais o ambiente luminoso é caracterizado pela quantidade (montante de radiação) e pela qualidade (composição espectral) da luz incidente. O primeiro está relacionado com a abundância e a disponibilidade de luz e o segundo funciona como fonte de informação e balizador das respostas e crescimento das plantas em um dado ambiente. Dessa forma, a luz, além de representar a fonte primária de energia para as plantas, funciona também como fonte de informação sobre a existência ou potencial presença de competidores ao redor dos indivíduos que compõem a comunidade de plantas (APHALO; BALLARÉ, 1995). Essas informações são as indutoras e direcionadoras de alterações nos padrões e taxas de crescimento das plantas.

Alterações de forma e função representam a integração entre crescimento (biomassa, produção de módulos), indução de respostas morfológicas (o ambiente induz alterações no tamanho e na forma de partes da planta) e desenvolvimento morfogênico (processo pelo qual as plantas ou partes dela atingem sua forma). Todos esses processos são desencadeados por fatores externos, principalmente aqueles relacionados com as condições do ambiente luminoso (STUEFER; HUBER, 1998). Nesse contexto, entende-se que as variáveis ambientais, em conjunto com os processos fisiológicos (e.g. competição e reciclagem de nutrientes) guiam a manutenção e o equilíbrio da comunidade de plantas e regulam seu crescimento após eventos de desfolhação. Dessa forma, a disponibilidade de recursos ambientais, mais do que o potencial de crescimento de cada espécie, é o fator predominante que limita o crescimento da população de plantas.

O acúmulo de tecidos em plantas é definido pelo aparecimento e expansão de folhas, as quais estão sujeitas ao envelhecimento e senescência que, por sua vez, determinam o acúmulo de material morto (LEMAIRE et al., 2009). Contudo, em pastagens os tecidos foliares estão sujeitos a eventos de desfolhação caracterizados por combinações entre frequência e severidade de remoção da área foliar, fator externo antrópico que modifica o ambiente luminoso por alterar o tamanho e a arquitetura da área foliar do dossel forrageiro (LEMAIRE; CHAPMAN, 1996). Sob lotação contínua, a frequência e a severidade de desfolhação estão intimamente associadas com a taxa de lotação empregada e/ou a altura de manejo dos pastos, caracterizando o que se denomina intensidade de pastejo. Nesses casos, estratégias de pastejo caracterizadas por alturas de manejo têm como característica básica a manutenção de IAF relativamente constante e isso faz com que existam classes de folhas de diferentes níveis de eficiência fotossintética sendo removidas e produzidas simultaneamente. O fato caracteriza uma condição de equilíbrio dinâmico estável (“steady state”) que está associada a um determinado ritmo morfogênico resultante da intensidade de desfolhação sendo empregada e que opera no sentido de manter o IAF dos pastos relativamente estável (MATTHEW et al., 1995; SBRISIA et al., 2003, 2008). Esse equilíbrio ocorre dentro de uma amplitude de intensidades de pastejo delimitada pelas condições de super e sub-pastejo (HODGSON, 1990; MATTHEW et al., 1995), e define os limites de resistência das plantas ao pastejo (BRISKE, 1996). A identificação desses limites, caracterizados por meio das modificações adaptativas de componentes morfológicos, pode ser realizada em ambientes de pastejo a partir de desafios às plantas gerados pela imposição de amplitudes de intensidades de pastejo.

Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar a plasticidade e as respostas morfogênicas do amendoim forrageiro submetido a amplitude de intensidades de pastejo sob lotação contínua (severa, moderada, leniente e muito leniente). O amendoim forrageiro cv. Belmonte é uma planta promissora caracterizada por elevada produção de forragem de alto valor nutritivo e capacidade de fixação biológica de nitrogênio atmosférico. Contudo, apesar dessas características positivas, o seu uso em áreas de pastagens é ainda restrito, uma vez que são praticamente inexistentes informações acerca de seus limites de uso e de resistência ao pastejo.

5.2 Material e métodos

O experimento foi conduzido na Unidade Experimental de Plantas Forrageiras (UEPF) do Departamento de Zootecnia da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, pertencente à Universidade de São Paulo. As coordenadas geográficas aproximadas são 22°42’ de latitude Sul, 47°38’ de longitude Oeste e 546 m de altitude (OMETO, 1981). A espécie estudada classifica-se como divisão *Magnoliophyta*; classe *Magnoliopsida*; ordem *Fabales*; família *Fabaceae*; subfamília *Faboideae*; Tribo *Dalbergieae*; gênero *Arachis*; espécie *pinto* (Krapov & W.C.Greg.) cultivar Belmonte (USDA, 2012). O solo foi classificado como Nitossolo Vermelho Eutroférico, com horizonte A moderado e textura variando de argilosa a muito argilosa (EMBRAPA, 2006), de elevada fertilidade e com as seguintes características químicas na camada de 0-20 cm: pH CaCl_2 = 5,9; matéria orgânica = 41,0 g.dm⁻³; P (resina trocadora de íons) = 77,0 mg.dm⁻³; Ca = 87,5 mmolc.dm⁻³; Mg = 50,0 mmolc.dm⁻³; K = 16,3 mmolc.dm⁻³; H + AL = 26,5 mmolc.dm⁻³; soma de bases = 146,3 mmolc.dm⁻³; capacidade de troca catiônica = 172,8 mmolc.dm⁻³; e saturação por base = 84%. Os valores de pH e os teores de nutrientes foram considerados satisfatórios em relação às exigências da espécie em estudo (CEPLAC, 2012), razão pela qual não foram realizadas práticas de calagem, adubação fosfatada ou potássica para correção do solo antes do plantio.

O clima da região é do tipo subtropical com inverno seco e precipitação anual média de 1328 mm (CEPAGRI, 2012). Os dados climáticos da área experimental foram coletados em estação meteorológica do Departamento de Ciências Exatas da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, localizada cerca de 500 m do local do experimento (Figuras 1 e 2). As temperaturas médias do período experimental variaram de 18,8 °C em agosto de 2013 a 26,8 °C em janeiro de 2014.

Figura 1 - Precipitação (mm), temperaturas mínimas, médias e máximas (°C) para a região de Piracicaba, SP, de janeiro de 2013 a março de 2014

Figura 2 - Extrato do balanço hídrico mensal (mm) para a região de Piracicaba, SP, de janeiro de 2013 a março de 2014, considerando-se uma capacidade de armazenamento de água no solo (CAD) de 50 mm

A área experimental foi estabelecida por meio de plantio de mudas (estolões) no dia 30 de novembro de 2011. Estas foram 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. A área utilizada possui cerca de 3000 m² e tinha como vegetação original grama seda (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.). Para eliminação da grama seda utilizou-se o herbicida dessecante glifosato na dosagem de 10 L.ha⁻¹ cerca de 15 dias antes da data prevista para o plantio. Após oito dias da aplicação do herbicida, o terreno foi preparado com grade aradora e sulcado no dia do plantio (sulcos espaçados de 40 cm e com cerca de 7 cm de profundidade) utilizando implemento para cultivo mecânico da lavoura de milho devidamente adaptado para o serviço. Os estolões (aproximadamente 790 kg) foram distribuídos manualmente ao longo dos sulcos e enterrados com auxílio dos pés e enxadas. Após a cobertura das mudas foi realizada compactação da área utilizando o rodado do trator. Na fase inicial de estabelecimento do experimento foi utilizada

irrigação (por aspersão) sempre que ocorria um período mínimo de dois dias sem chuva como forma de evitar restrições hídricas e manter o solo com elevada reserva de água. Durante o período experimental a irrigação foi acionada com base nos dados de precipitação, temperatura média e evapotranspiração. 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 evitar estresse hídrico por falta ou excesso de água. Contudo, devido a problemas técnicos, no mês de julho e em parte do mês de agosto de 2014 (inverno) houve períodos de déficit hídrico.

Em setembro de 2012 a área foi considerada formada e os tratamentos foram alocados às unidades experimentais. Os tratamentos corresponderam a quatro níveis de intensidade de pastejo (severo - S, moderado - M, leniente - L, e muito leniente - ML) representados pelas alturas de pasto de 5, 10, 15 e 20 cm. A amplitude de alturas de pasto utilizada foi escolhida para assegurar o contraste adequado entre níveis de intensidade de pastejo (severo, moderado, leniente e muito leniente) necessário para se realizar as avaliações propostas. As alturas foram mantidas constantes por meio de simulação de lotação contínua, consequência do tamanho reduzido das unidades experimentais (piquetes de 210 m²). Para que as alturas fossem mantidas constantes, foram realizados pastejos semanais com número variável de animais por piquete. Os animais utilizados foram novilhas leiteiras com peso corporal médio de 200 ± 30 kg pertencentes ao rebanho de bovinos leiteiros do Departamento de Zootecnia da ESALQ, as quais foram utilizadas apenas como agentes desfolhadores.

Após quatro meses de adaptação aos tratamentos, em janeiro de 2013, o experimento foi iniciado e conduzido até março de 2014, abrangendo as seguintes épocas do ano: verão 2012/2013 (verão I), outono 2013 (outono), inverno 2013 (inverno), primavera 2013 (primavera) e verão 2013/2014 (verão II). O delineamento experimental utilizado foi o de blocos completos casualizados com 4 repetições, tendo como critério de bloqueamento o declive do terreno.

A altura do dossel forrageiro foi monitorada duas vezes por semana utilizando-se bastão medidor (*sward stick* – BARTHRAM, 1985). Para tanto, cada unidade experimental foi dividida em nove quadrantes e, dentro destes, foram tomados três pontos ao longo de linha previamente marcada, totalizando 27 pontos de medição por unidade experimental. As avaliações das características morfogênicas e estruturais das plantas foram realizadas em estolões individuais. A marcação dos estolões foi feita com o auxílio de barras de metal de 2 metros de comprimento graduadas a cada 20 centímetros (BIRCHAM; HODGSON, 1983).

Foram utilizadas duas réguas por piquete, posicionadas em pontos representativos da unidade experimental (avaliação visual da altura e massa de forragem). Para cada régua foram selecionados 10 estolões (estolões com no mínimo 3 folhas vivas), os quais foram identificados por meio de anel plástico (Figura 3).

Figura 3 – Disposição da régua (A) e identificação dos estolões com anéis plásticos (B)

Dessa forma, foram selecionados 20 estolões por unidade experimental, totalizando 80 estolões por tratamento. Quando um dos estolões era decapitado por pastejo, dependendo do número de dias que antecedia a finalização do período de avaliação, ocorria marcação de um novo estolão em seu lugar, seguindo o mesmo procedimento descrito. Os estolões eram monitorados duas vezes por semana como forma de registrar todos os eventos de aparecimento de folhas ocorridos. Foram realizados dez ciclos de avaliação de 28 dias, sendo que a cada ciclo um novo grupo de estolões era selecionado, totalizando 320 estolões marcados por ciclo de avaliação.

Durante a marcação dos estolões, cada folha viva foi devidamente numerada seguindo sua posição ascendente em relação ao estolão (Figura 4A). Durante o período de monitoramento dos estolões foram realizadas as seguintes avaliações em folhas e pecíolos: (a) contagem do número de folhas surgidas (Figura 4B); (b) medição do comprimento e da largura da lâmina foliar em cada um dos folíolos de cada par (Figura 4C₂); e (c) medição do comprimento do pecíolo (Figura 4C₁).

Figura 4 - (A) numeração da folha; (B) contagem do aparecimento foliar; e (C) comprimento do pecíolo (1), comprimento e largura da metade do folíolo (2)

As medidas dos folíolos foram tomadas em pares a partir do estágio de desenvolvimento 0,3 da escala feita para o amendoim forrageiro (Figura 5). Estas foram realizadas tomando como referência a maior largura do folíolo e o comprimento da nervura central (Figura 6), conforme metodologia descrita por Robson e Sheehy (1981) para avaliações análogas em trevo branco (*Trifolium repens* L.).

Figura 5 - Estágio de desenvolvimento 0,3 da folha de amendoim forrageiro

Figura 6 - Esquema das medições lineares realizadas em cada um dos folíolos: C= comprimento e L= largura

Ao final de cada período de 28 dias de avaliação todos os estolões marcados foram cortados no primeiro ponto de inserção acima da superfície do solo e levados para laboratório, onde foi realizada a separação morfológica em folíolos, pecíolos e estolões. Cada folha, devidamente numerada, tinha sua área determinada em aparelho integrador de área foliar modelo LI-3100 (LI-COR, Lincoln, Nebraska, EUA) (Figura 7).

Figura 7 - Corte dos estolões (A); acomodação dos estolões numericamente (B); separação das folhas pela numeração (C) e mensuração da área foliar real (D)

Os valores de comprimento e largura medidos no campo foram utilizados para gerar a área foliar de campo (AFC) multiplicando-se o comprimento (C) pela largura (L) de cada folíolo do par 1 (P1) e do par 2 (P2) e somando-se os valores obtidos para os quatro folíolos. Em função dos folíolos aparecerem fechados, a medida da largura foi tomada pela metade (Figura x), fazendo-se necessário a multiplicação do valor por 2 para obtenção da área foliar do folíolo. Dessa forma, a equação utilizada para estimar a área foliar foi a seguinte:

- $AF = [(2 L_{p1}) C_{p1}] \times 2 + [(2 L_{p2}) C_{p2}] \times 2$ ou, simplificando,
- $AF = 4 (L_{p1}C_{p1} + L_{p2}C_{p2})$, onde:

L_{p1} = largura do folíolo do par 1

L_{p2} = largura do folíolo do par 2

C_{p1} = comprimento do folíolo do par 1

C_{p2} = comprimento do folíolo do par 2

Em função da forma elíptica dos folíolos, a área foliar de campo foi ajustada por meio de um fator de correção (FC). O fator de correção foi obtido pelo quociente entre a área foliar real (AFR), medida no integrador de área foliar, e a área foliar de campo (AFC). A equação utilizada para o cálculo do fator de correção foi a seguinte:

- $FC = AFR/AFC$

Foi gerado um fator de correção para cada repetição de cada tratamento em cada uma das épocas do ano. De posse dos fatores de correção, todas as avaliações de comprimento e largura tomadas durante os períodos de avaliação foram convertidas em valores de área foliar (cm²). A equação para o cálculo da área foliar corrigida (AFC) foi a seguinte:

- $AFC = AF \times FC$

A partir dos dados de campo e de posse dos fatores de correção foram calculadas as seguintes variáveis:

Taxa de aparecimento de folhas e filocrono em graus-dia: A taxa de aparecimento de folhas (TApF, folhas.estolão⁻¹.dia⁻¹) e o filocrono (graus-dia.folha⁻¹) foram calculados conforme as equações (1) e (2) abaixo:

$TApF = n^{\circ} \text{ folhas novas surgidas} / n^{\circ} \text{ de estolões} \times \text{duração da avaliação (dias)} \dots (1)$

$FILOCRONO = 1 / (TApF \times \text{GRAUS-DIA}) \dots (2)$

Para o cálculo do filocrono em graus-dia, foi adotado um valor de 15°C como temperatura basal.

Taxa de expansão de folhas e de alongamento de pecíolos: A taxa de expansão de folhas (TE_{xF}, cm².estolão⁻¹.dia⁻¹) foi calculada a partir da diferença entre a área inicial (AI) e a área final (AF) das folhas em expansão dividida pelo número de dias entre as medidas (ND). A taxa de alongamento de pecíolos (TA_{IP}, cm.estolão⁻¹.dia⁻¹) foi calculada a partir da diferença entre o comprimento inicial (CI) e o comprimento final (CF) do pecíolo dividida pelo ND:

$$TE_{xF} = (AF - AI)/ND \dots\dots\dots(3)$$

$$TA_{IP} = (CF - CI)/ND \dots\dots\dots(4)$$

Número de folhas em expansão por estolão: Determinado pela contagem do número médio de folhas em expansão em cada estolão marcado (NFE);

Número de folhas maduras por estolão: Determinado pela contagem do número médio de folhas completamente expandidas em cada estolão marcado (NFM);

Número total de folhas por estolão: Determinado pela soma do número médio de folhas em expansão (NFE) e de folhas maduras (NFM) em cada estolão marcado (NTF);

Comprimento médio do pecíolo: Determinado pela soma do comprimento médio de pecíolos em cada estolão marcado (cm.estolão⁻¹);

O índice de área foliar (IAF) dos pastos foi determinado a partir das amostras colhidas para avaliação de massa de forragem e composição botânica e morfológica em experimento concomitante na mesma área experimental⁴. Estas foram colhidas utilizando-se duas 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) em fevereiro, junho, agosto, outubro de 2013 e março de 2014 de forma a representar o verão I, o outono, o inverno, a primavera e o verão II, respectivamente. A forragem foi cortada no nível do solo utilizando-se tesourão e as amostras levadas para laboratório, onde foram separadas manualmente em folíolos, pecíolos, estolões, material morto e plantas invasoras. Os folíolos foram passados em integrador de área foliar marca LI-

⁴ CARVALHO, L.R. **Interceptação luminosa, massa de raízes e acúmulo de forragem em *Arachis pintoi* cv. Belmonte submetido a intensidades de pastejo.** 2014. 77 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2014.

COR modelo LAI-3100 antes de serem colocados para secar em estufa a 65 °C até peso constante juntamente com os demais componentes. A partir dos valores de massa seca de folíolos e da leitura gerada de área foliar do aparelho, foi calculada a relação entre massa seca de folíolos e área foliar utilizada para determinação do IAF.

A análise estatística foi realizada utilizando-se o PROC MIXED do pacote estatístico SAS® (*Statistical Analysis System*), versão 8.2 para Windows®. Os efeitos de intensidade de pastejo, época do ano e da interação entre eles foram considerados fixos e o efeito de blocos foi considerado aleatório (LITTEL et al., 1996). Todos os conjuntos de dados foram testados quanto à normalidade da distribuição dos erros e homogeneidade de variâncias. Não houve necessidade de transformação em nenhuma das variáveis avaliadas. A escolha da matriz de variância e de covariância foi feita utilizando-se o critério Bayesiano de Schawrz (BIC) (LITTEL; NATARAJAN; PENDERGAST, 2000) e a análise de variância realizada com base nas seguintes causas de variação: intensidade de pastejo, época do ano e a interação entre elas. 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 probabilidade de erro de 5%.

5.3 Resultados

Características morfogênicas dos estolões

A taxa de aparecimento de folhas (TApF) variou com a intensidade de pastejo ($P < 0,0001$), época do ano ($P < 0,0001$) e com a interação intensidade de pastejo x época do ano ($P < 0,0001$). Para todas as intensidades de pastejo os maiores valores foram registrados no verão I, primavera e verão II e os menores no outono e inverno. De forma geral, a TApF foi maior nos pastos submetidos ao tratamento S relativamente aos demais tratamentos, sendo que não houve diferença entre os tratamentos L e ML. Exceção a esse padrão ocorreu durante o inverno, época em que não houve diferença entre pastos submetidos aos tratamentos S e M (Tabela 1).

Tabela 1 – Taxa de aparecimento de folhas em amendoim forrageiro submetido a intensidades de pastejo de janeiro de 2013 a março de 2014

Época do ano	Intensidades de pastejo				EPM*
	S	M	L	ML	
		(folha.estolão ⁻¹ .dia ⁻¹)			
Verão I	0,162 Ba	0,124 Bb	0,115 Abc	0,104 Ac	0,0044
Outono	0,094 Ca	0,070 Cb	0,061 Bb	0,065 Bb	0,0044
Inverno	0,075 Da	0,066 Cab	0,055 Bbc	0,053 Cc	0,0044
Primavera	0,175 Aa	0,156 Ab	0,117 Ac	0,111 Ac	0,0044
Verão II	0,153 Ba	0,136 Bb	0,121 Abc	0,112 Ac	0,0044

*EPM = erro padrão da média. Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas colunas e minúscula nas linhas não diferem entre si ($P>0,05$). S= 5 cm; M= 10 cm; L= 15 cm; ML= 20 cm

As taxas de expansão de folhas (TExF) e de alongamento de pecíolos (TAIP) variaram com a época do ano ($P<0,0001$), sendo que a TAIP também variou com a intensidade de pastejo avaliada ($P<0,0268$). Maiores valores de TExF e de TAIP foram registrados no verão I e na primavera e menores no outono e no inverno, com valores intermediários registrados no verão II (Tabela 2). A TAIP foi menor nos pastos submetidos ao tratamento ML relativamente àqueles submetidos aos tratamentos S e M, com valores intermediários registrados para o tratamento L ($0,33, 0,33, 0,31$ e $0,29 \pm 0,01$ cm.estolão⁻¹.dia⁻¹ para os tratamentos S, M, L e ML, respectivamente).

Tabela 2 – Taxa de expansão de folhas e de alongamento de pecíolos em amendoim forrageiro submetido a intensidades de pastejo de janeiro de 2013 a março de 2014

Época do ano	TExF	TAIP
	(cm ² .estolão ⁻¹ .dia ⁻¹)	(cm.estolão ⁻¹ .dia ⁻¹)
Verão I	1,28 A	0,49 A
Outono	0,45 C	0,16 D
Inverno	0,28 D	0,11 E
Primavera	1,22 A	0,44 B
Verão II	0,99 B	0,39 C
EPM*	0,041	0,014

*EPM= erro-padrão da média. Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas colunas não diferem entre si (P<0,05)

O filocrono em graus-dia (FIL) variou com a intensidade de pastejo (P<0,0001), época do ano (P<0,0001) e com a interação intensidade de pastejo x época do ano (P<0,0001). Durante o verão I, menores valores de FIL foram registrados nos pastos submetidos ao tratamento S, maiores naqueles submetidos ao tratamento ML e intermediários naqueles submetidos aos tratamentos M e L. No outono, os menores valores foram registrados nos pastos submetidos a tratamentos S relativamente aos demais tratamentos, sendo que os valores para o tratamento L foram maiores que aqueles para o tratamento M. No inverno e na primavera, os menores valores foram registrados nos pastos submetidos aos tratamentos S e M relativamente àqueles submetidos aos tratamentos L e ML. No verão II, os menores valores foram registrados nos pastos submetidos ao tratamento S relativamente aos tratamentos L e ML, sendo que para o tratamento M os valores foram intermediários e semelhantes àqueles registrados para o tratamento L. Nos pastos submetidos ao tratamento S, os maiores valores foram registrados no verão II relativamente à primavera e verão I, com valores intermediários registrados durante o outono e o inverno. Nos pastos submetidos aos tratamentos M e L, os maiores valores foram registrados no outono relativamente às demais épocas do ano, as quais não diferiram entre si para o tratamento L. Para o tratamento M, menores valores foram registrados no inverno e na primavera, com valores intermediários para os verões I e II. Nos pastos submetidos ao tratamento ML, maiores valores foram registrados no verão II, menores no inverno e na primavera e intermediários no verão I e outono (Tabela 3).

Tabela 3 – Filocrono em amendoim forrageiro submetido a intensidades de pastejo de janeiro de 2013 a março de 2014

Época do ano	Intensidade de pastejo				EPM*
	S	M	L	ML	
		(graus-dia.folha ⁻¹)			
Verão I	61,4 BCc	80,2 Bb	87,1 Bb	95,8 ABa	2,61
Outono	67,0 ABc	89,6 Ab	103,1 Aa	96,6 ABab	3,02
Inverno	62,5 ABCb	70,8 CDb	85,9 Ba	86,9 BCa	4,63
Primavera	56,3 Cb	63,3 Db	84,0 Ba	88,3 Ca	2,57
Verão II	71,7 Ac	80,6 BCbc	90,5 Bab	98,5 Aa	3,51

*EPM = erro padrão da média. Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas colunas e minúscula nas linhas não diferem entre si ($P>0,05$). S= 5 cm; M= 10 cm; L= 15 cm; ML= 20 cm

Características estruturais dos estolões

O tamanho final da folha (TFF) variou com a intensidade de pastejo ($P<0,0001$), época do ano ($P<0,0001$) e com a interação intensidade de pastejo x época do ano ($P<0,0005$). O TFF foi maior nos pastos submetidos aos tratamentos de menor intensidade de pastejo (L e ML) relativamente àqueles de maior intensidade de pastejo (S e M), com maiores valores registrados no verão e primavera relativamente às demais épocas do ano (Tabela 4).

Tabela 4 - Tamanho final da folha em amendoim forrageiro submetido a intensidades de pastejo de janeiro de 2013 a março de 2014

Época do ano	Intensidade de pastejo				EPM*
	S	M	L	ML	
		(cm ²)			
Verão I	5,93 Ad	7,14 Ac	8,33 ABb	10,35 Aa	0,372
Outono	4,73 Bd	6,41 ABc	8,00 Bb	9,68 ABa	0,325
Inverno	4,62 Bc	5,56 Bb	6,40 Ca	7,11 Da	0,303
Primavera	5,18 ABc	6,49 Ab	8,32 ABa	9,20 BCa	0,342
Verão II	4,77 Bc	6,36 ABb	9,20 Aa	8,43 Ca	0,301

*EPM = erro padrão da média. Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas colunas e minúscula nas linhas não diferem entre si ($P>0,05$). S= 5cm; M= 10cm; L= 15cm; ML= 20cm

O comprimento médio do pecíolo (CMP) variou com a intensidade de pastejo ($P<0,0001$), época do ano ($P<0,0001$) e com a interação intensidade de pastejo x época do ano ($P<0,0080$). De forma geral, o comprimento médio do pecíolo foi maior para as menores intensidades de pastejo, com os maiores valores registrados para o tratamento ML, exceto no verão II, época em que não houve diferença entre L e ML. Nos pastos submetidos ao tratamento S menores valores foram registrados na primavera relativamente às demais épocas do ano, as quais não diferiram entre si. Nos pastos submetidos aos tratamentos M e L maiores valores foram registrados no outono relativamente às demais épocas do ano, as quais não diferiram entre si, exceto para o tratamento M, em que o menor valor foi registrado no verão II. Nos pastos submetidos ao tratamento ML maiores valores foram registrados no verão I e no outono relativamente às demais épocas do ano, as quais não diferiram entre si (Tabela 5).

Tabela 5 – Comprimento médio do pecíolo em amendoim forrageiro submetido a intensidades de pastejo de janeiro de 2013 a março de 2014

Época do ano	Intensidade de pastejo				EPM*
	S	M	L	ML	
	(cm)				
Verão I	2,45 Ad	2,86 BCc	3,44 Bb	4,02 Aa	0,100
Outono	2,19 Ad	3,35 Ac	3,84 Ab	4,07 Aa	0,076
Inverno	2,26 Ad	2,94 Bc	3,36 Bb	3,58 Ba	0,073
Primavera	1,96 Bd	2,88 BCc	3,24 Bb	3,52 Ba	0,056
Verão II	2,44 Ab	2,62 Cb	3,24 Ba	3,37 Ba	0,119

*EPM = erro padrão da média. Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas colunas e minúscula nas linhas não diferem entre si ($P>0,05$). S= 5 cm; M= 10 cm; L= 15 cm; ML= 20 cm

O número de folhas em expansão por estolão (NFE) variou com a intensidade de pastejo ($P<0,0041$) e com a época do ano ($P<0,0010$). Maiores valores foram registrados nos pastos submetidos ao tratamento S e menores naqueles submetidos ao tratamento ML, com valores intermediários e semelhantes para os tratamentos M e L ($0,74, 0,66, 0,61$ e $0,60 \pm 0,021$ para os tratamentos S, M, L e ML, respectivamente). Em relação à época do ano, os maiores valores foram registrados na primavera e no verão II e os menores no outono e inverno, com valores intermediários no verão I ($0,64, 0,58, 0,56, 0,75$ e $0,75 \pm 0,024$ para o verão I, outono, inverno, primavera e verão II, respectivamente).

O número de folhas maduras por estolão (NFM) variou com a intensidade de pastejo ($P<0,0002$), época do ano ($P<0,0020$) e com a interação intensidade de pastejo x época do ano ($P<0,0001$). De forma geral, o NFM foi menor nos pastos submetidos aos tratamentos S e M relativamente àqueles submetidos aos tratamentos L e ML, exceto no inverno, época em que o NFM foi maior nos pastos submetidos aos tratamentos S e M e menor naqueles submetidos aos tratamentos L e ML. Nos pastos submetidos ao tratamento S maiores valores foram registrados no inverno relativamente às demais épocas do ano, as quais não diferiram entre si. Nos pastos submetidos ao tratamento M menores valores foram registrados no verão I relativamente às demais épocas do ano, as quais não diferiram entre si. Nos pastos submetidos aos tratamentos L e ML o padrão de variação foi semelhante, com maiores valores registrados no outono e primavera, menores no inverno e intermediários nos verões I e II (Tabela 6).

Tabela 6 – Número de folhas maduras por estolão em amendoim forrageiro submetido a intensidades de pastejo de janeiro de 2013 a março de 2014

Época do ano	Intensidade de pastejo				EPM*
	S	M	L	ML	
Verão I	3,05 Bb	2,65 Bb	3,21 Cab	3,72 BCa	0,223
Outono	2,80 Bc	3,29 Ab	3,76 ABa	3,86 ABa	0,155
Inverno	3,74 Aa	3,66 Aab	3,20 Cc	3,34 Cbc	0,140
Primavera	3,11 Bb	3,18 Ab	4,20 Aa	4,29 Aa	0,196
Verão II	2,90 Bc	3,20 Abc	3,57 BCab	3,72 BCa	0,180

*EPM = erro padrão da média. Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas colunas e minúscula nas linhas não diferem entre si ($P>0,05$). S= 5cm; M= 10cm; L= 15cm; ML= 20cm

O número total de folhas por estolão (NTF) variou com a época do ano ($P<0,0001$) e com a interação intensidade de pastejo x época do ano ($P<0,0001$). De forma geral, o NTF foi menor nos pastos submetidos aos tratamentos S e M relativamente àqueles submetidos aos tratamentos L e ML, exceto no inverno, época em que o NTF foi maior nos pastos submetidos aos tratamentos S e M e menor naqueles submetidos aos tratamentos L e ML. Nos pastos submetidos ao tratamento S maiores valores foram registrados no inverno relativamente às demais épocas do ano, as quais não diferiram entre si. Nos pastos submetidos ao tratamento M menores valores foram registrados no verão I relativamente às demais épocas do ano, as quais não diferiram entre si. Nos pastos submetidos aos tratamentos L e ML maiores valores foram

registrados na primavera, menores no inverno e intermediários no outono e nos verões I e II (Tabela 7).

Tabela 7 – Número total de folhas por estolão em amendoim forrageiro submetido a intensidades de pastejo de janeiro de 2013 a março de 2014

Época do ano	Intensidade de pastejo				EPM*
	S	M	L	ML	
Verão I	3,46 Bb	3,28 Bb	3,79 Cab	4,33 Ba	0,182
Outono	3,53 Bb	3,85 Ab	4,27 Ba	4,37 Ba	0,182
Inverno	4,37 Aa	4,27 Aa	3,73 Cb	3,88 Cb	0,182
Primavera	3,59 Bb	3,94 Ab	4,91 Aa	4,98 Aa	0,182
Verão II	3,74 Bb	3,93 Aab	4,31 Ba	4,41 Ba	0,182

*EPM = erro padrão da média. Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas colunas e minúscula nas linhas não diferem entre si ($P>0,05$). S= 5 cm; M= 10 cm; L= 15 cm; ML= 20 cm

Índice de área foliar do dossel forrageiro

O índice de área foliar (IAF) variou com a intensidade de pastejo ($P<0,0001$), época do ano ($P<0,0001$) e com a interação intensidade de pastejo x época do ano ($P<0,0001$). Durante o verão I e a primavera os valores de IAF foram maiores nos pastos submetidos ao tratamento ML, com valores semelhantes para os demais tratamentos. Durante o outono e verão II não houve diferença entre tratamentos, mas durante o inverno maiores valores foram registrados nos pastos submetidos ao tratamento ML relativamente àqueles submetidos ao tratamento L. De forma geral, os valores de IAF diminuíram do verão I até o inverno e aumentaram durante a primavera. Entre a primavera e o verão II houve redução do IAF nos pastos submetidos aos tratamentos M e ML, com valores estáveis para os pastos submetidos aos tratamentos S e L (Tabela 8).

Tabela 8 – Índice de área foliar em amendoim forrageiro submetido a intensidades de pastejo de janeiro de 2013 a março de 2014

Época do ano	Intensidade de pastejo				EPM*
	S	M	L	ML	
Verão I	4,03 Ab	4,05 ABb	4,99 Ab	6,94 Ba	0,434
Outono	3,27 ABa	3,56 ABa	3,42 Ba	3,70 Ba	0,434
Inverno	2,32 Bab	1,99 Cab	1,24 Cb	2,52 Ba	0,434
Primavera	3,46 ABb	4,48 Ab	4,14 ABb	8,08 Aa	0,434
Verão II	3,08 ABa	3,04 BCa	3,29 Ba	3,39 Ba	0,434

*EPM = erro padrão da média. Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas colunas e minúscula nas linhas não diferem entre si ($P>0,05$). S= 5 cm; M= 10 cm; L= 15 cm; ML= 20 cm

5.4 Discussão

De forma geral, todas as variáveis foram influenciadas pelas duas causas de variação estudadas e pela interação entre elas (intensidade de pastejo, época do ano e interação intensidade de pastejo x época do ano), fato sugestivo e indicativo de um padrão estacional de variação nas respostas mensuradas que é modificado pela intensidade de pastejo. A expressão fenotípica das respostas morfogênicas das plantas se dá por meio de taxas e velocidades de processos (e.g. aparecimento e alongamento de folhas e estolões) que têm como resultado final a determinação do IAF dos pastos (LEMAIRE; CHAPMAN, 1996). Os valores de IAF registrados ao longo deste experimento foram relativamente estáveis entre os tratamentos, com variações significativas registradas entre as épocas do ano. Neste caso, maiores valores foram registrados na primavera e no verão, menores no inverno e valores intermediários no outono (Tabela 8). Uma vez que as resposta morfogênicas avaliadas são determinantes do IAF, importante característica estrutural dos pastos, padrão análogo de variação estacional foi registrado para essas respostas. O fato reflete a estacionalidade de crescimento das plantas forrageiras, neste experimento representada apenas pelas variações em temperatura e comprimento do dia uma vez que o experimento foi irrigado (Figura 2).

A velocidade de crescimento em plantas está condicionada aos processos de multiplicação e de expansão celular. O primeiro está associado à temperatura detectada pelas regiões meristemáticas e o segundo está associado ao suprimento de água para as plantas. No interior das células, todas as reações químicas ocorrem na presença de enzimas que funcionam como catalizadores, aumentando a velocidade das reações bioquímicas (NELSON; COX, 2011). Estas são proteínas que dependem da temperatura para seu funcionamento

ótimo. Dessa forma, a temperatura atua como mediador das velocidades dos processos fisiológicos, tornando-se fator limitante em algumas reações químicas. Na multiplicação celular, a temperatura afeta a interfase (fase de duplicação do material genético da célula) e a mitose (fase de multiplicação celular) (SMERTENKO et al., 1997), ambos processos caracterizados por intensa atividade metabólica e mediados pela ação de enzimas. Como consequência, variações em temperatura ambiente afetam a velocidade de crescimento das plantas. O fato é corroborado pela associação positiva entre o aumento da temperatura e da taxa de aparecimento de folhas observada neste experimento. Nas estações em que a temperatura mínima atingiu valores entre 10 e 15°C (Figura 1) as TApF apresentaram redução média de aproximadamente 57% do verão I para o outono para todas as intensidades de pastejo. Padrão semelhante de crescimento foi observado por Boller e Nosberger (1983) em experimento com trevo branco (*Trifolium repens* L.), em que foi constatada redução nas taxas de aparecimento de folhas e aumento no diâmetro do estolão das plantas sob condições de baixas temperaturas. Após o inverno, com o aumento da temperatura média durante a primavera, os valores de TApF aumentaram cerca de 55% (Tabela 1). Esse tipo de resposta estacional foi observado para as demais variáveis morfogênicas (TExF e TALP), demonstrando que a redução na temperatura e no comprimento do dia afetam negativamente essas variáveis, reduzindo o crescimento foliar e, conseqüentemente, o suprimento de fotoassimilados para as plantas. Esse padrão de variação é coerente e complementar à ocorrência do processo de segmentação das plantas no outono (capítulo 4), uma vez que seriam formadas plantas menores, autônomas, reduzindo a dependência fisiológica da planta mãe e o custo de manutenção de plantas grandes com elevado grau de integração fisiológica, aumentando a probabilidade de sobrevivência dos clones na área (WIJESINGHE, 1994).

O intervalo entre o aparecimento de folhas sucessivas (FIL) avaliado em graus-dia foi menor nos pastos submetidos às maiores intensidades de pastejo (tratamentos S e M) relativamente àqueles submetidos às menores intensidades de pastejo (tratamentos L e ML) (Tabela 3), demonstrando que a duração do período de expansão de folhas foi diferente, sendo menor nos pastos submetidos aos tratamentos S e M. Numa situação em que a taxa de expansão de folhas foi semelhante para as intensidades de pastejo avaliadas, as diferenças em tamanho de folhas foram devidas exclusivamente à duração do período de expansão foliar. Ao longo do ano a relação TExF:FIL revelou que valores elevados de taxa de expansão estiveram associados com valores reduzidos de filocrono (maiores taxas de aparecimento de folhas) e vice-versa, sugerindo um mecanismo de compensação entre processos que poderia manter estável o tamanho final das folhas ao longo do ano para cada uma das intensidades de pastejo

avaliadas (Figura 8). De fato, o aumento em taxa de expansão foliar como forma de compensar a redução em duração do período de expansão foi efetivo, mantendo certa estabilidade do tamanho final das folhas nos pastos submetidos às diferentes intensidades de pastejo (Tabela 4). Esse padrão funcional de resposta ficou bem aparente entre épocas do ano (Figura 8), uma vez que a porção da curva formada pelos pontos de maior filocrono e menor taxa de expansão foliar foi representada pelos dados de outono e inverno e a porção formada pelos pontos de menor filocrono e maior taxa de expansão foliar foi representada pelos dados de primavera e verão (I e II).

Figura 8 - Relação funcional entre a taxa de expansão de folhas e filocrono nas épocas do ano em amendoim forrageiro cv. Belmonte submetidos a intensidades de pastejo

O aumento na duração do período de expansão foliar (aumento de filocrono) pode ser considerado como uma estratégia de conservação de recursos em épocas caracterizadas pela restrição de fatores ambientais, principalmente temperatura. Sob condições de baixa temperatura, o amendoim forrageiro estrategicamente modifica seu padrão de crescimento, deixando de investir no alongamento de estolões e passando a investir em formação de raízes nodais nos nós mais velhos e posterior segmentação dos estolões. O processo permite transformar plantas grandes e de elevado grau de integração fisiológica em plantas pequenas e autônomas, com sistema radicular próprio, reduzindo custos metabólicos de manutenção e aumentando a probabilidade de sobrevivência dos novos clones. A viabilização da reprodução clonal das plantas, assegura sua perpetuação na área e prepara a planta para uso eficiente de

condições favoráveis de crescimento quando voltarem a ocorrer no início da próxima estação de crescimento (capítulo 4). O manejo do pastejo, representado pela amplitude de intensidades de pastejo avaliadas, modifica a magnitude e a velocidade dessas mudanças fisiológicas, funcionando como um modulador do crescimento das plantas. Como o processo parece ser baseado na relação custo-benefício relacionada à manutenção da planta mãe, a magnitude das mudanças é maior nos pastos mantidos mais altos, uma vez que é sob essas condições de manejo que as plantas são maiores e com estolões mais longos (capítulo 4), situação em que o custo da integração fisiológica é mais elevado.

Os resultados indicam que o amendoim forrageiro parece apresentar respostas de adaptação análogas às daquelas de gramíneas de clima temperado e tropical. Como forma de manter seu IAF, pastos submetidos a altas intensidades de pastejo (tratamentos S e M), aumentam a TApF e ajustam o número de indivíduos, enquanto que pastos submetidos a menores intensidades de pastejo (tratamentos L e ML) priorizam o potencial do indivíduo via aumento da área foliar e redução da população de plantas. Nesse processo, as plantas modificam tanto a velocidade como a intensidade de seus processos morfogênicos e, como consequência, modificam as características estruturais. Dessa forma, a planta torna-se capaz de se ajustar a diferentes regimes de desfolhação. A estabilidade nos valores de IAF para os tratamentos de intensidade de pastejo observados neste estudo (Tabela 8) indica que o amendoim forrageiro possui essa capacidade de adaptação. As modificações são realizadas por meio de estratégias de aclimação baseadas na regulação e no equilíbrio do *input* de carbono e de nitrogênio no sistema, principalmente quando não há estresse hídrico (GASTAL et al., 1992).

A quantidade de carbono fixado pela planta é determinada por variáveis relacionadas com seu aparato fotossintético como o ângulo e o IAF. Sob condições de lotação contínua, como neste experimento, grande parte do *input* de carbono é determinado pelo IAF em que o pasto é mantido. Nos pastos submetidos às maiores intensidades de pastejo (tratamentos S e M) foram registradas as maiores taxas de aparecimento de folhas (Tabela 1) e de alongamento de pecíolos (Tabela 2) e o menor tamanho de folhas (Tabela 4), ou seja, as plantas investiram na produção de maior número de folhas pequenas. O fato é provavelmente consequência do menor tempo de expansão das folhas, uma vez que este é uma proporção constante do intervalo de aparecimento de folhas (CHAPMAN; LEMAIRE, 1993) e não houve diferença na taxa de expansão entre tratamentos (Tabela 2). Nos pastos submetidos às menores intensidades de pastejo (tratamentos L e ML) foram registradas as menores taxas de aparecimento de folhas e de alongamento de pecíolos e o maior tamanho de folhas, ou seja, as

plantas investiram na produção de menor número de folhas grandes, como estratégia de otimização do IAF. Nesse contexto, a TApF parece controlar tanto o número de gemas disponíveis para desenvolvimento de ramos (“*site filling*”) quanto a duração do período de expansão das folhas. A medida que a TApF diminui (tratamentos L e ML e outono/inverno), o filocrono (FIL) aumenta (Tabela 3) e o número de gemas disponíveis para desenvolvimento de novos ramos (estolões) diminui, induzindo a planta a modificar seu padrão de exploração da área (alongamento de estolões x segmentação e formação de plantas menores) como forma de manter sua estabilidade e habilidade competitiva. Nessas condições, as plantas grandes e de elevado grau de integração fisiológica formadas durante o período de elevada disponibilidade de fatores de crescimento (primavera e verão) são induzidas a se segmentarem e produzirem novas plantas pequenas (clones autônomos) como forma de aumentar sua probabilidade de sobrevivência e permanência na área (WIJESINGHE, 1994). Esse tipo de resposta está relacionado com a baixa relação vermelho/vermelho-distante existente em pastos com auto sombreamento e redução no desenvolvimento de gemas (KAYS; HARPER, 1974). Essas condições desencadeiam incremento da área foliar por meio do aumento da duração do período de expansão das folhas e, em algumas vezes, da taxa de expansão foliar (CASAL et al., 1987), como forma de otimizar a captura de recursos. Quando não há ocorrência de estresse hídrico, a TExF é basicamente determinada pela temperatura e pela nutrição nitrogenada (GASTAL et al., 1992).

No amendoim forrageiro as folhas são compostas por quatro folíolos e um pecíolo, sendo que a folha é considerada completamente expandida somente quando ocorre o completo alongamento do pecíolo (capítulo 3). Nesse sentido a ontogenia de folíolos e de pecíolos parece ocorrer de forma sincronizada, razão pela qual maiores valores de TFF estiveram associados com maiores valores de CMP (Tabela 5). Estolões com folhas maiores requerem pecíolos maiores para dar suporte às folhas e para assegurar sua elevação e posicionamento em estratos superiores do dossel forrageiro onde as condições de luminosidade são melhores (LOTSCHER; NOSBERGER, 1997). Essa é uma característica importante de desenvolvimento em trevo branco (*Trifolium repens* L.), por exemplo, que confere a essa leguminosa forrageira maior fotossíntese bruta relativamente às gramíneas de clima temperado normalmente associadas por assegurar que suas folhas se desenvolvam em ambientes de elevada disponibilidade de luz (DENNIS; WOLEDGE, 1982). No amendoim forrageiro, a folha se desenvolve em estágios que fundamentam-se na condição de abertura dos folíolos (capítulo 3). Na escala feita para o amendoim forrageiro, a folha tem seu desenvolvimento e crescimento iniciados no interior da estípula, estrutura de proteção

localizada nos nós dos estolões. Nos pastos submetidos aos tratamentos S e M o tempo de expansão (proporção do filocrono) e o tamanho final das folhas foram menores, consequência da mesma taxa de expansão foliar registrada para todos os tratamentos. Contudo, a taxa de alongamento dos pecíolos foi maior nos pastos submetidos aos níveis mais elevados de intensidade de pastejo (tratamentos S e M), fato que pode estar associado à necessidade de expor os pequenos folíolos rapidamente à luz. Quanto maior a velocidade de exposição dos folíolos à luz, maior a velocidade de abertura e expansão dos mesmos e, consequentemente, sua contribuição para o suprimento de assimilados para as plantas. Esse processo é acelerado durante as épocas de maior disponibilidade de fatores climáticos de crescimento, condição de maior intensidade de competição intraespecífica por luz no interior do dossel forrageiro, explicando os maiores valores de TAIP registrados durante a primavera e verão (I e II). Nos pastos submetidos às menores intensidades de pastejo (tratamentos L e ML), em função da maior altura do dossel forrageiro e dificuldade para se atingir os estratos superiores, a estratégia de melhor custo-benefício seria investir em alongamento de estolões como forma de encontrar nichos com elevada disponibilidade de luz. Nessas condições o alongamento de pecíolos teria importância secundária relativamente a processos como expansão foliar e alongamento de estolões, o que seria coerente com o maior filocrono (tempo de expansão foliar) e TFF e estolões sob aquelas condições de manejo.

Pastejos mais frequentes resultaram em maior NFE e menor NFM (Tabela 6) e NTF (Tabela 7), resultado da maior frequência com que os dosséis eram desfolhados e, portanto, estimulados a produzir novas folhas via aumento da TApF. Essa estratégia para manutenção do IAF desenvolvida por esses pastos faz com que o perfil da população de plantas seja mais jovem e com menor número de folhas maduras (NFM). Pastejos mais frequentes são resultantes de duas situações: pastos manejados com menores alturas de manejo e maiores taxas de crescimento para uma mesma altura de manejo. No primeiro caso está caracterizado o efeito de intensidade de pastejo e no segundo o efeito de época do ano. Dessa forma, um mesmo valor de IAF pode resultar em potenciais distintos de produção de forragem, uma vez que existe variação no perfil de idade das folhas que compõem o dossel forrageiro com implicações potenciais sobre a eficiência fotossintética (PARSONS et al., 1988) e o valor nutritivo da forragem produzida (PEDREIRA et al., 2002).

5.5 Conclusão

O amendoim forrageiro cv. Belmonte possui elevada plasticidade fenotípica conferida por meio de mecanismos de compensação entre tamanho e número de estruturas morfológicas. O fato assegura grande flexibilidade de uso e de manejo representado pela grande amplitude de intensidades de pastejo utilizada neste experimento.

Referências

- APHALO, P.J.; BALLARÉ, C.L. On the importance of acquiring systems in plant-plant interactions. **Functional Ecology**, London, v. 9, n. 1, p. 5-14, 1995.
- BARTHAM, G.T. Experimental techniques: the HFRO sward stick. In: HILL FARMING RESEARCH ORGANIZATION 1985. **Biennial report**, Midlothian, 1985. p. 29-30.
- BIRCHAM, J.S.; HODGSON, J. The influence of sward condition on rates of herbage growth and senescence in mixed swards under continuous stocking management. **Grass and Forage Science**, Oxford, v. 38, n. 4, p. 323-331, 1983.
- BOLLER, B.C.; NÖSBERGER, J. Effects of temperature and photoperiod on stolon characteristics, dry matter partitioning, and nonstructural carbohydrate concentration of two white clover ecotypes. **Crop Science**, Madison, v. 23, n. 6, p. 1057-1062, 1983.
- BRISKE, D.D. Strategies of plant survival in grazed systems: a functional interpretation. In: HODGSON, J.; ILLIUS, A.W. (Ed.). **The ecology and management of grazing systems**. London: CAB International, 1996. p. 37-67.
- CASAL, J.J.; SÁCHEZ, R.A.; DEREGIBUS, V.A. Tillering responses of *Lolium multiflorum* plants to changes of red/far-red ratio typical of sparse canopies. **Journal of Experimental Botany**, New York, v. 38, n. 9, p. 1432-1439, 1987.
- CENTRO DE PESQUISAS METEOROLÓGICAS E CLIMÁTICAS APLICADAS A AGRICULTURA. Disponível em: <http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima_muni_436.html>. Acesso em: 08 nov. 2014.
- CHAPMAN, D.F.; LEMAIRE, G. Morphogenic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. In: BAKER, M.J. (Ed.). **Grasslands for our world**. Wellington: SIR, 1993. chap. 3, p. 55-64.
- COMISSÃO EXECUTIVA DO PLANO DA LAVOURA CACAUEIRA. Leguminosas amendoim forrageiro. Disponível em: <<http://www.ceplac.gov.br/radar/amendoim%20forrageiro.htm>>. Acesso em: 28 dez.2014.
- DENNIS, W.D.; WOLEDGE, J. Photosynthesis by white clover leaves in mixed clover/ryegrass swards. **Annals of Botany**, Oxford, v. 49, n. 5, p. 627-635, 1982.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2006. 306 p.

GASTAL, F.; BELANGER, G.; LEMAIRE, G. A model of the leaf extension rate of tall fescue in response to nitrogen and temperature. **Annals of botany**, Oxford, v. 70, n. 5, p. 437-442, 1992.

HODGSON, J. **Grazing management: science into practice**. New York: John Wiley; Logman Scientific and Technical, 1990. 203 p.

HUBER, H.; STUEFER, J.F. Shade-induced changes in the branching pattern of a stoloniferous herb: functional response or allometric effect? **Oecologia**, Berlin, v. 110, n. 4, p. 478-486, 1997.

KAYS, S.; HARPER, J.L. The regulation of plant and tiller density in a grass sward. **The Journal of Ecology**, London, v. 62, n. 1, p. 97-105, 1974.

LEMAIRE, G.; CHAPMAN, D. Tissue flows in grazed plant communities. In: HODGSON, J.; ILLIUS, A.W. (Ed.). **The ecology and management of grazing systems**. London: CAB International, 1996. chap. 1, p. 3-36.

LEMAIRE, G.; DA SILVA, S.C.; AGNUSDEI, M.; WADE, M.; HODGSON, J. Interactions between leaf lifespan and defoliation frequency in temperate and tropical pastures: a review. **Grass and Forage Science**, Oxford, v. 64, n. 4, p. 341-353, 2009.

LITTEL, R.C.; PENDERGAST, J.; NATARAJAN, R. Modelling covariance structure in the analysis of repeated measures data. **Statistics in Medicine**, Oxford, v. 19, p. 1793-1819, 2000.

LITTELL, R.C.; MILLIKEN, G.A.; STROUP, W.W.; WOLFINGER R.D. **SAS system for mixed models**. Cary: SAS Institute, 1996. 633 p.

LÖTSCHER, M.; NÖSBERGER, J. Branch and root formation in *Trifolium repens* is influenced by the light environment of unfolded leaves. **Oecologia**, Berlin, v. 111, n. 4, p. 499-504, 1997.

MATTHEW, C.; LEMAIRE, G.; HAMILTON, N.R.S.; HERNANDEZ-GARAY, A.H. A modified self-thinning equation to describe size/density relationships for defoliated swards. **Annals of botany**, Oxford, v. 76, n. 6, p. 579-587, 1995.

NELSON, D.L.; COX, M.M. **Princípios de bioquímica de Lehninger**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2011. 896 p.

OMETTO, J.C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1981. 425 p.

PARSONS, A.J.; LEAFE, E.L.; COLLET, B.; STILES, W. The physiology of grass production under grazing. 1. Characteristics of leaf and canopy photosynthesis of continuously grazed swards. **Journal of Applied Ecology**, Oxford, v. 20, n. 1, p. 117-126, 1983.

PEDREIRA, C.G.S.; DA SILVA, S.C.; BRAGA, G.J.; SOUZA NETO, J.M.; SBRISSIA, A.F. Sistemas de pastejo na exploração pecuária brasileira. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 3., 2002, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 2002. p. 197-234.

ROBSON, M.J.; SHEEHY, J.E. Leaf area and light interception. In: DAVIES, A.; BAKER, R.D.; GRANT, S.A.; LAIDLAW, A.S. (Ed.). **Sward measurement handbook**. Reading: British Grassland Society, 1981. p. 115-139.

SBRISSIA, A.F.; DA SILVA, S.C. Compensação tamanho/densidade populacional de perfilhos em pastos de capim-marandu. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, n. 1, p. 35-47, 2008.

SBRISSIA, A.F.; DA SILVA, S.C.; MATTHEW, C.; CARVALHO, C.A.B.D.; CARNEVALLI, R.A.; PINTO, L.F.D.M.; PEDREIRA, C.G.S. Tiller size/density compensation in grazed Tifton 85 bermuda grass swards. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 12, p. 1459-1468, 2003.

SMERTENKO, A.; DRABÉR, P.; VIKLICKÝ, V.; OPATRNÝ, Z. Heat stress affects the organization of microtubules and cell division in *Nicotiana tabacum* cells. **Plant, Cell and Environment**, Logan, v. 20, n. 12, p. 1534-1542, 1997.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Natural Resources Conservation Service. Disponível em: <<http://plants.usda.gov/classification.html>>. Acesso em: 28 dez.2014.

WIJESINGHE, D.K. Temporal and structural components of ramet independence in the clonal perennial herb, *Potentilla simplex*. **Journal of Ecology**, London, v. 82, n. 1, p. 13-20, 1994.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

É crescente o interesse mundial em inserir leguminosas em áreas de pastagens destinadas à produção animal. Além de reduzir gastos referentes à adubação nitrogenada por meio da fixação biológica de nitrogênio, as leguminosas contribuem para reduzir o impacto ambiental da pecuária e favorecer a sustentabilidade dos sistemas de produção animal em pasto, uma vez que sua utilização pode propiciar redução das emissões de óxido nitroso do solo, de gás carbônico proveniente da fabricação de fertilizantes e de metano pelos animais em pastejo (ROBERTSON, 1993). No entanto, para que possam ser consolidadas como alternativa efetiva para uso em pastagens é necessário que se conheça aspectos relativos ao seu crescimento e desenvolvimento para que metas de manejo possam ser idealizadas e assegurem sua produtividade e persistência tanto em monocultivo como em consórcio com gramíneas forrageiras.

Muitas práticas de manejo são desenvolvidas baseadas nos estágios de desenvolvimento das plantas e no conhecimento de seu ciclo de vida. Essas duas características envolvem processos fisiológicos que ocorrem em nível celular e de forma integrada para formação dos tecidos vegetais e estabilidade da população de plantas na área. A energia necessária para a realização desses processos vem da fotossíntese, razão pela qual a desfolhação, causada por meio de corte ou pastejo, afeta a velocidade dos processos por causar a remoção parcial ou total da área foliar. Nessa condição, as plantas necessitam desenvolver estratégias de recuperação do tecido fotossintético baseadas em alterações de forma e função, de curto e de longo prazo, para que possam assegurar sua produtividade e perenização (BRISKE, 1986). Avaliações de características morfogênicas consistem em protocolos de sucesso para descrever e caracterizar o desenvolvimento das plantas forrageiras. No entanto, a grande maioria dos métodos descritos foi desenvolvida para a avaliação de gramíneas forrageiras, dificultando sua aplicação direta para a avaliação de leguminosas. A principal dificuldade está relacionada com as avaliações das folhas, função da grande diferença morfológica entre os dois grupos de plantas. Por essa razão, para que avaliações das respostas morfogênicas de leguminosas forrageiras possam ser executadas, é necessário que se faça a adaptação de protocolos e métodos experimentais, objeto do primeiro conjunto de avaliações deste estudo.

Os resultados demonstraram que o desenvolvimento das folhas do amendoim forrageiro cv. Belmonte pode ser dividido em dez estágios, cujo conhecimento e identificação são importantes para o planejamento e realização das avaliações de suas respostas

morfogênicas. Demonstraram ainda que existe simetria entre os folíolos dentro de um mesmo par, razão pela qual as avaliações de taxa de expansão foliar podem ser feitas em apenas um dos folíolos do par. O processo reduz a quantidade de trabalho no campo e otimiza o uso do tempo do avaliador. Contudo, pelo fato de o crescimento dos folíolos ocorrer em duas dimensões, comprimento e largura, é necessário que se faça a mensuração dessas duas dimensões. Como a razão entre as duas dimensões praticamente não variou com os tratamentos de intensidade de pastejo e com a época do ano, a área foliar pode ser calculada a partir da multiplicação do comprimento pela largura utilizando-se um fator de correção único (0,71) que leva em consideração a forma elíptica dos folíolos.

O amendoim forrageiro cv. Belmonte demonstrou alta capacidade adaptativa em resposta às oscilações estacionais em disponibilidade de fatores abióticos e às intensidades de pastejo avaliadas. A distribuição de fotoassimilados ao longo do ano varia, prioridade sendo dada ao desenvolvimento de diferentes estruturas morfológicas que propiciem melhor relação custo-benefício e otimização dos processos de captura de recursos. Nesse sentido, em épocas de restrição de fatores de crescimento (outono e o inverno), o amendoim forrageiro prioriza o processo de formação de raízes nos nós mais velhos e segmentação, formando plantas menores e autônomas. O processo viabiliza a reprodução clonal da espécie, favorecendo a ocupação horizontal da área e promovendo a renovação do pasto de forma a gerar condições de melhor aproveitamento do aumento da disponibilidade de fatores de crescimento nas estações subsequentes (primavera e verão). A autonomia das unidades formadas após o processo de segmentação é garantida pela formação de raízes nodais, principalmente nos estolões maiores. As respostas plásticas do amendoim forrageiro incluem capacidade de alongamento dos entrenós (alongamento do estolão) e aumento do tamanho do pecíolo como forma de permitir o encontro de nichos de maior disponibilidade de fatores de crescimento, além do encurtamento do entrenó como forma de concentrar o maior número possível de *ramets* nos locais de alta disponibilidade de recursos. O amendoim forrageiro demonstrou alta capacidade de manutenção de sua área foliar (IAF) para uma amplitude significativa de intensidades de pastejo (severa, moderada, leniente e muito leniente). Altas taxas de aparecimento foliar foram associadas com tamanho pequeno das folhas e vice-versa como forma de garantir a estabilidade do IAF dos pastos. Nesse sentido, a taxa de aparecimento de folhas parece ser fator chave para a regulação da adaptação da planta ao processo de pastejo. Sob pastejo mais intenso ocorre aumento da taxa de aparecimento e redução do período de expansão das folhas, o que resulta na formação de grande número de folhas pequenas. Sob

pastejo mais leniente, a planta prioriza o desenvolvimento dos estolões existentes, com redução do aparecimento de folhas e formação de um menor número de folhas grandes.

Nesse contexto, pode se afirmar que o amendoim forrageiro possui capacidade de desenvolvimento de dois fatores cruciais à persistência de qualquer planta forrageira. O primeiro, relacionado com a capacidade da planta de garantir o *input* de carbono no sistema via reposição e/ou manutenção da área foliar, e o segundo, relacionado com a habilidade de garantir o *input* de nitrogênio via emissão de raízes nodais e formação de nódulos para fixação de nitrogênio atmosférico. Adicionalmente, seu hábito de crescimento prostrado viabiliza a concentração de pontos de crescimento próximos da superfície do solo, preservando a manutenção de meristemas, estruturas cruciais para assegurar a continuidade do crescimento do estolão. Como resultado desse conjunto de fatores, a planta possui elevada plasticidade e capacidade de adaptação a diferentes ambientes e condições de uso, realçando seu potencial como alternativa promissora para uso em áreas de pastagens seja em monocultivo ou em consórcio com gramíneas forrageiras. O hábito estolonífero e a natureza colonizadora de seu crescimento sugerem que ela seria uma opção interessante para consórcio com gramíneas cespitosas, o que permitiria boa cobertura do solo e em função dos hábitos de crescimento complementares das plantas associadas.

Referências

BRISKE, D.D. Plant response to defoliation: Morphological considerations and allocation priorities. In: JOSS, P.J.; LYNCH, P.W.; WILLIAMS, O.B. (Ed.). **Rangelands: a resource under siege**. Cambridge: Cambridge University Press, 1986. p. 425-427.

ROBERTSON, G.P. Fluxes of nitrous oxide and other nitrogen trace gases from intensively managed landscapes. In: HARPER, L.A.; MOSIER, A.R.; DUXBURY, J.M.; ROLSTON, D.E. (Ed.). **Agroecosystem: effects on radiatively important trace gases and global climate change**. Madison: ASA, 1993. p. 95–108. (Special Publication, 55).

7 CONCLUSÕES

- Avaliações das respostas morfogênicas do amendoim forrageiro cv. Belmonte podem ser feitas de forma análoga às gramíneas forrageiras desde que as devidas adaptações e ajustes metodológicos sejam realizados;
- O amendoim forrageiro cv. Belmonte apresenta um ciclo anual de desenvolvimento caracterizado por períodos alternados de crescimento e aumento do tamanho das plantas existentes e de subdivisão das plantas grandes em plantas menores. Durante a transição entre esses períodos ocorre a formação de raízes nos nós mais velhos dos estolões antecedendo o processo de segmentação e formação de novas plantas. Ao mesmo tempo que esse processo é vital para a sobrevivência das plantas representa um risco grande para o cultivo da espécie, uma vez que ser for interrompido, especialmente durante a fase de segmentação, pode comprometer sua persistência na área;
- O amendoim forrageiro cv. Belmonte é uma planta com potencial para uso em áreas de pastagens, uma vez que possui elevada capacidade de adaptação a amplitude significativa de manejos, representa neste estudo pelas intensidades de pastejo avaliadas.