

EFICIÊNCIA DE LONGO PRAZO DA CONSORCIAÇÃO ENTRE GRAMÍNEAS E LEGUMINOSAS EM PASTAGENS TROPICAIS

Carlos Mauricio Soares de Andrade¹
Giselle Mariano Lessa de Assis²
Aliedson Sampaio Ferreira³

INTRODUÇÃO

As pesquisas para viabilizar o uso de leguminosas forrageiras em pastagens tropicais tiveram início na década de 1940, quando instituições australianas iniciaram um agressivo programa de coleta de germoplasma ao redor do mundo (Clements & Henzell, 2010). Até então, a importância das leguminosas tropicais se limitava ao uso como plantas de cobertura em plantações de seringueira, dendezeiros, etc. (Schultze-Kraft & Giacometti, 1979). Isso permitiu à Austrália assumir o protagonismo inicial na pesquisa com leguminosas tropicais, sendo responsável pelo lançamento de grande número de cultivares entre as décadas de 1950 e 1980. Um marco importante deste período foi o lançamento do *Macroptilium atropurpureum* cv. Siratro, a primeira cultivar de leguminosa forrageira tropical resultante de melhoramento genético (Clements & Henzell, 2010; Jones, 2014).

O despertar do interesse para a pesquisa e uso de pastos consorciados na América Latina, causada pelos resultados obtidos na Austrália e, em especial, pela importação de sementes de cultivares de leguminosas lançadas naquele País, somente ocorreu na década de 1970 (Spain, 1995). Esse período também coincidiu com a intensificação dos esforços de coleta de germoplasma de leguminosas tropicais por instituições latino-americanas, visando ao desenvolvimento de cultivares para uso em pastagem (Schultze-Kraft & Giacometti, 1979). No final dessa década, porém, começam a surgir fortes evidências de baixa persistência sob pastejo para a maioria das cultivares de leguminosas tropicais disponíveis até então (Hutton, 1979; Roberts, 1979). Na década de 1980, os problemas com persistência e os fracassos com a importação de cultivares de leguminosas australianas, pouco resistentes a doenças endêmicas na região, começam a diminuir a credibilidade da tecnologia no Brasil (Spain, 1995), resultando em forte estagnação das pesquisas na década de 1990. Nesse período, merece destaque a persistência de instituições como a Embrapa, a Ceplac, o Instituto de Zootecnia, dentre outras, que reconheceram a importância estratégica das leguminosas tropicais para o Brasil e continuaram investindo em pesquisas, mesmo com o forte descrédito da tecnologia.

Nos últimos 10 anos, houve uma retomada das pesquisas com leguminosas forrageiras tropicais no Brasil, principalmente pelos programas de pesquisa das Universidades brasileiras, agora mais concentrada nos gêneros *Arachis* e *Stylosanthes* (Valentim et al., 2009). A principal motivação para isso são os bons resultados obtidos nos biomas Amazônia e Mata Atlântica com a cultivar Belmonte (*Arachis pintoi*) e no bioma Cerrado com a cultivar Campo Grande (multilinha composta de *Stylosanthes capitata* e *S. macrocephala*), duas cultivares de leguminosas tropicais selecionadas e lançadas no Brasil em 1999 (Ceplac, s.d.) e 2000 (Embrapa Gado de Corte, 2000), respectivamente.

Atualmente, a pesquisa com leguminosas forrageiras vive também um novo momento nos Estados Unidos e Europa, depois de um longo período de estagnação no final do século passado. A principal motivação para isso é a percepção de que a criação de ruminantes em pastos consorciados de gramíneas e leguminosas é uma das maneiras mais sustentáveis de produzir carne e leite para alimentar a crescente população mundial. Na segunda metade do século passado, esses países intensificaram seus sistemas de produção de maneira tão expressiva que extrapolaram os limites de sustentabilidade econômica e ambiental. Com o aumento das pressões para reduzir o impacto ambiental da atividade e a gradativa diminuição dos subsídios econômicos aos pecuaristas, verificada nos últimos 20 anos, esses países estão retrocedendo no processo de intensificação em busca de maior sustentabilidade. A necessidade de intensificação de maneira sustentável, ou seja, de aumentar não apenas a produtividade, mas também a eficiência de utilização dos recursos naturais, impõe novos desafios à agricultura do planeta (Luscher et al., 2014).

¹Pesquisador da Embrapa Acre, Rio Branco, Acre, Brasil. Bolsista DT do CNPq. e-mail: mauricio.andrade@embrapa.br

²Pesquisadora da Embrapa Acre, Rio Branco, Acre, Brasil.

³Pesquisador visitante da Embrapa Acre, Rio Branco, Acre, Brasil. Bolsista DCR/Fapac/CNPq.

No Brasil, a situação é um pouco diferente, pois ainda estamos atrasados no processo de intensificação da atividade pecuária. Por outro lado, isso nos dá a vantagem de poder avaliar os problemas causados pelos modelos de intensificação seguidos por norte-americanos e europeus no passado e buscar novos caminhos para a intensificação da produção pecuária.

Apesar dessa retomada nas pesquisas, o uso de pastos consorciados ainda continua muito baixo na maioria das regiões brasileiras. Durante o 9º Simpósio sobre Manejo da Pastagem, realizado em Piracicaba-SP, em 1988, o pesquisador James Spain afirmou que “*são poucos os grandes obstáculos à adoção generalizada do uso de pastos consorciados na América Latina; no entanto, são importantes e bastante complexos*” (Spain, 1995). É interessante observar como a maioria dos obstáculos apontados pelo Dr. Spain naquela época continuam importantes nos dias atuais: escassez de germoplasma adaptado para algumas regiões, conhecimento inadequado de fatores genéticos, ambientais e de manejo sobre a compatibilidade de gramíneas e leguminosas tropicais, fracassos no passado e falta de credibilidade da tecnologia.

Não há dúvida, portanto, de que a eficiência de longo prazo da consorciação entre gramíneas e leguminosas tropicais no Brasil depende, fundamentalmente: i) do desenvolvimento de germoplasma adequado para cada região, especialmente leguminosas com médio a alto potencial de persistência e com alto grau de compatibilidade com pelo menos uma cultivar de gramínea; ii) do desenvolvimento de práticas de manejo adequadas para o estabelecimento e manutenção do consórcio, porém com nível de complexidade aceitável pelos pecuaristas; iii) de estratégias adequadas para transferência destas tecnologias, capazes de romper as fortes barreiras culturais existentes no setor pecuário; e, iv) da oferta de material propagativo (sementes ou mudas) com regularidade e a preço competitivo.

Nesse artigo, será feito um esforço para discutir inicialmente os processos ecológicos que regem as relações entre gramíneas e leguminosas em pastos consorciados. Em seguida será feita uma análise sobre o que fazer para aumentar a disponibilidade de cultivares de leguminosas com alto potencial de adoção nas diferentes regiões do Brasil. Também será analisada a importância de algumas práticas de manejo para facilitar a adoção dessa tecnologia pelos pecuaristas. Os demais fatores de adoção de leguminosas em pastagens tropicais foram discutidos por Peters & Lascano (2003), Shelton et al. (2005), Valentim et al. (2009), Sollenberger et al. (2014) e Muir et al. (2014).

PERSISTÊNCIA E COMPATIBILIDADE

A persistência de cada componente de um pasto consorciado e o grau de compatibilidade entre estes componentes é fundamental para a eficiência agrônômica e econômica de longo prazo da consorciação de gramíneas e leguminosas em pastagens. Conforme será discutido mais adiante, boa parte da culpa pelos fracassos ocorridos no passado no desenvolvimento de cultivares de leguminosas e de práticas de manejo dos pastos consorciados, especialmente em regiões tropicais, pode ser atribuída à falta de conhecimento sobre os mecanismos e processos ecológicos envolvidos na persistência e compatibilidade de gramíneas e leguminosas forrageiras.

Conceitos

Existe na literatura muita divergência sobre os conceitos de persistência e compatibilidade de plantas forrageiras. Isso pode ser percebido quando se critica a falta de persistência das leguminosas em pastos consorciados afirmando que estas plantas não conseguem persistir *em níveis satisfatórios*. Nesse caso, a crítica é à falta de compatibilidade do consórcio e não à persistência *per se*. Por isso, faz-se necessário definir melhor estes conceitos antes de avançar na discussão sobre os mesmos.

Essa divergência não é recente. De acordo com Marten (1989), ao sumarizar os resultados de um Workshop trilateral ocorrido em 1988 no Havaí, onde especialistas dos Estados Unidos, Austrália e Nova Zelândia discutiram a persistência de leguminosas em pastagens, um dos itens de maior dificuldade consensual foi a definição de persistência da leguminosa. Enquanto alguns pesquisadores defendiam um conceito mais restrito, de que a persistência significa a capacidade da leguminosa manter o estande de plantas na pastagem ao longo do tempo, outros defendiam a incorporação de características produtivas no conceito de persistência, o que, na nossa opinião, contribuiu para confundir os conceitos de persistência e compatibilidade e, por conseguinte, o entendimento dos fatores que asseguram o sucesso no uso de pastos consorciados. Neste trabalho, será utilizado o conceito de persistência que se baseia na capacidade da leguminosa manter sua população na pastagem ao longo dos anos.

Já a compatibilidade entre gramíneas e leguminosas foi definida por Collins & Rhodes (1989) como sendo a habilidade de duas espécies crescerem juntas e produzirem alta quantidade de forragem, com uma

porcentagem de leguminosa suficiente para otimizar os benefícios da fixação biológica de nitrogênio (FBN) e da qualidade de forragem superior.

Este conceito traz de forma implícita a necessidade agrônômica e econômica de harmonia no balanço entre as espécies no consórcio. Entretanto, poderia ser redefinido para inclusão da resiliência como um fator ecológico fundamental para a manutenção do estado de equilíbrio (*equilibrium state* ou *steady state*) entre as espécies no consórcio. De acordo com Sackville Hamilton (2001), o estado de equilíbrio ocorre quando a composição botânica do pasto varia em torno de um ponto de equilíbrio, independentemente do ponto de partida (composição inicial). Assim, o conceito adotado neste artigo considera que espécies com alto grau de compatibilidade seriam aquelas cujo equilíbrio tende a se manter em níveis satisfatórios do ponto de vista agrônômico (harmonia), independentemente do ponto de partida (composição botânica inicial), com capacidade de recuperação de eventuais desequilíbrios temporários causados por estresses bióticos ou abióticos (resiliência).

Com base nos conceitos de persistência e compatibilidade considerados neste trabalho, fica claro que é mais fácil desenvolver cultivares de leguminosas persistentes em pastos consorciados do que encontrar consórcios de gramíneas e leguminosas com alto grau de compatibilidade. Isso ocorre porque os fatores envolvidos na compatibilidade são de maior complexidade, abrangendo inclusive aqueles que asseguram a persistência da leguminosa na pastagem. De acordo com Andrade (2010), há muitos exemplos de consórcios em que a leguminosa persiste por muitos anos na pastagem, porém com baixa participação na composição botânica, por falta de compatibilidade com a gramínea.

Em regiões de clima temperado, a proporção ideal de leguminosas em pastos consorciados está na faixa de 40 a 60%, em massa de forragem (Phelan et al., 2015). Já em regiões tropicais, tem sido proposta uma faixa ideal variando de 20 a 45% (Thomas, 1992, 1995; Cadisch et al., 1994). Nestas proporções, haveria maximização dos benefícios da presença da leguminosa na pastagem, em termos de fixação biológica de nitrogênio (FBN), nutrição animal e diversidade funcional⁴ da pastagem. Portanto, consórcios compatíveis seriam aqueles cujo estado de equilíbrio resulte em participação da leguminosa dentro destas faixas consideradas ótimas.

Fatores de persistência

A persistência de qualquer planta forrageira na pastagem pode ser comprometida pela ocorrência de estresses bióticos (pragas e doenças) e abióticos (fogo, seca prolongada, encharcamento do solo, deficiência nutricional, etc.), razão pela qual o melhoramento genético de plantas forrageiras busca desenvolver cultivares tolerantes ou resistentes aos estresses mais frequentes nas regiões onde serão utilizadas. Porém, no caso de pastos consorciados, o potencial de persistência da leguminosa forrageira é determinado essencialmente pelos mecanismos de perenidade e de resistência ao pastejo exibidos pela leguminosa (Andrade, 2010). Falhas no reconhecimento da importância desses mecanismos foram responsáveis por muitos fracassos no desenvolvimento de cultivares de leguminosas no passado (p.ex. a cultivar Siratro; Jones, 2014).

A manutenção da população de plantas das leguminosas em pastagens já estabelecidas pode decorrer (i) da longevidade das plantas originais, (ii) da reposição de plantas por via reprodutiva (sementes) e (iii) da reposição de plantas por via vegetativa (estolões e rizomas). O primeiro mecanismo é importante para algumas espécies, geralmente lenhosas, com duração de vida que pode superar 30-40 anos, como a leucena, por exemplo. Já as espécies anuais dispõem apenas do segundo mecanismo, ou seja, do ciclo de florescimento, formação de sementes, aumento das reservas de sementes no solo, regeneração de plântulas e sobrevivência destas até o florescimento (Humphreys, 1991).

As plantas da maioria das espécies de leguminosas herbáceas “perenes” têm duração de vida limitada a dois ou três anos, e precisam ser substituídas por novas plantas para que a população seja mantida na pastagem (Jones & Carter, 1989; Humphreys, 1991). Portanto, a maioria das leguminosas de clima tropical depende do recrutamento de novas plantas, via ressemeadura natural ou artificial, para compensar a morte das plantas mais velhas. O problema desta via de persistência é que, em pastos estáveis, com dossel fechado, as plântulas geralmente sofrem forte competição por parte da vegetação já estabelecida. Muitas vezes, a leguminosa pode possuir grande reserva de sementes no solo e apresentar problemas de persistência

⁴A diversidade taxonômica refere-se à natureza e abundância de espécies, enquanto que a diversidade funcional leva em conta características morfológicas e fisiológicas das espécies que influenciam o funcionamento do ecossistema (Tilman, 2001).

decorrentes da fraca sobrevivência das plântulas (Forde et al., 1989; Jones & Carter, 1989). A efetividade da ressemeadura natural também pode ser afetada pelo tipo de solo da pastagem, como no caso do estilosantes Campo Grande, cujas plântulas originadas da ressemeadura natural apresentam baixa sobrevivência em solos argilosos (Embrapa Gado de Corte, 2007).

A reposição de plantas por via vegetativa, processo também conhecido como reprodução clonal, é o mecanismo mais eficiente para assegurar a persistência das leguminosas forrageiras nas pastagens. A compreensão sobre a reprodução clonal é fundamental para o entendimento da ecologia de plantas forrageiras sob pastejo e para a elaboração de estratégias de manejo de pastagens, especialmente daquelas constituídas pelo consórcio de gramíneas e leguminosas (Andrade, 2010).

Todas as gramíneas, perenes e anuais, apresentam a forma de crescimento clonal. Os perfilhos individuais da maioria das espécies de gramíneas perenes possuem longevidade máxima de dois anos, embora a maioria sobreviva apenas um ano. Portanto, a perenidade das plantas individuais de gramíneas e a sustentabilidade da produtividade das pastagens dependem da reposição regular de perfilhos a partir das gemas axilares (Briske, 2007).

Leguminosas estoloníferas (p.ex. *Arachis pintoi* e *Trifolium repens*) ou rizomatosas (p.ex. *Arachis glabrata*) dependem pouco ou nada da ressemeadura natural, assim como as gramíneas forrageiras, pois são capazes de multiplicar-se vegetativamente a partir do enraizamento dos seus estolões ou rizomas, dando origem à formação de novas plantas (clones), que garantem a perenidade da população na pastagem. Em ecossistemas de pastagens, essa estratégia de reprodução é muito mais eficiente do que a ressemeadura natural, principalmente por causa da integração fisiológica existente entre os clones e a planta-mãe, permitindo a translocação de água, minerais e assimilados para seu crescimento inicial (Herben, 2004). Leguminosas que não possuem a capacidade de perenização por meio da reprodução clonal, isto é, que dependem exclusivamente da ressemeadura natural (reprodução sexuada) para manutenção da sua população na pastagem, apresentam maior dificuldade de constituir consórcios persistentes e compatíveis com gramíneas forrageiras.

A literatura sobre leguminosas tropicais traz muita informação contraditória sobre a presença de estolões em leguminosas com hábito de crescimento volúvel (trepadeiras). Muitas leguminosas trepadeiras tem a capacidade de emitir raízes adventícias quando seus caules crescem horizontalmente rente ao solo. Entretanto, o simples fato de haver formação de raízes adventícias nos nós de um caule rasteiro não permite classificá-lo como estolão. O estolão é um caule lateral que cresce horizontalmente rente ao solo, enraizando nos nós e produzindo novas plantas a partir de suas gemas (Hickey & King, 2000). É uma estratégia de “forrageamento” da planta em busca de ambientes com maior disponibilidade de recursos, especialmente luz (De Kroon & Hutchings, 1995), e também de propagação vegetativa (reprodução clonal) da planta, via segmentação dos estolões. Ou seja, plantas estoloníferas são constituídas por um conjunto hierárquico de estolões, onde os primeiros produzidos são gradualmente substituídos à medida que vão morrendo e desaparecendo (Humphreys, 1991). Para a maioria das espécies de leguminosas trepadeiras, o enraizamento dos nós pode dar origem à formação de ramos laterais, porém sem haver um processo sistemático de segmentação e produção de novas plantas. Para algumas espécies, a reprodução clonal pode ocorrer ocasionalmente, em condições ambientais específicas, mas geralmente não representa uma via de persistência significativa para a leguminosa. O *Macroptilium atropurpureum* cv. Siratro é um exemplo (Jones, 2014).

Beuselinck et al. (1994) apresentaram uma análise muito interessante sobre a combinação mínima de estratégias para manutenção do estande de leguminosas de clima temperado em pastos consorciados (Figura 1). De acordo com essa análise, quanto menor a longevidade das plantas individuais, maior deve ser sua capacidade reprodutiva (sementes ou vegetativa) para assegurar sua perenização na pastagem. A baixíssima eficiência reprodutiva da alfafa limita sua persistência em pastos consorciados à longevidade de suas plantas originais. Já o trevo branco e o cornichão são as leguminosas de clima temperado com mecanismos mais eficientes de perenidade em pastos consorciados.

Em pastagens, a persistência de uma planta não depende exclusivamente dos seus mecanismo de perenização, já que para sobreviver e reproduzir ela precisa ser capaz de resistir à perturbação (desfolha, pisoteio, etc.) causada pelo animal em pastejo.

Os mecanismos que conferem resistência ao pastejo foram classificados por Briske (1991, 1996) em mecanismos de escape e de tolerância ao pastejo. Os mecanismos de escape são aqueles que reduzem a probabilidade e a severidade do pastejo, ao passo que a tolerância ao pastejo consiste dos mecanismos que promovem a retomada do crescimento das plantas após a desfolha, tais como disponibilidade de meristemas e processos fisiológicos. Espécies pastejadas menos frequentemente (escape), capazes de se recuperar rapidamente após uma desfolha (tolerantes) ou possuindo uma combinação destes mecanismos, apresentam maior habilidade competitiva em ecossistemas de pastagem.

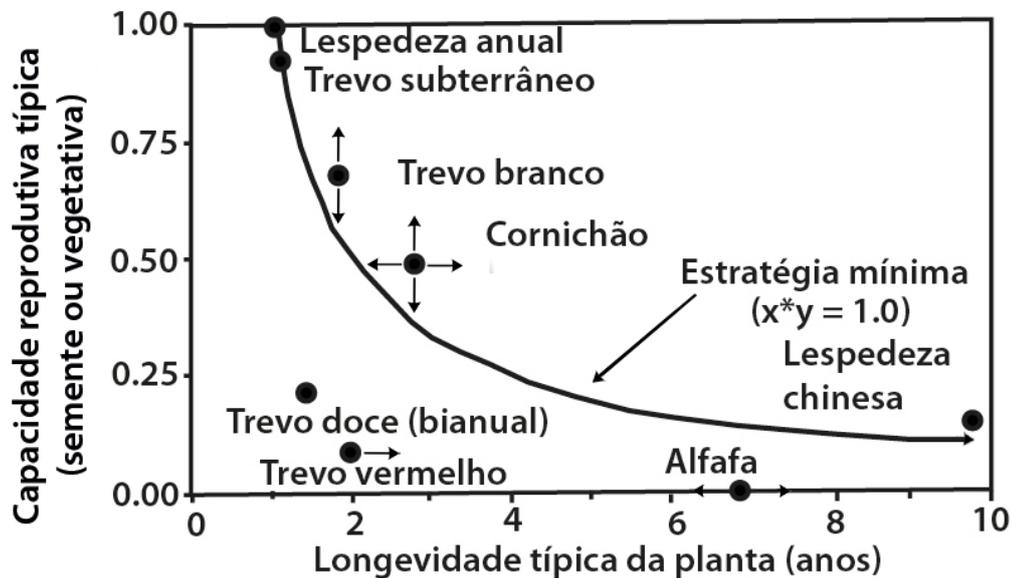


Figura 1. Relação entre longevidade de plantas individuais e capacidade reprodutiva de leguminosas de clima temperado. A linha sólida demarca a combinação mínima de estratégias para sua persistência em pastos consorciados.

Fonte: Beuselinck et al. (1994)

Exemplos de leguminosas que dependem de mecanismos de escape para aumentar sua persistência sob pastejo são o *Desmodium ovalifolium* e o *Calopogonium mucunoides*, que são pouco consumidas pelos bovinos. De acordo com Humphreys (1980), a alta aceitação pelos animais é uma característica compatível apenas com plantas de hábito prostrado, com pontos de crescimento protegidos, que possuem alta tolerância ao pastejo. Exemplos de leguminosas com este tipo de tolerância ao pastejo são o trevo branco (*Trifolium repens*) e o amendoim forrageiro (*Arachis pintoii*, *A. glabrata* e *A. repens*).

Andrade (2010) classificou algumas leguminosas forrageiras tropicais quanto ao seu potencial de persistência em pastos consorciados, baseando-se nos mecanismos de perenidade e de resistência ao pastejo exibidos pelas mesmas (Tabela 1). Leguminosas que dependem exclusivamente da reprodução sexual como mecanismo de perenidade dificilmente podem ser classificadas como de alta capacidade de persistência em pastos consorciados. Dentre as leguminosas herbáceas tropicais já avaliadas, nenhuma possui potencial de persistência tão elevado quanto as cultivares de *Arachis pintoii*. Esta leguminosa estolonífera apresenta elevada eficiência na reprodução clonal, e muitos genótipos também constituem um banco de sementes grandes enterradas no solo, capazes de assegurar a restauração de sua população caso necessário. Além disso, poucas plantas forrageiras tropicais, incluindo as gramíneas, possuem tolerância ao pastejo tão elevada quanto o amendoim forrageiro. O estado do Acre possui a maior área plantada com o amendoim forrageiro (*A. pintoii* cv. Belmonte) no Brasil (Valentim & Andrade, 2005), e a experiência adquirida ao longo dos últimos 20 anos indicam que persistência não é um problema para essa leguminosa (Andrade & Assis, 2012).

Fatores de compatibilidade

O entendimento de alguns processos ecológicos que regem as relações entre plantas, especialmente aqueles envolvidos na coexistência entre espécies, são fundamentais para se discutir a compatibilidade entre gramíneas e leguminosas em pastagens.

Tabela 1 – Classificação de algumas leguminosas forrageiras tropicais quanto ao potencial de persistência em pastos consorciados, com base nos seus mecanismos de perenidade e de resistência ao pastejo.

Leguminosa	Mecanismos de perenidade			Mecanismos de resistência ao pastejo			Potencial de persistência
	Longevidade de plantas originais	Reprodução sexual	Reprodução clonal	Baixa palatabilidade	Tolerância à desfolha	Tolerância ao pisoteio	
<i>Leucaena leucocephala</i>	+++	-	-	-	+++	+++	Alto
<i>Arachis pintoi</i> cv. Belmonte	+	+	+++	-	+++	+++	Alto
<i>Desmodium ovalifolium</i> cv. Iabela	+	++	++	+++	++	++	Alto
<i>Pueraria phaseoloides</i>	+	++	-	++	+	+	Médio
<i>Calopogonium mucunoides</i>	+	+++	-	+++	+	++	Médio
<i>Syliosanthus</i> spp. cv. Campo Grande	+	+++	-	+	++	+	Médio
<i>Syliosanthus guianensis</i> cv. Mineirão	+	+	-	+	++	+	Baixo
<i>Neonotonia wighii</i>	+	++	-	-	+	+	Baixo

Fonte: Adaptado de Andrade (2010).

As plantas interagem produzindo reflexos tanto negativos (competição) quanto positivos (complementaridade) na sobrevivência, crescimento ou reprodução umas das outras (Townsend et al., 2006). Em pastagens, as características morfológicas e fisiológicas das espécies forrageiras determinam as interações positivas e negativas que operam simultaneamente, de maneira bastante complexa, sob influência de estresses bióticos e abióticos, e do manejo do pastejo (Figura 2), definindo a grau de compatibilidade entre as espécies. Enquanto as interações competitivas geralmente contribuem para limitar a coexistência entre espécies, a complementaridade opera no sentido inverso (Callaway & Pugnaire, 2007).

De acordo com Briske (2007), existem dois mecanismos de competição entre plantas. A **exploração** é o mais frequente, sendo um tipo de interação indireta, na qual uma planta reduz a disponibilidade de recursos para a outra (p.ex. interceptação de luz ou absorção de água). Já a **interferência** é um tipo de interação direta, que ocorre quando uma planta restringe ou limita o acesso da outra a um recurso ambiental (p.ex. alelopatia e parasitismo).

As interações positivas (complementaridade) são causadas por mecanismos bastante diferentes daqueles envolvidos na competição. Resultam de diferenças interespecíficas que produzem efeitos positivos quando da interação entre espécies. Em muitos casos, essas interações positivas são altamente específicas para os genótipos em questão (Callaway & Pugnaire, 2007). Atualmente são reconhecidos dois tipos de processos ecológicos que resultam em complementaridade (facilitação e diferenciação de nicho), embora estes nem sempre sejam fáceis de distinguir (Loreau & Hector, 2001; Fornara & Tilman, 2008).

A **facilitação** ocorre quando uma planta contribui positivamente para a sobrevivência, crescimento ou adaptabilidade (*fitness*) de outra (Callaway & Pugnaire, 2007). Estes autores apresentam vários exemplos de facilitação entre plantas envolvendo mecanismos variados, tais como sombreamento, relações hídricas ou nutricionais, proteção contra herbivoria, dentre outros. Afirmam, ainda, que a importância da facilitação em comunidades de plantas é maior em ambientes mais estressantes ou sob maior pressão de consumo.

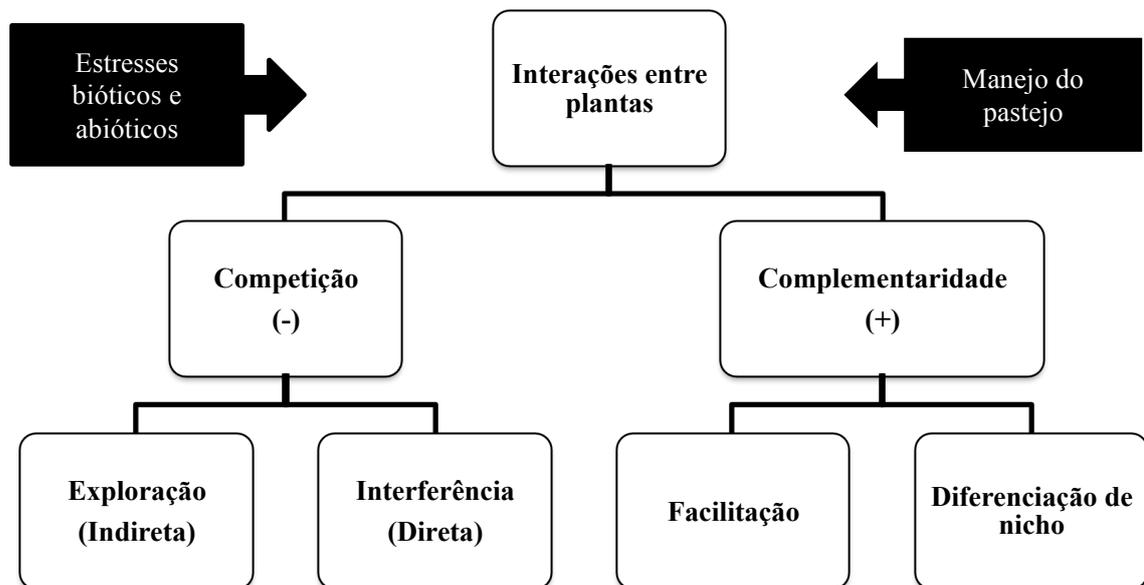


Figura 2. Principais processos ecológicos envolvidos na interação entre plantas em pastagens, sob influência de estresses bióticos e abióticos e do manejo do pastejo.

Entretanto, o principal mecanismo que favorece a coexistência de espécies é a **diferenciação de nicho** (Townsend et al., 2006). O termo nicho é geralmente utilizado para descrever um lugar, como por exemplo na definição pelo Dicionário Aurélio: “uma porção restrita de um hábitat onde vigoram condições especiais de ambiente” (Ferreira, 2004). Entretanto, o conceito moderno de nicho ecológico se refere ao conjunto das exigências e tolerâncias de um organismo, de modo que a diferenciação de nicho pode decorrer do uso diferenciado de recursos, que permite que espécies coexistam no mesmo hábitat acessando recursos de forma distinta, ou da resposta diferenciada das espécies aos estresses ambientais. De qualquer maneira, a diferenciação de nicho pode se expressar no tempo ou no espaço (Townsend et al., 2006), estando portanto associada à heterogeneidade espacial e temporal dos hábitats (Tilman, 1999).

Uma das formas mais reconhecidas de complementaridade entre plantas, que envolve tanto facilitação quanto diferenciação de nicho, ocorre entre leguminosas, capazes de fixar biologicamente o nitrogênio atmosférico (FBN), e gramíneas, que dependem quase⁵ que exclusivamente do nitrogênio mineral do solo (Loreau & Hector, 2001). A complementaridade decorre (i) da capacidade da leguminosa acessar um recurso pouco disponível para a gramínea, (ii) da transferência do N fixado pela leguminosa facilitando o crescimento da gramínea, que possui alta eficiência de utilização de N e (iii) do intervalo de tempo entre a fixação de N pela leguminosa e seu uso pela gramínea (Fornara & Tilman, 2008). De acordo com Briske (2007), gramíneas e leguminosas podem estabelecer um nível intermediário de N mineral no solo, por meio da ciclagem de nutrientes, que contribui para equilibrar suas respectivas vantagens competitivas e, conseqüentemente, para sua coexistência.

Com base no exposto acima, é possível fazer algumas inferências sobre a compatibilidade de gramíneas e leguminosas em pastagens. Em primeiro lugar, a compatibilidade é determinada por múltiplas características morfológicas e fisiológicas das espécies, que atuam conjuntamente, nas dimensões espacial e temporal, razão pela qual não pode ser atribuída a um único fator de competição ou complementaridade. Essa complexidade dos fatores envolvidos na compatibilidade de gramíneas e leguminosas já havia sido reconhecida há quase 40 anos por Rhodes & Stern (1978) e Haynes (1980). Nem mesmo a complementaridade causada pela FBN da leguminosa, por si só, representa uma força capaz de assegurar a compatibilidade entre gramíneas e leguminosas. Da mesma forma que não faz sentido a tão propagada teoria da “incompatibilidade fisiológica” entre gramíneas e leguminosas tropicais, a qual considera que o maior potencial fotossintético das gramíneas C₄ seria uma força desestabilizadora intransponível para a compatibilidade entre as espécies.

Em segundo lugar, as generalizações a respeito da compatibilidade de gramíneas e leguminosas são muito arriscadas. Especialmente por que a dinâmica de gramíneas e leguminosas em pastagens pode envolver algumas das formas mais complexas de interação entre plantas (Sackville Hamilton, 2001). De acordo com Hill (1990), as características que contribuem para a compatibilidade variam de consórcio para consórcio, razão pela qual não são fáceis de identificar. Isso reforça o papel do genótipo como componente central da ecologia de pastagens (Tothill, 1978).

Em terceiro lugar, fica evidente que diferenças morfológicas e fisiológicas entre espécies podem ter papel tão ou mais importante do que as semelhanças na definição da compatibilidade entre espécies. Há quase 40 anos, Hall (1978) já recomendava que as diferenças ecológicas entre as espécies forrageiras deveriam ser melhor definidas e estudadas, “*pois nelas estariam o segredo da estabilidade das pastagens*”. Monoculturas são exemplos de combinação de plantas com extrema similaridade de habilidades competitivas e baixa complementaridade. A harmonia entre plantas atinge seu grau mais elevado, porém a eficiência de exploração da heterogeneidade existente nas pastagens é reduzida. No caso de pastos consorciados, características morfológicas e fisiológicas contrastantes podem ser “drivers” de compatibilidade entre gramíneas e leguminosas, quando resultam em complementaridade, ou de incompatibilidade, quando acentuam diferenças de habilidade competitiva entre as plantas.

Assim, gramíneas e leguminosas com maior grau de compatibilidade possuem um conjunto de características similares, que contribuem para equilibrar suas habilidades competitivas, associado a características contrastantes, que proporcionam complementaridade entre os genótipos (espécies ou cultivares) (Luscher et al., 2014).

Obviamente, a expressão das características morfológicas e fisiológicas das plantas que determinam as relações entre os genótipos podem ser modificadas por fatores climáticos e edáficos (estresses abióticos) (Nurjaya & Tow, 2001) e pela ocorrência de pragas e doenças (estresses bióticos). Esses estresses podem tanto acentuar quanto amenizar diferenças de habilidade competitiva no consórcio. Embora os problemas fitossanitários não sejam fatores de compatibilidade entre gramíneas e leguminosas, sua ocorrência quase sempre irá causar uma perturbação do estado de equilíbrio do consórcio. Isso se deve ao fato de que gramíneas e leguminosas geralmente são atacadas por diferentes espécies de insetos-praga e acometidas por doenças causadas por diferentes patógenos (Lapointe & Sonoda, 2001; Sulc & Lamp, 2007).

Apresentado esse arcabouço teórico sobre os processos ecológicos envolvidos na compatibilidade entre plantas, será feita uma tentativa de analisar e classificar alguns fatores morfofisiológicos de compatibilidade de alguns consórcios de gramíneas e leguminosas tropicais, começando pelo consórcio da grama-estrela-roxa (*Cynodon nlemfuensis* cv. Lua) com o amendoim forrageiro cv. Belmonte, considerado

⁵ Algumas gramíneas tropicais também são capazes de fixar o N atmosférico, via associação com bactérias diazotróficas, porém de maneira menos eficiente do que a via simbiótica leguminosa-rizóbio.

atualmente como o de mais alto grau de compatibilidade em regiões tropicais (Andrade et al., 2009; Andrade, 2010). O *Arachis pintoi* é considerado um ideótipo de leguminosa para uso em pastos consorciados em regiões tropicais úmidas (Fischer & Cruz, 1995) e a grama-estrela um ideótipo de gramínea para consórcio com essa leguminosa (Andrade, 2013b).

Para esse consórcio, podem ser identificadas tanto características semelhantes, que contribuem para equilibrar suas habilidades competitivas, quanto características contrastantes, que resultam em complementaridade. No primeiro caso, pode ser destacada a semelhança quanto ao hábito de crescimento (prostrado, estolonífero e com estratégia tipo guerrilha), que confere a essas plantas a habilidade de reprodução clonal, colocando a leguminosa em situação de igualdade com a gramínea na sua capacidade de perenização na pastagem, pelo menos em ambientes com estação seca pouco prolongada. A arquitetura destas plantas também lhes confere alta tolerância ao pisoteio e à desfolha, com muitos pontos de crescimento protegidos do pastejo. Outro fator de equilíbrio apresentado por essas plantas está relacionado com sua elevada plasticidade fenotípica, que lhes permite ajustar sua arquitetura em resposta ao pastejo e a variações na disponibilidade de recursos, conferindo resiliência ao consórcio.

A semelhança entre a grama-estrela-roxa e o amendoim forrageiro cv. Belmonte quanto à forma de crescimento clonal merece ser analisada com maior detalhamento, por sua importância para a compatibilidade do consórcio. Lovett Doust (1981) identificou um amplo espectro de formas de crescimento entre as plantas clonais. Num extremo estariam as espécies colonizadoras, com maior investimento em estolões e com maior alongamento dos entrenós nos estolões, resultando em plantas com maior distanciamento entre suas unidades modulares de crescimento (ramets⁶), capazes de explorar de forma eficiente a heterogeneidade espacial na pastagem. Essa forma de crescimento é chamada de estratégia de guerrilha, e geralmente resulta em plantas com arquitetura menos adensada. No outro extremo estariam as espécies clonais que apresentam ramets fortemente agrupados, devido às conexões curtas entre os ramets ou ao perfilhamento intravaginal. Essa estratégia de crescimento clonal do tipo falange (*phalanx*), típica das gramíneas cespitosas, resulta em plantas com arquitetura adensada, que por um lado dificulta a penetração de outras plantas em seu “território clonal”, mas por outro limita sua capacidade de colonização de novas áreas. Tanto o Belmonte quanto a grama-estrela-roxa apresentam a forma de crescimento clonal do tipo guerrilha, o que além de contribuir para equilibrar suas habilidades competitivas, resulta em um consórcio mais harmônico, com um arranjo de plantas mais homogêneo, devido à arquitetura menos densa da gramínea (Figura 3). Diferentemente, quando cultivares de amendoim forrageiro são consorciadas com gramíneas cespitosas (estratégia do tipo falange), como o capim-massai, suas plantas geralmente ocupam os espaços entre as touceiras da gramínea, com alguns estolões se infiltrando no interior das touceiras (Andrade et al., 2006).

A diferença de palatabilidade entre gramíneas e leguminosas é um fator de desequilíbrio de suas habilidades competitivas, em favor da espécie menos palatável. Essa diferença contribuiria para aumentar a compatibilidade do consórcio apenas no caso de leguminosas com baixa tolerância ao pastejo. A menor palatabilidade aumentaria sua resistência ao pastejo, compensando sua menor tolerância ao pastejo. A alta palatabilidade da grama-estrela-roxa e do Belmonte é, portanto, outro fator de equilíbrio de suas habilidades competitivas.

Já com relação às características divergentes destas forrageiras que resultariam em interação positiva (complementaridade) do consórcio, além da habilidade para FBN pela leguminosa comentada anteriormente, podem ser destacadas a maior tolerância ao sombreamento pela leguminosa, sua maior sensibilidade ao estresse hídrico e as diferenças entre as espécies quanto à arquitetura de folhas. A grama-estrela-roxa, assim como a maioria das cultivares de *Cynodon*, é pouco tolerante a sombreamento (Cook et al., 2005). Já a cultivar Belmonte é altamente tolerante ao sombreamento, com redução de apenas 5% na sua taxa de crescimento quando submetida a 30% de sombreamento (Andrade et al., 2004). Isso permite que essa leguminosa possa ocupar a porção inferior do dossel no pasto consorciado (Figura 3), sem que isso afete a sua persistência na pastagem (diferenciação de nicho). As folhas erectófilas da gramínea, com menor coeficiente de extinção de luz, ocupando o extrato superior do dossel, e as folhas planófilas da leguminosa, com maior eficiência de interceptação de luz, ocupando o extrato inferior, também pode ser considerado um fator de complementaridade para esse consórcio. Além disso, esse arranjo de folhas contribui para aumentar a eficiência de utilização de luz do pasto, pois, de acordo com Trenbath (1974), um arranjo de folhas próximo do ideal seria aquele em que o grau de inclinação das folhas diminuiria do topo para a base do dossel.

⁶ Ramets são as unidades modulares de crescimento da planta clonal, com potencial de existência independente da planta-mãe após separação (p. ex. perfilhos e estolões; Begon et al., 2006).



Figura 3. Perfil vertical de um pasto consorciado de grama-estrela-roxa e amendoim forrageiro cv. Belmonte, manejado sob pastejo rotacionado, com idade superior a 10 anos. Foto: Carlos Mauricio Soares de Andrade.

A grama-estrela é uma gramínea com boa tolerância à seca (Cook et al., 2005), diferentemente do amendoim forrageiro, que é uma leguminosa sensível ao estresse hídrico, geralmente exibindo elevada abscisão de folhas durante períodos prolongados de limitação hídrica, especialmente em estandes puros (Andrade & Assis, 2012). Em pastos consorciados com a grama-estrela, tem sido observada maior retenção de folhas pela leguminosa durante a estação seca, sugerindo a existência de facilitação entre as plantas, contribuindo para sua compatibilidade. Sanderson et al. (2004) encontraram várias evidências deste tipo de interação positiva entre plantas forrageiras de clima temperado, em que o sombreamento proporcionado por plantas mais altas pode diminuir a temperatura do solo, reduzindo o estresse térmico e a evapotranspiração, melhorando as relações hídricas das plantas vizinhas de menor porte. De acordo com Lemaire (2001), a água é absorvida e transpirada pela planta em relação direta com a quantidade de energia solar interceptada. Além disso, a água não pode ser considerada exatamente como um "recurso" para o crescimento das plantas, mas como um meio para dissipar o excesso de energia solar recebida pelas folhas, de modo a evitar a dessecação dos tecidos vegetais e o excesso de temperatura. Assim, em algumas circunstâncias, as plantas podem se beneficiar do sombreamento por seus vizinhos apenas por uma diminuição da sua demanda por água. Aparentemente, a menor demanda de água pelas plantas sombreadas é um dos fatores que viabiliza a manutenção de uma maior relação biomassa aérea/radicular, geralmente observada em plantas sombreadas. Isso carece de maior investigação para este consórcio.

Provavelmente, os fatores de compatibilidade descritos acima para o consórcio da grama-estrela com o amendoim forrageiro são apenas "a ponta do iceberg" de um conjunto maior de fatores morfológicos e fisiológicos responsáveis pelo alto grau de compatibilidade destas plantas. O pastejo obviamente também tem um papel importante em controlar a aparente dominância da gramínea neste consórcio. Embora não haja diferenças significativas de palatabilidade entre as espécies, a maior acessibilidade da gramínea contribui para aumentar a sua seletividade, evitando o sombreamento excessivo da leguminosa.

As leguminosas de crescimento volúvel geralmente são mais compatíveis com gramíneas cespitosas (Mendoza et al., 1990; Quesenberry & Wofford, 2001; Cook et al., 2005). Há evidências de interação positiva (facilitação) entre essas plantas, com a leguminosa sendo beneficiada pelo tipo de arquitetura da gramínea. Por exemplo, sabe-se que muitas leguminosas volúveis são bastante sensíveis ao pisoteio e que, em pastagens constituídas por gramíneas cespitosas, os animais tendem a caminhar entre as touceiras das gramíneas (Fisher, 1989). Entretanto, a área próxima à base das touceiras geralmente se constitui num sítio de proteção contra o pisoteio, sendo nestes locais onde se observa a maioria das coroas da puerária em pastos consorciados com cultivares de *Panicum maximum* no Acre. É provável que esse ambiente também confira proteção contra o pisoteio das plântulas dessas leguminosas, favorecendo a reposição de plantas no pasto consorciado (Andrade, 2013a). Também existem evidências de que a estrutura mais rígida e ereta dos

perfilhos dessas gramíneas confira o suporte necessário para favorecer a produção de sementes dessas plantas. A experiência com a puerária no Acre mostra que no período que antecede ao florescimento dessa leguminosa (entre maio e junho), há uma aceleração do seu crescimento em busca de qualquer suporte físico que possa ser escalado para posicionar os ramos floríferos em condições de produzir seus frutos com deiscência explosiva e dispersar suas sementes.

A leucena tem sido muito utilizada em pastos consorciados na Austrália, apresentando alta compatibilidade com gramíneas quando cultivada em linhas espaçadas de 4 a 10 m, com as gramíneas semeadas nas entrelinhas (Cook et al., 2005; Mullen et al., 2005). Nesse caso, a compatibilidade é determinada pelo porte arbustivo da leguminosa, pela separação física dos componentes, limitando a interação da parte aérea das plantas à zona próxima à linha da leguminosa, e pela alta longevidade das plantas de leucena (superior a 40 anos; Mullen et al., 2005), que torna sua habilidade reprodutiva irrelevante.

Entretanto, deve-se reconhecer que talvez a maioria das diferenças morfológicas e fisiológicas entre gramíneas e leguminosas, ao invés de atuarem como “drivers” de compatibilidade do consórcio, contribuem para acentuar diferenças de habilidade competitiva entre as plantas.

Dentre todos os fatores envolvidos na compatibilidade de gramíneas e leguminosas, o hábito de crescimento das plantas é considerado o mais importante (Tothill, 1978; Roberts, 1979; Sackville Hamilton, 2001; Andrade, 2010), por sua influência em diversos aspectos que governam as relações entre plantas em pastagens, incluindo reprodução, tolerância à desfolha e ao pisoteio, habilidade de aquisição de recursos, mobilidade, etc. Uma busca no Google com a expressão “*compatible growth habits*” retornou nada menos do que 848 resultados (em 06 Mar. 2015), confirmando o amplo reconhecimento dessa característica como determinante da compatibilidade entre plantas. De modo geral, quanto maior a similaridade quanto ao hábito de crescimento, maior a probabilidade das espécies apresentarem habilidades competitivas semelhantes, favorecendo a compatibilidade.

As leguminosas forrageiras tropicais apresentam grande diversidade quanto ao hábito de crescimento. As espécies herbáceas geralmente são classificadas quanto ao seu hábito de crescimento em (a) trepadeiras ou de crescimento volúvel, (b) eretas e (c) prostradas ou rasteiras. Entre as prostradas, existem espécies não-radicantes (p.ex. *Indigofera hendecaphylla*), espécies que possuem crescimento estolonífero (p.ex. *Arachis pintoi*) e outras que são rizomatosas (p. ex. *A. glabrata*).

No passado, acreditava-se que o hábito de crescimento volúvel de vários gêneros de leguminosas tropicais (*Calopogonium*, *Centrosema*, algumas espécies de *Desmodium*, *Neonotonia*, *Macroptilium* e *Pueraria*) poderia equilibrar sua habilidade competitiva com as gramíneas tropicais, pelo fato de possibilitar sua escalada ao topo do dossel e assim competir mais eficientemente por luz (Mott, 1983). Isso explica a grande predominância de leguminosas trepadeiras na fase inicial de pesquisas com essas plantas, entre as décadas de 1940 e 1980. Entretanto, esse ponto de vista mostrou-se totalmente equivocado, já que essa vantagem somente se concretiza quando o pasto é mantido sem desfolha por longos períodos (Andrade, 2010). A percepção de que esse tipo de hábito de crescimento é pouco compatível com as gramíneas tropicais é a causa da redução progressiva das pesquisas com essas leguminosas no Brasil no final do século 20 (Figura 4). No século 21, podemos considerar que estamos na era das leguminosas prostradas, com destaque para as espécies forrageiras do gênero *Arachis*.

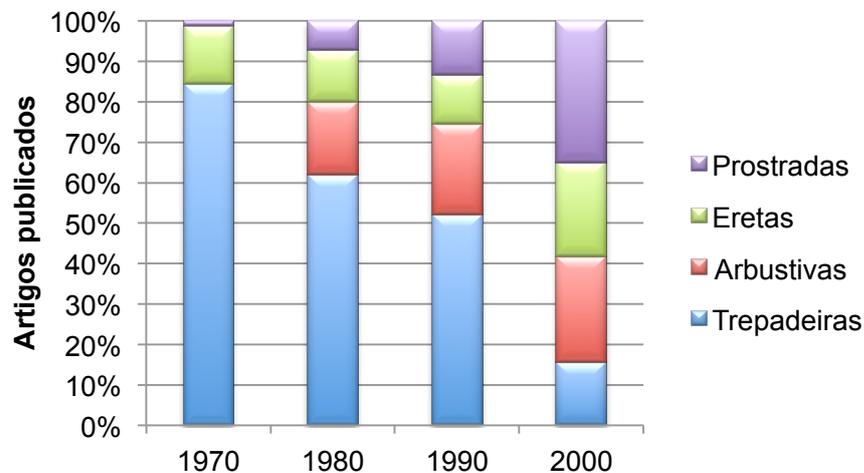


Figura 4. Participação de leguminosas forrageiras tropicais em artigos publicados nos periódicos RBZ e PAB nas décadas de 1970 a 2000, conforme o hábito de crescimento.

 Fonte: Andrade (2010).

DESENVOLVIMENTO DE CULTIVARES

O desenvolvimento de cultivares forrageiras para sistemas pastoris é de grande complexidade. Primeiramente, pelo fato da produção de forragem *per se* não ter valor e, sim, o produto derivado de sua utilização em sistemas pecuários após ser convertida em carne, leite, lã e couro. Adicionalmente, grande parte das espécies de interesse é perene, resultando em ciclos longos de avaliação e seleção, de forma que o desenvolvimento de uma nova cultivar pode levar cerca de 10 anos. O trabalho com espécies não domesticadas, de uso relativamente recente, também dificulta e retarda a obtenção de novas cultivares. Diversos outros motivos, que tornam complexo o melhoramento genético de plantas forrageiras, podem ser encontrados na literatura (Ferreira & Pereira, 1999; Miles, 2001; Quesenberry & Wofford, 2001).

Quando se fala no melhoramento de plantas forrageiras empregadas na alimentação animal em sistemas pecuários, seja na formação de pastagens puras ou consorciadas, na produção de feno, silagem ou forragem verde, deve-se dar destaque para as diferenças no nível de desenvolvimento existente entre regiões temperadas e regiões tropicais (Miles, 2001). Programas de melhoramento de forrageiras tropicais são relativamente recentes, iniciados, em sua maioria, entre cinco e três décadas atrás, primeiramente na Austrália e, posteriormente, na América do Sul. A forte redução dos investimentos nas duas principais instituições líderes em programas de pastagens tropicais, o Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) na Colômbia e o *Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization* (CSIRO) na Austrália, levou o Brasil, atualmente, a ser o principal protagonista no desenvolvimento de cultivares forrageiras para o mundo tropical (Jank et al., 2011).

O melhoramento genético de forrageiras temperadas é mais antigo e avançado do que o melhoramento de forrageiras tropicais, tanto de gramíneas como de leguminosas. Mesmo com programas mais sólidos, pesquisadores consideram que o melhoramento de forrageiras temperadas ainda encontra-se em sua infância (Brummer et al., 2009), com potencial de obtenção de excelentes resultados, visto a variabilidade ainda não explorada existente em várias espécies. A principal gramínea temperada utilizada em diversos países da Europa e América do Sul, Estados Unidos, Canadá, Austrália e Nova Zelândia, é o azevém perene (*Lolium perenne*). As três principais leguminosas forrageiras temperadas são a alfafa (*Medicago sativa*), o trevo branco (*Trifolium repens*) e o trevo vermelho (*Trifolium pratense*). A alfafa é a leguminosa forrageira mais plantada no mundo, com uma área estimada de cultivo de 30 milhões de ha, localizada principalmente nos Estados Unidos, Europa e América do Sul e vem também se expandindo para Austrália e China (Annicchiarico et al., 2014), enquanto o trevo vermelho é bastante cultivado em países no norte da Europa, sendo ambos mais empregados sob regime de corte. Diferentemente, o trevo branco é amplamente cultivado em pastagens consorciadas, sendo o mais utilizado em sistemas intensivos em pasto. O trevo branco ocupa, com pelo menos 10% da composição botânica, 22,5 milhões de ha, o que representa metade da área de

pastagem dos Estados Unidos, sendo o valor econômico anual do mercado de sementes comercializadas no varejo estimado em 18,9 milhões de dólares (Hannaway & Cool, 2004). Na Austrália, a área cultivada com trevo branco foi estimada em 6 milhões de ha (Lane et al., 1997). Apesar de muito estudado e disseminado na Europa, seu cultivo foi reduzido nas últimas 5 décadas, assim como o das demais leguminosas (tanto grãos quanto forrageiras), caindo de 11,3 milhões de ha em 1961 para 3,4 milhões de ha em 2005 (Murphy-Bokern & Watson, 2012).

É recorrente, porém, o argumento da necessidade de se produzir mais carne e leite, reduzindo o uso de insumos (Lüscher et al., 2014). Por isso, nota-se o crescente interesse nas últimas duas décadas pelo uso de pastagens consorciadas por países temperados, devido aos benefícios advindos da fixação biológica de nitrogênio, com redução do uso de adubos químicos nitrogenados, menores custos de produção, maiores produtividades e aumento na autossuficiência de proteína. Iniciativas, como o *Legume Futures* (Murphy-Bokern et al., 2014), financiado pela União Europeia, visa otimizar o uso de leguminosas na agricultura dos países europeus, considerando os impactos agrônômicos, econômicos e ambientais dos sistemas baseados no uso de leguminosas. Um importante aspecto é o estudo dos efeitos dos cultivos consorciados na produção de forragem e nos sistemas de pastejo. Assim, tem-se também despertado maior interesse no desenvolvimento de cultivares voltadas para uso em consórcio.

A ampla utilização de leguminosas forrageiras em regiões temperadas em estandes puros e consorciados não se repete nas regiões tropicais. Com algumas exceções, as leguminosas forrageiras tropicais não se consolidaram nos sistemas de produção pecuários quando comparadas com as temperadas, sendo o grande sucesso e impacto da pecuária tropical advinda das gramíneas forrageiras, na sua maioria de origem africana (Muir et al., 2014). Segundo Miles (2001), entre as leguminosas forrageiras tropicais, não foram identificadas espécies por parte dos pecuaristas capazes de estabelecer consórcios estáveis, considerando seus hábitos de crescimento e tolerância ao pastejo intensivo. Isso foi justamente o que ocorreu com o trevo branco e a alfafa nas regiões temperadas, que foram domesticadas e possuem programas de melhoramento bem sucedidos, iniciados há mais de nove e sete décadas, respectivamente (Annicchiarico et al., 2014). As principais espécies de gramíneas temperadas também estavam claramente definidas, por já fazerem parte dos sistemas de produção. Da mesma forma, as gramíneas tropicais, já eram utilizadas por produtores antes mesmo do início de estudos formais em institutos de pesquisa, visando o seu melhoramento.

Países de colonização europeia, principalmente a Austrália, tentaram recriar o modelo azevém/trevo branco nos trópicos, de forma que a partir da década de 1960, pesquisadores se empenharam no desenvolvimento de leguminosas tropicais visando estabelecer pastagens consorciadas perenes (Miles, 2001). Assim, inicialmente, o melhoramento de leguminosas forrageiras tropicais tinha como objetivo a domesticação de um “trevo branco tropical”, ou seja, uma espécie perene persistente, de alta qualidade, capaz de formar associações estáveis em pastagens consorciadas. Esse interesse na Austrália se espalhou também para a América Latina, com foco na descoberta, domesticação e melhoramento de novas espécies de leguminosas forrageiras.

A mais conceituada cultivar originada deste esforço, conforme abordado anteriormente, foi a cv. Siratro (*Macroptilium atropurpureum*), lançada em 1960 e proveniente de melhoramento genético a partir de germoplasma selvagem, cuja espécie não havia sido domesticada ou utilizada comercialmente. A cv. Siratro apresentava vantagens como fácil estabelecimento e adaptação a diferentes condições edáficas, embora tenha apresentado susceptibilidade a *Rhizoctonia solani* e *Uromyces appendiculatus*, o que levou ao lançamento de uma nova cultivar resistente à ferrugem. Porém, o maior problema apresentado pela cv. Siratro foi a baixa persistência em plantios comerciais, embora resultados de pesquisa tenham apresentado boa produção animal, em pastejos leves a moderados (Jones, 2014). Apesar da baixa persistência observada, os objetivos do programa de melhoramento do *M. atropurpureum* nas décadas de 1960 e 1970 não contemplaram caracteres que pudessem reforçar os mecanismos de persistência. Outros lançamentos ocorreram nessa época em função de programas de melhoramento em espécies de gramíneas e leguminosas tropicais, porém sem sucesso, uma vez que a disponibilização das cultivares não foi seguida de sua adoção pelos produtores (Miles, 2001).

Mais recentemente, no ano 2000, foi lançado no Brasil o *Stylosanthes* spp. cv. Campo Grande, resultante do melhoramento genético obtido a partir de diversos ciclos de seleção em acessos de *Stylosanthes capitata* e *Stylosanthes macrocephala* resistentes à antracnose, sendo esta cultivar formada pela mistura física dessas duas espécies (Embrapa Gado de Corte, 2007). Esta cultivar foi bem aceita na região do Cerrado brasileiro, com área cultivada de 1,7 milhão de ha (Embrapa, 2013) e vem sendo empregada na recuperação de pastagens degradadas, consorciada principalmente com cultivares de *Brachiaria brizantha*. Estudos, porém, vêm relatando a baixa persistência dessa leguminosa em estandes consorciados (Babilônia, 2013; Moreira et al., 2015). Sua permanência no mercado deverá ocorrer pelo seu uso estar mais associado à

reforma de pastagens degradadas e não pelo estabelecimento de consórcios estáveis, de longo prazo, com gramíneas. Outra possibilidade da continuidade de seu uso, é a utilização de técnicas de reintrodução da leguminosa no sistema, dois ou três anos após a semeadura anterior.

Nessa mesma época (1999), foi lançado também o *Arachis pintoi* cv. Belmonte (Ceplac, s.d.), leguminosa forrageira propagada por mudas, resultante da avaliação e seleção de acessos de uma coleção de germoplasma. Esta cultivar, além de utilizada no bioma Mata Atlântica (Pereira, 2002), tem mostrado excelente adaptação e persistência em pastagens consorciadas na Amazônia ocidental brasileira (Valentim & Andrade, 2005), onde vem sendo cultivada há 15 anos, com área estimada superior a 100 mil ha (Embrapa, 2013). No entanto, apesar de possuir excelentes atributos, como alta persistência e compatibilidade com gramíneas, a sua maior adoção é limitada pelo fato da sua introdução em pastagens ser realizada por meio de mudas, havendo restrição na oferta do material propagativo.

Outros exemplos de sucesso da adoção de leguminosas forrageiras tropicais são apresentados por Muir et al. (2014) e incluem as espécies *Leucaena leucocephala*, diversas outras espécies de *Stylosanthes*, *Pueraria phaseoloides*, entre outras, em países como Austrália, Brasil, Colômbia, China, Indonésia, Nigéria, África do Sul, Tailândia, Estados Unidos e Zimbábue.

Na última década, o Brasil iniciou um processo de reestruturação e fortalecimento de programas de melhoramento de forrageiras tropicais, com aumento do financiamento de projetos e da contratação de recursos humanos do setor público, principalmente na Embrapa (Jank et al., 2011), assim como no estabelecimento de parcerias público-privadas com o setor produtivo de sementes. A pujança do mercado de sementes para uso interno e exportação tem atraído, nos últimos anos, empresas multinacionais para atuar neste setor. As principais espécies de gramíneas forrageiras com programas de melhoramento bem estabelecidos na Embrapa são: *Brachiaria brizantha*, *Brachiaria decumbens*, *Brachiaria humidicola*, *Brachiaria ruziziensis*, *Panicum maximum*, *Pennisetum purpureum*, *Paspalum* spp. e *Andropogon gayanus*. Em relação às leguminosas, os programas são de *Arachis pintoi*, *Stylosanthes guianensis*, *Stylosanthes capitata*, *Stylosanthes macrocephala* e *Cajanus cajan*.

A produção de forragem é a principal característica de interesse do melhoramento de forrageiras tropicais e maior ênfase, nas gramíneas, vem sendo dada à produção de matéria seca de folhas, por estas apresentarem maior qualidade nutricional do que os colmos, com maior teor de proteína bruta, menor teor de fibra em detergente neutro e, conseqüentemente, maior digestibilidade. Portanto, a qualidade da forragem também é de interesse, porém baixa variabilidade para esses caracteres vem sendo observada em algumas espécies. Nota-se que em relação aos aspectos de qualidade, as propostas de seleção das forrageiras temperadas estão mais avançadas que as tropicais (Brummer et al., 2009; Kingston-Smith et al., 2013), uma vez que empregam também critérios de seleção para melhorar a eficiência da utilização do nitrogênio no rúmen, como: (i) a seleção para aumento do teor de carboidrato solúvel em água em gramíneas e leguminosas, visando elevar a quantidade de energia prontamente disponível no rúmen; e (ii) a obtenção de teores adequados de taninos em leguminosas, visando a proteção das proteínas no rúmen e, reduzindo, portanto, suas taxas de degradação e aumentando a eficiência microbiana.

Além do aumento da produção de forragem e aumento do valor nutritivo, o melhoramento de forrageiras tropicais também visa a obtenção de cultivares tolerantes ou resistentes a estresses bióticos e abióticos. Para as gramíneas, tem-se como objetivo a obtenção de cultivares resistentes às principais espécies de cigarrinha-das-pastagens (*Brachiaria brizantha*, *Brachiaria decumbens* e *Pennisetum purpureum*) (Valle et al., 2008), resistência ao fungo *Bipolaris maydes* (*Panicum maximum*) (Jank et al., 2013), além da tolerância ao alumínio (*B. decumbens*) (Oliveira et al., 2013), à seca (*P. maximum*) (Silva et al., 2013) e a solos mal drenados (*P. maximum*). Para as leguminosas, é dada ênfase à resistência a nematóides (*Cajanus cajan*), tolerância à seca (*Arachis pintoi*) (Assis et al., 2013), resistência à antracnose (*Stylosanthes* spp.) e resistência ao psilídeo (*Leucaena leucocephala*), esta última em programas de melhoramento conduzidos na Austrália (Shelton, 2013). Grande ênfase também é dada à seleção para produção de sementes para todas as espécies forrageiras tropicais.

O desenvolvimento de cultivares para uso em pastagens consorciadas é tema de discussão e de experimentos há décadas, quando se trata de forrageiras temperadas, sendo que os estudos e programas de melhoramento se concentram no azevém e no trevo branco. Considerando que as duas espécies serão utilizadas conjuntamente, questiona-se a eficiência da seleção de genótipos para este fim em estandes puros, desprezando, portanto, uma possível interação entre as espécies. Mais complexo se torna o problema ao se considerar que, além da possível interação entre as cultivares, as mesmas estarão submetidas ao estresse do pastejo, o que pode influenciar na seleção do material, podendo haver também uma interação entre o efeito do pastejo e as cultivares. Em relação à avaliação em estandes puros ou consorciados, a preocupação de considerar as respostas das duas espécies em consórcio é antiga, e ainda divide as opiniões dos especialistas

(Zannone et al., 1983). Ainda é questionado se a habilidade competitiva de uma cultivar de leguminosa forrageira é uma característica de resposta ampla ou varia de acordo com a gramínea em consórcio (Annicchiarico et al., 2014). As características das espécies e cultivares em avaliação terão influência sobre essas respostas e ainda há carência de estudos que possam direcionar a melhor forma de conduzir os ensaios de seleção para muitas espécies forrageiras. Mais acentuada é a falta de informações dessa natureza para forrageiras tropicais.

Para o trevo branco, estudos mostram que a correlação entre genótipos avaliados para produção de forragem em estandes puros e em estandes consorciados é moderada, sugerindo que existe variabilidade para habilidade competitiva para esta espécie (Annicchiarico, 2003). Os estudos realizados permitiram estimar sua habilidade de produção *per se*, assim como sua habilidade competitiva, oriunda da resposta da interação dos genótipos com o ambiente (Annicchiarico et al., 2014). Neste caso, foram avaliados: produção de matéria seca, comprimento do pecíolo, densidade dos estolões, tamanho da lâmina do folíolo e comprimento dos entrenós. A habilidade competitiva foi expressa como a razão entre a produção de matéria seca do estande consorciado e o estande puro, de forma que valores maiores altos dessa razão significam uma relativa melhor performance do trevo branco sob interferência interespecífica.

O trevo branco é considerado um fraco competidor por luz e nutrientes em relação à maioria das gramíneas utilizadas em consórcio (Haynes, 1980), informações essas essenciais no estabelecimento das estratégias de avaliação e seleção, uma vez que, em geral, a eficiência da produção de um consórcio é determinada principalmente pela performance do parceiro mais fraco (Harper, 1977). Assim, a seleção do trevo branco deve ser realizada em consórcio com uma gramínea altamente competitiva ou, ainda, pode ser feita com base em caracteres de alta herdabilidade e de baixo custo, relacionados à sua habilidade competitiva em estandes puros (Annicchiarico, 2003). Esses estudos evidenciaram a importância de caracteres como plasticidade dos pecíolos (crescimento do pecíolo em resposta ao sombreamento), densidade de estolões e altura do estande para identificação de materiais mais persistentes, medidas em estandes puros, e a produção de estolões quando avaliada em consórcio. A avaliação em estandes puros é menos onerosa do que em estandes consorciados, além de não requerer a separação botânica dos componentes. Annicchiarico & Proietti (2010) mostraram que uma cultivar de trevo branco (Giga) selecionada para maior habilidade competitiva (Annicchiarico, 2003) teve, de fato, sua compatibilidade com diferentes gramíneas aumentada. Adicionalmente, o uso desta cultivar favoreceu o conteúdo da leguminosa e a produção de forragem, com redução de plantas invasoras. Interessante notar que não houve interação entre as cultivares de gramíneas e de trevo branco, indicando a consistência da resposta para habilidade competitiva do trevo branco. Porém, deve-se destacar que essas conclusões foram baseadas em experimentos sob regime de cortes em parcelas, não havendo, portanto, a verificação na presença de animais em pastejo. Esses mesmos autores propõem, portanto, que a seleção preliminar da performance de genótipos de trevo branco seja realizada em monocultura, utilizando-se índices de seleção que contemplem a densidade de estolões e comprimento do pecíolo, caracteres esses associados à habilidade competitiva. Outras características como tolerância ao frio e a capacidade de crescer mesmo em baixas temperaturas também são consideradas essenciais para persistência desta leguminosa (Collins & Rhodes, 1990).

Porém, ao analisar o histórico do melhoramento genético das forrageiras tropicais, verifica-se que, no processo de obtenção de novas cultivares potencialmente utilizáveis em pastagens consorciadas, não é dada ênfase à seleção com base em caracteres que visem o aumento da persistência e compatibilidade das espécies, apesar dessa deficiência ter sido verificada há décadas, após o declínio na utilização da cv. Siratro (Jones, 2014). Ainda hoje, são consideradas apenas a adaptação edafoclimática e a tolerância aos estresses bióticos e abióticos, que influenciam na persistência das plantas forrageiras (Assis, 2010; Jank et al., 2011; Shelton, 2013), porém são insuficientes para garantir a eficiência de longo prazo em pastagens consorciadas. Conforme relatado por Quesenberry & Wofford (2001), a seleção para persistência está entre um dos mais difíceis objetivos de seleção. Entre as possibilidades de seleção de gramíneas e leguminosas para consórcio, destacam-se: (i) seleção em estandes puros, tanto da gramínea quanto da leguminosa, com seleção indireta para maior compatibilidade; (ii) seleção da gramínea e leguminosa simultaneamente, considerando a capacidade de combinação; (iii) seleção da leguminosa visando o aumento da compatibilidade com uma determinada espécie ou cultivar de gramínea forrageira; (iv) seleção para redução da competição da gramínea, permitindo maior equilíbrio entre as duas espécies no consórcio.

Apesar de proporcionar consórcios duradouros e produtivos, o principal motivo para adoção ainda localizada do amendoim forrageiro (Shelton et al., 2005) dá-se pela dificuldade de se obter propágulos, sejam estas sementes ou mudas. No caso de genótipos que produzem poucas sementes, como a cv. Belmonte, a propagação vem ocorrendo por meio de estolões (Valentim et al., 2002), o que encarece e dificulta o estabelecimento, que normalmente é feito ao longo de muitos anos, e torna pouco disponível o material para

um potencial número de produtores. Por outro lado, para cultivares boas produtoras de sementes, como é o caso do Amarillo, os preços praticados no mercado praticamente excluem sua aquisição pelos pecuaristas. Entre as causas desse elevado preço, está a baixa oferta, propiciada pela produção restrita de sementes realizada por pequenos produtores da Bolívia e Peru. O desenvolvimento de um sistema de colheita eficiente para o setor empresarial é uma das soluções para viabilizar a produção de maiores quantidades de sementes que poderão ser ofertadas a menor custo, abrindo, inclusive, oportunidades para maior concorrência. Conforme salientado por Quesenberry (2007), após 32 anos de trabalhos com melhoramento de forrageiras na Flórida, um de seus aprendizados foi: *Marketing may be more important than breeding*.

Considerando *A. pintoi* como uma das mais promissoras leguminosas forrageiras tropicais para uso em consórcio no trópico úmido (Kerridge & Hardy, 1994; Valentim & Andrade, 2005), o melhoramento dessa espécie para uso em pastagens consorciadas deve considerar, além dos caracteres relacionados à maior velocidade de estabelecimento, produção de matéria seca, tolerância à seca, produção de sementes (Assis et al., 2008; Assis & Valentim, 2013) e aumento do enraizamento adventício (Quesenberry & Wofford, 2001), características, principalmente, morfológicas capazes de pelo menos manter a alta compatibilidade com gramíneas verificada na cv. Belmonte. Essa é uma grande preocupação no desenvolvimento de novas cultivares, uma vez que a cv. Belmonte apresenta baixíssima produção de sementes. No trevo branco, a seleção para produção de sementes é prejudicada por sua correlação genética ser inversa à produção de forragem e persistência, influenciada pela produção de estolões (Annicchiarico et al., 2014). No caso do amendoim forrageiro, é imprescindível aprofundar os estudos sobre a relação entre produção de matéria seca, produção de sementes, tolerância à seca, densidade de estolões, assim como a taxa de crescimento dos mesmos. A definição dos critérios de seleção é um desafio para o melhorista, considerando as correlações genéticas entre caracteres de interesse, que muitas vezes são conflitantes (Cruz et al., 2012). Assim, a melhor compreensão desses mecanismos irá auxiliar na escolha dos caracteres necessários para o estabelecimento de índices de seleção para o amendoim forrageiro.

De forma geral, a avaliação e seleção de genótipos deveriam ser realizadas nas condições mais próximas do uso comercial, ou seja, em parcelas consorciadas e sob pastejo por vários anos. Porém, como conciliar essa forma de avaliação com o elevado número de indivíduos, principalmente nos estágios iniciais dos programas de melhoramento? Uma das soluções é realizar a seleção indireta em estandes puros, desde que sejam definidos caracteres altamente correlacionados com aqueles de importância no sistema consorciado sob pastejo, preferencialmente de alta herdabilidade. Questionamentos também são feitos sobre a correlação existente entre a avaliação de plantas forrageiras em parcelas mais adensadas e de plantas individuais, com maiores espaçamentos.

Assim, no estágio atual de adoção de pastagens consorciadas em regiões tropicais e, especialmente, no Brasil, o foco no desenvolvimento de novas cultivares de leguminosas para maior compatibilidade pode ser a seleção indireta da leguminosa em estandes puros para aumento da compatibilidade com cultivares de gramíneas em uso e adaptadas às regiões de cultivo, principalmente nas fases iniciais do programa, quando há elevado número de genótipos em avaliação. Nas fases intermediárias, com menor número de genótipos, pode-se praticar a seleção direta em estandes consorciados com gramíneas de interesse. Porém, a viabilidade dessa proposta de seleção deve ser precedida de estudos específicos com as leguminosas de interesse, sendo necessário definir os caracteres que, expressos nos estandes puros, sejam altamente correlacionados com a habilidade competitiva daquela espécie ou população de melhoramento. Esse foi um dos caminhos traçados para o trevo branco, cuja eficiência vem sendo recente e gradativamente avaliada (Annicchiarico, 2003; Annicchiarico & Proietti, 2010). Ressalta-se ainda que, dadas as dimensões e a elevada diversidade existente no Brasil, quando se considera clima, solo, custos de produção, níveis tecnológicos, sistemas de produção e a própria cultura do produtor, cada vez mais o desenvolvimento de novas cultivares forrageiras deve ser mais especializado, visando atender as demandas dos diferentes biomas, de forma a reduzir os riscos e aumentar a eficiência de sua utilização nos diferentes ambientes produtivos.

PRÁTICAS DE MANEJO

Diferentemente dos agricultores, os pecuaristas são naturalmente avessos a riscos e geralmente se contentam com tecnologias com menor retorno econômico, desde que proporcionem maior simplicidade de processos gerenciais, maior flexibilidade a erros de manejo e maior previsibilidade de lucro. Essa é uma questão cultural que geralmente reduz a velocidade de adoção de novas tecnologias pelos pecuaristas, especialmente quando as novas tecnologias exigem mudanças em práticas agropecuárias de uso consagrado na propriedade e a percepção de riscos supera a dos benefícios gerenciais e econômicos (Phelan et al., 2015).

Com o uso de pastos consorciados de gramíneas e leguminosas isso não é diferente, pois trata-se de uma tecnologia cuja adoção exige algum grau de mudança nas práticas tradicionais de estabelecimento e manejo das pastagens. Por isso, para sua ampla adoção, não basta o desenvolvimento de cultivares de leguminosas adaptadas, persistentes e compatíveis com algumas gramíneas. É imprescindível que as práticas associadas ao estabelecimento e manejo do consórcio sejam compatíveis com o nível de esforço que os pecuaristas estão dispostos a aceitar para obter os benefícios de sua adoção. Vários dos casos de sucesso relatados por Shelton et al. (2005) somente avançaram após o desenvolvimento de práticas de estabelecimento e manejo que facilitaram sua adoção pelos pecuaristas. Em alguns casos, como a leucena no norte da Austrália, foram mais de 40 anos de pesquisa para superar as restrições tecnológicas existentes inicialmente (Mullen et al., 2005).

A seguir serão discutidos brevemente alguns aspectos das práticas de controle de plantas daninhas, formação de pastagem e manejo do pastejo em pastos consorciados, relacionados com seu potencial de adoção pelos pecuaristas.

Controle de plantas daninhas

Um questionamento recorrente por parte de técnicos e pecuaristas quando se discute o uso de leguminosas forrageiras em pastos consorciados é o impacto desta prática agropecuária no controle de plantas daninhas na pastagem, especialmente dicotiledôneas. A experiência com o uso dessa tecnologia na Amazônia demonstra que essa preocupação faz sentido na fase de formação da pastagem, porém sua relevância diminui na fase de manutenção, quando a presença das leguminosas contribui efetivamente para reduzir os problemas com plantas daninhas na pastagem, podendo ser considerada inclusive como parte de um manejo integrado de plantas daninhas (Andrade, 2012).

Durante a fase de estabelecimento da pastagem, o plantio simultâneo de gramíneas e leguminosas, seja via mistura de sementes ou com propagação vegetativa, diminui as opções de controle de plantas daninhas, especialmente com relação ao uso de herbicidas seletivos (DiTomaso, 2000). A escassez de herbicidas para uso na fase de estabelecimento de pastos consorciados tem sido um dos maiores desafios atuais, e as alternativas buscadas têm sido a avaliação de doses seletivas de herbicidas já comercializados e, em menor escala, o desenvolvimento de cultivares de leguminosas tolerantes a herbicidas e o desenvolvimento de novas moléculas de herbicidas (Sollenberger et al., 2014).

O desenvolvimento de moléculas de herbicidas específicas para uso em pastos consorciados não tem sido uma prioridade da indústria química, cujos investimentos têm se concentrado principalmente em atender à demanda da produção de commodities agrícolas (milho, soja, etc.) e, em menor escala, de pastagens exclusivas de gramíneas. Tudo indica que a atenção dessa indústria somente será despertada quando o uso de pastos consorciados alcançar uma escala que justifique os investimentos em pesquisa para desenvolvimento de novas moléculas de herbicidas.

Já as pesquisas para definição de doses de herbicidas comerciais seletivas para as leguminosas forrageiras estão avançando mais rapidamente, porém o principal entrave é a ausência de registro de uso para pastagem no Ministério da Agricultura (Brasil, 2011) para a maioria dos herbicidas testados, impedindo sua recomendação via receituário agrônomo. Para o amendoim forrageiro, por exemplo, as pesquisas conduzidas na América Latina e na Austrália já selecionaram mais de 30 herbicidas com base na seletividade e eficácia de controle de plantas daninhas de folhas largas, ciperáceas e gramíneas (Fontes et al., 2012).

No Brasil, o principal herbicida utilizado para controle de plantas daninhas na formação de pastagens de gramíneas é o 2,4-D, geralmente aplicado em pós-emergência na dosagem de 1,0-2,0 L/ha de produto comercial (670 a 1.340 g/ha de equivalente ácido de 2,4-D) para o controle de plantas dicotiledôneas anuais e perenes (Rodrigues & Almeida, 2011). Leguminosas como o estilosantes Campo Grande (Embrapa Gado de Corte, 2007) e várias cultivares de amendoim forrageiro (Hawton et al., 1990; Nascimento et al., 2011; Verznigassi et al., 2011) toleram doses reduzidas de 2,4-D (500 g/ha de equivalente ácido) aplicadas aos 35 a 40 dias após a emergência. Entretanto, essa subdose muitas vezes é insuficiente para controlar algumas plantas daninhas importantes, como, por exemplo, a malva (*Urena lobata*) na Amazônia. Nos Estados Unidos, foi desenvolvida recentemente cultivar de trevo vermelho (*Trifolium pratense*) capaz de resistir a doses de até 2,12 kg/ha de equivalente ácido de 2,4-D (Quesenberry, 2014, citado por Sollenberger et al., 2014).

Uma outra estratégia que pode ser utilizada no controle de plantas daninhas na ausência de herbicidas seletivos para a cultura é a aplicação seletiva de herbicidas não-seletivos, como o glifosato, utilizando implementos manuais ou tratorizados. Esse tipo de estratégia tem sido utilizada com sucesso no Rio Grande do Sul para o controle principalmente de gramíneas invasoras de pastagens, como o capim-annoni (*Eragrostis plana* Nees), utilizando um implemento denominado Campo Limpo (Perez, 2010). Esse

implemento foi utilizado recentemente para controle de gramíneas no estabelecimento de campos de produção de sementes do *Arachis pintoi* cv. BRS Mandobi no Acre, com bons resultados. A eficiência técnica e econômica desse tipo de estratégia em pastos consorciados precisa ser investigada.

A experiência prática na Amazônia tem demonstrado que no estabelecimento de pastos consorciados em áreas com pequena infestação de plantas daninhas problemáticas, as medidas de controle mecânico, como um bom preparo de solo, são geralmente suficientes para permitir o adequado estabelecimento das gramíneas e leguminosas forrageiras. Caso haja necessidade, herbicidas a base de 2,4-D tem sido utilizados com aplicação de doses reduzidas em área total ou na dosagem normal em aplicações localizadas (catação) (Andrade, 2012). Já no caso de áreas com alta infestação de plantas daninhas dicotilodôneas reconhecidamente problemáticas, que são difíceis de controlar somente com medidas de controle mecânico e que exigem maiores doses de herbicidas, algumas alternativas podem ser adotadas. Uma delas é formar a pastagem somente com gramíneas, aplicando as medidas convencionais de controle mecânico e químico, e posteriormente introduzir as leguminosas na pastagem (DiTomaso, 2000). O problema desta alternativa é que a introdução de leguminosas em pastagens de gramíneas já estabelecidas tem um custo bem superior ao seu plantio simultâneo com a gramínea. Outra opção é utilizar a área com agricultura por um ou dois anos, ou praticar alguma modalidade de integração lavoura-pecuária por algum tempo, antes de partir para a formação do pasto consorciado, de modo a reduzir o banco de sementes de plantas daninhas problemáticas na área (Andrade, 2012).

Na fase de manutenção da pastagem, existem muitas evidências práticas e experimentais (Tracy et al., 2004; Tracy & Sanderson, 2004; Kirwan et al., 2007; Connolly et al., 2009; Frankow-Lindberg et al., 2009) de que o aumento da diversidade funcional de plantas forrageiras em pastos consorciados contribui para aumentar a resistência da pastagem à invasão por plantas daninhas. Por exemplo, no estudo de Kirwan et al. (2007), a porcentagem de plantas daninhas nos pastos em monocultivo variou de 15 a 22%, enquanto que nos pastos consorciados a variação foi de 4 a 10%.

As plantas daninhas são consideradas plantas indicadoras de degradação das pastagens, pois sua infestação geralmente está associada à perda da capacidade de competição pelas plantas forrageiras ou à criação de espaços vazios na pastagem decorrente de problemas com pragas, doenças, estresses ambientais (excesso ou falta de água), manejo do pastejo inadequado ou infertilidade do solo (Tow & Lazenby, 2001; Kemp & King, 2001; Dias-Filho, 2011). No caso de pastos consorciados de gramíneas e leguminosas, a redução da incidência de plantas daninhas tem sido atribuída à complementaridade entre esses dois grupos funcionais de plantas, proporcionando (1) crescimento mais vigoroso das plantas forrageiras, especialmente das gramíneas, devido ao maior suprimento de nitrogênio, (2) maior aproveitamento da heterogeneidade espacial e temporal da pastagem, onde as diferentes espécies forrageiras se complementam na utilização dos recursos disponíveis na pastagem (diferenciação de nicho), criando um ambiente de concorrência que dificulta a invasão pelas plantas daninhas, e (3) aumento da resiliência da pastagem ou, em outras palavras, da sua capacidade de recuperação de perturbações (Trenbath, 1974; Tilman, 2001; Tow & Lazenby, 2001; Sanderson et al., 2004).

Estabelecimento de pastos consorciados

As práticas adequadas ao estabelecimento de pastos consorciados variam amplamente entre as espécies de leguminosas tropicais. Também variam de acordo com a necessidade de plantio simultâneo de gramíneas e leguminosas ou de introdução da leguminosa em pastagens já estabelecidas com gramíneas.

As espécies herbáceas que são multiplicadas por sementes de tamanho pequeno (calopogônio, estilosantes, puerária, dentre outras) geralmente são mais simples de estabelecer, pois podem ser semeadas simultaneamente com as gramíneas e o custo das sementes é relativamente baixo. Os ajustes necessários nos protocolos normais utilizados na formação de pastos exclusivos de gramíneas geralmente estão relacionados com a necessidade de escarificação para quebra de dormência das sementes de algumas espécies, a profundidade de semeadura da leguminosa, o controle de plantas daninhas e a necessidade de reduzir a competição inicial da gramínea, já que a maioria das leguminosas apresentam menor velocidade de estabelecimento. Isso geralmente é feito por meio da redução da taxa de semeadura da gramínea, aumento da taxa de semeadura da leguminosa e da antecipação do pastejo de formação, para diminuir o sombreamento da leguminosa pela gramínea. Outras inovações ainda carecem de pesquisas, como o uso de subdoses de herbicidas graminicidas para reduzir a agressividade inicial da gramínea e o tratamento de sementes com inseticidas para diminuir os problemas com formigas cortadeiras no estabelecimento de algumas leguminosas. Porém, de modo geral, os métodos de estabelecimento não tem sido o fator limitante ao uso dessas leguminosas. As recomendações disponíveis na literatura para algumas espécies, como, por exemplo, a puerária na Amazônia (Valentim & Carneiro, 1998) e o estilosantes Campo Grande no Cerrado (Embrapa

Gado de Corte, 2007), têm sido adotadas com sucesso na formação de pastos consorciados com essas leguminosas.

Atualmente, os maiores desafios para o estabelecimento de pastos consorciados estão relacionados ao uso das leguminosas do gênero *Arachis*. Algumas cultivares produzem pouca ou nenhuma semente e dependem de propagação vegetativa, usando pedaços de rizomas (*Arachis glabrata*) ou de estolões (*A. pintoi* cv. Belmonte) como mudas. Outras são boas produtoras de sementes (*A. pintoi* cv. Amarillo), mas a produção geocárpica (abaixo do solo) das sementes traz dificuldades tecnológicas para sua colheita e beneficiamento, onerando o preço da semente. Outro problema é que o amendoim forrageiro possui sementes grandes (4.000 a 9.000 sementes por quilograma; Cook et al., 2005), demandando maiores taxas de semeadura para assegurar estande inicial mínimo da leguminosa, aumentando o custo de estabelecimento do pasto consorciado. Por exemplo, enquanto o estilosantes Campo Grande possui 350.000 a 400.000 sementes/kg (Embrapa Gado de Corte, 2007), o amendoim forrageiro cv. BRS Mandobi possui apenas 6.500 sementes/kg (Assis, 2012). Como resultado, Carvalho et al. (2009) recomendaram taxa de semeadura de 15 a 20 kg/ha de sementes da cultivar Amarillo. Para a cultivar BRS Mandobi, foi recomendado taxa de semeadura de 12 kg/ha de sementes puras germináveis, suficiente para assegurar estande inicial superior a 4 plantas/m² da leguminosa (Abreu et al., 2012).

Outra limitação relacionada ao plantio do amendoim forrageiro por sementes é quanto à disponibilidade de equipamento adequado à semeadura nas fazendas. O tamanho elevado de suas sementes dificulta a mistura com as sementes das gramíneas para semeio a lanço, como é feito para algumas leguminosas com sementes pequenas. Além disso, assim como ocorre para o amendoim comum (*Arachis hypogaea*), as sementes de amendoim forrageiro são sensíveis a danos mecânicos causados pelos mecanismos dosadores de sementes geralmente utilizados nas semeadoras para grãos de milho, sorgo e soja (disco horizontal). O ideal é o uso de semeadoras com mecanismos dosadores com discos inclinados (atualmente em desuso) ou discos verticais pneumáticos (de maior custo).

Atualmente, apenas a cultivar Amarillo possui sementes disponíveis no mercado nacional e internacional, embora a oferta seja irregular e os preços elevados, o que limita a adoção em larga escala dessa forrageira nos sistemas de produção pecuários. Nos últimos anos, a Embrapa, em parceria com a Unipasto (Associação para o fomento à pesquisa de melhoramento de forrageiras), vem aprimorando um sistema de produção de sementes de amendoim forrageiro visando ao lançamento da cultivar Mandobi. O objetivo é aumentar a eficiência da mecanização dos processos de colheita e beneficiamento das sementes, de modo a poder ampliar a oferta de sementes e tornar seu preço atrativo (Valentim, 2012).

No caso das cultivares com propagação exclusivamente vegetativa, há necessidade de formação de viveiros de mudas na propriedade, de maneira análoga à realizadas para o capim-elefante e cultivares de *Cynodon*, em dimensões planejadas para atender à necessidade de mudas para formação dos pastos consorciados nos anos seguintes. Quanto mais próximo a área do viveiro da área a ser plantada, menor o custo com transporte das mudas e menor o tempo entre a colheita e o plantio, assegurando a manutenção do vigor das mudas.

Cultivares de *Arachis glabrata* foram lançadas na Flórida, Estados Unidos, desde a década de 1960. Apesar das pesquisas demonstrando seu potencial de persistência e compatibilidade com gramíneas, seu uso permaneceu praticamente restrito a estandes puros destinados à produção de feno, por causa do elevado custo de estabelecimento, mesmo com uso de plantadeiras de rizomas (Williams et al., 2005). Além disso, o longo período de estabelecimento e a necessidade de exclusão do pastejo na área neste período, limitaram sua adoção pelos pecuaristas para uso em pastos consorciados (Castillo et al., 2014). Recentemente, com o aumento do custo dos fertilizantes nitrogenados e a crescente demanda pelo uso da leguminosa em pastos consorciados naquela região, uma série de pesquisas tem sido realizada para desenvolver métodos mais econômicos para introdução de cultivares de *A. glabrata* em pastagens de gramíneas. A principal opção tem sido o plantio em faixas, aproveitando a capacidade de colonização de áreas adjacentes com gramíneas pelo amendoim forrageiro (Sollenberger et al., 2014). Diversos avanços têm sido produzidos, notadamente sobre métodos de preparo de solo e de supressão das gramíneas nas faixas plantadas, estratégias de controle de plantas daninhas e manejo do pastejo durante a fase de estabelecimento do consórcio (Williams et al., 2002; Castillo et al., 2013a; 2013b; 2014; Mullenix et al., 2014).

No Brasil e em diversos países da América Latina, várias cultivares de *Arachis pintoi* são plantadas por meio de pedaços de estolão. Têm sido disponibilizadas várias recomendações de métodos de estabelecimento de pastos consorciados, abrangendo as mais variadas situações, incluindo o plantio simultâneo com gramíneas propagadas por mudas ou por sementes e métodos de introdução em pastagens já estabelecidas de gramíneas (Figura 5A-B). Estas informações estão disponíveis em Argel & Villarreal (1998) para a cultivar Porvenir, em Valentim et al. (2000, 2002) para a cultivar Belmonte e em Perez (2004) para a

cultivar Alqueire-1, além de outras publicações técnico-científicas. A principal limitação dos métodos recomendados ainda é a elevada demanda de operações manuais, mesmo nos métodos semi-mecanizados. Inovações tecnológicas para mecanizar os processos de colheita e preparo de mudas e de plantio dos estolões têm grande potencial para aumentar a adoção em larga escala dessas cultivares em várias regiões da América Latina. A Embrapa Acre está desenvolvendo atualmente um processo de plantio mecanizado simultâneo de mudas da cultivar Belmonte e dos capins tangola e grama-estrela (Figura 5C-D).



Figura 5. Plantio do amendoim forrageiro cv. BRS Mandobi por sementes em faixas preparadas com enxada rotativa em pastagens já estabelecida de *Brachiaria humidicola* (A e B) e plantio consorciado por mudas de amendoim forrageiro cv. Belmonte e grama-estrela-roxa, utilizando plantadeira de mudas (C e D). Fotos: Carlos Mauricio Soares de Andrade.

Manejo do pastejo

O manejo do pastejo é a aplicação de técnicas de manipulação do pastejo animal pelo pecuarista na busca de um ou mais objetivos (Allen et al., 2011). Esses objetivos geralmente estão associados com manutenção das espécies desejáveis na pastagem, níveis de produtividade por animal e por área de terra e lucratividade, mas também podem estar relacionados com maior previsibilidade e uniformidade de produção, ou maior simplicidade de manejo, dependendo do perfil do produtor (Hodgson, 1990; Sollenberger & Newman, 2007).

As principais ferramentas de manipulação do pastejo animal são a variação da intensidade e do método de pastejo, e a resposta do pasto a esses fatores de manejo depende das forrageiras constituintes da pastagem. Vários trabalhos de revisão sintetizaram o conhecimento acumulado sobre a resposta de leguminosas tropicais à intensidade e aos métodos de pastejo, e sua relação com a seletividade animal (Lascano, 2000; Pereira, 2002; Andrade, 2009), de modo que a análise apresentada aqui está relacionada com o papel do manejo do pastejo na eficiência de longo prazo do uso de pastos consorciados no Brasil.

Apesar do reconhecimento da importância do manejo do pastejo para a produtividade e estabilidade das pastagens, está cada vez mais evidente que é inviável tentar corrigir a baixa compatibilidade de uma cultivar de leguminosa com gramíneas via manejo do pastejo. Essa foi uma das principais lições aprendidas

durante a fase inicial de pesquisas para desenvolvimento de cultivares de leguminosas forrageiras tropicais no século passado. As tentativas de contornar a baixa compatibilidade da leguminosa com gramíneas invariavelmente resultaram na recomendação de estratégias de manejo pouco flexíveis ou então muito complexas e difíceis de serem implementadas nas fazendas, exigindo que os sistemas de produção se adaptassem para manter a leguminosa no pasto. Obviamente, os pecuaristas não costumam adotar tecnologias com estas características (Andrade, 2009), a menos que não disponham de outras alternativas.

A literatura apresenta vários exemplos que demonstram com clareza essa situação. Um deles é o da leguminosa anual *Aeschynomene americana* na Flórida, Estados Unidos, utilizada principalmente em consórcio com os capins *Hemarthria altissima* e *Paspalum notatum*. De acordo com Sollenberger et al. (2014), os problemas de estabelecimento, manejo do pastejo, seletividade animal e ressemeadura natural foram pesquisados extensivamente e permitiram o desenvolvimento de um detalhado plano de manejo capaz de assegurar a persistência da leguminosa nos pastos consorciados. Entretanto, a aplicação desse protocolo requeria um alto grau de atenção pelos pecuaristas, numerosas intervenções de manejo a cada ano, além de dependência de condições favoráveis de precipitação. O resultado foi um baixo nível de adoção pelos pecuaristas devido à complexidade das soluções de manejo do pastejo recomendadas.

Outro exemplo é o da cultivar Siratro na Austrália, talvez a leguminosa forrageira tropical mais pesquisada da história. A persistência a longo prazo do siratro em pastagens tropicais e subtropicais depende da reposição de plantas. Esta, por sua vez, depende da manutenção de adequada reserva de sementes no solo e isto pode ser favorecido por diferimentos estratégicos da pastagem. O manejo exige que se evite o superpastejo durante o primeiro ano, para permitir o acúmulo de sementes no solo, e que se reduza a pressão de pastejo nos pastos “enfraquecidos”, ou que se permita um período de descanso no final do verão e do outono, quando a taxa de crescimento do siratro é mais alta e as sementes estão sendo produzidas (Evans, 1982; Curll & Jones, 1989). Assim como no caso do *Aeschynomene* na Flórida, a aplicação prática das estratégias de manejo recomendadas não tiveram boa aceitação pelos pecuaristas australianos e a adoção do siratro sofreu progressiva diminuição à medida que os problemas de persistência se tornaram evidentes (Jones, 2014).

Na verdade, problemas com a adoção de forrageiras que exigem manejo do pastejo pouco flexível ou muito complexo não são exclusivos das leguminosas tropicais. O capim-pojuca (*Paspalum atratum* cv. Pojuca) foi lançado pela Embrapa em 2000 (Karia & Andrade, 2001) por apresentar uma série de atributos positivos, tais como elevada produtividade de forragem, facilidade de estabelecimento, resistência às cigarrinhas-das-pastagens e tolerância ao encharcamento do solo. Porém, sua adoção pelos pecuaristas foi muito baixa, principalmente pela maior dificuldade de manejo do pastejo em relação às demais opções de gramíneas disponíveis no mercado. A aceitação do capim-pojuca pelos bovinos é reduzida de forma acentuada com a maturidade da planta, tornando o seu manejo pouco flexível na fazenda. O capim-xaraés (*Brachiaria brizantha* cv. Xaraés) é outra cultivar que vem enfrentando limitação de adoção por motivos semelhantes.

Ao invés de tentar consertar as falhas no processo de desenvolvimento de cultivares, as pesquisas sobre os diversos fatores envolvidos no manejo do pastejo de pastos consorciados têm um papel fundamental em apoiar os programas de melhoramento genético de plantas forrageiras, gramíneas e leguminosas, visando ao uso em pastos consorciados. Uma vez desenvolvidas cultivares adequadas, do ponto de vista da compatibilidade entre gramíneas e leguminosas, maiores são as possibilidades de desenvolvimento de indicadores de manejo do pastejo que sejam flexíveis e de fácil adoção e ainda assim eficientes em assegurar a produtividade e estabilidade das pastagens consorciadas e a lucratividade da atividade pecuária. Portanto, antes de produzir indicadores de manejo a serem utilizados pelos pecuaristas, as pesquisas sobre ecologia de plantas forrageiras e ecologia do pastejo precisam desenvolver indicadores que possam ser utilizados pelos melhoristas no desenvolvimento de cultivares de alto potencial de adoção. Para isso, é essencial o estabelecimento de um canal de diálogo e de parcerias efetivas entre estes grupos de pesquisadores.

As pesquisas desde meados da década de 1980 têm confirmado o alto grau de compatibilidade exibido pelas cultivares de *Arachis pintoii* com diversas cultivares de gramíneas tropicais dos gêneros *Brachiaria*, *Cynodon*, *Panicum* e até variedades anãs de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*). Têm mostrado também que a melhor resposta do amendoim forrageiro em pastos consorciados ocorre quando a intensidade de pastejo é mais alta (Hernandez et al., 1995; Andrade et al., 2005), embora esta suporte uma ampla faixa de variação em intensidades e métodos de pastejo sem que sua persistência na pastagem seja comprometida. Além disso, a experiência acumulada ao longo dos últimos 15 anos com o uso em larga escala da cultivar Belmonte no Acre, em consórcio com diversas gramíneas, tem demonstrado o quanto estes consórcios são robustos frente às variações de manejo do pastejo empregadas nas fazendas. Para essa leguminosa, há necessidade de pesquisa aplicada para desenvolver indicadores de manejo do pastejo a serem adotados pelos

pecuaristas para otimização da resposta animal e econômica destas pastagens. Além disso, o aprofundamento das pesquisas básicas para aumentar a compreensão sobre os mecanismos que asseguram seu alto grau de compatibilidade com gramíneas podem ajudar no desenvolvimento de melhores cultivares desta e de outras espécies de leguminosas tropicais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para aumentar a eficiência de longo prazo da consorciação entre gramíneas e leguminosas tropicais, o primeiro passo deve ser reconhecer *o papel do genótipo como componente central da ecologia de pastagens* (Tothill, 1978). Cada genótipo possui um conjunto próprio de requisitos de recursos (luz, água, nutrientes, etc.), de limites de tolerância a condições ambientais (temperatura, umidade relativa, pH, etc.), de estratégias reprodutivas e de mecanismos de resistência à herbivoria, dentre outros fatores, que determinam sua maior ou menor adaptação a determinados ambientes, seu potencial de persistência na pastagem, sua compatibilidade com outras plantas forrageiras, seus requisitos para estabelecimento e manejo, e, em última análise, seu potencial como planta forrageira. Essa complexidade de fatores, ao mesmo tempo em que torna o desenvolvimento de cultivares adequadas tão importante para o sucesso no uso de pastos consorciados, exige maior integração de conhecimentos e processos mais complexos de avaliação para o seu desenvolvimento. Além disso, faz com que as generalizações a respeito do uso de leguminosas em pastos consorciados tenham pouco significado, de modo que a palavra leguminosa faz mais sentido quando utilizada no singular.

O segundo passo é reconhecer os erros cometidos no passado nas pesquisas visando ao desenvolvimento de cultivares de leguminosas tropicais, de modo a evitar sua repetição (Muir et al., 2014). Ao analisar as causas da ascensão e declínio da cultivar Siratro na Austrália, Jones (2014) destaca a grande ênfase em simples mensuração de alguns atributos das plantas e a falta de pesquisa orientada para compreender os processos fundamentais que garantem o seu sucesso como uma planta forrageira. Ou seja, ao invés de medir a resposta da planta ao fósforo, entender por que uma planta necessita mais de fósforo do que outra; ao invés de comparar a tolerância de genótipos à intensidade de desfolha, entender o que torna uma planta mais tolerante do que outra; ao invés de avaliar a persistência da leguminosa no consórcio, entender os processos que garantem a reposição de plantas no consórcio após a morte das plantas originais. Portanto, é preciso compreender com maior profundidade as relações de causa-efeito envolvidas na coexistência de plantas forrageiras em consórcio (Silva & Pereira, 2013). Obviamente, a realização de pesquisas orientadas por processos exige um maior grau de maturidade científica dos pesquisadores, maior nível de integração de esforços entre grupos de pesquisadores e um horizonte de mais longo prazo para obtenção de resultados significativos. Os esforços da pesquisa pública no Brasil precisam evoluir neste sentido, pois do contrário continuaremos desperdiçando recursos humanos e financeiros e produzindo uma avalanche de resultados de pesquisa com pouco ou nenhum impacto nos sistemas de produção (mais do mesmo).

O terceiro passo é reconhecer a importância da disseminação e demonstração dos benefícios econômicos do uso de pastos consorciados como um fator essencial para reduzir as incertezas sobre o seu uso pelos pecuaristas (Phelan et al., 2015). Em todas as regiões pecuárias do Brasil é possível identificar um grupo seleto de pecuaristas inovadores, geralmente dispostos a assumir riscos para experimentar novas tecnologias cujos benefícios ainda não tenham sido amplamente demonstrados e reconhecidos pela comunidade. Esses pecuaristas também costumam ser formadores de opinião na sua região. Esse é o público preferencial para o estabelecimento de parcerias para desenvolvimento e validação de tecnologias na atividade pecuária, especialmente daquelas que implicam em mudança de práticas agropecuárias tradicionais, como é o caso do uso de pastos consorciados. O uso desse tipo de estratégia foi identificada por Shelton et al. (2005) em vários casos de sucesso de adoção de leguminosas tropicais.

Portanto, para aumentar a adoção de pastos consorciados de gramíneas e leguminosas no Brasil, há necessidade de (i) regionalizar o desenvolvimento de cultivares para atender as demandas específicas relacionadas com as condições edafoclimáticas e socioeconômicas de cada Bioma; (ii) aumentar o foco do melhoramento genético em cada Bioma com espécies de leguminosas com potencial de persistência e compatibilidade com gramíneas; (iii) aprofundar os estudos sobre ecologia de plantas forrageiras em consórcio de modo a apoiar os trabalhos de melhoramento genético de gramíneas e leguminosas e o desenvolvimento de estratégias de manejo do pastejo de fácil adoção pelos pecuaristas; (iv) desenvolver técnicas de controle de plantas daninhas para uso na formação e manejo de pastos consorciados; (v) aperfeiçoar as técnicas de formação de pastos consorciados para ampliar a adoção de algumas cultivares de leguminosas de elevado potencial já disponibilizadas pela pesquisa; e (vi) adotar estratégias inovadoras de marketing e transferência de tecnologia para promover o uso das novas cultivares de leguminosas, incluindo

a divulgação em canais de televisão, implantação de unidades demonstrativas em fazendas, capacitação de multiplicadores, em especial os técnicos das empresas de comercialização de sementes e de consultoria técnica privada.

REFERÊNCIAS

- ABREU, A.Q.; ANDRADE, C.M.S.; FARINATTI, L.H.E.; NASCIMENTO, H.L.B. Taxa de semeadura de *Arachis pintoi* cv. Mandobi para formação de pastos consorciados. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 49., 2012, Brasília. **Anais...** Brasília, DF: SBZ, 2012. 3 p. 1 CD-ROM.
- ALLEN, V.G.; BATELLO, C.; BERRETTA, E.J.; HODGSON, J.; KOTHMANN, M.; LI, X.; MCIVOR, J.; MILNE, J.; MORRIS, C.; PEETERS, A.; SANDERSON, M. An international terminology for grazing lands and grazing animals. **Grass and Forage Science**, v.66, p.2-28, 2011.
- ANDRADE, C.M.S. Características de gramíneas relacionadas com sua compatibilidade com leguminosas em pastos consorciados. In: SOUZA, F.H.D.; MATTA, F.P.; FAVERO, A.P. (Ed.). **Construção de ideótipos de gramíneas para usos diversos**. Brasília, DF: Embrapa, 2013a. p. 37-60
- ANDRADE, C.M.S. Construindo um ideótipo de gramínea para consorciação com a leguminosa *Arachis pintoi*. In: SOUZA, F.H.D.; MATTA, F.P.; FAVERO, A.P. (Ed.). **Construção de ideótipos de gramíneas para usos diversos**. Brasília, DF: Embrapa, 2013b. p. 273-282
- ANDRADE, C.M.S. Estratégias de manejo do pastejo para pastos consorciados nos trópicos In: GONÇALVES, R.C.; OLIVEIRA, L.C. (Ed.) **Embrapa Acre: ciência e tecnologia para o desenvolvimento sustentável do Sudoeste da Amazônia**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2009. p.163-180.
- ANDRADE, C.M.S. Importância das leguminosas forrageiras para a sustentabilidade dos sistemas de produção de ruminantes. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PRODUÇÃO DE RUMINANTES NO CERRADO, 1., 2012, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: UFU, 2012. p. 47-93.
- ANDRADE, C.M.S. Produção de ruminantes em pastos consorciados. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 5., SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTEJO, 3., 2010, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 2010. p. 171-214.
- ANDRADE, C.M.S.; ASSIS, G.M.L. Consorciação de pastagens: potencial da tecnologia e fatores de sucesso. **Informe agropecuário**, v. 33, n. 266, p. 36-48, 2012.
- ANDRADE, C.M.S.; ASSIS, G.M.L.; FAZOLIN, M.; GONCALVES, R.C.; SALES, M.F.L.; VALENTIM, J.F.; ESTRELA, J.L.V. **Gramma-estrela-roxa**: gramínea forrageira para diversificação de pastagens no Acre. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2009. 83 p.
- ANDRADE, C.M.S.; GARCIA, R.; VALENTIM, J.F.; PEREIRA, O.G. Grazing management strategies for massagrass-forage peanut pastures. 1. Dynamics of sward condition and botanical composition. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.2, p. 334-342, 2006.
- ANDRADE, C.M.S.; GARCIA, R.; VALENTIM, J.F.; PEREIRA, O.G. Response of *Arachis pintoi* to grazing intensity when associated with different grasses. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 20, 2005, Ireland. **Proceedings...** Wageningen: Wageningen Academic Publishers, 2005. p. 347.
- ANDRADE, C.M.S.; VALENTIM, J.F.; CARNEIRO, J.C.; VAZ, F.A. Crescimento de gramíneas e leguminosas forrageiras tropicais sob sombreamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 3, p. 263-270, 2004.
- ANNICCHIARICO, P. Breeding white clover for increased ability to compete with associated grasses. **Journal of Agricultural Science**, v.140, p.255-266, 2003.
- ANNICCHIARICO, P.; BARRET, B.; BRUMMER, E.C.; JULIER, B.; MARSHALL, A.H. Achievements and challenges in improving temperate perennial forage legumes. **Critical Reviews in Plant Sciences**, 34:1-3, 327-380, 2014.

ANNICCHIARICO, P.; PROIETTI, S. White clover selected for enhanced competitive ability widens the compatibility with grasses and favours the optimization of legume content and forage yield in mown clover-grass mixtures. **Grass and Forage Science**, v.65, p.318–324, 2010.

ARGEL M.P.J.; VILLARREAL C.M. **Nuevo maní forrajero perenne (*Arachis pintoi* Krapovickas y Gregory). Cultivar Porvenir**: Leguminosa herbácea para alimentación animal, el mejoramiento y conservación del suelo y el embellecimiento del paisaje. Ciudad Quesada: MAG; IICA; CIAT, 1998. 32p.

ASSIS, G.M.L. Melhoramento de leguminosas forrageiras tropicais. In: Simpósio sobre Manejo Estratégico da Pastagem, 5.; Simpósio Internacional sobre Produção Animal Em Pastejo, 3., 2010, Viçosa. **Anais...** Viçosa, MG: UFV, 2010. p. 213-249.

ASSIS, G.M.L.; VALENTIM, J.F. Forage peanut breeding program in Brazil. In: JANK, L.; CHIARI, L.; VALLE, C.B.; RESENDE, R.M.S. (Org.). **Forage breeding and biotechnology**. 1ed. Brasília: Embrapa, 2013, p. 77-105.

ASSIS, G.M.L. Principais características de *Arachis pintoi* cv. BRS Mandobi. In: ASSIS, G.M.L.; VALENTIM, J.F.; ANDRADE, C.M.S. (Ed.) Produção de sementes de *Arachis pintoi* cv. Mandobi no Acre. Rio Branco: Embrapa Acre, 2011. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Amendoim/ProducaoSementesArachisAcre/manejo_integrado_daninhas.html>. Acesso em: 25 Jan. 2012.

ASSIS, G.M.L.; SANTOS, E.C.; SALES, M.F.L.; ANDRADE, C.M.S. de Cultivares de amendoim forrageiro avaliadas no período de transição água-seca e no período seco do ano. In: WORKSHOP SOBRE TOLERÂNCIA ESTRESSES ABIÓTICOS, 1., 2013, Campo Grande, MS. **Anais...** Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2013. p. 26-36. (Embrapa Gado de Corte. Documentos, 199).

ASSIS, G.M.L.; VALENTIM, J.F.; CARNEIRO JUNIOR, J.M.; AZEVEDO, J.M.A.; FERREIRA, A.S. Seleção de genótipos de amendoim forrageiro para cobertura do solo e produção de biomassa aérea no período de estabelecimento utilizando-se metodologia de modelos mistos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 11, p. 1905-1911, 2008.

BABILÔNIA, J.L. **Pastagens consorciadas, estoques de carbono e nitrogênio, produtividade e persistência de leguminosas**. Tese (doutorado), Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2013. 159p.

BEGON, M.; TOWNSEND, C.R.; HARPER, J.L. **Ecology**: from individuals to ecosystems. 4.ed. Oxford: Blackwell Publishing, 2006. 738p.

BEUSELINCK, P.R.; BOUTON, J.H.; LAMP, W.O.; MATCHES, A.G.; McCASLIN, M.H.; NELSON, C.J.; RHODES, L.H.; SHEAFFER, C.C.; VOLENEC, J.J. Improving legume persistence in forage crop systems. **Journal of Production Agriculture**, v.7, n.3, p.311-322, 1994.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. **Agrofit**. Brasília. Disponível em: <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 13 Set. 2011.

BRISKE, D.D. Developmental morphology and physiology of grasses. In: HEITSCHMIDT, R.K., STUTH, J.W. (Ed.) **Grazing management**: an ecological perspective. Portland: Timber Press, 1991. p.85-108.

BRISKE, D.D. Plant interactions. In: BARNES, R.F.; NELSON, C.J.; MOORE, K.J.; COLLINS, M. (Ed.) **Forages**: the science of grassland agriculture. 6 ed. Ames: Blackwell Publishing, 2007. p.105-122.

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

BRUMMER, E.C.; BOUTON, J.H.; CASLER, M.D.; MCCASLIN, M.H.; WALDRON, B.L. Grasses and legumes: genetics and plant breeding. In: WEDIN, W.F.; FALES, S.L. (Ed.) **Grassland quietness and strength for a new American agriculture**. Madison: American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America, 2009. p.157-171.

CADISCH, G.; SCHUNKE, R.M.; GILLER, K.E. Nitrogen cycling in a pure grass pasture and a grass-legume mixture on a red latosol in Brazil. **Tropical Grasslands**, v.28, p.43-52, 1994.

- CALLAWAY, R.M.; PUGNAIRE, F.I. Facilitation in Plant Communities. In: PUGNAIRE, F.I.; VALLADARES, F. (Ed.) **Functional plant ecology**. 2.ed. Boca Raton, CRC Press, 2007. p.435-456.
- CARVALHO, M.A.; RAMOS, A.K.B.; KARIA, C.T. et al. **Profundidade de semeadura para o estabelecimento de pastagens de amendoim forrageiro (*Arachis pintoi*)**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2009. 4 p. (Embrapa Cerrados. Comunicado Técnico, 162).
- CASTILLO, M.S.; SOLLENBERGER, L.E.; BLOUNT, A.R.; FERRELL, J.A.; NA, CHAE-IN; WILLIAMS, M.J.; MACKOWIAK, C.L. Seedbed preparation techniques and weed control strategies for strip-planting rhizoma peanut into warm-season grass pastures. **Crop Science**, v.54, p.1868–1875, 2014.
- CASTILLO, M.S.; SOLLENBERGER, L.E.; BLOUNT, A.R.; FERRELL, J.A.; WILLIAMS, M.J.; MACKOWIAK, C.L. Strip planting legume into a warm-season grass pasture: Defoliation effects during the year of establishment. **Crop Science**, v.53, 724–731, 2013a.
- CASTILLO, M.S.; SOLLENBERGER, L.E.; FERRELL, J.A.; BLOUNT, A.R.; WILLIAMS, M.J.; MACKOWIAK, C.L. Strategies to control competition to strip-planted legume in a warm-season grass pasture. **Crop Science**, v.53, p.2255–2263, 2013b.
- CEPLAC. Centro de Pesquisas do Cacau (Ilhéus-BA). **Amendoim forrageiro cv. Belmonte**: nova opção de leguminosa forrageira para o sul da Bahia. Ilhéus, [2000?]. 1 folder.
- CLEMENTS R.J., HENZELL E.F. Pasture research and development in northern Australia: an ongoing scientific adventure. **Tropical Grasslands**, v.44, p. 221–230, 2010.
- COLLINS, R.P.; RHODES, I. The basis and significance of compatibility in grass/clover mixtures. **Herba**, v.3, p.30-32, 1990.
- COLLINS, R.P.; RHODES, I. Yield of white clover populations in mixtures with contrasting perennial ryegrass. **Grass and Forage Science**, v.44, p.111–115, 1989.
- CONNOLLY, J.; FINN, J.A.; BLACK, A.D. et al. Effects of multi-species swards on dry matter production and the incidence of unsown species at three Irish sites. **Irish Journal of Agricultural and Food Research**, v. 48, p. 243-260, 2009.
- COOK, B.G.; PENGELLY, B.C.; BROWN, S.D.; DONNELLY, J.L.; EAGLES, D.A.; FRANCO, M.A.; HANSON, J.; MULLEN, B.F.; PARTRIDGE, I.J.; PETERS, M.; SCHULTZE-KRAFT, R. **Tropical Forages**: an interactive selection tool. Brisbane, Australia: CSIRO; DPI&F(Qld); CIAT; ILRI, 2005. 1 CD-ROM.
- CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. v. 1, 4. ed. Viçosa: UFV, 2012. 514 p.
- CURLL, M.L.; JONES, R.M. The plant-animal interface and legume persistence: an Australian perspective. In: MARTEN, G.C.; MATCHES, A.G.; BARNES, R.F.; BROUGHAM, R.W.; CLEMENTS, R.J.; SHEATH, G.W. (Ed.) **Persistence of forage legumes**. Madison: ASA/CSSA/SSSA, 1989. p.339-357.
- DE KROON, H.; HUTCHINGS, M.J. Morphological plasticity in clonal plants: the foraging concept reconsidered. **Journal of Ecology**, v.83, p.143-152, 1995.
- DIAS-FILHO, M. B. **Degradação de pastagens**: processos, causas e estratégias de recuperação. 4. ed. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2011. 215p.
- DiTOMASO, J.M. Invasive weeds in rangelands: species, impacts, and management. **Weed Science**, v. 48, p. 255-265, 2000.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 2013. **Balanco Social: 2013**. Disponível em: <www.embrapa.br>. Acesso em: 12 Abr. 2015.
- EMBRAPA GADO DE CORTE. **Cultivo e uso do Estilosantes-campo-grande**. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2007. 11 p. (Embrapa Gado de Corte. Comunicado Técnico, 105).
- EMBRAPA GADO DE CORTE. **Estilosantes Campo Grande**: estabelecimento, manejo e produção animal. Campo Grande, MS, 2000. 8 p. (Embrapa Gado de Corte. Comunicado Técnico, 61).

- EVANS, T.R. Interpretação dos resultados da pesquisa australiana sobre manejo de pastagens tropicais. In: SÁNCHEZ, P.A.; TERGAS, L.E.; SERRÃO, E.A.S. (Ed.) **Produção de pastagens em solos ácidos dos trópicos**. Brasília: CIAT: EMBRAPA, 1982. p.297-313.
- FERREIRA, A.B.H. **Novo dicionário Aurélio da língua portuguesa**. 3.ed. Curitiba: Editora Positivo, 2004. 2120 p.
- FERREIRA, R.P.; PEREIRA, A.V. Melhoramento de forrageiras. In: BORÉM, A. **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa: UFV, 1999. p.649-678.
- FISHER, M.J. Discussion. In: MARTEN, G.C.; MATCHES, A.G.; BARNES, R.F.; BROUGHAM, R.W.; CLEMENTS, R.J.; SHEATH, G.W. (Ed.) **Persistence of forage legumes**. Madison: ASA/CSSA/SSSA, 1989. p. 308.
- FISHER, M.J.; CRUZ., P. Algunos aspectos de la ecofisiología de *Arachis pintoi*. In: KERRIDGE, P.C. (Ed.) **Biología y Agronomía de Especies Forrajeras de Arachis**. Cali: CIAT, 1995. p. 56-75.
- FONTES, J.R.A.; ANDRADE, C.M.S.; GONÇALVES, J.R.P.; CHACON, S.F. Manejo integrado de plantas daninhas. In: ASSIS, G.M.L.; VALENTIM, J.F.; ANDRADE, C.M.S. (Ed.) **Produção de sementes de Arachis pintoi cv. Mandobi no Acre**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2011. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Amendoim/ProducaoSementesArachisAcre/manejo_integrado_daninhas.html>. Acesso em: 25 Jan. 2012.
- FORDE, M.B., HAY, M.J.M., BROCK, J.L. Development and growth characteristics of temperate perennial legumes. In: MARTEN, G.C., MATCHES, A.G.; BARNES, R.F.; BROUGHAM, R.W.; CLEMENTS, R.J.; SHEATH, G.W. (Ed.) **Persistence of forage legumes**. Madison: ASA/CSSA/SSSA, 1989. p.91-108.
- FORNARA, D.A.; TILMAN, D. Plant functional composition influences rates of soil carbon and nitrogen accumulation. **Journal of Ecology**, v.96, p.314–322, 2008.
- FRANKOW-LINDBERG, B.E.; BROPHY, C.; COLLINS, R.P. et al. Biodiversity effects on yield and unsown species invasion in a temperate forage ecosystem. **Annals of Botany**, v. 103, p. 913-921, 2009.
- HALL, R.L. The analysis and significance of competitive and non-competitive interference between species. In: WILSON, J.R. (Ed.) **Plant relations in pastures**. Melbourne: CSIRO, 1978. p.163-174.
- HANNAWAY, D.B.; COOL, M. White clover (*Trifolium repens* L.). 2004. **Forage Fact Sheet**. Oregon. Disponível em: <http://forages.oregonstate.edu/php/fact_sheet_print_legume.php?SpecID=29>. Acesso em: 10 Abr. 2015.
- HARPER, J. L. **Population Biology of Plants**. London: Academic Press. 1977. 892pp.
- HAWTON, D. JOHNSON, I. D. G.; LOCH, D. S. et al. A guide to the susceptibility of some tropical crop and pasture weeds and the tolerance of some crop legumes to several herbicides. **Tropical Pest Management**, v. 36, n. 2, p.147-150, 1990.
- HAYNES, R.J. Competitive aspects of the grass-legume association. **Advances in Agronomy**, v.33, p.227-261, 1980.
- HERBEN, T. Physiological integration affects growth form and competitive ability in clonal plants. **Evolutionary Ecology**, v.18, p.493–520, 2004.
- HERNANDEZ, M.; ARGEL, P.J.; IBRAHIM, M.A.; MANNETJE, L.'t Pasture production, diet selection and live weight gains of cattle grazing *Brachiaria brizantha* with or without *Arachis pintoi* at two stocking rates in the Atlantic Zone of Costa Rica. **Tropical Grasslands**, v. 29, p. 134-141, 1995.
- HICKEY, M.; KING, C. **The Cambridge illustrated glossary of botanical terms**. Cambridge: Cambridge University Press, 2000. 208p.
- HILL, J. The three C's- competition, coexistence and coevolution- and their impact on the breeding of forage crop mixtures. **Theoretical and Applied Genetics**, v.79, p.168-176, 1990.
- HODGSON, J. **Grazing management: science into practice**. Harlow: Longman Scientific & Technical, 1990. 203p.

- HUMPHREYS, L.R. Deficiencies of adaptation of pasture legumes. **Tropical Grasslands**, v.14, n.3, p.153-158, 1980.
- HUMPHREYS, L.R. **Tropical pasture utilization**. Cambridge: Cambridge University Press, 1991. 206p.
- HUTTON, E.M. Problemas y éxitos en praderas de leguminosas y gramíneas, especialmente en América Latina tropical. In: TERGAS, L.E.; SÁNCHEZ, P.A. (Ed.) **Producción de pastos en suelos ácidos de los trópicos**. Cali: CIAT, 1979. p.87-101.
- JANK, L.; BRAZ, T.S.; BARRIOS, S.C.L.; RESENDE, R.M.S.; VALLE, C.B.; SANTOS, E.; FERREIRA, G.; MEIRELES, K.G.X.; CHIARI, L.; JUNGSMANN, L. Breeding *Panicum maximum* in Brazil In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM OF FORAGE BREEDING, 4., 2013, Melbourne. Book of abstracts. Melbourne: Centre for AgriBioscience, 2013. p. 52
- JANK, L.; VALLE, C.B.; RESENDE, R.M.S. Breeding tropical forages. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Special Edition - S1, p. 27-34, 2011.
- JONES, R.M. The rise and fall of Siratro (*Macropodium atropurpureum*) – what went wrong and some implications for legume breeding, evaluation and management. **Tropical Grasslands – Forrajes Tropicales**, v.2, p.154–164, 2014.
- JONES, R.M.; CARTER, E.D. Demography of pastures legumes. In: MARTEN, G.C.; MATCHES, A.G.; BARNES, R.F.; BROUGHAM, R.W.; CLEMENTS, R.J.; SHEATH, G.W. (Ed.) **Persistence of forage legumes**. Madison: ASA/CSSA/SSSA, 1989. p.139-156.
- KARIA, C.T.; ANDRADE, R. P. **Cultivo do capim Pojuca**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2001. 2 p. (Embrapa Cerrados. Recomendação Técnica, 50).
- KEMP, D.R.; KING, W.M. Plant competition in pastures – implications for management. In: TOW, P.G.; LAZENBY, A. (Ed.) **Competition and succession in pastures**. Wallingford: CABI Publishing, 2001. p. 85-102.
- KERRIDGE, P.C.; HARDY, B. **Biology and Agronomy of Forage Arachis**. Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1994. 209p.
- KINGSTON-SMITH, A. H., MARSHALL, A. H., MOORBY, J. M. Breeding for genetic improvement of forage plants in relation to increasing animal production with reduced environmental footprint. **Animal**, v.7, p.79-88, 2007.
- KIRWAN, L.; LÜSCHER, A.; SEBASTIÀ, M.T. et al. Evenness drives consistent diversity effects in intensive grassland systems across 28 European sites. **Journal of Ecology**, v. 95, p. 530-539, 2007.
- LANE, L.A.; AYRES, J.F.; LOVETT, J.V. A review of the introduction and use of white clover (*Trifolium repens* L.) in Australia - significance for breeding objectives. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 37, n.7, p.831-839, 1997.
- LAPOINTE, S. L.; SONODA, R. M. The effect of arthropods, diseases, and nematodes on tropical pastures. In SOTOMAYOR-RIOS, A.; PITMAN, W. D. (Eds.) **Tropical forage plants: development and use**. Boca Raton: CRC Press, 2001. p. 201-218.
- LASCANO, C.E. Selective grazing on grass-legume mixtures in tropical pastures. In: LEMAIRE, G.; HODGSON, J.; MORAES, A. et al. (Eds.) **Grassland ecophysiology and grazing ecology**. Wallingford: CAB International, 2000. p.249-263.
- LEMAIRE, G. Ecophysiology of grasslands: dynamic aspects of forage plant populations in grazed swards. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 19., 2001, São Pedro. **Proceedings...** São Paulo: SBZ; FEALQ, 2001. 1 CD-ROM.
- LOREAU, M.; HECTOR, A. Partitioning selection and complementarity in biodiversity experiments. **Nature**, v.412, p.72-76, 2001.
- LOVETT DOUST, L. Population dynamics and local specialization in a clonal perennial (*Ranunculus repens*): I. The dynamics of ramets in contrasting habitats. **Journal of Ecology**, v.69, p.743-755, 1981.

- LUSCHER, A.; MUELLER-HARVEY, I.; SOUSSANA, J.F.; REES, R.M.; PEYRAUD, J.L. Potential of legume-based grassland–livestock systems in Europe: a review. **Grass and Forage Science**, v.69, p. 206-228, 2014.
- MARTEN, G.C. Summary of the trilateral workshop on persistence of forage legumes. In: MARTEN, G.C., MATCHES, A.G.; BARNES, R.F.; BROUGHAM, R.W.; CLEMENTS, R.J.; SHEATH, G.W. (Ed.) **Persistence of forage legumes**. Madison: ASA/CSSA/SSSA, 1989. p.569-572.
- MENDOZA, P.E.; THOMAS, D.; SPAIN, J.M.; LASCANO, C.E. Establishment and management of *Centrosema* pastures. In: SCHULTZE-KRAFT, R.; CLEMENTS, R.J. (Ed.) **Centrosema: biology, agronomy, and utilization**. Cali: CIAT, 1990. p.271-292.
- MILES, J.W. Achievements and perspectives in the breeding of tropical grasses and legumes. In: International Grassland Congress, 19., 2001, São Pedro. **Proceedings...** Piracicaba : Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz - FEALQ, 2001. p.509-515.
- MOREIRA, J.F.M.; COSTA, K.A.P.C.; SEVERIANO, E.C.; SIMON, G.A.; EPIFANIO, P.S.; CRUNIVEL, W.S.; BENTO, J.C. Production and bromatological composition of cultivars of *Brachiaria brizantha* and Campo Grande stylo monocropped and intercropped under different plant methods. **African Journal of Agriculture Research**, v.10, n.5, p.317-327, 2015.
- MOTT, G.O. Potential productivity of temperate and tropical grassland systems. In: INTERNATIONAL GRASSLANDS CONGRESS, 14., 1981, Lexington. **Proceedings...** Boulder: Westview Press, 1983. p.35-42.
- MUIR, J.P.; PITMAN, W.D.; DUBEUX, J.C.B. JR.; FOSTER, J.L. The future of warm-season, tropical and subtropical forage legumes in sustainable pastures and rangelands. **African Journal of Range & Forage Science**, p.1-12, 2014.
- MULLEN, B.F.; SHELTON, H.M.; DALZELL, S.A. Leucaena in northern Australia: a forage tree legume success story. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 20., 2005, Dublin. **Proceedings...** Wageningen: Wageningen Academic, 2005. p.333.
- MULLENIX, M.K.; SOLLENBERGER, L.E.; BLOUNT, A.R.; VENDRAMINI, J.M.B.; SILVEIRA, M.L.; CASTILLO, M.S. Growth habit of rhizoma peanut affects establishment and spread when strip planted in bahiagrass pastures. **Crop Science**, v.54, n.6, p.2886-2892, 2014.
- MURPHY-BOKERN, D.; WATSON, C.A. **Legume Futures Reports Policy Briefing 1**. 2012. Disponível em: <<http://www.legumefutures.de>>. Acesso em: 12 Abr. 2015.
- MURPHY-BOKERN, D.; WATSON, C.A.; STODDARD, F.; LINDSTRÖM, K.; ZANDER, P.; RECKLING, M.; PREISEL, S.; BUES, A.; TORRES, A. 2014. Outlook for knowledge and technology for legume-supported cropping systems. **Legume Futures Report 5.3**. Disponível em: <<http://www.legumefutures.de>>. Acesso em: 12 Abr. 2015.
- NASCIMENTO, H.L.B.; ANDRADE, C.M.S.; FONTES, J.R.A. et al. Seleção de herbicidas para estabelecimento de áreas de produção de sementes de amendoim forrageiro. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 48., 2011, Belém. **Anais...** Belém: SBZ; UFRA, 2011. 1 CD-ROM.
- NURJAYA, I.G.M.O.; TOW, P.G. Genotype and environmental adaptation as regulators of competitiveness. In: TOW, P.G.; LAZENBY, A. (Eds.) **Competition and Succession in Pastures**. Wallingford: CAB International, 2001. p. 43-62.
- OLIVEIRA, K.M.B.; CHIARI, L.; BARRIOS, S.C.; LAURA, V.A. Avaliação de híbridos intraespecíficos de *Brachiaria decumbens* Stapf (Poaceae) para tolerância ao alumínio. In: WORKSHOP SOBRE TOLERÂNCIA ESTRESSES ABIÓTICOS, 1., 2013, Campo Grande, MS. **Anais...** Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2013. p. 16-25. (Embrapa Gado de Corte. Documentos, 199).
- PEREIRA, J.M. Leguminosas forrageiras em sistemas de produção de ruminantes: onde estamos? para onde vamos? In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DE PASTAGENS, 1., 2002, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2002. p.109-147.

- PEREZ, N.B. **Amendoim forrageiro**. Leguminosa perene de verão. Cultivar Alqueire-I (BRA 037036). Fazenda Alqueire Genética & Agronomia de Pastagens. Porto Alegre: Impressul, 2004. 29p. (Boletim Técnico, s/n).
- PEREZ, N.B. **Controle de plantas indesejáveis em pastagens**: uso da tecnologia campo limpo. Bagé: Embrapa Pecuária Sul, 2010. 7 p. (Embrapa Pecuária Sul. Comunicado Técnico, 72).
- PETERS, M.; LASCANO, C.E. Forage technology adoption: linking on-station research with participatory methods. **Tropical Grasslands**, v.37, p.197-203, 2003.
- PHELAN, P.; MOLONEY, A.P.; McGEOUGH, E.J.; HUMPHREYS, J.; BERTILSSON, J.; E. G. O'RIORDAN, E.G.; O'KIELY, P. Forage legumes for grazing and conserving in ruminant production systems. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v.34, n.1-3, p.281-326, 2015.
- QUESENBERRY, K.H. Lessons Learned in 32 Years of Forage Breeding in Florida. In: SOUTHERN PASTURE AND FORAGE CROP IMPROVEMENT CONFERENCE, 61., 2007, Tallahassee. **Proceedings...** Disponível em: <<http://agrilifecdn.tamu.edu/spfcic/files/2013/02/SPFCIC-Proceedings-2007.pdf>> Acesso em: 14. Abr. 2015.
- QUESENBERRY, K.H.; WOFFORD, D.S. Tropical forage legume breeding. In SOTOMAYOR-RIOS, A.; PITMAN, W.D. (Eds.) **Tropical forage plants**: development and use. Boca Raton: CRC Press, 2001. p. 81-105.
- RHODES, I.; STERN, W.R. Competition for light. In: WILSON, J.R. (Ed.). **Plant relations in pastures**. Melbourne: CSIRO, 1978. p.175-189.
- ROBERTS, C.R. Algunas causas comunes del fracaso de praderas de leguminosas y gramíneas tropicales en fincas comerciales y posibles soluciones. In: TERGAS, L.E.; SÁNCHEZ, P.A. (Ed.) **Producción de pastos en suelos ácidos de los trópicos**. Cali: CIAT, 1979. p.427-445.
- RODRIGUES, B.N.; ALMEIDA, F.S. **Guia de herbicidas**. 6. ed. Londrina: Edição dos autores, 2011. 697p.
- SACKVILLE HAMILTON, N.R. Measurement of competition and competition effects in pastures. In: TOW, P.G.; LAZENBY, A. (Ed.) **Competition and Succession in Pastures**. Wallingford: CAB International, 2001. p. 15-42.
- SANDERSON, M.A.; SKINNER, R.H.; BARKER, D.J.; EDWARDS, G.R.; TRACY, B.F.; WEDIN, D.A. Plant species diversity and management of temperate forage and grazing land ecosystems. **Crop Science**, v. 44, p. 1132-1144, 2004.
- SCHULTZE-KRAFT, R.; GIACOMETTI, D.C. Recursos genéticos de leguminosas forrajeras para las sabanas de suelos ácidos e infértiles en América tropical. In: TERGAS, L.E.; SÁNCHEZ, P.A. (Ed.) **Producción de pastos en suelos ácidos de los trópicos**. Cali: CIAT, 1979. p.59-69.
- SHELTON, H.M.; FRANZEL, S.; PETERS, M. Adoption of tropical legume technology around the world: analysis of success. In: Mc Gilloway, D. A. (Org.). **Grassland**: a global resource. Wageningen: IGC, 2005. p.149-166.
- SHELTON, H.M. Breeding a psyllid-resistant *Leucaena* hybrid for northern Australia - Phase 2. **Final Report**. Sydney: The University of Queensland / Meat & Livestock Australia Limited, 2013. 31p.
- SILVA, P.M.P.; CHIARI, L.; JANK, L.; ARAÚJO, A.R.; EUCLIDES, V.P.B. Avaliação de cultivares de *Panicum maximum* Jacq. submetidas ao Déficit Hídrico. In: WORKSHOP SOBRE TOLERÂNCIA ESTRESSES ABIÓTICOS, 1., 2013, Campo Grande, MS. **Anais...** Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2013. p. 37-45. (Embrapa Gado de Corte. Documentos, 199).
- SILVA, S.C.; PEREIRA, L.E.T. Desafios e perspectivas do manejo do pastejo em pastos consorciados: uma reflexão. In: SIMPÓSIO DE FORRAGICULTURA E PASTAGENS, 9., 2013, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 2013. p. 63-76.
- SOLLENBERGER, L.E.; DUBEUX, J.C.B. JR.; MUIR, J.P. Establishment and management of legume-grass pastures. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 7., SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTEJO, 5., 2014, Viçosa. **Anais...** Visconde de Rio Branco: Suprema, 2014. p. 135-177.

- SOLLENBERGER, L.E.; NEWMAN, Y.C. Grazing management. In: BARNES, R.F.; NELSON, C.J.; MOORE, K.J.; COLLINS, M. (Ed.) **Forages: the science of grassland agriculture**. 6 ed. Ames: Blackwell Publishing, 2007. p. 651-659.
- SPAIN, J.M. O uso de leguminosas herbáceas nas pastagens tropicais. In: PEIXOTO, A.M.; MOURA, J.C.; FARIA, V.P. (Ed.) **Plantas forrageiras de pastagens**. Piracicaba: FEALQ, 1995. p.275-299.
- SULC, R. M.; LAMP, W. O. Insect Management. In: BARNES, R. F.; NELSON, C. J.; MOORE, K. J.; COLLINS, M. (Ed.) **Forages: the science of grassland agriculture**. 6th. ed. Iowa: Blackwell Publishing Professional, 2007. v. 2. p. 411-424.
- THOMAS, R.J. Role of legumes in providing N for sustainable tropical pasture systems. **Plant and Soil**, v.174, n.1-2, p.103-118, 1995.
- THOMAS, R.J. The role of the legume in the nitrogen cycle of productive and sustainable pastures. **Grass and Forage Science**, v.47, p.133-142, 1992.
- TILMAN, D. Functional diversity. In: LEVIN, S.A. (Ed.) **Encyclopedia of biodiversity**. Academic Press, 2001. v. 3. p. 109-120.
- TILMAN, D. The ecological consequences of changes in biodiversity: a search for general principles. **Ecology**, v.80, n.5, 1455-1474, 1999.
- TOTHILL, J.C. Comparative aspects of the ecology of pastures. In: WILSON, J.R. (Ed.) **Plant relations in pastures**. Melbourne: CSIRO, 1978. p.385-402.
- TOW, P.G.; LAZENBY, A. Competition and succession in pastures – some concepts and questions. In: TOW, P.G.; LAZENBY, A. (Ed.) **Competition and succession in pastures**. Wallingford: CABI Publishing, 2001. p. 1-14.
- TOWNSEND, C.R.; BEGON, M.; HARPER, J.L. **Fundamentos em ecologia** 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. 592 p.
- TRACY, B.F.; RENNE, I.J.; GERRISH, J. et al. Effects of plant diversity on invasion of weed species in experimental pasture communities. **Basic and Applied Ecology**, v. 5, p. 543-550, 2004.
- TRACY, B.F.; SANDERSON, M.A. Forage productivity, species evenness and weed invasion in pasture communities. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 102, p. 175-183, 2004.
- TRENBATH, B. R. Biomass productivity of mixtures. **Advances in Agronomy**, v. 26, p. 177-210, 1974.
- VALENTIM, J.F. Introdução. In: ASSIS, G.M.L.; VALENTIM, J.F.; ANDRADE, C.M.S. (Ed.) Produção de sementes de *Arachis pintoi* cv. Mandobi no Acre. Rio Branco: Embrapa Acre, 2011. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Amendoim/ProducaoSementesArachisAcre/majejo_integrado_daninhas.html>. Acesso em: 25 Jan. 2012.
- VALENTIM, J.F.; ANDRADE, C.M.S. Forage peanut (*Arachis pintoi*): a high yielding and high quality tropical legume for sustainable cattle production system in the Western Brazilian Amazon. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 20., 2005, Dublin. **Proceedings...** Wageningen: Wageningen Academic, 2005. p.329.
- VALENTIM, J.F.; ANDRADE, C.M.S.; FEITOZA, J.E.; SALES, M.G.; VAZ, F.A. **Métodos de introdução do amendoim forrageiro em pastagens já estabelecidas no Acre**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2002. 6p. (Embrapa Acre. Comunicado Técnico, 152).
- VALENTIM, J.F.; ANDRADE, C.M.S.; RESENDE, R.M.S.; ASSIS, G.M.L.; GODOY, R.; EUCLIDES, V.P.B.; SANTOS, P.M. Leguminosas cultivadas. In: ALBUQUERQUE, A.C.S.; SILVA, A.G. (Org.) **Agricultura Tropical: quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008, v. 1, p. 1111-1132.
- VALENTIM, J.F.; CARNEIRO, J.C. **Quebra da dormência e plantio de puerária em sistemas de produção agropecuários e agroflorestais**. Rio Branco: Embrapa Acre; ASB, 1998. 3 p. (Embrapa Acre. Instruções Técnicas, 17).

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. 4p. (Embrapa Acre. Instruções Técnicas, 33)

VALLE, C.B.; SIMIONI, C.; RESENDE, R.S.; JANK, L. Melhoramento genético de *Brachiaria*. In: RESENDE, R.M.S.; VALLE, C.B.; JANK, L. **Melhoramento de forrageiras tropicais.** Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2008. p.13-54.

VERZIGNASSI, J.R.; PEREIRA, F.A.R.; NICOLODI, R. et al. Herbicidas pós-emergentes na produção de sementes de amendoim forrageiro BRS Mandobi. *Informativo Abrates*, v. 21, n. 2, p. 83, 2011.

WILLIAMS, M.J.; QUESENBERRY, K.H.; PRINE, G.M.; OLSEN, C.B. Rhizoma peanut - more than a 'lucerne' for the subtropical USA. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 20., 2005, Dublin. **Proceedings...** Wageningen: Wageningen Academic, 2005. p.335.

WILLIAMS, M.J.; VALENCIA, E.; SOLLENBERGER, L.E. No-till establishment of rhizoma peanut. **Agronomy Journal**, v.94, p.1350–1354, 2002.

ZANNONE, L.; ASSEMAT, L.; ROTILI, P.; JACQUARD, P. An experimental study of intraspecific competition within several forage crops (1). **Agronomie**, EDP Sciences, v.3, n.5, pp.451-459, 1983.