



Morfogênese de Gramíneas Forrageiras na Amazônia Ocidental

Domingo, 7 de novembro de 2010
Newton de Lucena Costa

1. Introdução

As pastagens representam a principal e mais barata fonte de alimentos para os ruminantes, mas nem sempre são manejadas de forma adequada, muitas vezes devido à falta de conhecimento sobre suas condições fisiológicas de crescimento e composição nutricional. Manejar uma pastagem de forma adequada significa produzir alimentos em grandes quantidades, além de procurar o máximo valor nutritivo da forragem. A produção de forragem afeta significativamente a capacidade de suporte das pastagens (número de animais que a pastagem comporta sem que sua produtividade ou persistência seja afetada), sendo influenciada pela fertilidade do solo, manejo e condições climáticas, enquanto que o valor nutritivo, representado pela composição química, digestibilidade e aproveitamento da forragem digestível, afeta a produção por animal (kg de carne/animal, produção de leite/vaca) e depende, primariamente, do consumo de forragem, o qual é afetado pela palatabilidade, velocidade de passagem e disponibilidade da forragem. Associando-se a capacidade de suporte e a produção por animal, tem-se a produção por área de pastagem, que via de regra é o principal fator que determina a eficiência no manejo de pastagens.

No manejo de uma pastagem deve-se procurar: a) manter a população e a produtividade das espécies forrageiras existentes na pastagem, visando a utilização uniforme durante o ano; b) adequar o máximo rendimento e a qualidade da forragem produzida, com base no pastejo controlado, visando à produção econômica por animal e por área; c) suprir as exigências nutricionais segundo as diferentes categorias de animal e ciclo de produção; e, d) manejar adequadamente o complexo solo/planta/animal para produção econômica, tanto para o produtor como para o consumidor, de produtos de origem animal.

Dentre os fatores relacionados ao manejo de pastagem, os mais sujeitos a intervenção direta do homem são: a) a produção e a qualidade da forragem produzida na pastagem; b) o consumo animal; c) sistema de pastejo adotado; d) equilíbrio da composição botânica da pastagem; e, e) correção e fertilização do solo na formação e manutenção da pastagem (Costa, 2002; 2003). O manejo eficiente e sustentável das pastagens pode ser caracterizado como o controle das relações do sistema solo-planta-animal visando a maior produção e melhor utilização e persistência das pastagens. Em termos práticos, um animal em pastejo representa a forma mais simples do sistema solo-planta-animal. O solo é a base do sistema e atua como fonte de nutrientes para a pastagem. A planta é a fonte de nutrientes para o animal e atua como modificador das condições físicas e químicas do solo. O animal atua como modificador das condições do solo e da planta. Ademais, fatores como temperatura, luz, água e nutrientes influenciarão o potencial fotossintético da planta forrageira, como consequência de modificações no índice de área foliar (IAF) e na capacidade fotossintética do dossel.

2. Morfogênese

Morfogênese pode ser definida como a dinâmica de geração e expansão da planta no espaço (Chapman & Lemaire, 1993). emergência, o alongamento, a senescência e a morte de folhas definem o fluxo de biomassa em um relvado e determinam o IAF da pastagem, juntamente com sua população de afilhos. Por isso, suas respectivas taxas são importantes parâmetros no estabelecimento de modelos alternativos de manejo da pastagem, visando ao aumento de produtividade e eficiência de utilização da forragem produzida (Grant et al., 1988; Parsons & Penning, 1988). Numa pastagem em crescimento vegetativo, na qual

aparentemente apenas folhas são produzidas (pois ainda não há alongamento dos entrenós) a morfogênese pode ser descrita por três características básicas: taxa de aparecimento de folhas (TAF), taxa de expansão das folhas (TEF) e duração de vida da folha (DVF) (Chapman & Lemaire, 1993). Estas características são determinadas geneticamente, porém influenciadas por variáveis ambientais como temperatura, disponibilidade hídrica e de nutrientes. A combinação destas variáveis morfogênicas genotípicas determina a dinâmica do fluxo de tecidos e as principais características estruturais das pastagens:

- Tamanho da folha, que é determinado pela relação entre TAF e TEF, pois a duração do período de expansão de uma folha é uma fração constante do intervalo de aparecimento ou seja do filocrono (Robson, 1967; Dale, 1982);
- Densidade de afilhos, que é parcialmente relacionada com TAF, que por seu lado determina o número potencial de sítios para o surgimento de afilhos (Davies, 1974). Desta forma, genótipos com alta TAF apresentam alto potencial de afilhamento e assim determinam uma pastagem com uma densidade de afilhos mais elevada do que àquelas com baixa TAF.
- Número de folhas vivas por afilho, que é o produto da TAF pela duração de vida das folhas.

A perenidade das gramíneas forrageiras é assegurada por sua capacidade de rebrotar após cortes ou pastejos sucessivos, ou seja, sua habilidade de emitir folhas a partir de meristemas remanescentes, que lhe permite a sobrevivência às custas da formação de uma nova área foliar. Ademais, apresentam a capacidade de emissão de afilhos, os quais são produtos do desenvolvimento de gemas axilares que, quando localizadas na base do colmo, são denominadas de gemas basilares e os afilhos delas originados de afilhos basais. A pastagem é formada por uma população de afilhos, em estado dinâmico de renovação, sendo a persistência das gramíneas perenes atribuídas, em parte, a essa contínua produção e substituição de afilhos. Deste modo, o conhecimento das características morfogenéticas proporciona uma visualização da curva estacional de produção de forragem e uma estimativa de sua qualidade (Gomide, 1997a; Gomide et al., 1979, 1997), além de permitir a proposição de práticas de manejo distintas específicas para cada planta forrageira (Gomide, 1997b).

2.1 Taxa de aparecimento foliar (TAF)

A TAF, geralmente expressa em número de folha/dia/afilho, é uma variável morfogênica que mede a dinâmica do fluxo de tecido de plantas, influenciando diretamente cada um dos componentes da estrutura do relvado (tamanho da folha, densidade de afilhos e folhas verdes/afilho) (Lemaire & Chapman, 1996). Estes componentes conjuntamente afetam o IAF e, portanto a quantidade de radiação interceptada. Entre os termos usados para descrever o aparecimento foliar, plastocrono, auxocrono e filocrono, Wilhelm & McMaster (1995) apontam o filocrono, definido como o intervalo de tempo térmico decorrido entre o aparecimento de duas folhas consecutivas ou seja, o tempo necessário para a formação de uma nova folha, como o mais prático e viável.

O filocrono para determinado genótipo é relativamente constante durante o desenvolvimento vegetativo de um afilho, quando em condições ambientais constantes; contudo, Gomide (1997a,b) pondera que a TAF está em função do genótipo, do nível de inserção, dos fatores ambientais, dos nutrientes minerais, da estação do ano e da intensidade e frequência de desfolhação. No Acre, Cavali et al. (2004a) constataram maiores valores de filocrono para *Brachiaria brizantha* cvs. Marandu e Xaraés, os quais foram diretamente correlacionados com a produção de matéria seca de folhas, comparativamente a *B. brizantha* cv. MG-4 ou *B. decumbens* cv. Basilisk. Contudo, para pastagens de *Panicum maximum* cvs. Mombaça e Massai, a relação entre filocrono e TAF foi inversamente proporcional (Cavali et al., 2004b). Nas duas situações, o comprimento final das folhas foi o fator determinante para a obtenção de maiores produções de MS, ocorrendo um efeito compensatório, ou seja, menor TAF foi associada a maior comprimento final das folhas.

O equilíbrio entre a TAF e a senescência do afilho é altamente dependente do regime de desfolhação do pasto, o qual por sua vez determina a evolução do IAF, que parece ser o

fator mais importante na determinação do aparecimento e na senescência dos afilhos (Lemaire & Chapman, 1996). A variação interespecífica da TAF determina grandes diferenças na estrutura da pastagem pelo seu efeito sobre o tamanho e a densidade de perfilhos. A TAF praticamente não é afetada por uma desfolhação que remova apenas duas a três folhas/afilho, mas é diminuída em cerca de 15 a 20% quando todas as folhas de um afilho são removidas (Davies, 1974), demonstrando a intensa força de demanda dos meristemas foliares por assimilados após uma desfolhação. Para Grant et al. (1981), a aceleração das TAF em pastagens intensamente pastejadas é consequência da ocorrência de maior número de pontos de crescimento dos afilhos (gemas) e, por conseguinte do aumento do potencial de afilhamento da pastagem. A produção de folhas novas é um mecanismo importante no crescimento das gramíneas, pois a sua produção através do desenvolvimento do ponto de crescimento é a maior fonte de produção de tecido vegetal da planta (Neto et al., 1995). O pastejo pode provocar uma leve tendência a diminuir a TAF da rebrota após uma desfolhação severa, o que pode ser consequência do aumento no comprimento da bainha das folhas sucessivas, determinando uma maior demora no surgimento de novas folhas (Skinner & Nelson, 1994a,b; 1995). Desta forma, a TAF de pastagens, mantidas em baixo IAF por desfolhação freqüente, aparenta ser maior do que a observada em pastejo rotativo.

O efeito de limitações nutricionais sobre a TAF não está bem esclarecido, provavelmente por ser esta característica a última que a planta penalizaria, ou seja, para manter o desenvolvimento do afilho, em condições que limitem a disponibilidade do carbono, seria mais lógico que a economia de assimilados comece pela redução do afilhamento, passando pela redução no tamanho e na duração de vida da folha (Nabinger & Pontes, 2001). Para B. humidicola, Costa et al. (2007) constataram um efeito quadrático da adubação nitrogenada sobre a TAF, sendo o máximo valor obtido com a aplicação de 80 mg N/kg. A correlação entre TAF e o rendimento de MS foi positiva, porém não significativa.

2.2. Taxa de expansão foliar (TEF)

A TEF, expressa em mm/dia, correlaciona-se positivamente com o rendimento forrageiro (Horst et al., 1978) e o rendimento por afilho (Nelson et al., 1977), mas negativamente com o número de afilhos/planta (Jones et al., 1979). Como o número de afilhos/planta depende da TAF, observa-se correlação negativa entre esta medida e a TEF (Zarrough et al., 1984). Enquanto a expansão da lâmina foliar cessa com a diferenciação da lígula, o alongamento da bainha persiste até a exteriorização da lígula. Modificações na TEF ocorrem em função de duas características celulares: número de células produzidas por dia (divisão celular) e mudança no comprimento da célula (alongamento celular). Grandes variações entre espécies e dentro de cada espécie são reportadas, em função do manejo adotado e das condições climáticas. Almeida et al. (1997), em *P. purpureum* cv. Anão, observaram um aumento da TEF de 2,0 para 3,4 cm/dia quando em níveis maiores de oferta de forragem, que naturalmente proporcionam maiores resíduos, maior senescência e, conseqüentemente, maior reciclagem de nitrogênio (N). Segundo Lemaire & Agnusdei (1999), cerca de 50% do carbono e 80% do N é reciclado das folhas durante o processo de senescência, podendo ser usado pela planta para a produção de novos tecidos foliares. Cavali et al. (2004a) detectaram variações significativas na TEF de quatro espécies de *Brachiaria*; os maiores valores foram registrados em *B. brizantha* cvs. Xaraés (2,35 cm/afilho/dia) e MG-4 (2,21, cm/afilho/dia), as quais foram diretamente correlacionadas com a produção de MS total. Costa & Paulino (1998a; 1999) verificaram que as TEF de genótipos de *B. brizantha* e *B. humidicola* foram diretamente proporcionais à idade das plantas, sendo os maiores valores registrados no período compreendido entre os 14 e 28 dias de rebrota.

A intensidade de desfolhação e a umidade no solo afetam a taxa de crescimento das plantas forrageiras, com reflexos significativos na TEF. A baixa disponibilidade de água no solo reduz a expansão das células próximas dos meristemas (Silva et al., 1996), enquanto que desfolhações intensas implicam em menor eficiência fotossintética das folhas nos primeiros estágios da rebrota. Em Rondônia, Costa et al. (2000b, 2001, 2003c,e; 2004), em pastagens de *P. atratum* cv. Pojuca e *P. maximum* cvs. Tanzânia-1, Massai, Centenário e Mombaça, constataram que as TEF foram significativamente reduzidas com o aumento da pressão de pastejo durante o período chuvoso. No período seco, embora não tenha sido

detectado efeito significativo da intensidade de pastejo, os valores registrados foram drasticamente reduzidos como consequência da baixa disponibilidade de água no solo. A resposta à desfolhação, provavelmente, está mais relacionada à expansão celular que à produção de células não-expandidas via divisão. Grant et al. (1981) observaram que a TEF é positivamente correlacionada com a quantidade de folhas verdes remanescentes no afilho após a desfolhação. A relação do tamanho do afilho com a TEF pode ser responsável pela longa duração das taxas de alongamento por afilho para populações de afilhos de diferentes tamanhos. Em pastagens de azevém (*Lolium perenne* L.), Pontes (2001) constatou um acréscimo linear na TEF com o aumento na altura em que a pastagem era mantida, sendo este efeito, possivelmente, consequência da maior quantidade de material senescente nos tratamentos de maior altura, o qual proporcionou uma maior remobilização de N das folhas mais velhas para as folhas em elongação, mecanismo que caracteriza a senescência foliar.

A fertilidade do solo, ao influenciar a disponibilidade de nutrientes para o crescimento da planta forrageira, afeta a TEF, estabelecendo uma interação significativa genótipo x ambiente. Em solos férteis ou adequadamente fertilizados e, desde que às condições de temperatura, radiação e umidade do solo sejam satisfatórias, espera-se que a TEF seja incrementada, possibilitando a eliminação do meristema apical durante o primeiro pastejo, o que estimula o afilhamento e a produção e expansão de novas folhas. Desse modo, a planta forrageira exige intervalo menor entre desfolhações (pastejos mais frequentes) para que seja evitada a competição intraespecífica (Corsi et al., 1998). Costa et al. (2008), em pastagens de *B. brizantha* cv. Xaraés, constataram incrementos significativos na TEF com a aplicação de até 80 mg de N/kg solo, enquanto que Alexandrino et al. (2005) observaram um efeito quadrático da adubação nitrogenada, sendo o máximo valor da TEF estimado com a aplicação de 325 mg de N/kg solo.

2.3 Duração de vida das folhas (DVF)

A duração de vida das folhas determina o número máximo de folhas vivas por afilho (Lemaire, 1997), sendo uma característica morfogênica pela temperatura da mesma forma que a TEF. Quando um afilho atinge seu número máximo de folhas vivas, passa a haver um equilíbrio entre a taxa de surgimento e senescência das folhas que alcançaram seu período de duração de vida. O número máximo de folhas vivas por haste é uma constante genotípica (Davies, 1974) e pode ser calculado como a duração de vida das folhas expresso em número de intervalos de aparecimento de folhas, ou seja em número de filocronos. Nos estágios iniciais da rebrota, devido a pouca ou nenhuma morte de tecido foliar, a taxa de acumulação líquida de forragem iguala-se à taxa de assimilação líquida do dossel (Lemaire, 1997). Posteriormente, atingido o período de duração de vida das folhas, observa-se a senescência das primeiras folhas produzidas. As folhas de baixo nível de inserção, em geral, são menores que as de nível de inserção superior. Com isso, a taxa de senescência foliar continua sendo inferior à taxa de produção de novos tecidos, desaparecendo gradualmente, à medida que a senescência atinge folhas do nível de inserção superior, ou seja, quando o tamanho da folha subsequente atinge tamanho relativamente constante (Robson et al., 1988). A partir desse ponto, a produção líquida de tecido foliar decresce e torna-se zero quando a taxa de senescência foliar se iguala ao crescimento foliar (Lemaire, 1997; Lemaire & Chapman, 1996). Nessa fase, o número de folhas vivas por afilho, característica estrutural, será aproximadamente constante, haja vista que a taxa de aparecimento e a morte foliar são variáveis muito correlacionadas (Langer, 1972). O ápice foliar é a porção mais velha da folha e a base, a mais jovem. Portanto, o ápice foliar é fisiologicamente mais maduro e, por isso, é a primeira parte a senescer (Langer, 1972). Mazzanti & Lemaire (1994), demonstraram que a proporção da lâmina foliar que escapa da desfolha e eventualmente senesce pode ser estimada pela relação entre duração de vida da folha e intervalo de pastejo, o qual determina o máximo número de vezes que uma folha individual pode ser desfolhada. Sob pastejo ínuo, a proporção da lâmina foliar removida a cada pastejo é relativamente constante (50%). Andrade (2001) encontrou taxas de senescência de folhas de capim-elefante de 4,96 e 1,46 cm/dia/perfilho, respectivamente, em perfilhos basilares e aéreos. A taxa de senescência foi baixa até a idade de 52 dias, aumentando linearmente após este período.

Em pastagens de *B. brizantha* cv. Xaraés, Martuscello et al. (2005) verificaram que a DVF foi negativamente afetada pela adubação nitrogenada ($y = 41,48 - 0,045N$; $r^2 = 83\%$), podendo-se inferir que as plantas na ausência de N permaneceram mais tempo com suas folhas vivas em detrimento da expansão de novas folhas. O decréscimo na DVF com as doses de N foram explicados pela maior renovação de tecidos em plantas adubadas com nitrogênio. A estimativa para DVF variou de 41,5 dias para as plantas sem adubação nitrogenada e 36,08 dias para as plantas supridas com 120 mg/dm^3 de N. Mazzanti et al. (1994) ressaltaram que, em geral, ocorre diminuição na DVF em alta disponibilidade de N, em função da competição por luz, determinada pelo aumento da taxa de alongamento foliar e pelo maior tamanho final das folhas. Para Gastal & Nelson (1999), a DVF parece ser pouco afetada pela disponibilidade de N. O conhecimento dessa variável é fundamental no manejo da pastagem, pois indica o máximo potencial de rendimento da espécie, ou seja, a máxima quantidade de material vivo por área (Nabinger, 2001). Segundo esse autor, quando se aumenta a dose de N aplicada, sem o conseqüente ajuste da carga animal, no caso de lotação contínua ou de diminuição no intervalo de descanso em lotação intermitente, pode-se estar permitindo aumento exagerado da senescência, acúmulo de material morto e queda na taxa de crescimento da pastagem.

2.4 Afilhamento

A produção contínua de novos afilhos, para reposição daqueles que senesceram é o mecanismo que assegura a persistência de gramíneas perenes. A planta, quando ainda bem jovem, já inicia a emissão de afilhos, a partir das gemas axilares (Langer, 1963; Ryle, 1964). A densidade de afilhos é controlada pela taxa de aparecimento de novos afilhos e pela mortalidade dos afilhos existentes (Briske, 1991), garantindo perenidade, quando o manejo é satisfatório. O afilhamento é estimulado sob condições de alta intensidade luminosa e temperaturas não elevadas, que favorecem o acúmulo de fotoassimilados nas plantas. A arquitetura do afilho de uma gramínea é determinada pelo tamanho, número e arranjo espacial dos fitômeros, unidade básica de crescimento das gramíneas, constituído de lâmina, bainha, nó, entre-nó e gema axilar (Briske, 1991; Gomide, 1994)). Cada afilho passa por quatro períodos de crescimento: vegetativo, alongamento, reprodutivo e maturação de sementes (Moore et al., 1991). O período de crescimento vegetativo é caracterizado pelo aparecimento de folhas e afilhos e o alongamento é referido como período de transição entre o crescimento vegetativo e o reprodutivo (Waller et al., 1985).

O potencial de afilhamento de um genótipo, durante o estágio vegetativo, depende de sua velocidade de emissão de folhas, as quais produzirão gemas potencialmente capazes de originar novos afilhos, dependendo do genótipo, das condições ambientais e das práticas de manejo adotadas. Cavali et al. (2004b) observaram maior afilhamento em *P. maximum* cv. Massai ($684/\text{m}^2$), comparativamente às cultivares Tanzânia ($354/\text{m}^2$) e Mombaça ($264/\text{m}^2$), contudo a produção de forragem foi inversamente proporcional ao número de afilhos. Resultados semelhantes foram observados para genótipos de *Brachiaria*, onde maior afilhamento não proporcionou maior rendimento de forragem (Cavali et al., 2004a). Nos solos deficientes em N o crescimento e desenvolvimento da planta tornam-se lentos e a produção de afilhos é negativamente afetada. Alexandrino et al. (2005) obtiveram incrementos significativos no número de afilhos de *B. brizantha* cv. Marandu com a aplicação de até 360 mg N/kg solo, enquanto que Costa (2004) estimou o máximo potencial de afilhamento da gramínea com a aplicação de 114 mg N/kg solo. Da mesma forma, Costa & Saibro (1984) constataram um efeito linear da adubação nitrogenada (0, 100, 200 e 400 kg de N/ha) sobre o número de afilhos/planta de *Paspalum guenoarum*.

No manejo de pastagens através de cortes e/o pastejos freqüentes e intensos, as plantas tendem a ajustar seus padrões de crescimento, apresentando afilhamento abundante, hábito prostrado ou decumbente e elevado ritmo de expansão de área foliar a fim de que, logo após o corte e/ou pastejo, ocorra a maior interceptação de luz. Essas características proporcionariam rápidos incrementos na fotossíntese e ofereceriam resistência à invasão de plantas invasoras através de competição por luz e outros fatores de crescimento, como água e nutrientes (Corsi & Nascimento Júnior, 1994). A densidade de afilhamento aumenta em decorrência de cortes freqüentes, porém não intensos, sendo desejável a seleção de plantas

que associem elevada densidade e peso de afilhos, de modo a permitir aumentos na produtividade de forragem. Costa & Saibro (1984) verificaram aumentos significativos no número de afilhos de *P. guenoarum* com cortes em plantas no estágio vegetativo, comparativamente ao pré-florescimento e florescimento, contudo a altura de corte (5 ou 10 cm acima do solo) não afetou o afilhamento da gramínea. A altura do meristema apical é importante, pois com sua elevação a probabilidade de sua remoção pelo corte ou pastejo será maior, alterando sensivelmente a arquitetura da planta, pela quebra da dominância apical. Essa dominância, controlada por hormônios do grupo das auxinas inibe ou promove o afilhamento, de acordo com a severidade, a época de remoção e o genótipo da planta (Favoretto, 1993). Em *Andropogon gayanus* cv. Planaltina, Costa (1991) constatou, independentemente da frequência de corte (28, 42 ou 56 dias), maior afilhamento com cortes a 10 cm acima do solo (10,9 afilhos/planta), comparativamente a cortes a 20 cm (8,6 afilhos/planta). A correlação entre número de afilhos e a eliminação de meristemas apicais foi positiva e significativa ($r^2 = 0,93$).

2.5. Tamanho final da folha (TFF)

As folhas das gramíneas forrageiras desempenham duplo papel nos ecossistemas de pastagens, pois fornecem parte substancial do tecido fotossinteticamente ativo, fundamental para a produtividade primária, além de disponibilizar material de alto valor nutritivo para a alimentação dos ruminantes e, portanto, indispensável para a produtividade secundária. A TEF e a TAF são os fatores que determinam o TFF (Lemaire & Chapman, 1996). A TFF está diretamente correlacionado com o TEF e inversamente associada à TAF. O TFF é diretamente afetado pelas práticas de manejo adotadas para a pastagem. O pastejo reduz a área foliar pela remoção dos meristemas apicais, reduzindo as taxas de reserva de nutrientes da planta, além de induzir mudanças na alocação de energia e nutrientes das raízes para a parte aérea visando a compensar as perdas de tecido fotossinteticamente ativos consumidos pelos animais. No entanto, o pastejo beneficia as plantas pelo aumento da penetração da luz dentro do dossel, alterando a proporção de folhas novas mais ativas fotossinteticamente, pela remoção de folhas velhas e ativação dos meristemas dormentes na base do caule e rizomas (Nabinger & Pontes, 2001). Cavali et al. (2004a) constataram diferenças significativas para o TFF de genótipos de *Brachiaria*, sendo os maiores valores registrados com *B. brizantha* cvs. Xaraés (31,4 cm) e Marandu (21,0 cm), os quais foram diretamente relacionados com a taxa de produção de MS total. Em pastagens de *B. brizantha* cv. Xaraés, Costa et al. (2008) observaram efeitos positivos da adubação nitrogenada sobre o TFF, sendo o máximo valor obtido com a aplicação de 157 mg de N/kg de solo (26,8 cm).

2.6. Índice de área foliar (IAF)

É a relação entre a área de folhas e a superfície de solo que elas cobrem, expressando o potencial de rendimento de forragem, relacionado com a utilização da energia solar, através da fotossíntese. Com o aumento da interceptação da luz solar ocorrem, simultaneamente, incrementos no rendimento de forragem, até ser atingido um platô, quando as folhas mais velhas entram em senescência e são sombreadas pelas mais novas, acarretando a diminuição da eficiência fotossintética com menores taxas de crescimento. Quando a planta consegue absorver praticamente toda a radiação incidente, sem que haja auto-sombreamento, nesse momento ela se encontra no denominado IAF ótimo. Quando o IAF em que a planta se encontra proporciona 95% de interceptação luminosa, este é denominado de IAF crítico. Enquanto que o IAF teto é aquele que ocorre quando a taxa de formação de novas folhas é igual a de senescência das folhas inferiores, ou seja, é o máximo IAF que a planta alcança. Em Rondônia, Costa & Paulino (1998a,1999) verificaram que os IAF de genótipos de *B. brizantha* e *B. humidicola* foram diretamente proporcionais à idade das plantas, sendo os maiores valores registrados aos 35 e 42 dias de rebrota. Para *Paspalum atratum* cv. Pojuca, o IAF foi significativamente incrementado em plantas com até 98 dias de rebrota, contudo as taxas de assimilação aparente - parâmetro que representa a diferença entre a fotossíntese e a respiração, ou seja, é uma estimativa da fotossíntese líquida, devido ao auto-sombreamento das folhas - foram máximas no período compreendido entre 14 e 28 dias de rebrota (Costa & Paulino, 1998b).

O IAFótimo de uma planta forrageira é aquele associado com altos rendimentos, bem distribuídos ao longo da estação de crescimento. Normalmente, ocorre quando as folhas interceptam cerca de 90% da energia radiante incidente. As leguminosas, por apresentarem as folhas na posição horizontal, são capazes de interceptarem mais luz por unidade de área foliar do que as gramíneas com suas folhas semi-eretas. Em Rondônia, Costa et al. (1999), avaliando a morfogênese de três genótipos de *B. humidicola*, verificaram que o IAFótimo ocorreu com plantas aos 35 dias de rebrota, enquanto que para *B. dictyoneura* e *P. maximum* cv. Centenário, este ocorreu no período entre 35 e 42 dias após o corte das plantas (Costa et al., 2003c,d,e). O IAF remanescente, ou seja, a quantidade de tecido fotossinteticamente ativo que permanece na planta após o pastejo ou corte, é de fundamental importância no manejo de uma pastagem. A rebrota se dará às expensas dos produtos da fotossíntese das folhas remanescentes, desde que a quantidade de CO₂ assimilada seja superior ou igual à quantidade de CO₂ liberada pela planta durante a respiração. No entanto, deve-se considerar que a eficiência fotossintética diminui à medida que as folhas vão ficando mais velhas. Por outro lado, se as plantas forrageiras forem manejadas sob desfolha intensa, o crescimento do sistema radicular e o acúmulo de carboidratos de reservas serão prejudicados. O nível de eficiência fotossintética de folhas novas depende do ambiente em que se desenvolvem. Se a pastagem é constituída por plantas de hábito de crescimento prostrado, o desenvolvimento de folhas novas ocorrerá em um ambiente de baixa intensidade luminosa e terá menor capacidade fotossintética (Robson et al., 1988), o mesmo acontecendo para as folhas de perfilhos que iniciam o crescimento da base de touceiras de espécies com hábito de crescimento cespitoso. Para *P. atratum* cv. Pojuca, Costa et al. (2003b) observaram que o vigor de rebrota foi diretamente proporcional ao IAF remanescente, sendo os maiores rendimentos de matéria seca (MS) obtidos com cortes a 30 cm (29,1 t/ha), comparativamente a 15 cm acima do solo (23,4 t/ha). Da mesma forma, Costa et al. (2000), em pastagens de *P. atratum* cv. Pojuca, submetidas a pastejo rotativo (7 dias de ocupação por 21 dias de descanso), verificaram que a carga animal afetou significativamente o IAF remanescente e, conseqüentemente, a disponibilidade de forragem e MS residual de folhas.

3. Conclusões

O manejo eficiente e sustentável das pastagens pode ser caracterizado como o controle das relações do sistema solo-planta-animal visando a maior produção e melhor utilização e persistência das pastagens. O ponto crítico no manejo de pastagens seria conciliar a demanda por área foliar (fotossíntese) e a remoção de tecidos para o consumo animal, que é predominantemente constituído por folhas. Neste contexto, o estudo da morfogênese representa o ponto de partida para a caracterização da dinâmica de folhas e filhotes numa comunidade de plantas forrageiras. As características morfogênicas e estruturais do dossel não podem ser analisadas isoladamente, pois são processos integrados, de forma que qualquer mudança estrutural resulta em respostas morfogênicas e nova estrutura do dossel. A produção animal, sustentada na exploração de pastagens, reflete o balanço entre os processos de crescimento, senescência e consumo, como resposta a diferentes propostas de manejo.

4. Referências Bibliográficas

ALEXANDRINO, E.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; REGAZZI, A.J.; MOSQUIM, P.R.; ROCHA, F.C.; SOUZA, D.P. Características morfogênicas e estruturais da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu submetida a diferentes doses de nitrogênio e frequências de cortes. *Acta Scientiarum*, Maringá, v.27, n.1, p.17-24, 2005

ALMEIDA, E.X.; SETELICH, E.A.; MARASCHIN, G.E. Oferta de forragem e variáveis morfogênicas em capim-elefante anão cv. Mott. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34., 1997, Juiz de Fora. Anais... Juiz de Fora: SBZ, p.240-242, 1997

- ANDRADE, A. C. Morfogênese, análise de crescimento e composição bromatológica do capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum. cv. Napier) adubado e irrigado sob pastejo. 2001. 81f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2001.
- BRISKE, D.D. Developmental morphology and physiology of grasses. In: HEITSCHMIDT, R.K.; STUTH, J.W. (Eds.) *Grazing management: an ecological perspective*. Portland: Timber Press, 1991. p.85-108.
- CAVALI, J.; ANDRADE, C.M.S.; SALES, M.F.L.; VALENTIM, J.F. Morfogênese de cultivares de *Brachiaria* spp. nas condições ambientais do Acre. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41., 2004, Campo Grande. Anais... Campo Grande: SBZ, 2004a. 5p (CD-ROM).
- CAVALI, J.; ANDRADE, C.M.S.; SALES, M.F.L.; VALENTIM, J.F. Morfogênese três cultivares de *Panicum maximum* Jacq. nas condições ambientais do Acre. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41., 2004, Campo Grande. Anais... Campo Grande: SBZ, 2004b. 5p (CD-ROM).
- CHAPMAN, D; LEMAIRE, G. Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 17., 1993, Palmerston North. Proceedings... Palmerston North: New Zealand Grassland Association, 1993. p.95-104.
- CORSI, M.; NASCIMENTO JÚNIOR, D. Princípios de fisiologia e morfologia de plantas forrageiras aplicados no manejo das pastagens. In: *Pastagens: Fundamentos da Exploração Racional*. FEALQ. p. 15-47, 1994
- CORSI, M., SILVA, S.C., FARIA, V.P. Princípios de manejo do capim-elefante sob pastejo. *Informe Agropecuário*, v.19, n.192, p.36-43, 1998.
- COSTA, N. de L. Formação e manejo de pastagens na Amazônia brasileira. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DA PECUÁRIA NA AMAZÔNIA, 1., 2003, Porto Velho. Anais... Brasília: IICA/PROCITRÓPICOS, 2003. 19p. (CD-ROM).
- COSTA, N. de L. Formação e manejo de pastagens em Rondônia. In: SEMINÁRIO REGIONAL AGRONEGÓCIO LEITE, 1., 2001, Ji-Paraná. Anais... Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2002, p.106-116.
- COSTA, N. de L. Efeito da altura e frequência de corte sobre a produção de forragem, composição química e perfilhamento do capim-andropogon (*Andropogon gayanus* cv. Planaltina). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 27., 1991, João Pessoa. Anais... João Pessoa: SBZ, 1991. p.97.
- COSTA, N. de L.; PAULINO, V.T. Avaliação agrônômica de genótipos de *Brachiaria brizantha* em diferentes idades de corte. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35., 1998, Botucatu. Anais... Botucatu: SBZ, 1998a. v.2, p.614-616.
- COSTA, N. de L.; PAULINO, V.T. Avaliação agrônômica de genótipos de *Brachiaria humidicola* em diferentes idades de corte. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36., 1999, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre: SBZ, 1999. 3p. (CD-ROM)
- COSTA, N. de L.; PAULINO, V.T. Produção de forragem e composição mineral de *Paspalum atratum* BRA-9610 em diferentes idades de corte. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35., 1998, Botucatu. Anais... Botucatu: SBZ, 1998b. v.2, p.336-338.
- COSTA, N. de L.; PAULINO, V.T.; BUENO, M.S.; MAGALHÃES, J.A.; PEREIRA, R.G. de A.; CARVALHO, F.C. de. Carga animal de ovinos deslanados em pastagens de *Andropogon*

gayanus cv. Planaltina em Rondônia. In: SYMPOSIUM ON GRASSLAND ECOPHYSIOLOGY AND GRAZING ECOLOGY, 2., 2004, Curitiba. Anais... Curitiba: UFPR, 2004b, 3p. (CD-ROM)

COSTA, N. de L.; PAULINO, V.T.; MAGALHÃES, J.A. Produção de forragem, composição química e morfogênese de *Brachiaria humidicola* sob diferentes níveis de nitrogênio. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 44., 2007, Jaboticabal. Anais... Jaboticabal: SBZ, 2007. 3p. (CD-ROM)

COSTA, N de L.; PAULINO, V.T.; MAGALHÃES, J.A.; TOWNSEND, C.R.; OLIVEIRA, J.R. da C. Análise do crescimento de *Brachiaria dictyoneura* nos cerrados de Rondônia. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2003d. 3p. (Embrapa Rondônia. Comunicado Técnico, 275).

COSTA, N de L.; PAULINO, V.T.; MAGALHÃES, J.A.; TOWNSEND, C.R.; OLIVEIRA, J.R. da C. Morfogênese e análise de crescimento de *Panicum maximum* cv. Centenário nos cerrados de Rondônia. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2004a. 3p. (Embrapa Rondônia. Comunicado Técnico, 285).

COSTA, N. de L.; PAULINO, V.T.; MAGALHÃES, J.A.; TOWNSEND, C.R.; PEREIRA, R.G.A. Produção de forragem, composição química e morfogênese de *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés sob diferentes níveis de nitrogênio. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 45., 2008, Lavras. Anais... Lavras: SBZ, 2008. 3p. (CD-ROM).

COSTA, N. de L.; SAIBRO, J.C. de. Adubação nitrogenada, épocas e alturas de corte em *Paspalum guenoarum* Arech. *Agronomia Sulriograndense*, Porto Alegre, v.20, n.1, p.33-49, 1984.

COSTA, N de L.; TOWNSEND, C.R.; MAGALHÃES, J.A. Avaliação agronômica sob pastejo de *Panicum maximum* cv. Massai. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40., 2003, Santa Maria. Anais... Santa Maria: SBZ, 2003c. 5p. (CD-ROM).

COSTA, N. de L.; TOWNSEND, C.R.; MAGALHÃES, J.A.; OLIVEIRA, J.R. da C. Avaliação agronômica de *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés em diferentes idades de corte. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2003a. 4 p. (Embrapa Rondônia. Comunicado Técnico, 238).

COSTA, N. de L.; TOWNSEND, C.R.; MAGALHÃES, J.A.; OLIVEIRA, J.R. da C. Desempenho agronômico sob pastejo de *Panicum maximum* cv. Mombaça em Rondônia. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2003e. 4p. (Embrapa Rondônia. Comunicado Técnico, 274).

COSTA, N. de L.; TOWNSEND, C.R.; MAGALHÃES, J.A.; PEREIRA, R.G. de A. Avaliação agronômica sob pastejo de *Panicum maximum* cv. Tanzânia em Rondônia. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2001. 4p. (Embrapa Rondônia. Comunicado Técnico, 197).

COSTA, N. de L.; TOWNSEND, C.R.; MAGALHÃES, J.A.; PEREIRA, R.G. de A.; PAULINO, V.T.; LUCENA, M.A.C. de. Avaliação agronômica sob pastejo de *Paspalum atratum* BRA-009610. In: REUNIÃO LATINOAMERICANA DE PRODUCCIÓN ANIMAL, 16., 2000, Montevideo. Anais... Montevideo: ALPA, 2000. 4p. (CD-ROM).

COSTA, N. de L.; TOWNSEND, C.R.; PAULINO, V.T.; PEREIRA, R.G. de A.; MAGALHÃES, J.A. Resposta de *Paspalum atratum* cv. Pojuca à regimes de cortes. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2003b. 3p. (Embrapa Rondônia. Comunicado Técnico, 256).

DALE, J.E. Some effects of temperature and irradiance on growth of the first four leaves of wheat *Triticum aestivum*. *Annals of Botany*, v.50, p851-858, 1982.

DAVIES, A. Leaf tissue remaining after cutting and regrowth in perennial ryegrass. *Journal of Agriculture Science*, v.82, p.165-172, 1974.

FAVORETTO, V. Adaptação de plantas forrageiras ao pastejo. In: SIMPÓSIO SOBRE ECOSISTEMA DE PASTAGENS, 2, 1993, Jaboticabal. Anais... Jaboticabal: FUNEP, 1993.

p.130-165.

GOMIDE, J.A. Fisiologia do crescimento livre de plantas forrageiras. In: Pastagens: Fundamentos da Exploração Racional. FEALQ. p.1-14, 1994

GOMIDE, J.A. Morfogênese e análise de crescimento de gramíneas tropicais. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTEJO, Viçosa, 1997. Anais... Viçosa: UFV, p.411-430, 1997a.

GOMIDE, J.A. O fator tempo e o número de piquetes do pastejo rotacionado. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM: FUNDAMENTOS DO PASTEJO ROTACIONADO, 14, 1997, Piracicaba. Anais... Piracicaba: FEALQ, 1997b. p.253-271.

GOMIDE, C.A.M.; GOMIDE, J.A.; QUEIROZ, D.S.; PACIULLO, D.S.C. Fluxo de tecidos em *Brachiaria decumbens* In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34, 1997. Juiz de Fora, Anais... Juiz de Fora: SBZ, p. 117-119, 1997.

GOMIDE, J.A.; OBEID, J.A.; RODRIGUES, L.R.A. Fatores morfofisiológicos de rebrota do capim-colonião (*Panicum maximum*). Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia, Viçosa, v.8, n.4, p.532-562, 1979.

GRANT, S.A.; BERTHARM, G.T.; TORVELL, L. Components of regrowth in grazed and cut *Lolium perenne* swards. Grass and Forage Science, v.36, p.155-168, 1981.

GRANT, S.A.; BERTHARM, G.T.; TORVELL, L.; KING, J.; ELSTON, A. Comparison of herbage production under continuous stocking and intermittent grazing. Grass and Forage Science, v.43, n.1, p.29-39, 1988.

HORST, G.L.; NELSON, C.J.; ASAY, K.H. Relationship of leaf elongation to forage yield of tall fescue genotypes. Crop Science, v.18, p.715-719, 1978.

JONES, R.J.; NELSON, C.J.; SLEPER, D.A. Seedling selection for morphological characters associated with yield of tall fescue. Crop Science, v.19, n.5, p.631-634, 1979.

LEMAIRE, G. The physiology of grass growth under grazing: tissue turnover. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTEJO, Viçosa, 1997. Anais... Viçosa: UFV, p.115-144, 1997.

LEMAIRE, G.; AGNUSDEI, M. Leaf tissue tun-over and efficiency of herbage utilisation. In: MORAES, A. (Ed.). INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON GRASSLAND ECOPHYSIOLOGY AND GRAZING ECOLOGY, 1., 1999, Curitiba. Anais... Curitiba: UFPR, 1999. p.165-186 .

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

LANGER, R.H.M. How grasses grow. London, Edward Arnold, 1972. 60p. (Studies in Biology, 34).

LANGER, R.H.M. Tillering in herbage grasses. Herbage Abstracts, v.33, n.3, p.141-148, 1963.

MARTUSCELLO, J.A.; FONSECA, D.M.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; SANTOS, P.M.; RIBEIRO JÚNIOR, J.I.; CUNHA, D.N.F.V.; MOREIRA, L.M. Características morfogênicas e estruturais do capim-xaraés submetido à adubação nitrogenada e desfolhação. Revista Brasileira de Zootecnia, v.34, n.5, p.1475-1482, 2005.

MAZZANTI A.; LEMAIRES, G. Effect of nitrogen fertilisation on the herbage production of tall fescue swards grazed continuously with sheep. 2. Consumption and efficiency of herbage

utilisation. *Grass and Forage Science*, v.49, p.352-359, 1994.

MAZZANTI A.; LEMAIRE, G.; GASTAL, F. The effect of nitrogen fertilization upon herbage production of tall fescue swards grazed by shepp. 1. Herbage growth dynamics. *Grass and Forage Science*, v.49, p.111-120, 1994.

MOORE, K.J.; MOSER, L.E.; VOGEL, K.P.; WALLER, S.S.; JOHNSON, B.E.; PEDERSEN, J.F. Describing and quantifying growth stages of perennial forage grasses. *Agronomy Journal*, v.83, n.6, p.1073-1077, 1991.

NABINGER, C. Manejo da desfolha In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 14., 2001, Piracicaba. Anais... Piracicaba: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". 2001. p.192-210.

NABINGER, C.; PONTES, L. da S. Morfogênese de plantas forrageiras e estrutura do pasto. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38, 2001. Piracicaba. Anais... Piracicaba: SBZ, 2001. p.755-771.

NELSON, C.J.; ASAY, K.H.; SLEPER, D.A. Mechanisms of canopy development of tall fescue genotypes. *Crop Science*, v.17, n.3, p.449-452, 1977.

NETO, R.T.; LEITE, G.G.; NETO, C.R.B.; MORAES, E.A.; FERREIRA, C.A. Dinâmica de perfilhamento e produção de folhas em gramíneas nativas dos cerrados submetidas à queima. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 32, 1995, Brasília. Anais... Brasília: SBZ, 1995, p.3-15.

PARSONS, A.J.; PENNING, P.D. The effect of the duration of regrowth on photosynthesis, leaf death and the average rate of growth in a rotationally grazed sward. *Grass and Forage Science*, v.43, p.15-27, 1988.

PONTES, L. da S. Dinâmica de crescimento em pastagens de azevém anual (*Lolium multiflorum* Lam.) manejadas em diferentes alturas. Dissertação de Mestrado, PPG-Zootecnia, UFRGS, Porto Alegre. 102 p. 2001.

ROBSON, M.M. A comparison of British and North American varieties of tall fescue. 1. Leaf growth during winter and the effect on it of temperature and daylength. *Journal of Applied Ecology*, v.4, p.475-484, 1967.

ROBSON, M.J.; RYLE, G.J.A.; WOLEDGE, J. The grass plant – its form and function. In: JONES, M.B.; LAZENBY, A. (Eds.) *The grass crop: the physiological basis of production*. London Chapman and Hall, p.25-83, 1988.

RYLE, G.J.A. A comparison of leaf and tiller growth in seven perennial grasses as influenced by nitrogen and temperature. *Journal of British Grassland Society*, v.19, n.3, p.281-290, 1964.

SILVA, S.C.; FARIA, V.P.; CORSI, M. Sistema intensivo de produção de leite em pastagens de capim-elefante do Departamento de Zootecnia da ESALQ. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GADO LEITEIRO, 2, Piracicaba, 1995. Anais... Piracicaba: FEALQ, 1996. p.97-122.

SKINNER R.H.; NELSON C.J. Epidermal cell division and the coordination of leaf and tiller development. *Annals of Botany*, v.74, p.9-15, 1994b.

SKINNER, R.H.; NELSON, C.J. Elongation of the grass leaf and its relationship to the phyllochron. *Crop Science*, v.35, p.4-10, 1995.

SKINNER R.H.; NELSON C.J. Role of leaf appearance rate and the coleoptile tiller in regulating tiller production. *Crop Science*, v.34, p.71-75, 1994a.

WALLER, S.S.; MOSER, L.E.; REECE, P.E. Understanding grass growth: the key to profitable livestock production. Kansas City: Trabon Printing, 1985.

WILHELM, W.W.; McMASTER, G.S. Importance of the phyllochron in studying development and growth in grasses. *Crop Science*, v.35, n.1., p.1-3, 1995.

ZARROUGH, K.M.; NELSON, C.J.; SLEPER, D.A. Interrelationships between rates of leaf appearance and titling in selected tall fescue populations. *Crop Science*, v.24, p.565-569, 1984.

Newton de Luena Costa (Embrapa Roraima), Valdinei Tadeu Paulino (Instituto de Zootecnia), Claudio Ramalho Townsnend (Embrapa Rondônia), João Avelar Magalhães (Embrapa Meio Norte), Ricardo Gomes de Araújo Pereira (Embrapa Rondônia)