



Produção de Forragem e Interceptação de Luz

Quinta-feira, 4 de novembro de 2010
Newton de Lucena Costa

A produção de forragem depende da atividade fotossintética da folha, capacidade de interceptação da radiação e destino dos produtos assimilados (crescimento, reserva ou respiração). Pearson & Ison (1987) sugerem como modelo de crescimento potencial em pastagens a equação proposta por Warren-Wilson (1961): $G = \epsilon I [1 - e(-KL)]$, onde G é a taxa de crescimento (kg/ha/dia), I é a radiação (MJ/ha), ϵ é a eficiência fotossintética (kg/MJ) e a expressão $1 - e(-KL)$ é uma estimativa da fração da radiação interceptada por uma cultura (dossel) com índice de área foliar L e coeficiente de extinção K . Esta equação permite chamar a atenção para, por um lado, a importância da eficiência fotoquímica com que a radiação interceptada é utilizada, e, por outro, para a influência das características do dossel na interceptação da radiação, já que o produto KL apresenta uma relação assintótica com a fração da radiação que é interceptada. Na ausência de fatores ambientais limitantes, os principais fatores que determinam a taxa fotossintética da pastagem seriam a proporção de radiação incidente que é interceptada, a sua distribuição pela superfície foliar e a eficiência individual da folha na conversão de luz. Deste modo, nas fases iniciais o crescimento da pastagem é exponencial com o tempo; a segunda fase é linear e no seu decorrer a sua inclinação é máxima, quando então atinge o teto de produção, permanecendo estável por certo período e logo declinando como consequência da intervenção de fatores limitantes, notadamente a baixa penetração de luz no interior do dossel e a elevada proporção de material senescente. A fase linear está associada com o período onde a diferença entre a fotossíntese e a respiração é máxima, gerando balanço positivo máximo de carbono no dossel.

A temperatura estabelece uma forte interação com a radiação luminosa e influencia de forma acentuada e imediata o crescimento da folha, limitando a divisão e o alongamento das células, condicionando a sua eficiência fotossintética, notadamente em elevados níveis de radiação luminosa, o que reflete em diferentes curvas de resposta do crescimento, em função da temperatura do ar das gramíneas e leguminosas forrageiras (ROBSON, 1967; ROBSON et al., 1988). A eficiência do uso da radiação pelas plantas depende da interação entre a vegetação e o ambiente, que define como os processos de fotossíntese e transpiração serão afetados pelos elementos climáticos e edáficos ou como a estrutura do dossel afeta a quantidade de radiação incidente que atinge os seus diferentes estratos e sua absorção pelas plantas (RUSSELL et al., 1989). A relação entre a produção de matéria seca (MS) e a quantidade de PAR interceptada ou absorvida tem sido amplamente usada para definir a eficiência de uso da radiação pelas culturas (SIVAKUMAR; VIRMANI, 1984; COSTA et al., 1996). Em condições não limitantes, vários autores demonstraram a linearidade da relação entre a MS total acumulada e a disponibilidade da PAR (BISCOE et al. 1975; MONTEITH, 1965, 1977; GALLAGHER; BISCOE, 1978; BONHOMME, 2000; SCHÖFFEL; VOLPE, 2001; SILVA JÚNIOR et al., 2009), mormente quando se considera a comunidade de plantas e não a folha isoladamente. Posteriormente o modelo proposto foi utilizado para caracterizar o comportamento individual e em conjunto de várias espécies (C3 ou C4), em termos de potencial para um dado ambiente (GOSSE et al., 1986). Entretanto, nem sempre o aumento linear de MS, em função da radiação interceptada, resulta em aumentos lineares de produtividade (SHIBLES; WEBER, 1965, 1966; SCHÖFFEL; VOLPE, 2001), evidenciando que há outros fatores relacionados com a produtividade, como potencial genético e disponibilidade de água e nutrientes.

A interceptação de luz está condicionada a vários aspectos morfofisiológicos, destacando-se os relativos com a organização espacial das folhas, (densidade de cobertura foliar, posicionamento horizontal ou vertical das folhas e ângulos foliares) e os funcionais, relacionados com a estrutura da planta e o ambiente (idade, tipo, tamanho e propriedades óticas das folhas, saturação lumínica e flutuações na intensidade e qualidade da radiação luminosa)(BERNARDES, 1987). A anatomia da folha é altamente especializada para a absorção de luz (TERASHIMA; HIKOSAKA, 1995). A camada celular mais externa, a epiderme, é tipicamente transparente à luz visível e suas células são frequentemente, convexas, concentrando a luz, de modo que a quantidade que atinge os cloroplastos pode ser muitas vezes maior que a luz disponível no ambiente (VOGELMANN et al., 1996). A difusão do CO₂, a intensidade de luz que atinge os cloroplastos, a manutenção da turgescência celular e a translocação de assimilados podem ser afetadas pela extensão do espaço intercelular, a proporção entre parênquima paliçádico e esponjoso, o tamanho e a eficiência dos estômatos, a espessura da cutícula e a eficiência do sistema vascular.

A distribuição estacional da radiação luminosa é o fator climático mais limitante à produção de plantas forrageiras, cuja eficiência de utilização é negativamente afetada por outros fatores, tais como: baixas temperaturas, latitude, deficiência de água e limitação de nutrientes no solo, particularmente do nitrogênio (PEDREIRA, 1995; (COSTA, 2004; COSTA et al. 2007)). Um modelo para estimar a produção de biomassa, em função da latitude e do tipo de rota fotossintética da planta (C3 ou C4) foi proposto por Snaydon (1991), sendo descrito pela equação: $B = 36 - 0,35 \pm 0,08 L - 10 \pm 3 A + 0,3 \pm 3 C$, onde, B = produção de biomassa (t/ha); L = latitude em graus; A = ciclo da cultura (anuais = 1 e perenes = 0) e C = rota fotossintética (C3 = 0 e C4 = 1). O modelo preconiza uma redução de 0,35 t/ha para cada incremento de um grau na latitude, possivelmente como consequência de temperaturas mais baixas e menor duração da estação de crescimento em altas latitudes; as culturas perenes produzem, em média, 10 t/ha de biomassa a mais que as anuais e as plantas C4 superam a produtividade das C3 em apenas 0,31 t/ha. As plantas forrageiras do tipo C4, bem adaptadas ao clima tropical, superam as do tipo C3 quanto à capacidade fotossintética, taxa de acúmulo de forragem e eficiência no uso de água e nutrientes. Ademais, as plantas C3 saturam-se de luz em intensidades luminosas mais baixas que as C4 (AGATA et al., 1985; LUDLOW et al., 1982; LUDLOW, 1985). Contudo, variações significativas podem ser observadas na produtividade de biomassa quando se comparam espécies C4, entre si ou com outras do tipo C3. Em condições ambientais semelhantes, as produtividades médias anuais da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) e do capim-elefante (*Pennisetum purpureum*) foram o dobro da verificada com o capim-bermuda (*Cynodon dactylon*), todas as espécies com rota fotossintética C4 (LOOMIS; GERAKIS, 1975). Hofstra & Stienstra (1977), avaliando a produtividade de biomassa de uma gramínea C3 tolerante à sombra (*Oplismenus compositus*) e duas gramíneas C4 (*Axonopus compressus* e *Setaria plicata*) normalmente encontradas em ambientes abertos, sob diferentes níveis de irradiância, constataram que, durante o período chuvoso, a taxa relativa de crescimento da gramínea C3 foi inferior a de *S. plicata*, porém superior a de *A. compressus*, enquanto que durante o período seco as três gramíneas apresentaram desempenhos produtivos semelhantes.

A arquitetura do dossel interfere tanto na distribuição da luz dentro da população de plantas quanto na circulação de ar afetando os processos de transferência de CO₂ e evapotranspiração, sendo o fator determinante dos padrões de interceptação luminosa pelas plantas e, para tanto, a sua altura é a característica mais importante para a maximização de sua habilidade competitiva pela luz (LOOMIS; WILLIAMS, 1969). Para a máxima produtividade de forragem é primordial que toda a luz incidente seja utilizada pelo tecido fotossintético, contudo alterações na interceptação luminosa podem ser influenciadas pelo estágio de crescimento, espécie da planta e estação do ano (BROUGHAM, 1957). As plantas promovem ajustes fisiológicos que reduzem os riscos de danos em alta luminosidade, destacando-se: a) movimentação dos cloroplastos de um lado ao outro da célula (ciclose);

b) orientação das folhas ao ponto delas ficarem alinhadas paralelamente à incidência dos raios solares e, assim, absorverem menos luz; c) características estruturais e químicas da folha que reduzem a quantidade de luz que alcança o cloroplasto (superfície brilhante ou reflectiva; cutícula mais espessa e células da epiderme com maiores teores de antocianina que absorve comprimentos de ondas curtas e mais danosos).

Considerações Finais

O manejo eficiente e sustentável das pastagens pode ser caracterizado como o controle das relações do sistema pastoril, visando sua maior produção, melhor utilização e persistência, com reflexos positivos no desempenho zootécnico dos animais. A produção de forragem decorre da transformação de energia solar em compostos orgânicos através da fotossíntese, onde o carbono do dióxido de carbono (CO₂) da atmosfera é combinado com a água e convertido em carboidratos com a utilização da energia solar, processo responsável por mais de 90% do acúmulo de biomassa nas plantas. Fatores como temperatura, luz, água e nutrientes influenciam o potencial fotossintético da planta forrageira, como decorrência de modificações no seu índice de área foliar e na sua capacidade fotossintética do dossel.

A radiação luminosa, considerando-se sua ilimitada disponibilidade, é um dos fatores determinantes ao crescimento das plantas, através dos seus efeitos sobre a fotossíntese e outros processos fisiológicos, como a transpiração e a absorção de água e nutrientes. A seleção de germoplasma forrageiro, com arquitetura de plantas e estrutura de dossel, que maximizem a interceptação e utilização da luz é uma vantagem competitiva, proporcionando maior eficiência na transformação de energia luminosa em química. Neste contexto, práticas de manejo adequadas são essenciais para otimizar a geração e a dinâmica do fluxo de tecidos no ecossistema de pastagem, de modo a equilibrar a conflitante demanda das plantas por área foliar e a sua constante remoção através do consumo animal.

Referências Bibliográficas

AGATA, W.; KAWAMITSU, Y.; HAKOIAMA, S. Characteristics of photosynthesis, transpiration and water use efficiency of C₃ e C₄ grasses leaves. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 15., Kioto, 1985. Proceedings... Kioto: Kyushu University, 1985. p. 347-349.

BISCOE, P.V.; SCOTT, R.K.; MONTEIH, J.L. Barley and its environment. III. Carbon budget of the stand. *Journal of Applied Ecology*, v.12, p.269-293, 1975.

BONHOMME, R. Beware of comparing RUE values calculated from PAR vs. solar radiation or absorbed vs. intercepted radiation. *Field Crops Research*, v.68, p.247-252, 2000.

BERNARDES, M.S. Fotossíntese no dossel de plantas cultivadas. In: CASTRO, P.R.C.; FERREIRA, S.O.; YAMADA, T. *Ecofisiologia da produção agrícola*. Piracicaba: Associação Brasileira de Potassa e de Fosfato, 1987. p.13-48.

BROUGHAM, R.L. Interception of light by the foliage of pure mixed stands of pasture plants. *Australian Journal Agricultural Research*, v. 9, p.39-52, 1957.

COSTA, L.C.; MORISON, J.I.L.; DENNET, M.D. Carbon balance of growing faba bean and its effect on crop growth: experimental and modeling approaches. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, v.4, p.11-17, 1996.

COSTA, N. de L. *Formação, manejo e recuperação de pastagens em Rondônia*. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2004, 217p.

COSTA, N de L.; MAGALHÃES, J.A.; PEREIRA, R.G.A. et al. Considerações sobre o manejo de

pastagens na Amazônia Ocidental. Revista do Conselho Federal de Medicina Veterinária, Brasília, v.13, n.40, p.37-56, 2007.

GALLAGHER, J.N.; BISCOE, P.V. Radiation absorption, growth and yield of cereals. Journal of Agricultural Science, v. 91, p.47-60, 1978.

GOSSE, G.; VARLET-GRANCHER, C.; BONHOMME, R. et al. Production maximale de matière sèche et rayonnement solaire intercepté par un couvert végétal. Agronomie, v.6, p.47-56, 1986.

HOFSTRA, J.J.; STIENSTRA, A.W. Growth and photosynthesis of closely related C3 and C4 grasses, as influenced by light intensity and water supply. Acta Botanica Neerlandica, v.26, p.63-72, 1977.

LOOMIS, R.S.; GERAKIS, P.A. Productivity of agricultural systems. In: COOPER, J.P. (Ed.) Photosynthesis and productivity in different environments. Cambridge: Cambridge University Press, p.145-172, 1975.

LOOMIS, R.S.; WILLIAMS, W.A. Productivity and the morphology of crop stands: patterns with leaves. In: EASTIN, J.D.; HASKINS, F.A.; SULLIVAN, C.Y. et al. (Eds.). Physiological aspects of crop yield. Madison: ASA/CSSA/SSA, 1969. p.27-47.

LUDLOW, M.M. Photosynthesis and dry matter production in C3 and C4 pasture plants with special emphasis on tropical C3 legumes and C4 grasses. Australian Journal of Plant Physiology, v.12, n.6, p.557-572, 1985.

LUDLOW, M.M.; STOBBS, T.H.; DAVIS, R. CHARLES-EDWARDS, D.A. Effect of sward structure of two tropical grasses with contrasting canopies on light distribution, net photosynthesis and size of bite harvested by grazing cattle. Australian Journal of Agricultural Research, v.33, p.187-201, 1982.

MONTEITH, J.L. Climate and the efficiency of crop production in Britain. Philosophical Transactions of the Royal Society, London, v.281, p.227-294, 1977.

MONTEITH, J.L. Light distribution and photosynthesis in field crops. Annals of Botany, v.29, p.17-37, 1965.

PEARSON, C.J.; ISON, R.L. Agronomy of grassland systems. Cambridge: Cambridge University Press, p.9-61, 1987.

PEDREIRA, C.G.S. Plant and animal responses on grazed pastures of "Florakirk" and "Tifton 85" Bermudagrass. 1995. 153f. Thesis of Doctor of Philosophy. University of Florida, Florida, 1995.

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.

RUSSEL, G.; JARVIS, P.G.; MONTEITH, J.L. Absorption of radiation by canopies and stand growth. In: RUSSEL, G.; JARVIS, P.G.; MONTEITH, J.L. (Eds.) Plant canopies: their growth, form and function. Cambridge: Cambridge University, 1989. p.21-39. (Society for

Experimental Biology Seminar Series, 31).

SCHÖFFEL, E.R.; VOLPE, C.A. Eficiência de conversão da radiação fotossinteticamente ativa interceptada pela soja para produção de fitomassa. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, n.2, v.9, p.241-249, 2001

SHIBLES, R.M.; WEBER, C.R. Interception of solar radiation and dry matter production by various soybean planting patterns. *Crop Science*, v.6, p.55-59, 1966.

SHIBLES, R.M.; WEBER, C.R. Leaf area, solar radiation interception, and dry matter production by various soybean planting patterns. *Crop Science*, v.6, p.575-577, 1965.

SILVA JÚNIOR, L.C.; SILVA, W.J.; BISINOTTO, F.F. Efeito da radiação fotossinteticamente ativa no crescimento e desenvolvimento de gramíneas forrageiras. Belo Horizonte: EPAMIG, 2009, 4p.

SIVAKUMAR, M.V.K.; VIRMANI, S.M. Crop productivity in relation to interception of photosynthetically active radiation. *Agricultural and Forest Meteorology*, v.31, n.1, p.131-141, 1984.

SNAYDON, R.W. The productivity of C3 and C4 plants: a re-assessment. *Functional Ecology*, v.5, p.321-330, 1991.

TERASHIMA, I.; HIKOSAKA, K. Comparative ecophysiology of leaf and canopy photosynthesis. *Plant, Cell and Environment*, v.18, p.1111-1128, 1995.

VOGELMANN, T.C.; BORNMAN, J.F.; YATES, D.J. Focusing of light by leaf epidermal cells. *Physiology Plant*, v.98, p.43-56, 1996.

WARREN-WILSON, J. Influence of spatial arrangement of foliage area on light interception and pasture growth. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 8., Berkshire, 1961. *Proceedings...* Berkshire: Alden Press, 1961. p.275-279.

Newton de Lucena Costa (Embrapa Roraima), Cícero Deschamps (UFPR), Aníbal de Moraes (UFPR), André Faé Giostri (UFPR)