



PRODUÇÃO DE SERAPILHEIRA E ACÚMULO DE BIOMASSA EM FLORESTAS

Eleandro J. Brun¹, Mauro V. Schumacher², Júlio C. Wojciechowski¹, Luiz Eduardo B. Fialho¹, Caren Andreis¹, Sandro Vaccaro³

RESUMO

Este trabalho de revisão de literatura objetiva fornecer subsídios para a formulação de estudos sobre a dinâmica de ecossistemas florestais, visando respaldar qualquer investigação que se realize sobre os processos de regeneração destes ecossistemas, fornecendo ferramentas úteis a todos os profissionais que trabalham na recuperação de áreas degradadas, no monitoramento de áreas de preservação permanente, implantação de florestas comerciais com o uso de espécies nativas e em atividades de manejo florestal sustentável. Baseou-se o enfoque em dois aspectos principais da ciclagem de nutrientes, quais sejam a devolução de serapilheira e acúmulo de biomassa pelas florestas.

Palavras chave: ciclagem de nutrientes, serapilheira, biomassa.

¹ Acadêmicos do Curso de Eng. Florestal da UFSM. E-mail: eleandrojbrun@yahoo.com.br

² Prof. Adj. Dr. nat techn do Depto. de Ciências Florestais/CCR/UFSM.

³ Eng. Florestal, Doutorando do PPGEF/UFSM.



ABSTRACT

This work of revision of literature objective of supplying subsidies for the formulation of studies on the dynamics of forest ecosystems, seeking to back any investigation that takes place on the processes of regeneration of these ecosystems, supplying useful tools the all the professionals that work in the recovery of degraded areas, in the monitoring of areas of permanent preservation, implantation of commercial forests with the use of native species and in activities of maintainable forest handling. Based the focus on two main aspects of nutrient cycling, which are the litter devolution and biomass accumulation for the forests.

Key words: nutrient cycling, litter and biomass.

INTRODUÇÃO

Os ecossistemas florestais vivem atualmente uma época que poderia ser denominada a “era da vegetação secundária”. Somos espectadores de uma das trocas mais impressionantes da história da vida sobre a terra, pois a biota nativa está extinguindo-se ou adaptando-se a novas condições, tendo como causa principal a atividade humana (GÓMEZ-POMPA & VASQUEZ-YANES, 1981). Fatores como a acelerada industrialização, a urbanização e a agricultura intensiva e monocultural são os principais responsáveis por estes profundos impactos nos ecossistemas.



Tal realidade de redução de área e depauperamento dos ecossistemas florestais é característica em várias regiões do mundo. Assim, atualmente, a comunidade científica tem se voltado para o estudo da dinâmica de sucessão florestal, imprescindível na recuperação de áreas degradadas, monitoramento de áreas de preservação permanente, implantação de florestas comerciais com essências nativas e atividades de manejo sustentável dos recursos.

Objetivou-se neste trabalho, respaldar investigações que se realizem sobre os processos de regeneração dos ecossistemas florestais, as quais fornecerão subsídios úteis ao trabalho de profissionais da área.

CICLAGEM DE NUTRIENTES

A ciclagem de nutrientes é um dos principais processos que sustenta a produção de material orgânico. O conhecimento destes processos permite aprender o funcionamento de um ecossistema, possibilitando medidas adequadas ao seu manejo.

No ecossistema florestal, os nutrientes encontram-se distribuídos em quatro compartimentos básicos, ou seja: a) o compartimento orgânico constituído pelos organismos vivos e seus restos; b) o compartimento de nutrientes disponíveis na solução do solo ou adsorvidos às superfícies do complexo argila-húmus; c) o compartimento de minerais primários (nutrientes temporariamente não disponíveis) e o compartimento atmosférico, formado pelos gases e partículas em suspensão (BORMANN & LIKENS, 1970). Estes compartimentos ainda se subdividem em subcompartimentos mais específicos. Para efeito de pesquisas, a biomassa arbórea que integra o compartimento “a” poderia subdividir-se em



folhas, ramos, casca, lenho, raízes, epífitas, etc. A camada de serapilheira também poderia ser subdividida em diferentes estratos, conforme seu estágio de decomposição. O solo também poderia ser dividido conforme as camadas que compõem o perfil. Para sistematizar o estudo de ciclagem de nutrientes em florestas, são usualmente considerados o ciclo geoquímico (trocas entre o ecossistema e seus componentes externos), biológico (trocas entre solos, plantas e animais associados no ecossistema) e bioquímico (translocação dos nutrientes dos tecidos velhos para os tecidos novos das plantas) (SWITZER & NELSON, 1972).

LEITÃO FILHO (1993) comenta que a manutenção dos ecossistemas florestais depende da capacidade em circular e acumular os nutrientes existentes nos diferentes compartimentos. Portanto, a ciclagem de nutrientes em um ecossistema consiste no fluxo desses nutrientes entre os compartimentos e nas transferências entre os ecossistemas.

Principalmente nas regiões tropicais e subtropicais é de importância fundamental que se tenha maiores informações no que diz respeito à dinâmica dos nutrientes nos diferentes compartimentos de um ecossistema florestal, para assim empregar práticas silviculturais que venham realmente assegurar um manejo sustentado a longo prazo (SCHUMACHER, 1996).

A exploração controlada está vinculada a atividades de pesquisa sobre a estrutura e funcionamento do ecossistema, as quais irão dimensionar a intensidade que as atividades de exploração terão para não afetarem o seu equilíbrio.

Produção e Decomposição da Serapilheira



Dentre os vários fluxos intercompartimentais que compõem a ciclagem de nutrientes, destaca-se a produção e a decomposição da serapilheira, em virtude de constituir um parâmetro indicativo da maior ou menor eficiência do ciclo mineral nos ecossistemas florestais (PAGANO, 1989).

A serapilheira inclui folhas, caules, ramos, frutos, flores e outras partes das plantas depositadas no piso florestal, bem como restos de animais e material fecal.

Este aspecto é o mais estudado na ciclagem de nutrientes, pois é a principal via de transferência de nutrientes minerais das plantas ao solo, em ecossistemas florestais. O estudo da queda de serapilheira fornece um indicativo da capacidade produtiva do sítio. Para a quantificação da disponibilidade de nutrientes, é necessário também determinar a taxa de decomposição da serapilheira que é depositada de maneira contínua na superfície do solo florestal (LEITÃO FILHO, 1993).

Segundo BACKES et al. (2000), a reciclagem dos elementos minerais constitui a maior parcela do fluxo de energia, sendo a serapilheira o sítio de interação mais intensa entre a ciclagem dos elementos químicos inorgânicos e a transferência de energia. Assim, o conjunto solo/serapilheira atua no controle da passagem dos elementos absorvidos pelos produtores e da energia por eles fixada. Isso condiciona a capacidade de produção do ecossistema, ainda mais quando os recursos minerais forem reduzidos ou quando a decomposição for limitada por fatores ambientais extremos.

BRAY & GHORAN (1964), em uma revisão de âmbito mundial, concluíram que nas diferentes zonas macroecológicas, de um modo geral as serapilheiras amostradas em diferentes florestas do mundo são compostas de 60-80% por



folhas, de 1-15% por frutos, de 12-15% por ramos, e de 1-15% por cascas de árvores.

Quanto a sazonalidade de deposição, esta varia de espécie para espécie nas regiões tropicais e subtropicais. Nas florestas de regiões temperadas e frias, a chegada do outono é sempre o fenômeno que desencadeia o processo de derrubada total das folhas.

Florestas tropicais e subtropicais localizadas em regiões com clima sazonal dividindo entre estações seca e chuvosa, apresentam geralmente, maior produção de serapilheira na época seca do ano, devido ao estresse hídrico. Este comportamento já foi relatado para florestas mesófilas semidecíduas de São Paulo (MORELLATO, 1992), e em florestas tropicais úmidas na Amazônia (LUIZÃO & SHUBART, 1987).

CUNHA et al. (1993) estudando uma floresta estacional decidual em Santa Maria (RS) e BRITES et al. (1992) uma floresta ombrófila mista no Paraná, observaram uma maior queda de serapilheira na entrada da primavera. CUNHA (1997) analisando três fases sucessionais (“capoeira”, “capoeirão” e “mata secundária”) de uma floresta estacional decidual em São João do Polêsine (RS) encontrou uma maior produção de serapilheira para os estágios “capoeirão” e “mata secundária” também na primavera, comentando que por não haver na região uma estação seca definida, a ocorrência de uma moderada estacionalidade térmica atuaria como seca fisiológica. Ainda, segundo este autor, a maior derrubada de folhas na primavera e não no inverno, pode ser explicada pelo clima não muito rigoroso e pela fenologia das espécies que dominam a vegetação, que derrubam maior quantidade de folheto quando começa o crescimento de brotos novos.



A quantidade de material orgânico depositado ao longo de um ano está relacionada principalmente com as condições climáticas, sendo menor nas regiões frias e maior nas regiões equatoriais quentes e úmidas. Por exemplo, florestas situadas em regiões árticas ou alpinas produzem anualmente cerca de 1 Mg/ha/ano de serapilheira, florestas temperadas frias 3,5 Mg/ha/ano, florestas temperadas quentes 5,5 Mg/ha/ano e florestas equatoriais cerca de 11 Mg/ha/ano (BRAY & GHORAN, 1964).

Ainda, segundo estes autores, há uma certa relação entre a quantidade de serapilheira depositada anualmente e a idade das árvores que compõem um determinado *stand*. Em geral, observa-se um aumento de deposição de serapilheira até a idade em que as árvores atingem maturidade ou fecham suas copas. Após este ponto pode ocorrer um ligeiro decréscimo ou uma estabilização.

CUNHA (1997) relata que a produção na Capoeira de 13 anos e no Capoeirão com 19 anos equivaleram, respectivamente, a 61% e 84% da quantidade de serapilheira produzida na mata mais antiga, mesmo tendo representado, respectivamente, 23% e 74% da área basal existente na mata com mais de 30 anos.

De acordo com o relatado por MILLER (1995), uma floresta, em sua fase inicial de desenvolvimento, aloca a maior parte da energia e dos nutrientes para a formação da biomassa foliar, na formação e fechamento do dossel. A partir de então, a biomassa de folhas vivas, o índice de área foliar e a queda de serapilheira tendem a estabilizar sendo que os recursos energéticos do ecossistema são direcionados para a produção de material lenhoso.



Cada porção de uma árvore apresenta diferentes concentrações de elementos químicos em seus tecidos, o que irá refletir na quantidade de nutrientes conforme a proporção de cada porção na serapilheira. Geralmente ocorre um gradiente com a seguinte tendência quanto à concentração de nutrientes: folhas>casca>ramos>lenho.

Outro aspecto importante ligado à ciclagem dos nutrientes minerais é o processo de decomposição da serapilheira, através do qual os macro e micronutrientes são novamente postos a disposição do sistema radicular das plantas. A quantidade de detritos acumulados sobre o solo florestal depende do balanço entre produção e decomposição de serapilheira. Normalmente os detritos acumulam-se sobre o solo até que a decomposição se inicie. No começo a deposição de serapilheira pode exceder a decomposição, mas cedo ou tarde, será atingido o equilíbrio entre a adição anual de matéria orgânica e a taxa de decomposição. Um dos métodos convencionalmente empregados para estimar a taxa de decomposição de serapilheira *in situ* é utilizado quando os pesos dos detritos e da queda anual são conhecidos e através da razão entre eles, pode ser calculada uma “constante anual de decomposição” (OLSON, 1963).

A velocidade de decomposição da serapilheira e a taxa de acúmulo de nutrientes na manta dependem de vários fatores, principalmente os relacionados à qualidade do substrato e ao ambiente onde se desenvolve o processo de decomposição. Os principais fatores relacionados à qualidade são os teores de C, N, P, as relações C/N e C/P. Os teores de lignina, polifenóis e as relações entre estas substâncias e o N também podem influenciar as taxas de decomposição. Os fatores ambientais



mais importantes são umidade e temperatura do ar e do substrato. A fertilidade do solo também exerce influência nas taxas de decomposição.

Produção de Biomassa

A biomassa representa a matéria orgânica armazenada no ecossistema. Sabendo-se a biomassa orgânica e sua concentração de minerais, pode-se calcular o reservatório dos nutrientes minerais da floresta (GOLLEY et al., 1975).

A estimativa da biomassa é um instrumento útil na avaliação de ecossistemas, conversão de energia e ciclagem de nutrientes, absorção e armazenagem de energia solar (ANDRAE & KRAPPENBAUER, 1983), possibilitando conclusões para a exploração racional dos mesmos.

Conforme PRITCHETT (1990), a absorção de nutrientes por uma árvore é influenciada pela espécie, pela cobertura e pelas condições de solo e clima. A absorção anual de nutrientes é da mesma ordem da apresentada pelas culturas agrícolas, mas como a maior parte dos nutrientes absorvidos são devolvidos ao piso florestal, quantidades relativamente pequenas são retidas no acréscimo anual de biomassa arbórea.

A acumulação de biomassa é afetada por todos aqueles fatores que afetam a fotossíntese e a respiração (KRAMER & KOZLOWSKI, 1972), incluindo fatores climáticos, do sítio, adaptação genética da espécie, estágio sucessional e competição.

LARCHER (1986) relata que as árvores, dependendo de seu nível de organização fisiológica e morfológica, distribuem os fotoassimilados produzidos entre os diferentes componentes da biomassa (folhas, galhos, troncos e raízes) de forma distinta,



de espécie para espécie, conforme suas funções ecológicas na sucessão.

O rápido crescimento das espécies pioneiras é consequência do contínuo e eficiente desenvolvimento da superfície foliar, o que dá a essas espécies grande eficiência fotossintética. As pioneiras utilizam os fotoassimilados para a construção de suas estruturas arbóreas de forma distinta àquela observada para as espécies dos estágios sucessionais subsequentes. Estas espécies investem uma menor quantidade de energia para a síntese de madeira, conseqüentemente, seus tecidos são mais claros e ricos em celulose, mas pobres em lignina (GÓMEZ-POMPA & VASQUEZ-YANES, 1981).

GONÇALVES et al. (1992a) observaram em um plantio de essências nativas de 17 meses de idade que o crescimento em biomassa aérea estimado através da produção de matéria seca foi muito superior nas pioneiras, seguido das secundárias e por fim as espécies clímax; além de que os percentuais de peso seco de tronco mais galhos nas pioneiras e secundárias foram superiores ao das clímax, apresentando estas últimas uma superioridade percentual em termos de folhas.

Segundo MILLER (1995), durante o início do desenvolvimento de um povoamento florestal, o crescimento é primeiro concentrado nas folhas e raízes finas, resultando em um acúmulo de nutrientes muito rápido. Durante esta fase, existe um efeito bem distinto entre espécies, enquanto após o fechamento das copas a absorção de nutrientes torna-se uma função da taxa de crescimento, indiferente da espécie. Após o fechamento do dossel até 2/3 dos nutrientes requeridos para o crescimento das árvores podem ser obtidos pela retranslocação dos tecidos mais velhos ou senescentes.



SCHUMACHER (1992) comenta que durante a fase inicial de desenvolvimento de uma floresta uma grande parte dos carboidratos é canalizada para a produção de biomassa da copa. Entretanto, com o passar do tempo, quando as copas começam a competir entre si, a produção relativa do tronco aumenta e a das folhas e ramos diminuem gradativamente. Neste sentido, SNEDAKER (1980) relata que apesar da rápida imobilização de nutrientes durante uma sucessão florestal, a quantidade de nutrientes imobilizados nas folhas, praticamente, não é aumentada, devido à estabilização da biomassa foliar, já nos estágios iniciais de sucessão. Dessa forma, a quantidade de nutrientes, aumentada durante a sucessão ficaria estocada na madeira.

WILLIANS-LINERA (1984), estudando o aumento de biomassa e as variações na concentração de nutrientes na planta e solo, de dois estágios sucessionais de uma floresta tropical, encontrou variações significativas na concentração e conteúdo de nutrientes entre espécies, compartimentos e estágios sucessionais. Os resultados evidenciaram um aumento da imobilização de nutrientes na madeira com o passar do tempo, embora a concentração de nutrientes por unidade de biomassa sintetizada tenha sido maior no estágio sucessional mais jovem. GONÇALVES et al. (1992b) verificaram que espécies pioneiras apresentaram maiores taxas de absorção de N, P, K e Ca, bem como maior eficiência na utilização destes nutrientes, em comparação com espécies secundárias e clímax.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRAE, F.; KRAPFENBAUER, A. **Inventário de um reflorestamento de araucária de 17 anos em Passo**



- Fundo, RS. Parte II: Inventário de nutrientes** In: PESQUISAS AUSTRO-BRASILEIRAS 1973-1982 sobre *Araucaria angustifolia*, *Podocarpus lambertii* e *Eucalyptus saligna*. Santa Maria. UFSM, 1983. P 30-35. 112 p.
- BACKES, A.; FERNANDES, A. V.; ZENI, D. J. Produção de folheto em uma floresta com *Araucaria angustifolia* no sul do Brasil. **Rev. Pesquisas, Botânica**. n. 50, p. 97-117. 2000.
- BORMANN, H. F.; LIKENS, G. E. The nutrient cycles of an ecosystem. **Scientific Am.**, v. 233, n. 4, p. 92-101, 1970.
- BRAY, J.R.; GHORAN, E. Litter production in forest of the world. **Advances in ecological Research**, London, v.2, p.101-157, 1964.
- BRITEZ, R.M.; REISSMANN, C.B.; SILVA, S.M.; SANTOS FILHO, A. Deposição estacional de serapilheira e macronutrientes em uma floresta de araucária, São Mateus do Sul, PR. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, 2., 1992, São Paulo. **Rev. Inst. Flor.**, v.4, pt.3, p. 766-772, 1992a (Edição Especial).
- CUNHA, G. C. da **Aspectos da Ciclagem de nutrientes em diferentes fases sucessionais de uma Floresta Estacional do Rio Grande do Sul**. Piracicaba: ESALQ – USP, 1997. 86 p. Dissertação (Mestrado) Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”/USP.
- CUNHA, G. C. da; GRENDENE, L. A.; DURLO, M. A. BRESSAN, D. A. Dinâmica nutricional em floresta estacional decidual com ênfase aos minerais provenientes da deposição da serapilheira. **Ciência Florestal**, v. 3, n. 1, p. 35-64, 1993.



- GOLLEY, F. B.; MCGINNIS, J. T.; CLEMENTS, R.G.; CHILD, G. L.; DUEVER, M. J. Mineral cycling in a Tropical Moist Forest Ecosystem. University of Georgia, 1975.
- GÓMEZ-POMPA, A.G.; VASQUEZ-YANES, C.V. Successional studies of a rain forest in Mexico. In: WEST, D.C.; SHUGART, H.H.; BOTKIN, D.B. (eds.) **Forest Succession – Concepts and Application**, New York, Springer-Verlag Press, 1981. pp. 247-266.
- GONÇALVES, J.L. de M.; FREIXÊDAS V.M.; KAGEYAMA, P.Y. *et al.* Produção de biomassa e sistema radicular de espécies de diferentes estágios sucessionais. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, 2., 1992, São Paulo. **Rev. Inst. Flor.**, v.4, pt.2, p. 363-367, 1992a (Edição Especial).
- GONÇALVES, J.L. de M.; KAGEYAMA, P.Y.; FREIXÊDAS V.M. *et al.* Capacidade de absorção e eficiência nutricional de algumas espécies arbóreas tropicais. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, 2., 1992, São Paulo. **Rev. Inst. Flor.**, v.4, pt.2, p. 463-469, 1992b (Edição Especial).
- KRAMER, R.J.; KOSLOWSKI, T.T. **Fisiologia das árvores**. Lisboa: Fundação Kalouste Gouldbenkian, 1972.
- LARCHER, W. **Ecologia vegetal**. São Paulo, Ed. Pedagógica e Universitária Ltda., 1986.
- LEITÃO FILHO, H. de F. (Coord.). **Ecologia da mata atlântica em Cubatão (SP)**. São Paulo: Ed. UNESP, 1993. 184 p.
- LUIZÃO, F.J.; SCHUBART, H.O.R. Litter production and decomposition in a terra-firme Forest of Central Amazonia. **Experientia**, v.43, n.3, p. 259-264, 1987.



- MILLER, H. G. The influence of stand development on nutrient demand , growth and allocation. **Plant and Soil**, v. 168/169, p. 225-232, 1995.
- MORELLATO, L.P.C. Nutrient cycling in two south-east Brazilian Forest. I. Litterfall and litter standing crop. **Journal of Tropical Ecology**, v.8, p. 205-215, 1992.
- OLSON, J.S. Energy storage and the balance of producers in ecological systems. **Ecology**, v.44, p. 322-331, 1963.
- PAGANO, S. N. Nutrientes minerais do folheto produzido em Mata Mesófila Semidecídua no município de Rio Claro - SP. **Rev. Bras. Biol.**, v. 49, n. 3, p. 641-647, 1989.
- PRITCHETT, W. L. **Suelos forestales: propiedades, conservación y mejoramiento**. Impreso no México, 1990. 634 p.
- SCHUMACHER, M. V. **Aspectos da ciclagem de nutrientes e do microclima em talhões de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh , *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e *Eucalyptus torelliana* F. Messel**. Piracicaba: ESALQ, 1992. Dissertação (Mestrado)- Universidade de São Paulo, 1992. 87 p.
- SCHUMACHER, M. V. Ciclagem de nutrientes como base da produção sustentada em ecossistemas florestais. In: SIMPÓSIO SOBRE ECOSSISTEMAS NATURAIS DO MERCOSUL: O AMBIENTE DA FLORESTA, 1. 1996. **Anais...** Santa Maria: UFSM/CEPEF, 1996.
- SNEDAKER, S. C. Successional immobilization of nutrients and biologically mediated recycling in tropical forests. In: EWEL, J. (ed.) Tropical succession. **Biotropica** (Supplement), Washington, v.12, p. 16-22, 1980.
- SWITZER, G. L.; NELSON, L. E. Nutrient accumulation and cycling in Loblolly Pine (*Pinus taeda*) plantation



ecosystems: The first 20 years. **Soil Science Society of America proceedings**, Madison, v. 36, p. 143-147, 1972.

WILLIAMS-LINERA, G.W. Biomass and nutrient content in two successional stages of tropical wet forest in Uxpanapa, Mexico. **Biotropica**, Washington, v.15, n.4, p. 275-284, 1983.