Influência do estresse hídrico sobre a decomposição da serapilheira em floresta amazônica de terra firme

Influence of water stress on leaf litter decomposition in upland Amazonian forest

Rosecélia Moreira Silva Castro^I, Maria de Lourdes Pinheiro Ruivo^{II},
Seidel Ferreira dos Santos^{III}, Possidônio Guimarães Rodrigues^{IV}

^IUniversidade Federal do Pará. Belém, Pará, Brasil

^{II}Museu Paraense Emílio Goeldi/MCTIC. Belém, Pará, Brasil

^{III}Universidade do Estado do Pará. Belém, Pará, Brasil

^{IV}Universidade Federal Rural da Amazônia. Belém, Pará, Brasil

Resumo: Neste estudo, foi verificada a influência do estresse hídrico sobre a decomposição da serapilheira. As coletas foram realizadas na Floresta Nacional de Caxiuanã (PA), em uma área experimental onde a floresta amazônica foi coberta com plataformas de plástico, que impediram que a água da chuva chegasse ao solo, e em uma área controle em condições naturais, adjacente à área experimental. Foram fixadas no solo 180 bolsas de decomposição de folhas em cada uma das áreas, com três diferentes tipos de malha de náilon (com 0,2, 2,0 e 1,0 mm), que foram coletadas com intervalos de 60, 120, 210 e 300 dias. Observou-se que a decomposição menor ocorreu na floresta privada de água da chuva. A variação nos três diferentes tipos de malhas foi significativa na quantidade de material remanescente. Para o período de permanência de 60 e 120 dias, a perda de massa de folhas foi de aproximadamente 50% do material remanescente e, para o período de 300 dias, o material remanescente foi mais significativo, com redução que variou de 68,9, 70,1 e 54,4%, para malhas grossa, média e fina, respectivamente. Não foram encontradas diferenças significativas entre os dois experimentos após 12 meses de decomposição nas duas áreas estudadas.

Palavras-chave: Floresta tropical. Caxiuanã. ESECAFLOR.

Abstract: In this study, the influence of water stress on leaf litter decomposition was verified. Collections were carried out in the Caxiuanã National Forest (Pará), in an experimental area where Amazon forest was covered with plastic sheets that prevented rainwater from reaching the ground and in an adjacent control area under natural conditions. In each area 180 leaf-filled bags of three different mesh sizes (0.2 mm, 2.0 mm, and 1.0 mm) were fixed to the ground and collected after intervals of 60, 120, 210 and 300 days. Decomposition rates were found to be lower in the rain-deprived forest. Variation in mesh size was significant for the amount of remaining material. For the 60 and 120 day decomposition periods the loss of leaf litter mass was approximately 50% of the remaining material, and for the 300 day period the remaining material suffered a reduction of 68.9%, 70.1%, and 54.4% for thick, medium, and fine mesh bags, respectively. No statistically significant differences were found between the two experimental areas after 12 months.

Keywords: Tropical forest. Caxiuanã. ESECAFLOR.

CASTRO, R. M. S., M. L. P. RUIVO, S. F. SANTOS & P. G. RODRIGUES, 2017. Influência do estresse hídrico sobre a decomposição da serapilheira em floresta amazônica de terra firme. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais** 11(3): 343-350.

Autora para correspondência: Rosecélia Moreira Silva Castro. Universidade Federal do Pará. Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais. Av. Augusto Corrêa, 1 – Guamá. Belém, PA, Brasil. CEP 66075-110 (rmsilva@museu-goeldi.br).

Recebido em 20/12/2016

Aprovado em 10/05/2017

Responsabilidade editorial: Maria de Lourdes Pinheiro Ruivo e Rogério Rosa da Silva

INTRODUÇÃO

A serapilheira exerce inúmeras funções para o equilíbrio e a dinâmica dos ecossistemas, compreendendo a camada mais superficial do solo em diferentes ambientes, composta por folhas, ramos, órgãos reprodutivos e detritos (A. C. L. Costa *et al.*, 2010; C. L. A. Costa *et al.*, 2010), sendo importante via de transferência entre o solo e a vegetação, pois a maior parte dos nutrientes absorvidos pela planta retorna ao solo através da serapilheira. Para Pinto *et al.* (2008), são vários os fatores bióticos e abióticos que comprometem a produção e a decomposição de serapilheira, como tipo de vegetação, altitude, latitude, precipitação, temperatura, regimes de luminosidade, deciduidade da vegetação, estágio sucessional, disponibilidade hídrica e características do solo. Uma parcela significativa da água da chuva é interceptada pela cobertura florestal, e parte desta retorna para a atmosfera por evaporação antes mesmo de chegar ao solo, contribuindo, assim, diretamente para a massa de vapor de água precipitável na atmosfera (Ferreira *et al.*, 2005).

De acordo com Larcher (1986), a velocidade de decomposição da matéria orgânica é influenciada por fatores como a composição química do material (relação entre carbono e nitrogênio), presença do oxigênio no solo, temperatura, umidade do solo e atividade dos micro-organismos, pois os materiais que apresentam baixa relação carbono/nitrogênio tendem a ter decomposição mais rápida em condições de clima tropical, com chuvas abundantes e altas temperaturas, e onde o solo seja bem aerado (oxigênio em níveis adequados nos espaços porosos).

Os três principais métodos utilizados para avaliar a taxa de decomposição da camada de serapilheira são: 1) respiração do solo, que avalia a evolução do CO_2 produzido pela decomposição; 2) valor k , isto é, a relação entre a quantidade de material que cai do dossel e a quantidade depositada sobre o solo; e 3) avaliações diretas de medidas de perda de massa em sacos denominados *litter bags* (bolsa de náilon), proposto por Andrade (1997).

Para avaliação da taxa de decomposição ou do tempo de renovação da serapilheira, tem sido utilizado de forma predominante o valor de k . Segundo Anderson & Swift (1983), em ecossistemas florestais tropicais, os valores k geralmente são superiores a 1, enquanto que, em florestas de clima temperado, estes são menores, podendo chegar a valores abaixo de 0,1 para florestas de coníferas, indicando que o tempo de renovação do material componente da serapilheira perdure por anos.

Assim, conforme salientado por Pinto *et al.* (2009), do ponto de vista da ciclagem de nutrientes, o aporte de folhas representa a via mais rápida de retorno de nutrientes para o solo, o que configura uma estratégia utilizada pelas árvores, nos estádios iniciais, para o seu crescimento. O estudo sobre decomposição de serapilheira é importante para a compreensão acerca do funcionamento e da dinâmica dos ecossistemas, pois, a partir da análise de nutrientes, pode-se fazer uma avaliação do material orgânico depositado, decomposto e depois absorvido pelas plantas no solo (Beck *et al.*, 1998).

O programa Experimento de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia (LBA), em pesquisa associada a diferentes áreas, tem investigado questões ambientais vinculadas ao funcionamento do clima e à dinâmica dos ecossistemas. A partir da temática de que o funcionamento da Amazônia está interferindo nas mudanças do ecossistema em escala global, iniciou-se a investigação sobre como a produção e a taxa de decomposição de serapilheira podem ser influenciadas quando submetidas a condições de estresse hídrico. Esta pesquisa é importante para o estudo de modelagem e para identificar o grau de intensidade do impacto do estresse hídrico no ecossistema.

O objetivo deste estudo foi avaliar a taxa de decomposição da serapilheira em uma área de floresta primária, e quantificar a perda de material remanescente no solo quando submetido ao estresse hídrico, o qual pode causar a extinção de muitos micro-organismos e provocar desequilíbrio no processo de decomposição.

MATERIAL E MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDO

Este estudo foi realizado na reserva da Floresta Nacional de Caxiuanã, na Amazônia oriental brasileira (1° 42' S, 51° 31' W), administrada na Estação Científica Ferreira Penna, pertencente ao Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG). O experimento foi implantado em duas parcelas, contendo um hectare cada, denominadas parcelas A e B, no Projeto Seca Floresta (ESECAFLOR).

Foram colocados 5.000 painéis plásticos para exclusão de água da chuva na parcela B, utilizados como coletores de água, instalados a uma altura de 1,5 a 4 m acima do solo, bem como calhas de drenagem. Foram ainda abertas quatro trincheiras, com 100 m de comprimento, por 1 m de largura e 2 m de profundidade, as quais foram abertas no solo, para impedir o movimento lateral da água. A parcela A é adjacente à parcela B e foi mantida em condições naturais.

Segundo Silva Júnior *et al.* (2013), o tipo de clima da região, com base na classificação de Köppen, é tropical, quente e úmido, do tipo climático 'Am', com curta estação seca e temperatura média do ar anual de $25,7 \pm 0,8$ °C, além de pluviosidade média anual em torno de 2.272 ± 193 mm, com sazonalidade bem definida, sendo o período chuvoso compreendido de dezembro a maio (1.717 mm, representando 75,6% da pluviosidade anual), e o período menos chuvoso entre junho e novembro (555 ± 116 mm, representando 24,4% da precipitação anual). O solo é caracterizado como latossolo amarelo distrófico, com textura variando de 75-83% de areia, 12-19% de argila e 6-10% de silte (Ruivo & Cunha, 2003).

EXPERIMENTO

O método utilizado para o estudo da decomposição foi baseado na técnica de bolsa de serapilheira, primeiramente adotada por Bocock & Gilbert (1957). Esta técnica é útil para testar a influência de diferentes grupos de invertebrados, consistindo no confinamento de folhas

dentro de uma malha de náilon, que permanece por um determinando tempo exposta na área de estudo. Foram utilizadas malhas de três diâmetros: grossa (1 mm), média (2 mm) e fina (0,2 mm).

As diferentes malhas serviram para excluir seletivamente os decompositores. A malha fina excluiu quase todos os artrópodes decompositores, exceto alguns colêmbolos (*Collembola*), ácaros e micro-organismos; a malha média excluiu a mesofauna de artrópodes decompositores, deixando passar os grupos excluídos, citados a pouco, e a malha grossa deixou os grupos excluídos ora mencionados passarem, além de grandes artrópodes decompositores, como coleópteros.

Primeiramente, foram recolhidas folhas inteiras de diferentes espécies, aleatoriamente do chão da floresta, as quais passaram por uma pré-secagem (secadas a temperatura ambiente), sendo posteriormente secadas em estufa a 20 °C, por cerca de 72 horas, até obter o peso constante. Após secagem, foram colocadas 10 g de folhas dentro de cada bolsa.

Para instalação das bolsas de decomposição, foram sorteados casualmente 60 pontos no *grid* de cada parcela (A e B), onde foram instaladas no solo, sobre a serapilheira, 60 bolsas de cada um dos três tipos de malha (fina, média e grossa), totalizando 180 bolsas por parcela e 360 em todo o experimento. Foram realizadas quatro coletas de bolsas de decomposição, com intervalos de 60, 120, 210 e 300 dias, durante os meses de junho, agosto e novembro de 2001, e também fevereiro de 2002. Em cada coleta, foram realizados sorteios de pontos de cada parcela do ESECAFLOR. Em cada ponto sorteado, foram coletados os três tipos de malha (fina, média e grossa), totalizando 30 bolsas por tipo. Cada bolsa foi acondicionada em saco plástico (um saco por ponto, para não haver mistura).

Para facilitar a localização de cada bolsa no interior da floresta, foi fixada, próximo a estas, uma estaca de madeira, tendo a mesma numeração da bolsa, com fita plástica colorida, em local fora da área de passagem das trilhas. As bolsas foram posteriormente levadas ao laboratório;

o conteúdo de cada uma foi transferido para um saco de papel, sendo posto para secar em estufa durante 72 horas.

ANÁLISE DE DADOS

O percentual de peso remanescente de serapilheira foi calculado com base na média entre o peso seco das amostras de folhas em decomposição (x_t), em cada período de permanência no solo (t), e o peso inicial da amostra (x_0).

A decomposição de serapilheira, após vários períodos de permanência no solo, foi descrita de acordo com o modelo exponencial proposto por Olson (1963), apresentado pela seguinte equação:

$$x_t = x_0 \cdot e^{-Kt}$$

Onde:

x_t = peso de folhas em decomposição remanescente, após o período de permanência no solo (t);

x_0 = peso inicial de folhas a ser decomposto;

K = taxa média de decomposição para os períodos de permanência dos solos estudados; e

e = base do logaritmo neperiano

A taxa média de decomposição após 300 dias de permanência no solo foi estimada para as malhas grossa, média e fina nas parcelas, usando-se análise de regressão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1, é apresentada a percentagem média de perda de peso de folhas em decomposição, obtidas experimentalmente após vários períodos de permanência do material vegetal sobre o solo. Para o período de permanência de 120 e 210 dias, obteve-se perda de massa de folhas semelhante ao período de 60 dias de permanência no solo, que foi de 50% de material remanescente, com pouca diferença na quantidade. No entanto, não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas entre os dois experimentos após 12 meses de decomposição (teste t, n = 10) nas parcelas A e B.

Para o período de permanência de 300 dias, o material remanescente foi mais significativo, com redução que variou entre 68,9, 70,1 e 54,4%, para malhas grossa, média e fina, respectivamente. A velocidade de decomposição observada no início do experimento (30 dias) foi maior quando comparada ao do período seguinte (60 dias).

Tabela 1. Média de peso seco (g) inicial e final, e percentual de perda de massa das folhas em decomposição após cada período de permanência no solo. Legenda: DESVPAD = desvio padrão.

Mês	Tempo		Tipo de malha		
			Grossa	Média	Fina
Junho/2001	60 dias	Peso seco inicial	10 g	10 g	10 g
		Peso seco final	5,52 g	5,58 g	6,48 g
		Perda de peso	44,8%	44,2%	35,2%
		Desvpad	(7,95)	(5,71)	(5,29)
Agosto/2001	120 dias	Peso seco inicial	10 g	10 g	10 g
		Peso seco final	5,12 g	4,76 g	5,95 g
		Perda de peso	48,8%	52,4%	40,5%
		Desvpad	(7,37)	(9,93)	(7,75)
Novembro/2001	210 dias	Peso seco inicial	10 g	10 g	10 g
		Peso seco final	4,57 g	3,54 g	5,11 g
		Perda de peso	54,3%	64,6%	48,9%
		Desvpad	(11,06)	(22,55)	(11,56)
Fevereiro/2002	300 dias	Peso seco inicial	10 g	10 g	10 g
		Peso seco final	3,11 g	2,99 g	4,56 g
		Perda de peso	68,9%	70,1%	54,4%
		Desvpad	(35,57)	(16,46)	(18,78)

A análise de correlação com retardo de tempo entre a precipitação e o percentual de decomposição diário de folhas indicou relação forte e positiva nas duas parcelas, demonstrando que as respostas dos processos de decomposição podem não ser imediatas. Scoriza & Pinã-Rodrigues (2014), em pesquisa realizada sobre decomposição de serapilheira, observaram atraso na atividade decompositora quando relacionada com a precipitação, a temperatura do ar e a produção de serapilheira.

A maior atividade de decomposição no período chuvoso é atribuída às condições de umidade, pois a quantidade de água disponível no solo favorece a ação dos micro-organismos no processo de decomposição da serapilheira, removendo o material vegetal do solo, estimulando, com isso, o crescimento das raízes superficiais que penetram no material em decomposição (Luizão & Schubart, 1986). A variação da perda de peso (em percentual) de folhas nas bolsas de malhas grossa (1 mm), média (2 mm) e fina (0,2 mm) está ilustrada na Figura 1. Através da observação da perda de material remanescente nos três tipos de malha, nota-se que, em relação ao decaimento médio, as diferenças mais marcantes ocorreram no início da retirada de bolsas. Os resultados mostram a diferença do peso final do material remanescente nos três diferentes tipos de malha, a qual é significativa apenas entre o período de intervalo de tempo entre 30 a 60 dias, havendo pouca diferença entre os tipos de malhas. Em relação a este último aspecto, apenas a malha fina obteve diferença significativa na perda de peso do volume final.

Nos três tipos de malhas utilizadas, foi observada taxa maior de perda de peso no período inicial (até 60 dias), seguida de menor taxa até os 300 dias de permanência no solo. Resultados semelhantes foram obtidos por Luizão (1982) e Kumar & Deepu (1992). Segundo Songwe *et al.* (1995), as elevadas perdas iniciais estão associadas aos maiores teores de materiais solúveis no início, a substrato simples e à ação dos decompositores particularmente sobre a microflora. As coletas realizadas até 300 dias

Figura 1. Percentual de massa de material em decomposição remanescente em relação aos dias de permanência no solo, em Caxiuanã, Pará.

de permanência no solo ocorreram durante os meses da estação menos chuvosa. A malha média foi a que apresentou maiores taxas de decomposição e a fina, a que apresentou as menores taxas.

Em estudos realizados com bolsas de decomposição de serapilheira, foi verificado que a perda de peso e a velocidade de decomposição do material vegetal são mais intensas na estação chuvosa (Luizão, 1982). Segundo Wiegert & Murphy (1970), a velocidade de decomposição dos micro-organismos é maior na estação chuvosa.

Nos estudos da decomposição de serapilheira em uma área de restinga, realizados por Pires *et al.* (2006) apenas com amostras obtidas em malhas médias, foram obtidos baixos valores anuais de coeficiente de decomposição da serapilheira ($K = 0,92$), os quais estão próximos aos encontrados neste estudo, feito em floresta de terra firme. Segundo Anderson & Swift (1983) e Cesar (1993), as diferenças na taxa de decomposição da serapilheira entre florestas tropicais podem ser atribuídas ao tipo de cobertura vegetal, à qualidade do material, à atividade da fauna do solo, à temperatura, à umidade e às condições ambientais. Em pesquisas realizadas em sistema agroflorestal, o coeficiente de decomposição da serapilheira (K) foi de 1,17, valor próximo ao estimado para florestas

estacionais semidecíduais, que variou de 1,02 (Schlittler *et al.*, 1993) a 1,6 (Morellato, 1992), e entre 1,1 a 1,7, estimado para florestas neotropicais (Anderson & Swift, 1983).

As taxas de decomposição de serapilheira foram calculadas para as malhas grossa, média e fina, ajustando-se ao modelo exponencial proposto por Olson (1963), com base nos pesos secos iniciais e após vários dias de permanência no solo. Os resultados da análise de regressão feita com o modelo exponencial foram apresentados na Tabela 2.

A determinação do tempo (t) necessário para que o material em decomposição seja reduzido à metade da quantidade inicial – representando o tempo de vida média das folhas em decomposição (meses) – foi calculada usando-se a equação $t_{1/2} = 0,692/K$ e o *turnover* (T_0) = $1/K$, segundo Songwe *et al.* (1995). Os resultados de tempo de vida média e de *turnover*, usando-se as malhas grossa, média e fina, estão apresentados na Tabela 3.

Vital *et al.* (2004), estudando os valores de taxas de decomposição em floresta semidecidual, usaram a mesma metodologia adotada neste trabalho, e consideraram alto o valor da constante (K), tendo obtido o resultado

Tabela 2. Resultados da análise de regressão do modelo exponencial ajustado nos dados de decomposição. Legenda: K = constante de decomposição; X_0 = quantidade inicial de material de decomposição estimada pelo modelo exponencial; r^2 = coeficiente de determinação; p = probabilidade de significância.

Tipo de malha	K	X_0	r^2	p
Grossa	0,78	65,36	0,82	Não significativo
Média	0,94	65,07	0,99	P < 0,05
Fina	0,52	70,76	0,99	p < 0,05

Tabela 3. Tempo de vida média das folhas em decomposição e *turnover* usando-se as malhas grossa, média e fina, em Caxiuanã.

Tipo de malha	$t_{1/2}$ (meses)	Tempo de <i>turnover</i> (meses)
Grossa	0,89	1,28
Média	0,74	1,06
Fina	1,33	1,92

de 1,7. No entanto, comparados com outros trabalhos realizados em florestas semidecíduas, foram observados valores mais elevados da constante (K), indo de 1,2, 1,9 e 1,6 para os trabalhos de Cunha (1997), Oliveira (1997) e Morellato (1992), respectivamente. O modelo exponencial proposto por Olson (1963) ajustou-se satisfatoriamente aos dados de taxas de decomposição de serapilheira. A parcela B, em condições ambientais de estresse hídrico, sofreu mudanças elevadas de radiação solar e altas taxas de evapotranspiração nos 300 dias de permanência nos quais as bolsas de decomposição permaneceram no solo.

CONCLUSÃO

Com base nos dados obtidos, observou-se que a decomposição foi menor na floresta privada de água da chuva, consequência da atividade decompositora ter sido menor no ambiente com pouca água disponível no solo. O pico de decomposição ocorreu em 300 dias para o tipo de malha média, e a estabilização na decomposição, em 60 dias para os três tipos de malha. Para o tipo de ambiente estudado, os dados coletados indicaram tempo médio de um ano para que fosse decomposta a metade do material foliar. A perda de material foi acentuada nos primeiros dias de permanência no solo. A elevada taxa de decomposição da serapilheira indica que há favorecimento à rápida liberação e o consequente reaproveitamento dos nutrientes por parte do sistema radicular da vegetação na floresta. A deficiência de água no solo interfere na ação dos micro-organismos, que é reduzida quando há diminuição de água no solo.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela bolsa concedida no âmbito do Programa CT-Amazônia (edital 32); ao Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG), pelo acesso à Estação Científica Ferreira Penna para as atividades de campo desenvolvidas; ao Projeto de Grande Escala da Biosfera e Atmosfera da Amazônia (LBA), pelo financiamento das atividades do projeto.

REFERÊNCIAS

- ANDERSON, J. M. & M. J. SWIFT, 1983. Decomposition in tropical forests. In: S. L. SUTTON, T. C. WHITMORE & A. C. CHADWICK (Ed.): **Tropical rain forest: ecology and management**: 287-309. Blackwell Scientific, London.
- ANDRADE, A. G., 1997. **Ciclagem de nutrientes e arquitetura radicular de leguminosas arbóreas de interesse para revegetação de solos degradados e estabilização de encostas**: 1-182. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.
- BECK, L., H. HOFER, C. MARTIUS, M. B. GARCIA, E. FRANKLIN & J. ROMBKE, 1998. Soil fauna litter decomposition in primary and secondary forests and a polyculture system in Amazonia-study design and methodology. **Proceedings of the SHIFT-Workshop 3**: 463-469.
- BOCOCK, K. L. & O. J. W. GILBERT, 1957. The disappearance of leaf litter under different woodland conditions. **Plant and Soil** 9(2): 179-185. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/BF01398924>.
- CESAR, O., 1993. Produção de serapilheira na mata mesófila semidecídua da Fazenda Barreiro Rico, município de Anhembi, SP. **Revista Brasileira de Biologia** 53(4): 671-681.
- COSTA, A. C. L., D. GALBRAITH, S. ALMEIDA, B. T. T. PORTELA, M. COSTA, J. A. SILVA JUNIOR, A. P. BRAGA, P. H. L. GONÇALVES, A. A. R. OLIVEIRA, R. FISHER, O. L. PHILLIPS, D. B. METCALFE, P. LEVY & P. MEIR, 2010. Effect of 7 yr of experimental drought on vegetation dynamics and biomass storage of an eastern Amazonian rainforest. **New Phytologist** 187(3): 579-591. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1469-8137.2010.03309.x>.
- COSTA, C. C. A., R. G. V. CAMACHO, I. D. MACEDO & P. C. M. SILVA, 2010. Análise comparativa da produção de serapilheira em fragmentos arbóreos e arbustivos em área de caatinga na FLONA de Açu - RN. **Revista Árvore** 34(2): 259-265. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622010000200008>.
- CUNHA, G. C., 1997. **Aspectos da ciclagem de nutrientes em diferentes fases sucessionais de uma floresta estacional do Rio Grande do Sul**: 1-86. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.
- FERREIRA, S. J. F., F. J. LUIZÃO & R. L. G. DALLAROSA, 2005. Precipitação interna e interceptação da chuva em floresta de terra firme submetida à extração seletiva de madeira na Amazônia Central. **Acta Amazonica** 35(1): 55-62. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672005000100009>.
- KUMAR, B. M. & J. K. DEEPU, 1992. Litter production and decomposition dynamics in moist deciduous forests of the Western Ghats in Peninsular India. **Forest Ecology and Management** 50(3-4): 181-201. DOI: [https://doi.org/10.1016/0378-1127\(92\)90335-7](https://doi.org/10.1016/0378-1127(92)90335-7).
- LARCHER, W., 1986. **Ecofisiologia vegetal**: 1-319. Editora Pedagógica e Universitária, São Paulo.
- LUIZÃO, F. J., 1982. **Produção e decomposição de liteira em floresta de terra firme da Amazônia Central**: aspectos químicos e biológicos da lixiviação e remoção dos nutrientes da liteira: 1-107. Dissertação (Mestrado em Biologia) – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Universidade Federal do Amazonas, Manaus.
- LUIZÃO, F. J. & H. O. R. SCHUBART, 1987. Litter production and decomposition in a terra-firme forest of Central Amazonia. **Experientia** 43(3): 259-265. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/BF01945549>.
- MORELLATO, L. P. C., 1992. Nutrient cycling in two southeast Brazilian forests. I. Litterfall and litter standing crop. **Journal of Tropical Ecology** 8: 205-215.
- OLIVEIRA, R. E., 1997. **Aspectos da dinâmica de um fragmento florestal em Piracicaba-SP**: silvigenese e ciclagem de nutrientes: 1-79. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.
- OLSON, J. S., 1963. Energy storage and the balance of producers and decomposers in ecological systems. **Ecology** 44(2): 322-331. DOI: <http://dx.doi.org/10.2307/1932179>.
- PINTO, S. I. C., S. V. MARTINS, N. F. BARROS & H. C. T. DIAS, 2008. Produção de serapilheira em dois estádios sucessionais de floresta estacional semidecidual na Reserva Mata do Paraíso, em Viçosa, MG. **Revista Árvore** 32(3): 545-556. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622008000300015>.
- PINTO, S. I. C., S. V. MARTINS, N. F. BARROS & H. C. T. DIAS, 2009. Ciclagem de nutrientes em dois trechos de floresta estacional na Reserva Florestal Mata do Paraíso, em Viçosa, MG, Brasil. **Revista Árvore** 33(4): 653-663. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622009000400008>.
- PIRES, L. A., R. M. BRITZ, G. MARTEL & S. N. PAGANO, 2006. Produção, acúmulo e decomposição da serapilheira em uma restinga da Ilha do Mel, Paranaguá, PR, Brasil. **Acta Botanica Brasílica**, 20(1): 173- 184.
- RUIVO, M. L. P. & E. CUNHA, 2003. Mineral and organic components in archaeological black earth and yellow latosol in Caxiuanã, Amazon, Brazil. In: E. TIEZZI, C. A. BREBBIA & J. L. USO (Ed.): **Ecosystems and sustainable development**: 1113-1112. WIT Press, Southampton.
- SCHLITTLER, F. H. M., G. MARINIS & O. CESAR, 1993. Decomposição da serapilheira produzida na floresta do Morro do Diabo (região do Pontal do Paranapanema, estado de São Paulo). **Naturalia** 18: 149-156.
- SCORIZA, R. N. & F. C. M. PINÃ-RODRIGUES, 2014. Influência da precipitação e temperatura do ar na produção de serapilheira em trecho de Floresta Estacional em Sorocaba, SP. **Floresta** 44(4): 687-696. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/ufv44i4.34274>

SILVA JÚNIOR, J. A., A. C. L. COSTA, P. V. AZEVEDO, R. F. COSTA, D. B. METCALFE, P. H. L. GONÇALVES, A. P. BRAGA, Y. S. MALHI, L. E. O. C. ARAGÃO & P. MEIR, 2013. Fluxos de CO₂ do solo na Floresta Nacional de Caxiuanã, Pará, durante o experimento ESECAFLOR/LBA. **Revista Brasileira de Meteorologia** 28(1): 85-94. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-77862013000100009>.

SONGWE, N. C., D. U. U. OKALI & F. E. FASEHUN, 1995. Litter decomposition and nutrient release in a tropical rainforest, Southern Bakundu Forest Reserve, Cameroon. **Journal of Tropical Ecology** 11(3): 333-350.

VITAL, A. R. T., I. A. GUERRINI, R. K. FRANKEN & R. C. B. FONSECA, 2004. Produção de serapilheira e ciclagem de nutrientes de uma floresta estacional semidecidual em zona ripária. **Revista Árvore** 28(6): 793-800. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622004000600004>.

WIEGERT, R. G. & P. MURPHY, 1970. Effect of season, species, and location on the disappearance rate of leaf litter in a Puerto Rican rain forest. In: H. T. ODUM & R. F. PIGEON (Ed.): **Tropical rain forest: a study of irradiation and ecology at El Verde, Puerto Rico**: 101-104. U. S. Atomic Energy Commission, Oak Ridge.