

Deposição de Serapilheira e Nutrientes em Plantio de *Eucalyptus urophylla* × *E. globulus*

Márcio Viera¹, Mauro Valdir Schumacher², Elias Frank Araújo³,
Robson Schaff Corrêa⁴, Marcos Vinicius Winckler Caldeira⁵

¹Departamento Multidisciplinar, Universidade Federal de Santa Maria – UFSM,
Campus Silveira Martins, Silveira Martins/RS, Brasil

²Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, Santa Maria/RS, Brasil

³Celulose Riograndense – grupo CMPC (Pesquisa), Guaíba/RS, Brasil

⁴Curso de Engenharia Florestal – Regional Jataí, Universidade Federal de Goiás – UFG, Jataí/GO, Brasil

⁵Departamento de Ciências Florestais e da Madeira, Universidade Federal do Espírito Santo – UFES,
Jerônimo Monteiro/ES, Brasil

RESUMO

Objetivou-se com o presente estudo avaliar a deposição de serapilheira e nutrientes em plantio de *Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus globulus*, em Eldorado do Sul-RS. Foram alocadas sistematicamente quatro parcelas de 20 m × 20 m, cada uma com quatro coletores de serapilheira de 1 m². A serapilheira foi coletada quinzenalmente, entre janeiro/2007 e dezembro/2010. A produção de serapilheira foi crescente, com o aumento da idade do povoamento, sendo 6,9 Mg ha⁻¹ aos seis e 8,5 Mg ha⁻¹ aos nove anos. A fração folhas correspondeu, em média, a 66,9% da serapilheira total, seguida pelos galhos finos (14,7%), miscelânea (10,5%) e galhos grossos (7,9%). A deposição apresentou padrão sazonal, sendo maior no período de aumento da temperatura do ar. A fração folhas foi responsável por maior parte do retorno de nutrientes via serapilheira, variando de 58,2 a 81,8% da quantidade de Cu e N, respectivamente.

Palavras-chave: nutrição florestal, disponibilidade de nutrientes, sustentabilidade florestal, ciclagem de nutrientes.

Deposition of Nutrients and Litter in *Eucalyptus* *urophylla* × *E. globulus* Plantation

ABSTRACT

In the present study, we aimed to evaluate the deposition of nutrients and litter in *Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus globulus* stands, in the municipality of Eldorado do Sul, Rio Grande do Sul state, Brazil. Four plots (20 m × 20 m) were systematically allocated and four 1 m² litter traps were installed in each plot. Litterfall was collected from the traps fortnightly between January 2006 and December 2010. Litter deposition increased proportionally to stand age: 6.9 Mg ha⁻¹ at six and 8.5 Mg ha⁻¹ at nine years of age. Leaf fraction represented 66.9% of the total litter on average, followed by twigs (14.7%), miscellaneous (10.5%), and thick branches (7.9%). Litter deposition showed seasonal behavior, increasing as the air temperature increased. The leaf fraction produced the highest nutrient release through litter, with average values of 58.2 and 81.8% for Cu and N, respectively.

Keywords: forest nutrition, nutrient release, forest sustainability, nutrient cycling.

1. INTRODUÇÃO

A ciclagem de nutrientes em um ecossistema florestal consiste na movimentação dos nutrientes entre seus compartimentos e na transferência dos nutrientes em estudo para o ecossistema. Assim, nos ecossistemas, os nutrientes são continuamente transferidos entre compartimentos bióticos e abióticos. A ciclagem de nutrientes é um processo natural, que abrange as trocas de elementos minerais entre os seres vivos e o ambiente que os circunda, centrando-se nas relações entre a vegetação e o solo. Através do estudo da ciclagem de nutrientes de um ecossistema, podem ser obtidas informações sobre a distribuição e o fluxo de nutrientes em diferentes compartimentos (Schumacher et al., 2003; Vital et al., 2004; Laclau et al., 2010; Viera & Schumacher, 2010a).

Neste contexto, a ciclagem de nutrientes ocorre mediante o processo em que os vegetais, por meio do seu sistema radicular, retiram os elementos minerais do solo para a produção da biomassa (folhas, ramos, casca, madeira e raízes). Posteriormente, parte destes nutrientes será devolvida por meio da queda de resíduos orgânicos (serapilheira) e decomposição de raízes (Switzer & Nelson, 1972).

Quantidades significativas de nutrientes podem retornar ao solo através da queda dos componentes senescentes da parte aérea dos vegetais (serapilheira) e sua posterior decomposição (Vitousek & Sanford, 1986; Schumacher et al., 2013). Em plantios florestais com espécies de rápido crescimento, principalmente com espécies do gênero *Eucalyptus* e *Corymbia*, a avaliação da disponibilidade de nutrientes, por meio da serapilheira, via deposição e decomposição, é importante para prever os possíveis impactos causados pela colheita florestal na disponibilidade de nutrientes ao solo e na produtividade dos novos plantios florestais (Ferreira et al., 2007; Viera & Schumacher, 2010b; Viera et al., 2013) ou em sistemas agrossilvipastoris (Freitas et al., 2013).

Segundo Viera et al. (2013), a serapilheira da espécie em estudo possui baixo coeficiente de decomposição ($k=0,45$), característico das espécies de eucalipto. Mesmo com baixa taxa de decomposição, a serapilheira depositada nesses povoamentos transfere grandes quantidades de nutrientes

extraídos do solo pelas árvores (Cunha Neto et al., 2013; Schumacher et al., 2013; Corrêa et al., 2013; Viera et al., 2013) e, à medida que o material decíduo vai decompondo-se, os nutrientes nele contido são liberados dando sequência à ciclagem de nutrientes (Schumacher et al., 2004; Laclau et al., 2010). Nesse sentido, com o presente estudo, objetivou-se avaliar a deposição de serapilheira e nutrientes em plantio de *Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus globulus*.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Caracterização da área experimental

A área experimental foi instalada em um plantio de *Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus globulus*, com 5,5 anos de idade, localizado no Horto Florestal Terra Dura no município de Eldorado do Sul-RS, em área pertencente à Empresa Celulose Riograndense (CMPC). O experimento situa-se na coordenada geográfica central: 30°10'31.21" de latitude Sul e 51°36'17.85" de longitude Oeste.

Segundo a classificação climática de Köppen, o tipo de clima predominante é o Cfa (subtropical úmido), com temperaturas médias que variam de 9,2°C no mês mais frio a 24,6°C, no mês mais quente (Moreno, 1961). A precipitação média anual chega a 1.400 mm e o mês com menor pluviosidade (janeiro) atinge valor superior a 80 mm (Moreno, 1961). Na Figura 1, pode-se verificar o diagrama climático para o período de estudo. O solo, na área experimental, é um Argissolo Vermelho Distrófico típico (Streck et al., 2008).

Para a implantação do povoamento, realizou-se o preparo reduzido do solo, com subsolador (três hastas), atingindo uma profundidade média de preparo de solo de 0,40 m, no mês de julho de 2001. O espaçamento utilizado foi de 3,5 m × 2,5 m. Foi realizada adubação na linha, durante o plantio das mudas, com aplicação de 300 kg ha⁻¹ de fosfato reativo e 100 g planta⁻¹ da fórmula 06:30:06 (NPK). Após o plantio, foram realizadas adubações de cobertura no terceiro e 12º mês, com a aplicação de 150 g planta⁻¹ da fórmula 15:05:30 (NPK). A adubação mineral foi realizada com base na análise química do solo.

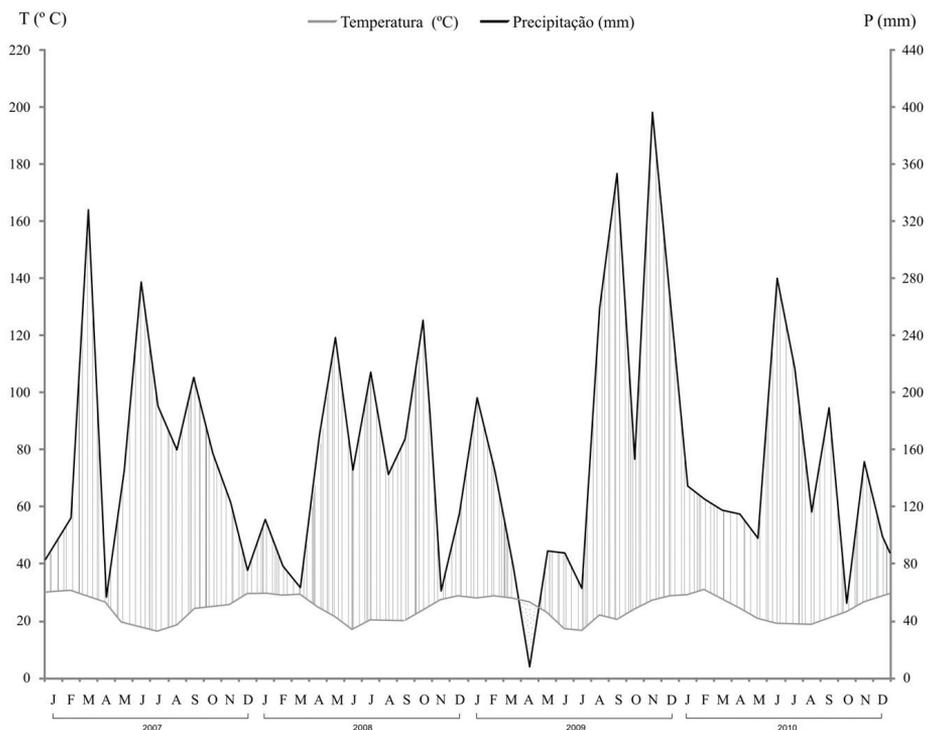


Figura 1. Diagrama climático da região de Eldorado do Sul durante o período de estudo (2007 a 2010). Fonte: Estação Experimental Agrônômica do Departamento de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia da UFRGS, em Eldorado do Sul-RS, Brasil.

Figure 1. Climatic diagram of Eldorado do Sul region during the study (2007 to 2010). Source: Estação Experimental Agrônômica do Departamento de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia da UFRGS, em Eldorado do Sul-RS, Brazil.

2.2. Metodologia de estudo

A instalação dos coletores de serapilheira ocorreu no final do mês de dezembro de 2006, quando o povoamento encontrava-se com 5,5 anos de idade. A avaliação da deposição mensal de serapilheira ocorreu ao longo do período de quatro anos (janeiro de 2007 a dezembro de 2010). Para o estudo, foram demarcadas quatro parcelas de 20 m × 20 m, nas quais foram distribuídos sistematicamente quatro coletores de serapilheira, que foram alocados em quatro diferentes posições: na linha de plantio, entre duas árvores; na entrelinha de plantio, entre duas árvores; na diagonal à linha de plantio, entre quatro árvores; encostado ao tronco de uma das árvores. Foi utilizado o total de 16 coletores de serapilheira, que foram confeccionados em madeira, com formato quadrático (1 m² de área específica de coleta) e fundo em tela de nylon (1 mm), sendo fixados a aproximadamente 0,50 m de altura do

solo. A coleta da serapilheira aportada foi realizada quinzenalmente.

Para a determinação da biomassa de galhos com diâmetro superior a um centímetro (galhos grossos), alocaram-se, em cada uma das quatro parcelas principais, três subparcelas de 2 m × 3 m, sendo realizada coleta quinzenal dos galhos depositados sobre o solo, ao longo do mesmo período de avaliação da serapilheira depositada sobre os coletores. Após cada coleta, o material era acondicionado em embalagens, devidamente identificado e enviado para o Laboratório de Ecologia Florestal do Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal de Santa Maria.

Em laboratório, as amostras provenientes das caixas coletoras de serapilheira eram separadas em frações: folhas; galhos finos (diâmetro ≤ 1,0 cm); miscelânea (cascas, material reprodutivo e resíduos não identificáveis). Os galhos grossos eram limpos

com pincel para retirar possíveis partículas de solo aderidas à superfície. Após esses procedimentos, as frações provenientes das coletas quinzenais eram unidas para formar amostras mensais e acondicionadas em sacos de papel, que eram encaminhados para estufa de circulação e renovação de ar, com temperatura de 70°C, até atingir massa constante. A massa seca foi determinada em balança de precisão (0,01g) e, após o término das pesagens, as amostras foram moídas em moinho de lâminas do tipo Willey, com peneira de 30 *mesh*, para posterior análise de nutrientes de cada fração.

O nitrogênio foi determinado pelo método Kjeldahl (digestão sulfúrica = $H_2SO_4 + H_2O_2$); o fósforo e o boro, por espectrofotometria (P por digestão nítrica-perclórica e B por digestão seca); o potássio, por fotometria de chama; o enxofre, por turbidimetria, e cálcio, magnésio, cobre, ferro, manganês e zinco, por espectrometria de absorção atômica (todos por digestão nítrica-perclórica), segundo Tedesco et al. (1995) e Miyazawa et al. (1999).

A partir dos dados provenientes dos valores mensais de coleta de serapilheira, estimou-se a quantidade média de deposição de serapilheira e de nutrientes que retornam ao piso florestal, durante o período de estudo. Para o cálculo da quantidade anual de nutrientes contidos na serapilheira depositada, levou-se em consideração o aporte mensal da serapilheira multiplicada pelo teor mensal de nutrientes, em cada fração. As informações sobre as variáveis meteorológicas utilizadas nesse estudo (UR=umidade relativa; $T_{média}$ =temperatura média; P=precipitação pluviométrica; RS=radiação solar; ETP=evapotranspiração; V=velocidade média do vento), para a análise de Correlação Linear

de Pearson, foram disponibilizadas pela Estação Experimental Agronômica do Departamento de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, localizada no município de Eldorado do Sul (distante 10 km da área experimental).

A análise estatística foi realizada com o aplicativo *SPSS 13.0 for Windows* (1996), considerando-se as diferentes frações formadoras da serapilheira (folhas, galhos finos, miscelâneas e galhos grossos) como tratamentos e os meses como repetições (48 meses). Foi utilizado Teste de Tukey para as comparações das médias no nível de 5% de probabilidade. A análise de Correlação Linear de Pearson (r), entre a deposição de serapilheira e as variáveis climáticas, foi considerada significativa a 1 ou 5% de probabilidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Deposição de serapilheira

A produção de serapilheira foi crescente com o aumento da idade do povoamento, sendo 6,9 $Mg\ ha^{-1}\ ano^{-1}$ no sexto ano e 8,5 $Mg\ ha^{-1}\ ano^{-1}$ no nono ano (Tabela 1). A quantidade de serapilheira produzida no presente estudo está dentro da faixa de valores encontrados por outros autores para diferentes espécies do gênero *Eucalyptus* (Poggiani, 1985; Poggiani et al., 1987; Schumacher et al., 1994; Souza & Davide, 2001; Balieiro et al., 2004; Zaia & Gama-Rodrigues, 2004; Santiago et al., 2011; Corrêa et al., 2013; Freitas et al., 2013).

Ao estudar ciclagem de nutrientes em ecossistemas de plantações florestais de eucaliptos em Piracicaba-SP (com sete anos de idade) e pinus em

Tabela 1. Deposição anual das frações da serapilheira em um povoamento de *Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus globulus*.

Table 1. Litter fraction annual deposition in *Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus globulus* stand.

Ano	Folhas	Galhos Finos	Miscelânea	Galhos Grossos	Total
kg ha ⁻¹ ano ⁻¹					
2007	4.593,9 (66,9)*	1.260,6 (18,3)	584,6 (8,5)	431,4 (6,3)	6.870,5
2008	4.411,7 (61,0)	1.123,0 (15,5)	887,7 (12,3)	804,2 (11,1)	7.226,5
2009	5.426,5 (71,6)	875,3 (11,6)	718,3 (9,5)	556,6 (7,3)	7.576,6
2010	5.745,8 (67,6)	1.162,6 (13,7)	989,9 (11,6)	602,0 (7,1)	8.500,3
Média	5.044,5 (66,9)	1.105,4 (14,7)	795,1 (10,5)	598,5 (7,9)	7.543,5

*Valores entre parênteses correspondem à porcentagem de cada fração em relação ao total de serapilheira em cada ano de estudo.

Agudos-SP (com 11 anos de idade), Poggiani (1985) encontrou uma deposição anual de 4,5 Mg ha⁻¹ para *Eucalyptus saligna*, 7,1 Mg ha⁻¹ para *Pinus oocarpa* e 8,4 Mg ha⁻¹ para *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. Em áreas degradadas pela extração de xisto betuminoso, em São Mateus do Sul-PR, Poggiani et al. (1987) encontraram deposição de 4,4; 2,8 e 4,8 Mg ha⁻¹ para *Pinus taeda*, *Eucalyptus viminalis* e *Mimosa scabrella*, respectivamente. No estudo realizado por Schumacher et al. (1994), com *Eucalyptus camaldulensis*, *Eucalyptus grandis* (ambos com sete anos de idade) e *Eucalyptus torelliana* (dez anos de idade) em Anhembi-SP, encontrou-se produção de serapilheira de 7,2; 3,1 e 5,8 Mg ha⁻¹, respectivamente. Souza & Davide (2001) encontraram uma deposição de 7,10 e 3,46 Mg ha⁻¹ para *Eucalyptus saligna* e *Mimosa scabrella*, respectivamente, em área de mineração de bauxita, e 4,49 Mg ha⁻¹ em uma mata nativa não minerada, em Poços de Caldas-MG.

Em plantios de *Eucalyptus grandis* e *Pseudosamanea guachapele* com sete anos de idade, em Seropédia-RJ, Balieiro et al. (2004) encontraram deposição de serapilheira de 11,84 e 12,75 Mg ha⁻¹, respectivamente. A produção de serapilheira em povoamentos, com seis anos de idade, de *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus camaldulensis* e *Eucalyptus pellita*, verificada por Zaia & Gama-Rodrigues (2004), em Campos dos Goytacazes-RJ, foi de 4,78; 4,53 e 4,99 Mg ha⁻¹, respectivamente. Santiago et al. (2011) encontraram uma deposição de serapilheira de 5,3 e 7,0 Mg ha⁻¹ em povoamento de *Eucalyptus globulus* Labill. com 13-14 anos de idade, na Espanha.

A fração folhas correspondeu, em média, a 66,9% da serapilheira total, seguida por galhos finos (14,7%), miscelânea (10,5%) e galhos grossos (7,9%). Maior produção de folhas encontrada neste trabalho corrobora com a verificada por outros estudos, em diferentes formações florestais, em que os autores observaram maiores porcentagens (variando de 60 a 80%) de folhas no material depositado (Andrade et al., 2000; Schumacher et al., 2003, 2004; Backes et al., 2005; Pires et al., 2006; Ferreira et al., 2007; Fernandes et al., 2007; Vogel et al., 2007; Viera & Schumacher, 2010a; Schumacher et al., 2011).

A deposição de serapilheira teve um padrão sazonal (Figura 2). A fração folhas apresentou,

em média, a seguinte magnitude de deposição: primavera > verão = outono > inverno; para a fração galhos finos, a magnitude foi: primavera > verão = outono = inverno; para a fração miscelâneas, a magnitude foi: primavera > verão > outono > inverno; para a fração galhos grossos, a magnitude foi: verão > primavera = outono > inverno, e para o total foi: primavera > verão = outono = inverno. Durante o período de estudo, a deposição de galhos finos, miscelânea e galhos grossos foi irregular ao longo do ano; já a deposição da fração folhas ocorre em dois períodos distintos, geralmente com maior produção em novembro (primavera) e maio (outono).

Durante o primeiro ano de avaliação (2007), quando o povoamento encontrava-se entre 5,5 e 6,5 anos de idade, apenas as frações galhos finos (velocidade do vento) e miscelânea (umidade relativa do ar; radiação solar e evapotranspiração) apresentaram correlação significativa ($p \leq 0,01$) (Tabela 2). Durante o segundo ano de avaliação, as variáveis climáticas não influenciaram significativamente ($p > 0,5$) na deposição das frações da serapilheira. O mesmo ocorreu para o terceiro ano de avaliação, com exceção da deposição total de serapilheira, a qual esteve correlacionada ($p \leq 0,05$) com a temperatura do ar.

Entretanto, no quarto ano de estudo, a variação da deposição de serapilheira esteve mais correlacionada com as variáveis climáticas. A variação da temperatura do ar influenciou significativamente ($p \leq 0,05$ e $0,01$) na deposição das frações da serapilheira, com exceção dos galhos finos. O aumento da radiação solar e da evapotranspiração acarretou maior deposição das frações folhas e miscelâneas, e da serapilheira total depositada. Já o aumento da velocidade do vento acarretou uma maior deposição de folhas e do total das frações, e a precipitação pluviométrica influenciou inversamente na deposição total de serapilheira.

O aumento de deposição de serapilheira com a diminuição da precipitação também é relatado em outros estudos (Moreira & Silva, 2004; Mochiutti et al., 2006; Ferreira et al., 2007; Viera & Schumacher, 2010c). Segundo Viera & Schumacher (2010a), no período do verão, com o aumento da temperatura do ar e aliado a uma baixa intensidade

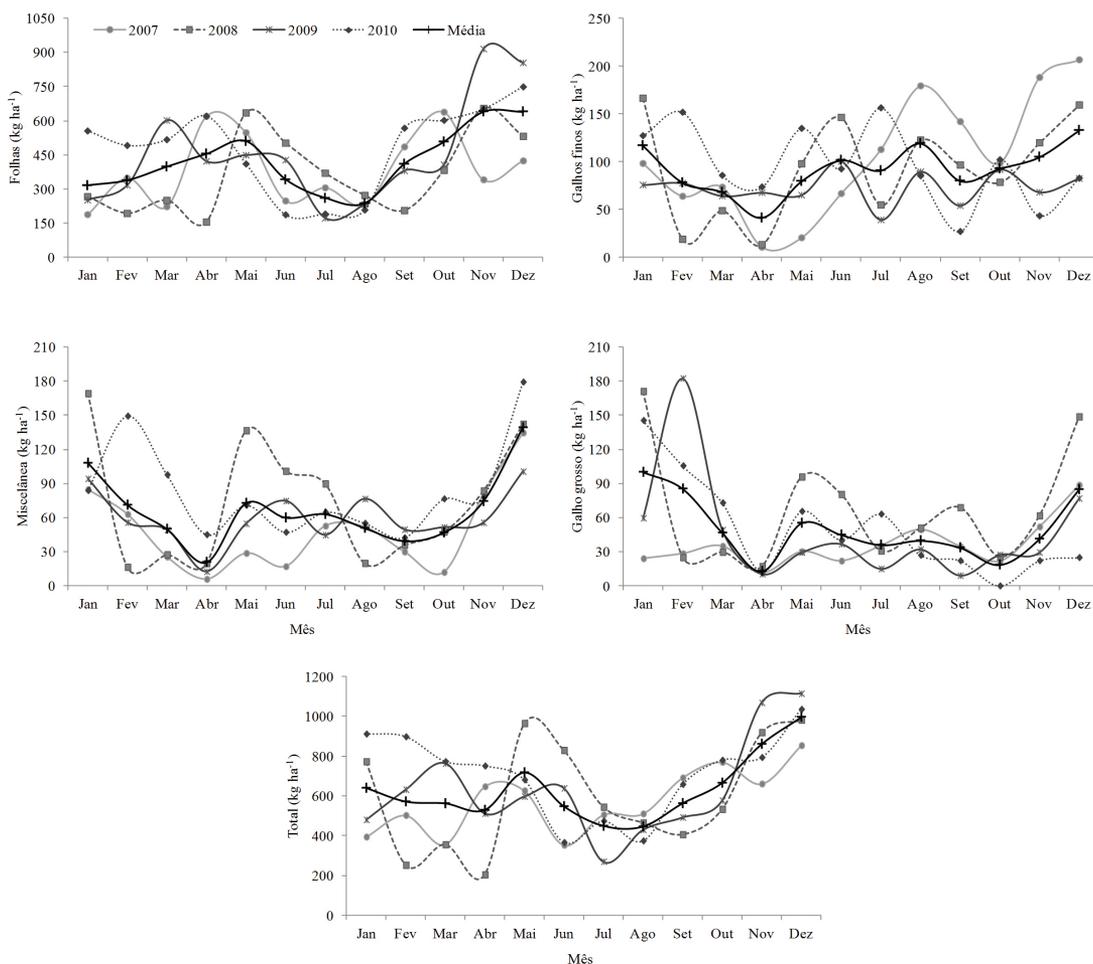


Figura 2. Deposição mensal das frações da serapilheira em um povoamento de *Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus globulus*.

Figure 2. Litter fraction monthly deposition in *Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus globulus* stand.

pluviométrica, se poderia ocasionar elevação da deposição como estratégia de sobrevivência das plantas, evitando, assim, a perda de água através da alta intensidade transpiratória causada pelo calor. Martins & Rodrigues (1999) sugerem que o estresse hídrico seja uma causa da queda sazonal de material de árvores em muitas florestas.

A influência estacional na deposição de serapilheira também foi verificada por Cunha et al. (2005) com *Eucalyptus grandis*, aos oito anos de idade, e por Schumacher et al. (1994), com *Eucalyptus camaldulensis* e *Eucalyptus torrelliana*, aos sete e dez anos de idade, respectivamente. As variações na deposição de serapilheira são decorrentes de aspectos cíclicos do povoamento ou ocorrem por

fatores climáticos e/ou biológicos (Souza & Davide, 2001). Dessa forma, segundo os autores, em um mesmo ecossistema florestal, podem ocorrer, de ano para ano, variações no total de material depositado e/ou na intensidade de participação das frações.

Quando avaliada a média do aporte ao longo do período estudado, observou-se que as frações miscelânea, galhos grossos e o somatório das frações estão diretamente correlacionados a temperatura do ar, radiação solar, evapotranspiração e velocidade do vento. No entanto, a fração folhas está apenas correlacionada diretamente à temperatura do ar e os galhos finos, à velocidade do vento. Ao contrário, Barlow et al. (2007), estudando um povoamento de *Eucalyptus urophylla* aos quatro e cinco anos

Tabela 2. Correlação de Pearson entre a deposição de serapilheira e as variáveis climáticas em um povoamento de *Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus globulus*.**Table 2.** Pearson correlation between litter deposition and climate variables in *Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus globulus* stand.

Ano	Fração	UR	T _{média}	P	RS	ETP	V
2007	Folhas	0,02	0,03	-0,39	-0,08	-0,12	-0,21
	Galhos finos	-0,44	0,00	-0,10	0,34	0,38	0,78**
	Miscelânea	-0,83**	0,33	-0,45	0,74**	0,73**	0,55
	Galhos grossos	-0,51	0,09	-0,17	0,43	0,44	0,51
	Total	-0,41	0,11	-0,54	0,28	0,26	0,29
2008	Folhas	0,24	-0,14	0,12	0,08	0,04	0,20
	Galhos finos	0,00	-0,06	-0,09	0,29	0,25	0,49
	Miscelânea	-0,05	0,10	0,11	0,24	0,25	0,23
	Galhos grossos	-0,28	0,22	-0,13	0,45	0,44	0,44
	Total	0,09	-0,04	0,05	0,23	0,20	0,34
2009	Folhas	0,49	0,52	0,43	0,21	0,25	0,31
	Galhos finos	-0,18	0,11	0,03	0,26	0,24	0,02
	Miscelânea	0,15	0,19	0,40	0,39	0,37	0,38
	Galhos grossos	-0,05	0,55	-0,01	0,51	0,54	-0,28
	Total	0,45	0,62*	0,44	0,35	0,39	0,38
2010	Folhas	-0,36	0,69*	-0,57	0,79*	0,76**	0,72**
	Galhos finos	-0,28	0,10	-0,06	-0,08	-0,01	-0,47
	Miscelânea	-0,42	0,72**	-0,38	0,75*	0,78**	0,53
	Galhos grossos	-0,41	0,52	0,09	0,24	0,33	-0,11
	Total	-0,55	0,89**	-0,58*	0,90**	0,91**	0,64*
Geral	Folhas	0,20	0,29*	0,02	0,22	0,18	0,19
	Galhos finos	-0,20	0,02	-0,08	0,20	0,23	0,32*
	Miscelânea	-0,14	0,30*	-0,10	0,47**	0,46**	0,34*
	Galhos grossos	-0,24	0,34*	-0,06	0,40**	0,41**	0,29*
	Total	0,06	0,37**	-0,02	0,38**	0,36*	0,34*

*Significativo no nível de 5% de probabilidade de erro; **Significativo no nível de 1% de probabilidade de erro. UR=umidade relativa; T_{média}=temperatura média; P=precipitação pluviométrica; RS=radiação solar; ETP=evapotranspiração; V=velocidade média do vento; Geral = todo período de estudo.

de idade, encontraram correlação positiva e significativa ($r = 0,55$; $p \leq 0,05$) entre a produção de folhas e a precipitação mensal. Já no estudo de Viera & Schumacher (2010c), com *Pinus taeda*, a umidade relativa do ar foi a única variável climática que apresentou correlação significativa com a deposição ($r = 0,37$; $p \leq 0,05$).

Cabe ressaltar que as variáveis climáticas utilizadas para averiguar possíveis correlações com a variação da deposição de serapilheira são valores médios mensais. Assim, segundo Schumacher et al. (2008), a ocorrência de fatores climáticos extremos, como, por exemplo, tempestades ocasionais, pode modificar pouco a média mensal das variáveis, mas pode acarretar um aumento acentuado na deposição

naquele período, mascarando, nestes casos, a análise de correlação.

3.2. Transferência de nutrientes ao solo via serapilheira

As diferentes frações da serapilheira apresentaram composições químicas distintas (Tabela 3). A fração folhas apresentou os maiores teores ($p \leq 0,05$) de N, P, S, B e Mn, em relação às outras frações; a fração miscelânea apresentou maior teor de Fe e, também para o Mg, junto com os galhos finos. Entretanto, o Ca foi superior nas frações folhas, galhos finos e grossos em relação à miscelânea. Os teores de K, Cu e Zn não diferiram estatisticamente entre as frações.

A ordem relativa da concentração de macronutrientes foi a mesma para as frações folhas, galhos finos e galhos grossos (Ca > N > K > Mg > S > P); já para a miscelânea, a concentração de nitrogênio foi superior à de cálcio. Isso se deve à presença de resíduos reprodutivos, os quais

apresentam maior concentração de nitrogênio (Viera & Schumacher, 2010a). Segundo Haag (1985), com base na compilação de diversos estudos, a maior concentração de N em relação ao Ca é encontrada na maioria dos estudos com diferentes formações florestais. Para os micronutrientes, a prioridade de

Tabela 3. Teores de nutrientes nas frações formadoras da serapilheira em um povoamento de *Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus globulus*.

Table 3. Litter fraction nutrients concentration in *Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus globulus* stand.

Fração	Macronutrientes (g kg ⁻¹)					Micronutrientes (mg kg ⁻¹)					
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Folha	7,20 ^a	0,38 ^a	2,67 ^a	7,31 ^a	1,69 ^b	0,64 ^a	29,97 ^a	3,43 ^a	80,11 ^b	483,49 ^a	7,85 ^a
Galhos finos	3,04 ^c	0,18 ^c	2,48 ^a	8,65 ^a	2,30 ^a	0,39 ^b	14,57 ^c	5,82 ^a	47,38 ^c	350,15 ^b	8,96 ^a
Miscelânea	4,70 ^b	0,26 ^b	2,38 ^a	4,40 ^b	2,34 ^a	0,46 ^b	23,69 ^b	3,85 ^a	151,47 ^a	264,28 ^c	7,66 ^a
Galhos grossos	1,80 ^d	0,09 ^d	1,74 ^a	7,50 ^a	1,43 ^b	0,24 ^c	9,64 ^d	5,01 ^a	81,31 ^b	220,24 ^d	5,77 ^a

Médias seguidas pela mesma letra sobrescrita, na vertical, não diferem entre si no nível de 5% de significância pelo teste de Tukey.

Tabela 4. Aporte anual de macronutrientes das frações formadoras da serapilheira em um povoamento de *Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus globulus*.

Table 4. Annual amount of macronutrients input of the litter fraction in *Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus globulus* stand.

Ano	Fração	Macronutrientes (kg ha ⁻¹)					
		N	P	K	Ca	Mg	S
2007	Folha	32,0 (81,2*)	1,7 (81,2)	12,0 (72,3)	33,1 (65,9)	6,7 (60,7)	3,0 (76,7)
	Galhos finos	3,8 (9,6)	0,2 (9,9)	2,6 (15,6)	11,0 (21,9)	2,5 (22,4)	0,5 (13,2)
	Miscelânea	2,8 (7,0)	0,1 (7,0)	1,3 (7,7)	2,5 (4,9)	1,2 (11,0)	0,3 (7,5)
	Galhos grossos	0,9 (2,2)	0,04 (1,9)	0,7 (4,4)	3,6 (7,2)	0,6 (5,8)	0,1 (2,6)
	Total	39,4	2,1	16,6	50,3	11,0	3,9
2008	Folha	31,4 (79,0)	1,7 (76,6)	11,9 (61,6)	31,5 (60,8)	6,8 (53,9)	2,9 (72,3)
	Galhos finos	3,3 (8,4)	0,2 (9,2)	3,0 (15,9)	9,3 (17,9)	2,3 (18,2)	0,5 (11,8)
	Miscelânea	3,8 (9,5)	0,2 (11,1)	2,8 (14,8)	3,9 (7,6)	2,1 (16,5)	0,4 (10,4)
	Galhos grossos	1,3 (3,2)	0,1 (3,1)	1,5 (7,8)	7,1 (13,7)	1,4 (11,3)	0,2 (5,5)
	Total	39,7	2,2	19,2	51,8	12,7	4,0
2009	Folha	37,1 (83,6)	2,0 (83,3)	14,3 (73,6)	40,6 (74,0)	10,3 (69,3)	3,3 (80,7)
	Galhos finos	2,8 (6,3)	0,2 (6,5)	2,3 (12,0)	7,6 (13,8)	2,2 (14,8)	0,3 (8,3)
	Miscelânea	3,6 (8,0)	0,2 (8,7)	1,9 (9,7)	3,4 (6,2)	1,8 (11,9)	0,3 (8,3)
	Galhos grossos	0,9 (2,1)	0,03 (1,5)	0,9 (4,7)	3,3 (6,0)	0,6 (4,0)	0,1 (2,8)
	Total	44,3	2,4	19,5	54,8	14,9	4,1
2010	Folha	42,2 (82,9)	2,1 (82,5)	13,9 (73,3)	42,8 (71,5)	11,1 (63,5)	3,4 (80,5)
	Galhos finos	3,6 (7,0)	0,2 (8,2)	2,7 (14,2)	9,9 (16,6)	3,1 (17,8)	0,4 (9,2)
	Miscelânea	4,3 (8,4)	0,2 (7,4)	1,3 (7,0)	3,9 (6,6)	2,5 (14,5)	0,4 (8,9)
	Galhos grossos	0,8 (1,7)	0,1 (2,0)	1,0 (5,4)	3,2 (5,3)	0,7 (4,2)	0,1 (1,4)
	Total	50,8	2,6	19,0	59,9	17,5	4,2
Média	Folha	35,6 (81,8)	1,9 (81,0)	13,0 (70,1)	37,0 (68,3)	8,7 (62,3)	3,2 (77,6)
	Galhos finos	3,4 (7,7)	0,2 (8,4)	2,7 (14,4)	9,5 (17,4)	2,5 (18,0)	0,4 (10,6)
	Miscelânea	3,6 (8,2)	0,2 (8,5)	1,8 (9,9)	3,4 (6,3)	1,9 (13,6)	0,4 (8,8)
	Galhos grossos	1,0 (2,2)	0,05 (2,1)	1,0 (5,6)	4,3 (7,9)	0,9 (6,1)	0,1 (3,1)
	Total	43,6	2,3	18,6	54,2	14,0	4,1

*Valores entre parênteses correspondem à porcentagem de cada fração em relação ao total de determinado macronutriente contido na serapilheira em cada ano de estudo.

concentração dos elementos foi igual para todas as frações (Mn > Fe > B > Zn > Cu).

Dentre todos os nutrientes, o Ca foi o que apresentou o maior teor médio. O cálcio é um elemento considerado imóvel, o que faz com que fique armazenado em forma de cristais na folha, permanecendo nesta mesmo em sua senescência (Dias et al., 2002). Plantios florestais, com sistema radicular profundo, absorvem o Ca em maiores profundidades e o devolve via serapilheira, na superfície do solo. Através desse processo, se melhora a fertilidade, uma vez que disponibiliza este elemento para ser reabsorvido pelas raízes finas que permeiam a camada de serapilheira acumulada ou estão na camada mais superficial do solo.

A dinâmica dos nutrientes nas árvores varia em função da espécie, da idade, das condições edafoclimáticas do sítio e das práticas de manejo adotadas (Viera & Schumacher, 2009). Segundo os autores, a concentração de alguns elementos nas folhas aumenta, enquanto as de outros decresce, devido à translocação de nutrientes de órgãos senescentes para regiões de crescimento da árvore. Todos estes aspectos evidenciam a grande importância da ciclagem interna dos nutrientes para a manutenção do balanço nutricional das plantas (Haag, 1985; Nambiar & Fife, 1991; Aerts, 1996; Colin-Belgrand et al., 1996; Silva et al., 1998; Piatek & Allen, 2000; Nardoto et al., 2006; Caldeira et al., 2008; Viera & Schumacher, 2009).

Tabela 5. Aporte anual de micronutrientes das frações formadoras da serapilheira em um povoamento de *Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus globulus*.

Table 5. Annual amount of micronutrients input of the litter fraction in *Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus globulus* stand.

Ano	Fração	Micronutrientes (g ha ⁻¹)				
		B	Cu	Fe	Mn	Zn
2007	Folha	143,0 (79,4*)	17,4 (56,8)	380,2 (65,5)	2273,9 (76,4)	33,8 (62,0)
	Galhos finos	18,3 (10,1)	7,7 (25,0)	75,7 (13,0)	436,9 (14,7)	11,3 (20,6)
	Miscelânea	14,1 (7,8)	2,4 (7,8)	85,4 (14,7)	161,2 (5,4)	6,1 (11,2)
	Galhos grossos	4,7 (2,6)	3,2 (10,4)	39,5 (6,8)	104,6 (3,5)	3,4 (3,4)
	Total	180,1	30,7	580,8	2976,5	54,6
2008	Folha	113,9 (74,2)	14,1 (53,8)	330,3 (58,9)	2165,8 (73,4)	32,4 (64,1)
	Galhos finos	14,7 (9,6)	5,9 (22,4)	48,3 (8,6)	384,5 (13,0)	9,5 (18,8)
	Miscelânea	16,8 (11,0)	3,0 (11,6)	118,4 (21,1)	217,6 (7,4)	4,7 (9,3)
	Galhos grossos	8,0 (5,2)	3,2 (12,2)	64,0 (11,4)	182,5 (6,2)	3,9 (7,8)
	Total	153,5	26,2	561,0	2950,4	50,6
2009	Folha	154,7 (82,3)	12,3 (61,5)	394,9 (70,3)	2596,1 (81,9)	40,8 (74,0)
	Galhos finos	12,7 (6,8)	4,5 (22,6)	44,7 (8,0)	303,6 (9,6)	8,0 (14,4)
	Miscelânea	14,9 (8,0)	1,9 (9,7)	91,6 (16,3)	183,7 (5,8)	4,2 (7,6)
	Galhos grossos	5,6 (3,0)	1,2 (6,1)	30,7 (5,5)	85,6 (2,7)	2,2 (4,0)
	Total	187,9	20,0	562,0	3169,0	55,1
2010	Folha	194,7 (80,5)	22,2 (60,8)	490,1 (69,0)	2826,1 (77,6)	46,3 (69,0)
	Galhos finos	19,4 (8,0)	8,1 (22,1)	39,1 (5,5)	431,6 (11,9)	12,3 (18,3)
	Miscelânea	23,7 (9,8)	3,6 (9,8)	143,3 (20,2)	265,2 (7,3)	6,0 (8,9)
	Galhos grossos	4,2 (1,7)	2,6 (7,3)	37,4 (5,3)	118,1 (3,2)	2,5 (3,8)
	Total	241,9	36,5	709,8	3641,0	67,1
Média	Folha	151,6 (79,4)	16,5 (58,2)	398,9 (66,1)	2465,5 (77,4)	38,3 (67,5)
	Galhos finos	16,3 (8,5)	6,5 (23,0)	51,9 (8,6)	389,1 (12,2)	10,2 (18,0)
	Miscelânea	17,4 (9,1)	2,7 (9,7)	109,7 (18,2)	206,9 (6,5)	5,2 (9,2)
	Galhos grossos	5,6 (2,9)	2,6 (9,1)	42,9 (7,1)	122,7 (3,9)	3,0 (5,3)
	Total	190,8	28,3	603,4	3184,2	56,8

*Valores entre parênteses correspondem à porcentagem de cada fração em relação ao total de determinado micronutriente contido na serapilheira em cada ano de estudo.

O aporte anual de nutrientes ao solo via deposição de serapilheira foi composto principalmente pela fração folhas (Tabelas 4 e 5). Devido à sua predominante biomassa, contribui em maior escala para a ciclagem de nutrientes, sendo que sua participação média relativa, no retorno de nutrientes, variou de 53,9% para o magnésio (ano de 2008) até mais de 83% para o nitrogênio e o fósforo (ano de 2009).

O cálcio, por ser o nutriente de maior teor na serapilheira, foi o mais fornecido em quantidade ao piso florestal do povoamento. Considerando-se a transferência de Ca + N, esta corresponde a 71,5% do total de macronutrientes devolvidos ao solo. Nesse sentido, a magnitude média de transferência de macronutrientes ao solo do povoamento foi: Ca > N > K > Mg > S > P. Essa magnitude foi verificada por Zaia & Gama-Rodrigues (2004) com *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus camaldulensis* e *Eucalyptus pellita*, e por Schumacher et al. (1994), com *Eucalyptus camaldulensis*.

Dentre os micronutrientes, o manganês foi o que apresentou maior devolução, também em função de sua maior concentração em relação aos demais. Considerando-se a transferência de Mn + Fe, esta corresponde a mais de 93% do total de micronutrientes devolvidos ao solo, durante o período de estudo. Nesse sentido, a magnitude de transferência de micronutrientes ao solo do povoamento foi: Mn > Fe > Zn > B > Cu.

4. CONCLUSÕES

A produção de serapilheira apresenta padrão sazonal, com maior deposição nos meses do verão (período de aumento da temperatura do ar, radiação solar e evapotranspiração). A serapilheira é composta predominantemente pela fração folhas (67%), que também é a responsável por maior parte do retorno de nutrientes via serapilheira.

STATUS DA SUBMISSÃO

Recebido: 5 ago., 2013
Aceito: 16 maio, 2014
Publicado: 28 ago., 2014

AUTOR(ES) PARA CORRESPONDÊNCIA

Márcio Viera
Departamento Multidisciplinar, Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, Campus Silveira Martins, CEP 97105-000, Silveira Martins, RS, Brasil
e-mail: marcio.viera@ufsm.br

REFERÊNCIAS

- Aerts R. Nutrient resorption from senescing leaves of perennials: are there general patterns? *Journal of Ecology* 1996; 84(4): 597-608. <http://dx.doi.org/10.2307/2261481>
- Andrade AG, Costa GS, Faria SM. Deposição e decomposição da serapilheira em povoamentos de *Mimosa caesalpinifolia*, *Acacia mangium* e *Acacia holosericea* com quatro anos de idade em planossolo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 2000; 24(4): 777-785.
- Backes A, Prates FL, Viola MG. Produção de serapilheira em Floresta Ombrófila Mista, em São Francisco de Paula, Rio Grande do Sul, Brasil. *Acta Botânica Brasilica* 2005; 19(1): 155-160. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062005000100015>
- Balieiro FC, Franco AA, Pereira MG, Campello FC, Dias LE, Faria SM et al. Dinâmica da serapilheira e transferência de nitrogênio ao solo, em plantios de *Pseudosamanea guachapele* e *Eucalyptus grandis*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 2004; 39(6): 597-601. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2004000600012>
- Barlow J, Gardner TA, Ferreira LV, Peres CA. Litter fall and decomposition in primary, secondary and plantation forests in the Brazilian Amazon. *Forest Ecology and Management* 2007; 247(1): 91-97. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2007.04.017>
- Caldeira MVW, Vitorino MD, Schaadt SS, Moraes E, Balbinot R. Quantificação de serapilheira e de nutrientes em uma Floresta Ombrófila Densa. *Semina: Ciências Agrárias* 2008; 29(1): 53-68. <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2008v29n1p53>
- Colin-Belgrand M, Ranger J, Bouchon J. Internal nutrient translocation in Chestnut Tree Stemwood: III. Dynamics across an age series of *Castanea sativa* (Miller). *Annals of Botany* 1996; 78(6): 729-740. <http://dx.doi.org/10.1006/anbo.1996.0183>
- Corrêa RS, Schumacher MV, Momolli DDR. Deposição de serapilheira e macronutrientes em povoamento de *Eucalyptus dunnii* Maiden sobre pastagem natural degradada no Bioma Pampa. *Scientia Forestalis* 2013; 41(97): 65-74.

- Cunha GM, Gama-Rodrigues AC, Costa GS. Ciclagem de nutrientes em *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden no norte Fluminense. *Revista Árvore* 2005; 29(3): 353-363. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622005000300002>
- Cunha Neto FV, Leles PSS, Pereira MG, Bellumath VGH, Alonso JM. Acúmulo e decomposição da serapilheira em quatro formações florestais. *Ciência Florestal* 2013; 23(3): 379-387. <http://dx.doi.org/10.5902/1980509810549>
- Dias HCT, Figueira MD, Silveira V, Fontes MAL, Oliveira Filho AT, Scolforo JRS. Variação temporal de nutrientes na serapilheira de um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual em Lavras, Minas Gerais - Brasil. *Cerne* 2002; 8(2): 1-16.
- Fernandes MEB, Nascimento AAM, Carvalho ML. Estimativa da produção anual de serapilheira dos bosques de Mangue no Furo Grande, Bragança-Pará. *Revista Árvore* 2007; 31(5): 949-958. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622007000500019>
- Ferreira RLC, Lira MA Jr, Rocha MS, Santos MVF, Andrade M, Barreto LP. Deposição e acúmulo de matéria seca e nutrientes em serapilheira em um bosque de sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* benth.). *Revista Árvore* 2007; 31(1): 7-12. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622007000100002>
- Freitas ECS, Oliveira Neto SN, Fonseca DM, Santos MV, Leite GH, Machado VD. Deposição de serapilheira e de nutrientes no solo em Sistema Agrossilvipastoril com eucalipto e acácia. *Revista Árvore* 2013; 37(3): 409-417. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622013000300004>
- Haag HP. *Ciclagem de nutrientes em florestas tropicais*. Campinas: Fundação Cargill; 1985.
- Laclau JP, Ranger J, Gonçalves JLM, Maquère V, Krusche AV, M'Bou AT et al. Biogeochemical cycles of nutrients in tropical *Eucalyptus* plantations main features shown by intensive monitoring in Congo and Brazil. *Forest Ecology and Management* 2010; 259(9): 1771-1785. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2009.06.010>
- Martins SV, Rodrigues RR. Produção de serapilheira em clareiras de uma floresta estacional semidecidual no município de Campinas, SP. *Revista Brasileira de Botânica* 1999; 22(3): 405-412.
- Miyazawa M, Pavan MA, Muraoka T, Carmo CAFS, Mello WJ. Análises químicas de tecido vegetal. In: Silva FC, organizador. *Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes*. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia; 1999.
- Mochiutti S, Queiroz JAL, Melém NJ Jr. Produção de serapilheira e retorno de nutrientes de um povoamento de Taxi-branco e de uma floresta secundária no Amapá. *Boletim de Pesquisa Florestal* 2006; 52: 3-20.
- Moreira PR, Silva OA. Produção de serapilheira em área reflorestada. *Revista Árvore* 2004; 28(1): 49-59. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622004000100007>
- Moreno JA. *Clima do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura; 1961. PMCid:PMC1613951
- Nambiar EKS, Fife DN. Nutrient retranslocation in temperate conifers. *Tree Physiology* 1991; 9(1-2): 185-207. <http://dx.doi.org/10.1093/treephys/9.1-2.185>
- Nardoto GB, Bustamante MMC, Siqueira Pinto A. Nutrient use efficiency at ecosystem and species level in savanna areas of Central Brazil and of fire. *Journal of Tropical Ecology* 2006; 22(3): 191-201.
- Piatek KB, Allen HL. Site preparation effects on foliar N and P use, retranslocation, and transfer to litter in 15-year-old *Pinus taeda*. *Forest Ecology Management* 2000; 129(1-3): 143-152. [http://dx.doi.org/10.1016/S0378-1127\(99\)00150-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0378-1127(99)00150-4)
- Pires LA, Brites RM, Martel G, Pagano SN. Produção, acúmulo e decomposição da serapilheira em uma restinga da Ilha do Mel, Paranaguá, PR, Brasil. *Acta Botânica Brasílica* 2006; 20(2): 173-184. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062006000100016>
- Poggiani F, Zamberlan H, Monteiro E Jr, Gava IC. Quantificação da deposição de folhedo em talhões experimentais de *Pinus taeda*, *Eucalyptus viminalis* e *Mimosa scabrella* plantados em uma área degradada pela mineração do xisto betuminoso. *Revista IPEF* 1987; (37): 21-29.
- Poggiani F. *Ciclagem de nutrientes em ecossistemas de plantações florestais de Eucalyptus e Pinus: implicações silviculturais [tese]*. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo; 1985.
- Santiago J, Molinero J, Pozo J. Impact of timber harvesting on litterfall inputs and benthic coarse particulate organic matter (CPOM) storage in a small stream draining a eucalyptus plantation. *Forest Ecology and Management* 2011; 262(6): 1146-1156. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2011.06.018>
- Schumacher MV, Brun EJ, Hernandez JI, König FG. Produção de serapilheira em uma floresta de *Araucaria angustifolia* (bertol.) kuntze no município de Pinhal Grande-RS. *Revista Árvore* 2004; 28(1): 29-37. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622004000100005>
- Schumacher MV, Brun EJ, Rodrigues LM, Santos EM. Retorno de nutrientes via deposição de serapilheira em um povoamento de acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.) no estado do Rio Grande do Sul. *Revista Árvore* 2003; 27(6): 791-798. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622003000600005>
- Schumacher MV, Corrêa RS, Viera M, Araújo EF. Produção e decomposição de serapilheira em um povoamento de *Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus globulus* maidenii. *Cerne* 2013; 19(3): 509-508. <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-77602013000300018>

- Schumacher MV, Poggiani F, Simões JW. Transferência de nutrientes das copas para o solo através da deposição de folheto em povoamentos de *Eucalyptus camaldulensis*, *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus torelliana* plantados em Anhembi-SP. *Revista IPEF* 1994; 47: 56-61.
- Schumacher MV, Trüby P, Marafija JM, Viera M, Szymczak DA. Espécies predominantes na deposição de serapilheira em fragmento de Floresta Estacional Decidual no Rio Grande do Sul. *Ciência Florestal* 2011; 21(3): 479-486.
- Schumacher MV, Viera M, Witschoreck R. Produção de serapilheira e transferência de nutrientes em área de segunda rotação com floresta de *Pinus taeda* L. no município de Cambará do Sul, RS. *Ciência Florestal* 2008; 18(4): 471-480.
- Silva AC, Santos AR, Paiva AV. Translocação de nutrientes em folhas de *Hevea brasiliensis* (clone) e em acículas de *Pinus oocarpa*. *Revista da Universidade de Alfenas* 1998; 4: 11-18.
- Souza JA, Davide AC. Deposição de serapilheira e nutrientes em uma mata não minerada e em plantações de bracatinga (*Mimosa scabrella*) e de eucalipto (*Eucalyptus saligna*) em áreas de mineração de bauxita. *Cerne* 2001; 7(1): 101-113.
- Statistical Package for the Social Sciences - SPSS. *Programa de computador, ambiente windows*. Versão 7.5.1. Chicago; 1996.
- Streck EV, Kampf N, Dalmolin RSD, Klant E, Nascimento PC, Schneider P et al. *Solos do Rio Grande do Sul*. 2. ed. Porto Alegre: EMATER; 2008. PMCid:PMC3214966
- Switzer GL, Nelson LE. Nutrient accumulation and cycling in Loblolly Pine (*Pinus taeda*) plantation ecosystems: the first 20 years. *Soil Science Society of America Proceedings* 1972; 36(2): 143-147.
- Tedesco MJ, Volkweiss SJ, Goepfert CF. *Análise de solo, plantas e outros materiais*. Porto Alegre: Departamento de Solos; 1995.
- Viera M, Schumacher MV, Caldeira MVW. Dinâmica de decomposição e nutrientes em plantio de *Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus globulus* no sul do Brasil. *Floresta e Ambiente* 2013; 20(3): 351-360.
- Viera M, Schumacher MV. Concentração e retranslocação de nutrientes em acículas de *Pinus taeda* L. *Ciência Florestal* 2009; 29(4): 375-382.
- Viera M, Schumacher MV. Deposição de serapilheira e de macronutrientes em um povoamento de acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.) no Rio Grande do Sul. *Ciência Florestal* 2010a; 20(2): 225-233.
- Viera M, Schumacher MV. Teores e aporte de nutrientes na serapilheira de *Pinus taeda* L., e sua relação com a temperatura do ar e pluviosidade. *Revista Árvore* 2010b; 34(1): 85-94. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622010000100010>
- Viera M, Schumacher MV. Variação mensal da deposição de serapilheira em povoamento de *Pinus taeda* L. em área de campo nativo em Cambará do Sul - RS. *Revista Árvore* 2010c; 34(3): 487-494. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622010000300012>
- Vital ART, Guerrini IA, Franken WK, Fonseca RCB. Produção de serapilheira e ciclagem de nutrientes de uma floresta estacional semidecidual em zona ripária. *Revista Árvore* 2004; 28(6): 793-800. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622004000600004>
- Vitousek PM, Sanford RL. Nutrient cycling in moist tropical forest. *Annual Review Systems* 1986; 17: 137-167. <http://dx.doi.org/10.1146/annurev.es.17.110186.001033>
- Vogel HM, Schumacher MV, Trüby P, Vuaden E. Avaliação da devolução de serapilheira em uma floresta Estacional Decidual em Itaara, RS, Brasil. *Ciência Florestal* 2007; 17(3): 187-196.
- Zaia FC, Gama-Rodrigues AC. Ciclagem e balanço de nutrientes em povoamentos de eucalipto na região norte fluminense. *Revista Brasileira Ciência Solo* 2004; 28(5): 843-852. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832004000500007>