

Disponibilização de Nutrientes via Decomposição da Serapilheira Foliar em um Plantio de *Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus globulus*

Márcio Viera¹, Mauro Valdir Schumacher², Elias Frank Araújo³

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

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

³Celulose Rio-grandense – CMPC, Guaíba/RS, Brasil

RESUMO

Este estudo teve como objetivo avaliar a disponibilização de nutrientes via decomposição da serapilheira foliar, em um plantio de híbrido de *Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus globulus* em Eldorado do Sul-RS. Foi utilizada a técnica de *litter bags* para a avaliação da decomposição. Ao todo, foram utilizados 648 *litter bags*, com coletas mensais de 18 amostras, durante o período de 36 meses. A perda de massa foliar apresentou correlação positiva com a concentração de nutrientes, indicando que, quanto maior a perda de massa, maior a concentração dos elementos no folheto remanescente. A decomposição da serapilheira foliar apresentou inicialmente imobilização de P, Fe, Mn e Zn, e disponibilização dos demais nutrientes. O P tornou-se disponível a partir do segundo ano, enquanto o Mn e o Zn, somente a partir do terceiro ano.

Palavras-chave: eucalipto, ciclagem de nutrientes, *litter bag*.

Nutrients Release Through Leaf Litter Decomposition in *Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus globulus* Plantation

ABSTRACT

This study had the objective to evaluate the nutrients release through leaf litter decomposition in *Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus globulus* hybrid plantation, Eldorado do Sul-RS. We used the litterbags techniques to assess the decomposition. We used 648 litterbags, with 18 samples collected monthly during 36 months. Mass loss leaf showed positive correlation with nutrients concentration, indicating that the higher mass loss, higher the nutrients concentration in litter remaining. Litter leaf decay initially showed P, Fe, Mn and Zn immobilization and release of the others, in the second year occurred P release and in the third year occurred Mn and Zn release, with Fe exception.

Keywords: eucalyptus, nutrients cycling, litterbag.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil possui cerca de 5.102.030 ha plantados com eucalipto, dos quais 284.701 ha encontram-se no Rio Grande do Sul (ABRAF, 2013). O eucalipto está entre as principais fontes de matéria-prima para a produção de celulose, papel e de carvão vegetal (biomassa energética) para siderurgia, bem como para fábricas de cimento, serrarias, postes, óleos essenciais, entre outras finalidades (ABRAF, 2011).

A utilização do eucalipto em novos plantios está sendo intensificado, principalmente em locais sem tradição silvicultural. Além disso, muitas espécies de eucaliptos crescem relativamente bem em solos de baixa fertilidade natural (Reis et al., 1989). Segundo os autores, isso possivelmente pode estar ligado à baixa exigência nutricional, à eficiência de utilização de nutrientes pelas plantas e à ciclagem de nutrientes. Segundo Laclau et al. (2010), Viera et al. (2010), a ciclagem de nutrientes, via deposição e decomposição da serapilheira, possibilita o crescimento de árvores em solos com baixos teores nutricionais.

O processo de decomposição e liberação de nutrientes é composto por três fases, segundo Dutta & Agrawal (2001): a primeira fase, na qual ocorre liberação rápida de nutrientes através da lixiviação; a segunda fase é de imobilização do nutriente, que pode começar logo após a lixiviação ou quando começa ocorrer perda de massa da serapilheira, e na terceira fase, ocorre a liberação absoluta de nutrientes e a decomposição final da serapilheira. Para Guo & Sims (2002), a decomposição da serapilheira e a disponibilização de nutrientes são influenciadas significativamente por fatores internos (espécies, tipo de serapilheira e composição química inicial). Os autores mencionam que a escolha de espécies apropriadas para a produção de biomassa pode ser baseada no processo de ciclagem de nutrientes.

Existe grande número de publicações sobre ciclagem de nutrientes em plantios de eucalipto, mas poucos estudos levam em consideração o processo de decomposição da serapilheira e liberação de nutrientes, como, por exemplos: Sankaran (1993), Guo & Sims (1999, 2001), Dutta & Agrawal (2001), Gama-Rodrigues & Barros (2002), Balieiro et al. (2004), Costa et al. (2005), Parsons & Congdon (2008) e Cunha Neto et al. (2013). Devido a este

fato, o estudo objetivou avaliar a disponibilização de nutrientes via decomposição da serapilheira foliar em um plantio de *Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus globulus*, em Eldorado do Sul-RS.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado em um plantio de híbrido de *Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus globulus*, localizado no Horto Florestal Terra Dura, no município de Eldorado do Sul-RS, em área pertencente à Empresa Celulose Rio-grandense (CMPC). O experimento está situado 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 fundamental predominante é o Cfa (subtropical úmido) (Moreno, 1961). O solo na área experimental é um Argissolo Vermelho distrófico típico (Streck et al., 2008).

A avaliação da decomposição da fração folhas da serapilheira baseou-se no uso de *litter bags*. A fração folhas, utilizada para compor os *litter bags*, foi coletada em dezembro de 2006, na mesma área de estudo, levando-se em consideração apenas o material recém-caído (camada L da serapilheira produzida). Após a coleta, todas as folhas amostradas foram embaladas em sacos plásticos e transferidas para o Laboratório de Ecologia Florestal, onde foram colocadas para a secagem em estufa de circulação e renovação de ar a 70 °C, até atingir peso constante. Após secagem, a fração folhas foi acondicionada em bolsas de nylon (*litter bags*), com malha de 2 mm, e com dimensões de 20 cm × 20 cm. Foram utilizados 12 g de folhas secas em cada bolsa. Ao todo, foram confeccionados 648 *litter bags*, os quais foram instalados no final do mês de dezembro de 2006 (aos 5,5 anos de idade do plantio). Foram demarcadas três parcelas (36 m × 6 m), nas quais as bolsas com a fração folhas foram alocadas. Em cada parcela, foram demarcadas 36 linhas com equidistância de um metro e instalados seis *litter bags* em cada linha. Totalizaram-se, dessa forma, 216 bolsas para avaliação da decomposição em cada parcela.

Antes de adicionar as bolsas ao solo, as mesmas sofreram perfurações com diâmetro em torno de um centímetro, para facilitar o ataque de agentes decompositores com dimensões superiores. Essas

perfurações foram feitas com o intuito de possibilitar uma aproximação com as condições reais de decomposição da serapilheira depositada sobre o solo.

As avaliações foram realizadas mensalmente, entre janeiro de 2007 e dezembro de 2009, com a coleta de uma linha de *litter bag* em cada parcela (18 amostras mensais). A definição da linha a ser coletada foi baseada em sorteio prévio. As coletas foram realizadas de maneira minuciosa, para evitar perda de material, colocando-se o material em embalagens plásticas. Em laboratório, as amostras passaram por um processo de limpeza, com o auxílio de pinça e pincel para a retirada de material adverso, como raízes de eucalipto e sub-bosque, insetos, solo ou outro material que não fosse proveniente da fração. Em seguida, o material foi colocado em estufa regulada a 65 °C, até atingir peso constante para posterior pesagem. Para a moagem e a posterior análise química, as seis amostras de cada parcela foram misturadas duas a duas, resultando em três amostras mensais por parcela.

O percentual do peso seco de folhas remanescentes (Equação 1) após cada coleta foi determinado pela equação proposta por Guo & Sims (1999).

$$W_{\%} = \frac{W_t}{W_0} \times 100 \quad (1)$$

em que: $W_{\%}$ = percentual do peso seco de folhas remanescentes; W_t = peso seco de folhas remanescentes no *litter bag* no tempo t ($t = 1, 2, \dots, 36$ meses), em g; W_0 = peso seco inicial do *litter bag*, em g.

Para a obtenção da taxa anual de decomposição da fração folhas (Equação 2), foi utilizada a equação exponencial descrita por Olson (1963).

$$W_t = W_0 \cdot e^{-Kt} \quad (2)$$

em que: W_t = peso seco de folhas remanescentes no *litter bag* no mês t ($t = 1, 2, \dots, 36$ meses), em g; W_0 = peso seco inicial do *litter bag*, em g; K_t = constante anual de decomposição.

A porcentagem de disponibilização de nutrientes (Equação 3) foi obtida pela fórmula descrita por Guo & Sims (1999).

$$R_{\%} = \frac{W_0 C_0 - W_t C_t}{W_0 C_0} \times 100 \quad (3)$$

em que: W_0 = peso seco inicial do *litter bag*, em g; C_0 = teor inicial do nutriente no *litter bag*; macronutrientes, em g kg^{-1} , e micronutrientes, em mg kg^{-1} ; W_t = peso seco de folhas remanescentes no *litter bag* no mês t ($t = 1, 2, \dots, 36$ meses), em g; C_t = teor do nutriente nas folhas remanescentes no mês t ($t = 1, 2, \dots, 36$ meses); macronutrientes, em g kg^{-1} , e micronutrientes, em mg kg^{-1} .

Em todas as amostras de tecido vegetal, após a secagem e a moagem, foi realizada a determinação dos teores de nutrientes seguindo a metodologia descrita por Tedesco et al. (1995). Para o ajuste da equação exponencial, utilizaram-se os valores médios mensais de perda de massa de cada uma das três parcelas. A relação entre a perda de massa e a concentração de nutrientes, e a porcentagem de disponibilização de nutrientes foi determinada por meio da média mensal, para o período de 36 meses.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A decomposição da serapilheira foliar foi de 73,6%, remanescendo 26,4% do peso inicial durante o período de três anos (Figura 1). Em povoamento de *Eucalyptus grandis*, no Norte Fluminense, durante o período de um ano de decomposição, Costa et al. (2005) encontraram 30% de perda de massa do folheto. Segundo os autores, a maior perda de massa foliar esteve relacionada ao período de maior disponibilidade hídrica, bem como à liberação de celulose (40-51%), de polifenóis (54-70%) e, em pequena quantidade, de lignina (3-14%).

Em povoamento de *Eucalyptus globulus* na Nova Zelândia, Guo & Sims (2001) encontraram uma perda de 53,9; 66,9 e 58,5% da massa seca foliar, durante um período de 12 meses de decomposição, em povoamentos com um, dois e três anos de idade, respectivamente. Na Índia, Dutta & Agrawal (2001) encontraram para *Acacia auriculiformis*, *Cassia siamea*, *Casuarina equisetifolia*, *Eucalyptus hybrid* e *Gravellia pteridifolia*, com quatro anos de idade, perda de massa seca de 58,0; 56,0; 66,8; 50,0 e 42,5%, respectivamente, após um ano de avaliação.

Ainda na Índia, Sankaran (1993) encontrou perda de massa, durante 18 meses de decomposição,

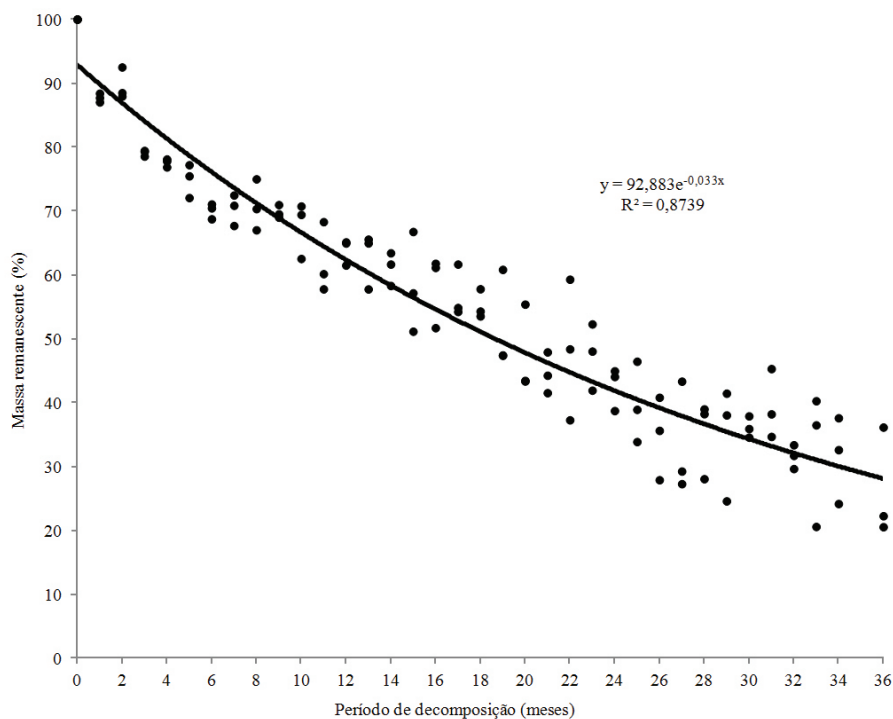


Figura 1. Massa foliar remanescente em *litter bags* em um plantio de *Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus globulus*.
Figure 1. Remaining leaf weight in *litterbags* in *Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus globulus* plantation.

de 64% para *Eucalyptus tereticornis* com seis anos de idade. Com isso, o autor verificou um coeficiente de decomposição de 0,74, superior ao encontrado neste estudo ($K = 0,44$). Para *Eucalyptus brookerana* e *Eucalyptus botryoides* com seis anos de idade, na Nova Zelândia, Guo & Sims (1999) observaram uma taxa de decomposição foliar variando de 0,76 a 0,94 e 0,24 a 0,37, respectivamente. A variação da decomposição, segundo aqueles autores e Dutta & Agrawal (2001), deve-se a fatores externos ao processo de decomposição (variação da umidade e da temperatura do solo) e internos (composição nutricional das folhas). O tempo necessário para decomposição de 50 e 95% da fração folhas foi de 1,56 e 6,75 anos, respectivamente. Sankaran (1993) observou 0,93 e 4,04 anos como tempo necessário para a decomposição de 50 e 95% da fração folhas, respectivamente.

Pode-se observar que existe uma grande variação nas taxas de decomposição da serapilheira foliar verificadas nos estudos citados anteriormente, com diferentes espécies de eucaliptos. Segundo Guo & Sims (1999), essa variação entre espécies é causada

por fatores internos, tais como: concentração de nutrientes, teores de lignina e relações entre teor de lignina e nutrientes, os quais são diferentes entre as espécies e são afetados pelo ambiente onde estas estão crescendo. Isso evidencia que maior taxa de decomposição em um sítio florestal está relacionada com a espécie escolhida. Dessa forma, as espécies a serem implantadas poderiam ser selecionadas de acordo com a necessidade específica de ciclagem de nutrientes (Guo & Sims, 1999), pois segundo os autores, a baixa taxa de decomposição e a ciclagem de nutrientes resultantes podem ser aumentadas com a escolha de espécies com serapilheira foliar mais facilmente decompostas.

Vários estudos indicam que principalmente N e P são imobilizados durante o processo de decomposição da serapilheira foliar. Tal padrão foi relatado em trabalhos, como: Guo & Sims (1999), com *Eucalyptus brookerana* e *Eucalyptus botryoides*; Dutta & Agrawal (2001), estudando *Acacia auriculiformis*, *Cassia siamea*, *Casuarina equisetifolia*, *Eucalyptus hybrid* e *Gravellia pteridifolia*; Guo & Sims (2001), com *Eucalyptus globulus*; Balieiro et al. (2004), com

plantios puros e mistos de *Pseudosamanea guachapele* e *Eucalyptus grandis*; Singh et al. (2004), em Floresta Tropical Decidual, e Parsons & Congdon (2008), com *Eucalyptus grandis* e em Floresta Tropical com diferentes estágios sucessionais.

Esse fato é verificado quando a perda de massa foliar apresenta correlação positiva com a concentração de nutrientes, indicando que quanto maior a perda de massa, maior a concentração dos elementos no folheto remanescente (Figura 2). O aumento dos teores de nutrientes com o processo de decomposição da serapilheira foliar está relacionado

com a imobilização realizada pelos microrganismos e pela perda de carbono (Dutta & Agrawal, 2001; Singh et al., 2004). Entretanto, segundo os autores, a diminuição do teor de potássio pode estar relacionada ao processo de lixiviação, devido a esse elemento não fazer parte da estrutura do tecido da planta.

Para o ferro, ocorreu aumento acentuado na concentração desse elemento na serapilheira foliar em processo de decomposição, apresentando relação exponencial entre a concentração do elemento e a perda de massa. Esse aumento pode estar relacionado

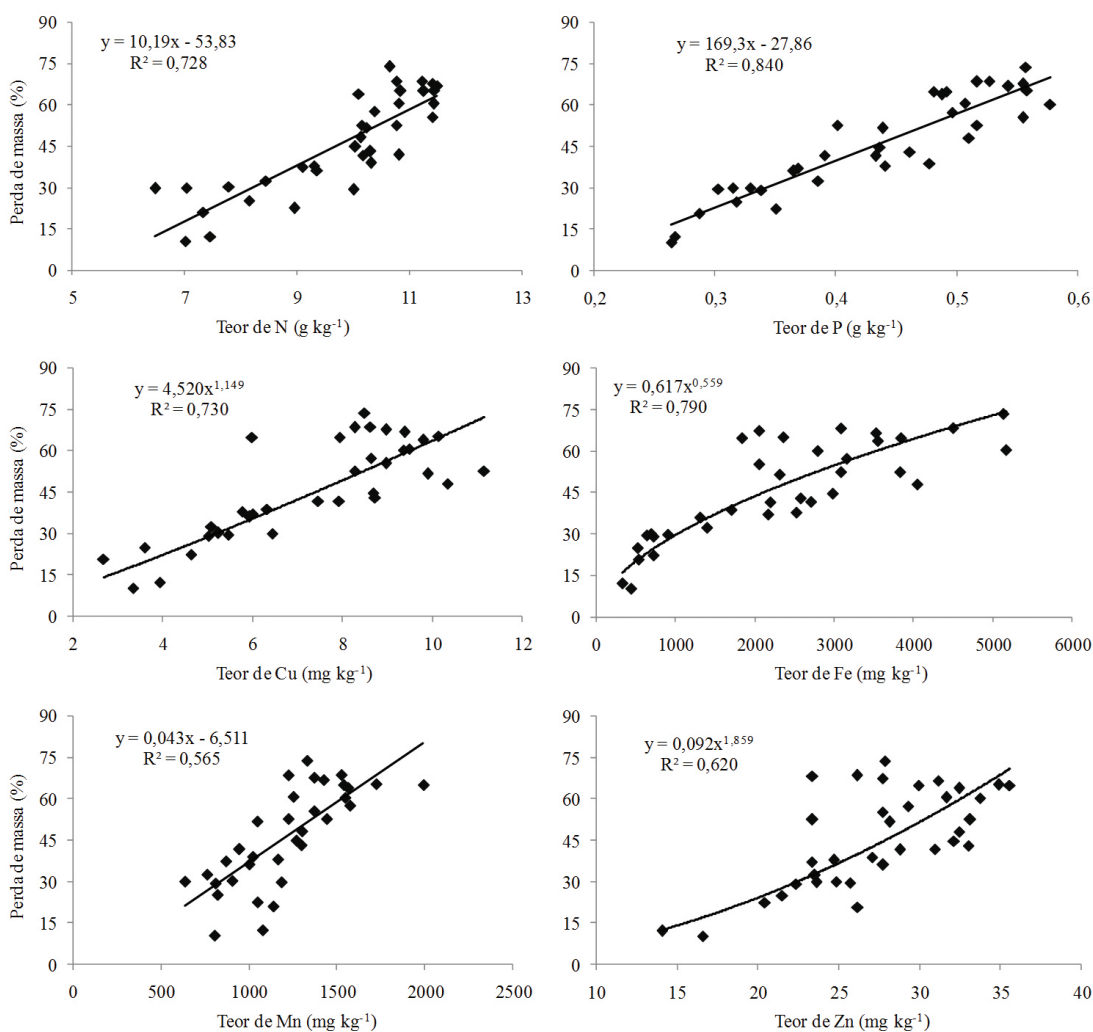


Figura 2. Relação entre a perda de massa e a concentração de nutrientes em *litter bags* durante 36 meses de avaliação, em um plantio de *Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus globulus*.

Figure 2. Relation between weight lost and nutrients concentration in *litterbags* during 36 months in *Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus globulus* plantation.

à contaminação das folhas contidas nos *litter bags* por partículas do solo, as quais podem ser transportadas pela fauna, pelo desenvolvimento de raízes e/ou pelo impacto das gotas da chuva, mesmo após o processo de retirada de impurezas em laboratório. O efeito da contaminação do material em contato com o solo é relatado por Viera et al. (2010), que ao analisarem a concentração de nutrientes na serapilheira acumulada em um fragmento de floresta estacional decidual, verificaram teores elevados de Fe e Mn. Os autores salientam que a etapa de separação das impurezas é muito complexa devido ao processo de decomposição e fragmentação do material analisado. Potássio, cálcio, magnésio, enxofre e boro não apresentaram relação significativa com a perda de massa da serapilheira foliar, demonstrando

comportamento instável durante o processo de decomposição.

A disponibilização de nutrientes por meio da serapilheira foliar mostrou-se variável conforme o processo de decomposição (Figura 3). Nos 12 meses iniciais de avaliação da decomposição da serapilheira foliar, verificou-se que ocorreu imobilização de Fe (-600%), Zn (-60%), Mn (-30%) e P (-20%), e disponibilização de Cu (15%), Ca (20%), N (25%), Mg (40%), S (50%), B (55%) e K (75%). Decorridos 24 meses de decomposição da serapilheira foliar, Fe (-1100%), Mn (-30%) e Zn (-30%) continuaram imobilizados. S e Cu mantiveram-se com valores constantes, sem haver disponibilização durante o segundo ano de decomposição; note-se que se considerou constante quando a variação da

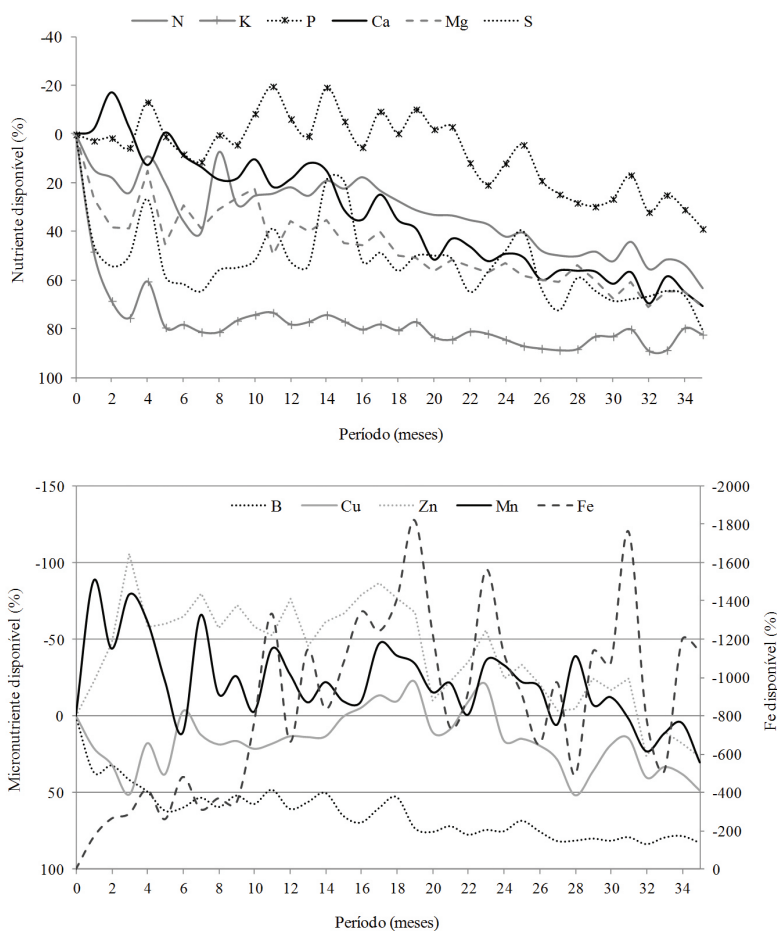


Figura 3. Disponibilização de nutrientes (%) durante o período de decomposição da serapilheira foliar em *litter bags* em um plantio de *Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus globulus*.

Figure 3. Nutrients release (%) during the leaf litter decomposition in *litterbags* in a *Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus globulus* plantation.

porcentagem da quantidade de nutrientes disponibilizados, entre o final dos 12 meses iniciais de decomposição e dos 24 meses, não foi superior a 5%. Entretanto, P apresentou disponibilização no segundo ano de decomposição da serapilheira foliar (10%) e N, Ca, Mg, B e K também apresentaram aumento de disponibilização, com 40, 50, 55, 75 e 85% da quantidade inicial, respectivamente. Após 36 meses de decomposição, apenas K, B e Fe permaneceram com valores constantes; já os demais apresentaram aumento em relação à quantidade disponibilizada aos 24 meses (Mn e Zn = 30%; P = 40%; Cu = 50%; N = 60%; Mg e Ca = 70%; B e S = 80%, e K = 82%).

De forma geral, após 36 meses de decomposição da serapilheira foliar, K, S e B apresentaram disponibilidades superiores a 80% das suas quantidades iniciais; Mg, Ca e N apresentaram disponibilidades entre 60 e 80% de suas quantidades iniciais; P e Cu com valores entre 40 e 60%, e Mn e Zn na faixa de 20 a 40% de disponibilização, sendo que, para o Fe, ocorreu imobilização (-1100%), indicando claramente a contaminação do material com partículas de solo. Dessa forma, esses valores para o Fe não representam a realidade da dinâmica do nutriente durante o processo de decomposição da serapilheira foliar.

A imobilização inicial do fósforo durante o processo de decomposição da serapilheira foliar é relatada por diversos estudos com espécies de eucaliptos: Guo & Sims (1999), Dutta & Agrawal (2001), Guo & Sims (2001), Gama-Rodrigues & Barros (2002), Balieiro et al. (2004), Costa et al. (2005) e Parsons & Congdon (2008). Cabe ressaltar que esses estudos foram conduzidos por períodos de decomposição relativamente curtos (entre 12 e 18 meses). Por isso, os autores encontraram imobilização do elemento, em grande parte do período de estudo. Entretanto, quando considerado um período maior de avaliação, caso deste estudo, pode-se verificar a disponibilização de P de forma contínua, a qual começou 22 meses após o início do processo de decomposição da serapilheira foliar.

Guo & Sims (2002) verificaram, aos 12 meses após o início do processo de decomposição da serapilheira foliar, que, para *Eucalyptus Botryoides* e *Eucalyptus globulus* sem irrigação, ocorreu

disponibilização de 31,3 e 49,0% do P, e para o *Eucalyptus ovata*, imobilização de -111,4%. Após 511 dias de decomposição, Parsons & Congdon (2008) encontraram uma mobilização de 182 e 134% de N e P, respectivamente, na serapilheira foliar de *Eucalyptus grandis*. Para o potássio, os autores verificaram uma disponibilização em torno de 90% entre 14 e 35 dias de decomposição, mas, ao final do período, esse elemento apresentou 63% de sua quantidade inicial imobilizada na fração folhas. Analisando um povoamento de *Eucalyptus grandis*, Costa et al. (2005) encontraram, durante os 382 dias de avaliações, que entre os nutrientes verificados, houve liberação de N (6 a 19%), K (49 a 60%), Ca (18 a 20%) e Mg (27 a 39%), enquanto P (-20 a -40%) foi imobilizado.

Observa-se, dessa forma, que ocorre variação nas taxas de disponibilização ou imobilização de nutrientes durante o processo de decomposição. Isso ocorre devido à composição química do material decíduo (Guo & Sims, 2002; Parsons & Congdon, 2008); à retranslocação do nutriente antes da abscisão foliar (Viera & Schumacher, 2009); à umidade do solo (Guo & Sims, 2002; Goya et al., 2008), uma vez que, durante a estação chuvosa, a disponibilização tende a ser máxima (Dutta & Agrawal, 2001); à composição microbiótica do solo (Dutta & Agrawal, 2001; Lemma et al., 2007), e à relação teor de lignina e nutriente (O'Connell, 1998). Existe diferença na liberação ou na imobilização de nutrientes entre indivíduos da mesma espécie crescendo em ecossistemas distintos (Guo & Sims, 2002). Segundo Singh et al. (2004), a decomposição da serapilheira e a liberação de nutrientes também estão relacionadas com a entrada de nutrientes via deposição atmosférica e pela quantidade de aporte de material decíduo pelas espécies.

4. CONCLUSÃO

Com a perda de massa, ocorreu aumento na concentração de nutrientes no folheto remanescente. A decomposição da serapilheira foliar apresentou inicialmente imobilização do P, Fe, Mn e Zn, e disponibilização dos demais nutrientes. A partir do segundo ano, o P tornou-se disponível, enquanto o Mn e o Zn se tornaram disponíveis a partir do terceiro ano.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq – Brasil), pela Bolsa concedida ao primeiro autor para a realização deste trabalho, e à empresa CMPC – Celulose Rio-grandense, pela disponibilização da área para estudo e pelo apoio logístico e financeiro.

STATUS DA SUBMISSÃO

Recebido: 13 nov., 2013

Aceito: 11 mar., 2014

Publicado: 28 ago., 2014

AUTOR(ES) PARA CORRESPONDÊNCIA

Márcio Viera

Departamento Multidisciplinar, Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, CEP 97195-000, Silveira Martins, RS, Brasil
e-mail: marcio.viera@ufsm.br

REFERÊNCIAS

- Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas - ABRAF. *Anuário brasileiro da ABRAF*: ano base 2010. Brasília; 2011.
- Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas - ABRAF. *Anuário brasileiro da ABRAF*: ano base 2012. Brasília; 2013.
- Balieiro FC, Franco AA, Pereira MG, Campello EFC, 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>
- Costa GS, Gama-Rodrigues AC, Cunha GM. Decomposição e liberação de nutrientes da serapilheira foliar em povoamentos de *Eucalyptus grandis* no norte Fluminense. *Revista Árvore* 2005; 29(4): 563-570. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622005000400008>
- 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>
- Dutta RK, Agrawal M. Litterfall, litter decomposition and nutrient release in five exotic plant species planted on coal mine spoils. *Pedobiologia* 2001; 45(4): 298-312. <http://dx.doi.org/10.1078/0031-4056-00088>
- Gama-Rodrigues AC, Barros NF. Ciclagem de nutrientes em floresta natural e em plantios de eucalypto e de dandá no Sudoeste da Bahia, Brasil. *Revista Árvore* 2002; 26(2): 193-207.
- Goya JF, Frangi JL, Pérez C, Tea FD. Decomposition and nutrient release from leaf litter in *Eucalyptus grandis* plantations on three different soils in Entre Ríos, Argentina. *Bosque* 2008; 29(3): 217-226.
- Guo LB, Sims REH. Eucalypt litter decomposition and nutrient release under a short rotation forest regime and effluent irrigation treatments in New Zealand: II. internal effects. *Soil Biology and Biochemistry* 2002; 34(7): 913-922. [http://dx.doi.org/10.1016/S0038-0717\(02\)00023-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0038-0717(02)00023-8)
- Guo LB, Sims REH. Eucalypt litter decomposition and nutrient release under a short rotation forest regime and effluent irrigation treatments in New Zealand I. External effects. *Soil Biology and Biochemistry* 2001; 33(10): 1381-1388. [http://dx.doi.org/10.1016/S0038-0717\(01\)00043-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0038-0717(01)00043-8)
- Guo LB, Sims REH. Litter decomposition and nutrient release via litter decomposition in New Zealand eucalypt short rotation forests. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 1999; 75(1-2): 133-140. [http://dx.doi.org/10.1016/S0167-8809\(99\)00069-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0167-8809(99)00069-9)
- 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>
- Lemma B, Nilsson I, Kleja DB. Decomposition and substrate quality of leaf litters and ne roots from three exotic plantations and a native forest in the southwestern highlands of Ethiopia. *Soil Biology & Biochemistry* 2007; 39(9): 2317-2328. <http://dx.doi.org/10.1016/j.soilbio.2007.03.032>
- Moreno JA. *Clima do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura; 1961. PMCid:PMC1613951.
- O'Connell AM. Nutrient dynamics in decomposing litter in Karri (*Eucalyptus diversicolor* F. Muell.) forests of South-westren Australia. *Journal of Ecology* 1988; 76(4): 1186-1203. <http://dx.doi.org/10.2307/2260642>
- Olson JS. Energy storage and the balance of producers and decomposers in ecological systems. *Ecology* 1963; 44(2): 322- 330. <http://dx.doi.org/10.2307/1932179>
- Parsons SA, Congdon RA. Plant litter decomposition and nutrient cycling in north Queensland tropical rain-forest communities of differing successional status. *Journal of Tropical Ecology* 2008; 24(2): 317-327.
- Reis GG, Reis MGF, Maestri M, Xavier A, Oliveira LM. Crescimento de *Eucalyptus camaldulensis*, *E. grandis* e

- E. cloeziana* sob diferentes níveis de restrição radicular. *Revista Árvore* 1989; 13(1): 1-18.
- Sankaran KV. Decomposition of leaf litter of albizia (*Paraserianthes falcataria*), eucalypt (*Eucalyptus tereticornis*) and teak (*Tectona grandis*) in Kerala, India. *Forest Ecology and Management* 1993; 56(1-4): 225-242. [http://dx.doi.org/10.1016/0378-1127\(93\)90115-4](http://dx.doi.org/10.1016/0378-1127(93)90115-4)
- Singh RK, Dutta RK, Agrawal M. Litter decomposition and nutrient release in relation to atmospheric deposition of S and N in a dry tropical region. *Pedobiologia* 2004; 48(4): 305-311. <http://dx.doi.org/10.1016/j.pedobi.2004.03.003>
- Streck EV, Kämpf N, Dalmolin RSD, Kklant E, Nascimento PC, Scheneider P et al. *Solos do Rio Grande do Sul*. 2nd ed. Porto Alegre: EMATER/RS; 2008. PMCID:PMC3214966.
- Tedesco MJ, Gianello C, Bissani CA, Bohnen H, Volkweiss SJ. *Análise de solo, plantas e outros materiais*. Porto Alegre: UFRGS; 1995. (Boletim Técnico).
- Viera M, Caldato SL, Rosa SF, Kanieski MR, Araldi DB, Santos R, et al. Nutrientes na serapilheira em um fragmento de floresta estacional decidual, Itaara, RS. *Ciência Florestal* 2010; 20(4): 611-619.
- Viera M, Schumacher MV. Concentração e retranslocação de nutrientes em acículas de *Pinus taeda* L. *Ciência Florestal* 2009; 29(4): 375-382.