

Decomposição da serapilheira foliar em plantios de bambu, nim indiano e eucalipto

Leaf litter decomposition in bamboo, neem and eucalyptus plantations

Ariane Miranda de Oliveira^I, Patrícia Anjos Bittencourt Barreto-Garcia^{II},
Adalberto Brito de Novaes^{III}, Flávia Ferreira de Carvalho^{IV},
Ivan Edson da Silva Meireles^V

Resumo

O processo de decomposição da serapilheira regula o acúmulo de matéria orgânica no solo e a ciclagem de nutrientes, desempenhando importante papel na manutenção de ecossistemas florestais. Objetivou-se avaliar a decomposição da fração foliar da serapilheira de plantios homogêneos de *Bambusa vulgaris*, *Azadirachta indica* e de *Eucalyptus urophylla*, utilizando como referência uma área de Floresta Estacional Semidecidual. As áreas de estudo estão localizadas no município de Vitória da Conquista, Bahia, Brasil. Para a avaliação da decomposição utilizou-se o método dos *litterbags*, sendo as coletas realizadas aos 30, 75, 120, 180, 240 e 350 dias. A partir dos resultados de massa remanescente, estimou-se a constante de decomposição (k) e o tempo de meia-vida. A serapilheira foliar foi submetida à análises químicas para determinação dos teores de carbono, nitrogênio, polifenóis, celulose e lignina. Ao final de um ano, bambu e nim indiano tiveram mais de 65% da sua serapilheira decomposta, com constantes k iguais a 0,0033 e 0,0069 g g⁻¹ dia, respectivamente. O plantio de eucalipto e a floresta nativa apresentaram perdas de massa inferiores a 50% e valores de k menores que 0,0020 g g⁻¹ dia. A serapilheira foliar do bambu e do nim indiano mostra-se mais propensa à decomposição, com taxas superiores ao eucalipto e à floresta nativa, o que proporciona a estas duas espécies uma maior capacidade de reciclar matéria orgânica e nutrientes.

Palavras-chave: Ciclagem de nutrientes; *Bambusa vulgaris*; *Azadirachta indica*; *Eucalyptus urophylla*

Abstract

The litter decomposition process regulates the accumulation of organic matter in the soil and the cycling of nutrients, playing an important role in the forest ecosystems maintenance. The objective of this study was to evaluate the decomposition of the leaf fraction in the litter from homogeneous plantations of *Bambusa vulgaris*, *Azadirachta indica*, and *Eucalyptus urophylla*, using as reference an area of seasonal semi-deciduous forest. The study areas are located in the city of Vitória da Conquista, Bahia, Brazil. To evaluate the decomposition, we used the litterbags method, collecting specimens on days 30, 75, 120, 180, 240, and 350. From the results of the remaining mass, we estimated the decomposition constant (k) and the half-life time. The leaf litter was submitted to chemical analyses to determine the contents of carbon, nitrogen, polyphenols, cellulose, and lignin. By the end of one year, more than 65% of the litter from bamboo and Indian neem had decomposed with constants k equal to 0.0033 and 0.0069 g g⁻¹ day, respectively. The Eucalyptus plantation and the native forest presented a mass loss lower than 50% and k values below 0.0020 g g⁻¹ day. The leaf litter from bamboo and indian neem is more prone to decomposition, with rates higher compared to eucalyptus and the native forest, which gives these two species a greater capacity to recycle organic matter and nutrients.

Keywords: Nutrient cycling; *Bambusa vulgaris*; *Azadirachta indica*; *Eucalyptus urophylla*

^I Engenheira Florestal, Me., Doutoranda em Agronomia, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Estrada do Bem Querer, km 04, CEP 45031-300, Vitória da Conquista (BA), Brasil. mirandadeoliveira.ariane@gmail.com (ORCID: 0000-0001-7140-1440)

^{II} Engenheira Florestal, Dra., Professora do Departamento de Engenharia Agrícola e Solos, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Estrada do Bem Querer, km 04, CEP 45031-300, Vitória da Conquista (BA), Brasil. patriciaabarreto@uesb.edu.br (ORCID: 00000-0002-8559-2927)

^{III} Engenheiro Agrônomo, Dr., Professor do Departamento de Fitotecnia, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Estrada do Bem Querer, km 04, CEP 45031-300, Vitória da Conquista (BA), Brasil. adalberto.brito@globo.com (ORCID: 0000-0002-4455-1715)

^{IV} Engenheira Florestal, Me., Doutoranda em Agronomia, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Estrada do Bem Querer, km 04, CEP 45031-300, Vitória da Conquista (BA), Brasil. carvalho.f.flavia@gmail.com (ORCID: 0000-0002-7150-0550)

^V Engenheiro Florestal, Me., Pesquisador Autônomo, Rua Professora Maria Ildete, 198, Centro, CEP 39980-000, Cachoeira de Pajeú (MG), Brasil. ivaneafsal@hotmail.com (ORCID: 0000-0002-4940-2508)



Introdução

As espécies perenes e florestais favorecem o acúmulo de serapilheira sobre o solo, dada a contínua deposição de resíduos vegetais em maior espaço de tempo, desempenhando importante papel na dinâmica dos ecossistemas. Ao ser decomposta, a serapilheira propicia o acúmulo de matéria orgânica na superfície do solo (BARBOSA *et al.*, 2017) e a liberação de nutrientes para as plantas (SILVA *et al.*, 2014; PINTO *et al.*, 2016). A extensão na qual esses processos acontecem é determinada pela velocidade de decomposição, que, por sua vez, é regulada por um conjunto de fatores que condicionam a quantidade do material que se acumula sobre o solo. Dentre os principais fatores que regulam a decomposição estão a qualidade da serapilheira, atividade dos organismos do solo e condições do ambiente.

A qualidade da serapilheira é resultante dos seus compostos orgânicos e inorgânicos (frações solúveis, nutrientes, lignina, celulose, compostos fenólicos, carbono, entre outros), que exercem grande influência sobre as interações da fauna do solo e sobre a taxa de decomposição (SWIFT; HEAL; ANDERSON, 1979). Tal qualidade varia de acordo com a espécie, tipo de vegetação e idade, que, por alterarem a natureza dos resíduos depositados, determinam a comunidade de decompositores a estes associados (GAMA-RODRIGUES; BARROS; SANTOS, 2003).

Embora diversos trabalhos já tenham sido realizados com o objetivo de avaliar a decomposição de ampla variedade de espécies perenes e florestais no Brasil, dentre estas o eucalipto (RIUTTA *et al.*, 2012; SILVA *et al.*, 2014; PINTO *et al.*, 2016), ainda não existem registros de estudos em plantios de bambu e nim indiano no país. No caso do eucalipto, os estudos realizados até então demonstram que a serapilheira da espécie apresenta baixas taxas de decomposição (GAMA-RODRIGUES; BARROS, 2002; PINTO *et al.*, 2016). Entretanto, em relação ao bambu e ao nim indiano, são praticamente inexistentes as informações acerca da dinâmica de deposição e decomposição da serapilheira, apesar do grande potencial de utilização dessas espécies para diferentes finalidades.

As espécies de bambu costumam ser empregadas para a geração de energia, alimentação (humana e animal) e construção artesanal e industrial (BALDUINO JÚNIOR *et al.*, 2016), além de serem apontadas como capazes de conservar ou melhorar a fertilidade do solo devido à constante cobertura (SANTOS, 2014). De forma semelhante, o nim indiano apresenta inúmeras potencialidades de uso, com destaque para a extração do óleo de suas sementes, que possui efeito herbicida (RICKLI *et al.*, 2011), fungicida (RAZA *et al.*, 2016), inseticida (MURUGAN *et al.*, 2016), bactericida (GALEANE *et al.*, 2017) e carrapaticida (BROGLIO-MICHELETTI *et al.*, 2010), além de diversos benefícios à saúde humana (KUMAR *et al.*, 2015).

Tendo em vista que diferenças na dinâmica da serapilheira podem ser atribuídas à sua composição química e às condições do ambiente, este estudo objetivou avaliar: (1) a decomposição da serapilheira foliar de plantios homogêneos de *Bambusa vulgaris*, *Azadirachta indica* e *Eucalyptus urophylla* e (2) a influência da qualidade do material e de variáveis climáticas nesse processo, utilizando como referência uma área de Floresta Estacional Semidecidual Montana.

Material e método

Localização e caracterização das áreas de estudo

O trabalho foi realizado na área experimental da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, município de Vitória da Conquista, Bahia, Brasil. Foram estudados três plantios homogêneos: um de bambu (*Bambusa vulgaris*) com oito anos de idade; outro de nim indiano (*Azadirachta indica*) com quatro anos; e um terceiro de eucalipto (*Eucalyptus urophylla*) também com quatro anos de idade. Tomou-se como referência uma área de floresta nativa (Floresta Estacional Semidecidual Montana), que foi utilizada para representar uma condição mais propícia ao processo de decomposição, tanto pela diversidade de espécies quanto pelo microclima. Os plantios de bambu, nim e eucalipto foram estabelecidos em espaçamento 3 x 5 m², 3 x 3 m² e 1,5 x 1,5 m², respectivamente, e apresentam área individual de aproximadamente um hectare. A floresta nativa possui área total de 64 ha.

O solo sob as coberturas estudadas é Latossolo Amarelo Distrófico e apresenta características químicas conforme a Tabela 1. Para a realização das análises químicas, em cada uma das áreas de estudo,

foram coletadas dez amostras simples de solo (profundidade 0-10 cm), que foram reunidas para compor uma amostra composta.

Tabela 1 – Atributos químicos do solo nas áreas experimentais, na camada de 0-10 cm de profundidade

Table 1 – Soil chemical attributes in the experimental areas in the 0-10 cm depth layer

Atributos	Coberturas Florestais			
	Bambu	Nim indiano	Eucalipto	Floresta nativa
pH	5,9	5,8	4,9	4,9
MO (g dm ⁻³)	14,0	5,0	10,0	36,0
H+Al (cmol _c dm ⁻³)	2,0	2,5	3,8	5,8
P (mg dm ⁻³)	1,0	3,0	1,0	3,0
K (cmol _c dm ⁻³)	0,1	0,2	0,1	0,2
Ca (cmol _c dm ⁻³)	1,9	1,4	0,7	3,2
Mg (cmol _c dm ⁻³)	1,5	1,2	0,6	1,4
V (%)	64,0	53,0	27,0	45,0
m (%)	3,0	7,0	42,0	6,0

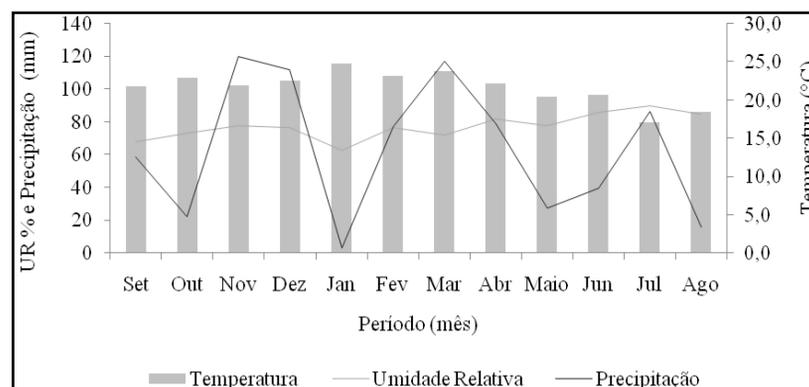
Fonte: Autores (2020)

Em que: Análises realizadas de acordo com a metodologia da Embrapa (2017): pH (água); fósforo (P) e potássio (K) extraíveis por Mehlich-1; cálcio (Ca), magnésio (Mg) e alumínio (Al) trocáveis por KCl 1 mol L⁻¹ e matéria orgânica (MO) por oxidação com Na₂Cr₂O₇ 4 N. Em que: V = Saturação por bases e m = Saturação por alumínio.

A região possui relevo plano a levemente ondulado e altitude de 928 m. O clima, segundo classificação de Köppen, é do tipo clima tropical de altitude (Cwb) (MELO *et al.*, 2013). As variáveis climáticas (precipitação acumulada, temperatura média mensal e umidade relativa do ar) observadas no ano em que foi realizado o experimento estão apresentadas na Figura 1.

Figura 1 – Dados de temperatura média mensal, umidade relativa do ar média mensal e precipitação acumulada no período de setembro de 2016 a agosto de 2017

Figure 1 – Data of monthly average temperature, relative humidity of the monthly average air and accumulated precipitation in the period of September 2016 and August 2017



Fonte: Autores (2020)

Decomposição e caracterização da serapilheira foliar

O período de estudo compreendeu os meses de setembro de 2016 a agosto de 2017. Para avaliar a decomposição foram coletadas folhas do terço inferior (terceiro e quarto par de folhas saudáveis) das copas das árvores de cada povoamento estudado, com auxílio de podão. As folhas foram secas em estufa de circulação forçada de ar a 65°C até atingirem peso constante. Frações de 10 g do material foliar seco foram utilizadas para preencher sacos de decomposição (*litterbags*), que possuíam dimensões de 20 cm x 20 cm e malha de 1 mm².

Um total de 96 *litterbags* (24 para cada cobertura florestal) foi distribuído de forma aleatória sobre o piso florestal, conforme adotado por Silva *et al.* (2014) e Pinto *et al.* (2016). As coletas foram realizadas aos 30, 75, 120, 180, 210 e 350 dias, sendo recolhidos quatro *litterbags* de cada cobertura florestal a cada período. O material coletado foi retirado dos saquinhos, separado de partículas de solo, seco em estufa (65°C) até atingir peso constante e pesado em balança semianalítica. O percentual de massa remanescente (%R) foi obtido pela relação entre a massa seca remanescente obtida a cada coleta (M_t) e a massa seca inicial da serapilheira (M_i), como representado na Equação 1:

$$\%R = \frac{M_t}{M_i} \cdot 100 \quad (1)$$

A constante de decomposição (k) de cada cobertura estudada foi obtida com o auxílio do programa científico de ajuste de curvas SigmaPlot® v.12.0, por meio do ajuste de modelo exponencial simples. Para tanto, empregou-se a Equação 2:

$$M_t = M_i \cdot e^{kt} \quad (2)$$

Em que: M_t = massa seca remanescente depois de t dias; M_i = massa seca no tempo inicial ($t = 0$); t = tempo em dias; k = constante de decomposição.

A partir do valor de k , calculou-se o tempo de meia-vida da serapilheira ($t_{1/2}$), ou seja, o tempo necessário para que ocorra a decomposição de 50% da mesma. Para isso, foi utilizada a equação recomendada por Landsberg e Gower (1997), obtida a partir da linearização do modelo exponencial simples, como ilustrado na Equação 3:

$$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{k} \quad (3)$$

Em que: $t_{1/2}$ = tempo de meia-vida da serapilheira; k = constante de decomposição.

Previamente ao estudo da decomposição, realizou-se a caracterização química da serapilheira. Para tanto, foram separadas três subamostras do material foliar seco de cada um dos sistemas estudados, que foram moídas e submetidas às análises para determinação dos teores de nitrogênio total pelo método de Kjeldahl, de carbono por oxidação com dicromato de potássio 0,4 mol L⁻¹ em meio ácido, de polifenóis com uso do reagente de Folin-Denis em meio básico (ANDERSON; INGRAM, 1996) e de lignina e celulose pelo método da fibra em detergente ácido (VAN SOEST; WINE, 1968). A partir desses resultados, foram calculadas as relações carbono/nitrogênio (C:N), celulose/N (CEL:N), polifenóis/N (POL:N) e lignina/N (LIG:N).

Análises estatísticas

Os dados foram submetidos à análise de variância considerando um delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições, adotando-se o teste de Tukey a 5% de significância. Além disso, foi realizada a análise de correlação de Pearson ($\alpha=5\%$) entre os dados

de decomposição e as variáveis climáticas (temperatura média mensal, umidade relativa do ar e precipitação acumulada) pelo programa SAEG® 9.1. Para a análise de correlação, com propósito de avaliar o efeito cumulativo das variáveis climáticas nos diferentes intervalos de tempo entre as retiradas dos *litterbags*, foi considerada a média ou soma dessas variáveis nos meses que antecederam a coleta (média, no caso da temperatura média e umidade relativa do ar; soma, no caso da precipitação).

Resultados e discussão

Ao longo dos 12 meses de experimento, observou-se que a serapilheira de bambu e nim indiano apresentaram maiores perdas de massa em relação à do eucalipto e, em alguns meses, também em relação à floresta nativa (Tabela 2). Tais diferenças mostraram-se ainda mais expressivas aos 350 dias, quando os percentuais de massa remanescente do bambu e do nim indiano foram de apenas 35% e 7%, nessa ordem, o que resultou em diferenças de 32% e 60% em relação ao eucalipto e 18% e 47% em relação à floresta nativa, respectivamente (Tabela 2).

Tabela 2 – Percentual de peso remanescente da serapilheira foliar das coberturas florestais

Table 2 – Percentage of remaining weight of leaf litter of forest covers

Dias	Coberturas Florestais			
	Bambu	Nim indiano	Eucalipto	Floresta nativa
0	100,0 a	100,0 a	100,0 a	100,0 a
30	76,9 b	77,0 b	85,5 a	82,8 ab
75	64,7 b	54,1 c	83,5 a	75,5 a
120	56,4 bc	48,5 c	80,0 a	66,7 b
180	47,5 b	28,3 c	75,0 a	61,4 a
240	43,3 b	18,7 c	73,7 a	56,9 ab
350	34,8 c	6,6 d	66,6 a	53,0 b

Fonte: Autores (2020)

Em que: Dias = Número de dias após a instalação dos *litterbags*. Médias seguidas da mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Tanto o nim quanto o bambu tiveram mais de 65% da sua serapilheira decomposta em um ano de estudo, enquanto o eucalipto e o sistema de referência apresentaram perdas de massa inferiores a 50% (eucalipto = 33%, floresta nativa = 47%) (Tabela 2). Como as condições de clima das áreas estudadas são semelhantes, é provável que a maior decomposição do nim e do bambu esteja relacionada às diferenças na fertilidade do solo (Tabela 1) ou à melhor qualidade do material foliar dessas espécies, expressa pelos seus maiores teores de N, menores teores de polifenóis e celulose e menores relações POL:N e CEL:N (Tabela 3). Isso estaria conferindo ao material foliar menor resistência e favorecendo a atividade da comunidade decompositora. De acordo com Gonçalves (1995), os polifenóis exercem efeito adstringente sobre as proteínas, o que resulta na formação de complexos recalcitrantes ao ataque de microrganismos. Dessa forma, menores teores dessas substâncias, combinados aos maiores teores de N, ocasionam maiores taxas de decomposição por tornarem o material menos resistente à ação de invertebrados e mais favorável à colonização microbiana.

Tabela 3 – Caracterização da composição inicial (tempo zero) da serapilheira foliar das coberturas florestais

Table 3 – Characterization of the initial composition (zero time) of leaf litter of forest covers

Atributos	Coberturas Florestais			
	Bambu	Nim indiano	Eucalipto	Floresta nativa
C (g kg ⁻¹)	418,07 b	449,07 ab	467,93 a	434,60 ab
N (g kg ⁻¹)	20,78 a	19,78 a	11,85 b	21,03 a
POL (g kg ⁻¹)	17,30 c	21,87 c	101,43 a	59,27 b
CEL (g kg ⁻¹)	291,07 a	214,80 b	217,73 b	212,40 b
LIG (g kg ⁻¹)	92,80 b	206,40 a	161,20 ab	174,67 a
C:N	20,11 b	23,15 b	39,48 a	20,67 b
POL:N	0,83 c	1,14 c	8,56 a	2,82 b
CEL:N	14,00 b	11,05 bc	18,37 a	10,10 c
LIG:N	4,46 c	10,69 ab	13,61 a	8,32 bc

Fonte: Autores (2020)

Em que: C = Carbono orgânico; N = Nitrogênio total; POL = Polifenóis; CEL = Celulose; LIG = Lignina; C:N = Relação carbono/nitrogênio; POL:N = Relação polifenóis/N; CEL:N = Relação celulose/N; LIG:N = Relação lignina/N. Médias seguidas da mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Por sua vez, os resultados de maior massa remanescente do eucalipto (Tabela 2) demonstram elevada recalcitrância da serapilheira, o que é reflexo dos seus menores teores de N, maiores teores de polifenóis e maiores valores das relações entre compostos orgânicos e N (Tabela 3). Tais resultados estão em concordância com vários estudos realizados em plantações de eucalipto no Brasil, que relatam baixas taxas de decomposição como resultado de uma baixa qualidade nutricional e orgânica da serapilheira (GAMA-RODRIGUES; BARROS, 2002; PINTO *et al.*, 2016). Todavia, embora a maior massa remanescente indique baixa taxa de ciclagem de nutrientes, isso não significa, necessariamente, menor capacidade de contribuir para a fertilidade do solo (GAMA-RODRIGUES; BARROS, 2002).

Outro aspecto que pode ter favorecido a maior decomposição das folhas de nim indiano e do bambu é a condição de fertilidade do solo desses povoamentos, que apresenta menor acidez potencial e maiores valores de pH e saturação por bases (até 57% superior em relação ao solo das áreas de referência) (Tabela 1). Pinto *et al.* (2016) também observaram maiores taxas de decomposição associadas a maiores valores de pH e disponibilidade de cátions trocáveis no solo. De acordo com Staaf (1987), as taxas de decomposição são diretamente afetadas pela fertilidade do solo, já que esta exerce influência sobre a atividade dos organismos envolvidos no processo.

Por outro lado, ao comparar nim indiano e bambu, foi possível observar que o primeiro apresentou perdas de massa mais expressivas (Tabela 2). No entanto, o conjunto das características químicas da serapilheira sugere que as folhas de bambu estariam mais propensas à decomposição, em comparação ao nim (Tabela 3). Além da natureza química do material, o ambiente microclimático da serapilheira acumulada também pode determinar mudanças na taxa de decomposição (STAAF, 1987). Nesse contexto, é possível que a menor decomposição das folhas de bambu esteja relacionada ao grande volume de serapilheira acumulada sobre o piso florestal desse povoamento, que, por ser mais espessa que a serapilheira do plantio de nim, ocasiona menor contato dos *litterbags* com o solo e, como consequência, menor acesso dos organismos decompositores.

As maiores perdas de massa para todas as coberturas florestais aconteceram até os 30 primeiros dias após a instalação dos *litterbags*. Nos períodos subsequentes, houve redução das taxas de decomposição, verificando-se menores decréscimos da massa remanescente aos 240 dias (Tabela 2). Tais resultados corroboram outros estudos que também constataram maior decomposição nos primeiros meses de ensaio (CIZUNGU *et al.*, 2014; SILVA *et al.*, 2014; GRUGIKI *et al.*, 2017; PINTO *et al.*, 2016). De acordo com Swift *et al.* (1979), maiores taxas iniciais de decomposição resultam da degradação de constituintes menos resistentes, já que o material se encontra mais palatável aos agentes decompositores.

Além disso, a maior decomposição até os 30 dias pode ter sido favorecida pelo maior índice pluviométrico registrado nesse intervalo de tempo (58,3 mm), em contraste com o período seguinte (22,1 mm) (Figura 1). De acordo com Staaf (1987) e Bejarano *et al.* (2014), o regime hídrico, a temperatura e umidade do ar afetam as taxas de decomposição. Nesse sentido, foram observadas correlações positivas significativas da decomposição com a precipitação e umidade relativa do ar, demonstrando que essas variáveis atuam como reguladoras do processo de decomposição (Tabela 4). Silva *et al.* (2014) e Pinto *et al.* (2016), estudando plantios puros e mistos de espécies florestais, também verificaram maiores perdas de massa foliar em períodos com aumento do índice pluviométrico e umidade relativa do ar.

Tabela 4 – Coeficiente de correlação de Pearson da decomposição (perda de massa) versus variáveis climáticas (temperatura média, umidade relativa do ar e precipitação pluviométrica acumulada)

Table 4 – Pearson correlation coefficient of decomposition (loss of mass) versus climatic variables (mean temperature, relative humidity and accumulated precipitation)

Variáveis Climáticas	Coberturas Florestais			
	Bambu	Nim indiano	Eucalipto	Floresta nativa
Temperatura (°C)	0,41	0,43	0,22	0,44
UR%	0,93*	0,89*	0,89*	0,93*
Precipitação (mm)	0,96*	0,95*	0,98*	0,97*

Fonte: Autores (2020)

Em que: UR% = Umidade relativa do ar. (*) Correlações significativas a 5% de probabilidade de erro.

O ajuste do modelo exponencial simples propiciou índices de regressão significativos (Tabela 5). As curvas de decomposição da serapilheira evidenciaram uma diferenciação do padrão de perda de massa do nim indiano (Figura 2). A curva dessa espécie apresentou maior inclinação, indicando que o processo de decomposição acontece de forma mais acelerada. A curva de decomposição do bambu apresentou padrão semelhante às curvas do eucalipto e floresta nativa, porém com perdas mais acentuadas, denotando um processo de decomposição mais rápido.

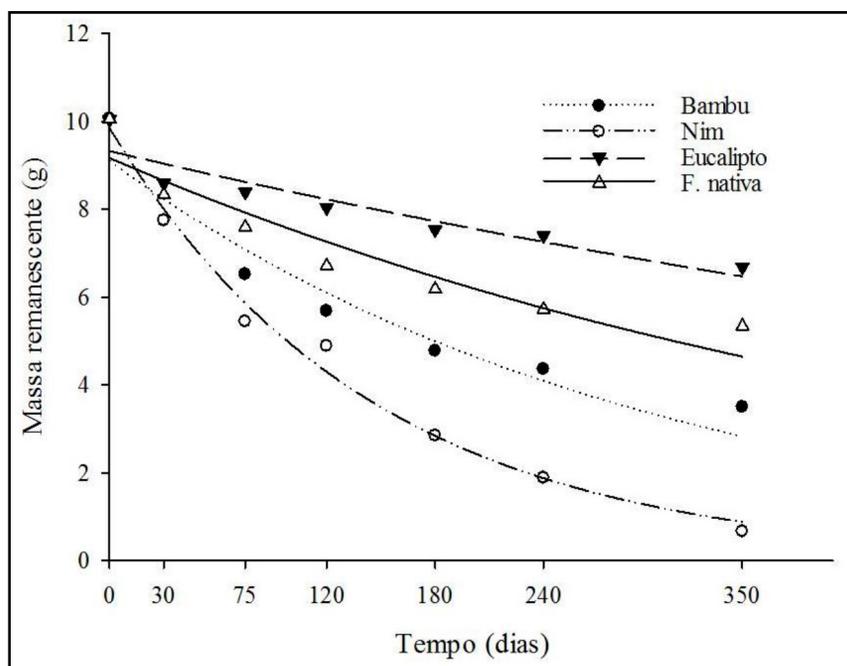
A constante de decomposição (k) foi maior para a serapilheira do nim (0,0069 g g⁻¹ dia), seguida do bambu (0,0033 g g⁻¹ dia), da floresta nativa (0,0019 g g⁻¹ dia) e do eucalipto (0,0010 g g⁻¹ dia) (Tabela 5). Obedecendo a essa mesma ordem, o tempo de meia vida, tempo médio para que ocorra decomposição de 50% da serapilheira ($t_{1/2}$), foi estimado em 100 dias para o nim (0,3 ano), 210 dias para o bambu (0,6 ano), 693 dias para o eucalipto (1,9 ano) e 365 dias para a floresta nativa (1,0 ano).

Resultados de $t_{1/2}$ próximos aos encontrados para nim e bambu foram observados por Flórez-Flórez *et al.* (2013), para *Azadirachta indica*, na Colômbia (150 dias), e por Nath e Das (2011), para três espécies de bambu, no Nordeste da Índia (130, 97 e 88 dias, respectivamente para *Bambusa cacharensis*, *Bambusa vulgaris* e *Bambusa balcooa*). Por sua vez, os resultados observados

no *Eucalyptus urophylla* e na cobertura de referência se aproximam dos encontrados por Pinto *et al.* (2016), para eucalipto ($k = 0,0015 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}$, $t_{1/2} = 462$ dias) e floresta nativa ($k = 0,0016 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}$, $t_{1/2} = 433$ dias).

Figura 2 – Curvas de decomposição da serapilheira ajustadas por meio de modelo exponencial para a obtenção da constante k

Figure 2 – Litter decomposition curves adjusted by exponential model to obtain the constant k



Fonte: Autores (2020)

Tabela 5 – Constante de decomposição e tempo de meia-vida da serapilheira foliar das coberturas florestais ajustados por meio de modelo exponencial simples

Table 5 – Decomposition constant and half-life of leaf litter of forest covers adjusted by simple exponential model

Parâmetros	Coberturas Florestais			
	Bambu	Nim indiano	Eucalipto	Floresta Nativa
M_i (g)	10,07	10,07	10,05	10,06
R^2	0,96*	0,99*	0,93*	0,94*
EPE	0,66	0,37	0,43	0,61
k ($\text{g g}^{-1} \text{ dia}$)	0,0033	0,0069	0,0010	0,0019
$t_{1/2}$ (dias)	210	100	693	365

Fonte: Autores (2020)

Em que: M_i = Massa inicial; R^2 = Coeficiente de determinação do ajuste para a estimativa de k ; EPE = Erro padrão da estimativa; k = Constante de decomposição; $t_{1/2}$ = Tempo de meia-vida da serapilheira; * $p < 0,0001$.

Os valores de tempo de meia-vida demonstraram estreita relação com a natureza química do material foliar, apresentando associações positivas significativas com os conteúdos de C, polifenóis e relações C:N, POL:N, CEL:N e LIG:N, e negativas com os conteúdos de N (Tabela 6). Seguindo padrão semelhante, os valores de k correlacionaram-se negativamente com os conteúdos de polifenóis e com as relações POL:N e CEL:N (Tabela 6), o que sugere que a velocidade de decomposição está fortemente associada à qualidade da serapilheira foliar depositada em cada um dos sistemas estudados. Dessa forma, os maiores valores de k e menores valores de $t_{1/2}$ encontrados nos plantios de nim e de bambu corroboram os resultados discutidos anteriormente e demonstram uma melhor qualidade e menor resistência do folheto dessas duas espécies à decomposição. Por outro lado, os maiores valores da constante k do eucalipto e da floresta nativa indicam maior recalcitrância do material foliar.

Tabela 6 – Coeficiente de correlação de Pearson para o coeficiente de decomposição k e o tempo de meia-vida versus conteúdos de C, N, celulose, polifenóis e lignina, e relações POL:N, CEL:N e LIG:N

Table 6 – Pearson correlation coefficient for decomposition coefficient k and half-life time versus contents of C, N, cellulose, polyphenols and lignin, and POL:N, CEL:N and LIG:N ratios

Componentes químicos	K	$t_{1/2}$
C	-0,14	0,84*
N	0,48	-0,88*
POL	-0,76*	0,98*
CEL	-0,01	-0,41
LIG	0,38	0,29
C:N	-0,47	0,90*
POL:N	-0,69*	0,98*
CEL:N	-0,52*	0,64*
LIG:N	-0,11	0,83*

Fonte: Autores (2020)

Em que: k = Constante de decomposição; $t_{1/2}$ = Tempo de meia-vida do folheto; C = Carbono orgânico; N = Nitrogênio total; POL = Polifenóis; CEL = Celulose; LIG = Lignina; C:N = Relação carbono/nitrogênio; POL:N = Relação polifenóis/N; CEL:N = Relação celulose/N; LIG:N = Relação lignina/N. (*)Correlação significativa a 5% de probabilidade.

As folhas de nim e bambu apresentam rápida decomposição, o que é indicativo de um processo de ciclagem de nutrientes eficiente, que deve ser considerado no manejo da fertilização mineral de plantios dessas espécies. Também ficou evidente o relevante papel da qualidade da serapilheira na regulação do processo de decomposição, estando em consonância com diversos estudos realizados em diferentes ecossistemas florestais no Brasil e em outros países (GAMA-RODRIGUES; BARROS, 2002; GAMA-RODRIGUES; BARROS; SANTOS, 2003; SILVA *et al.*, 2014; PINTO *et al.*, 2016; DEJUKIC *et al.*, 2018).

Conclusão

A serapilheira foliar do bambu e do nim indiano mostra-se mais propensa à decomposição, com taxas 32 e 60% superiores ao eucalipto e 18 e 46% superiores à floresta nativa, respectivamente, o que proporciona a essas duas espécies uma maior capacidade de reciclar matéria orgânica e

nutrientes.

A qualidade do folheto, combinada com as condições do ambiente, atua como reguladora do processo de decomposição das espécies estudadas.

Referências

- ANDERSON, J. M.; INGRAM, J. S. I. **Tropical soil biology and fertility: a handbook of methods**. Wallingford: CAB International, 1993. 237p.
- BALDUÍNO JUNIOR, A. L.; BALDUINO, T. Y.; FRIEDERICHS, G.; CUNHA, A. B.; BRAND, M. A. Energetic potential of bamboo culms for industrial and domestic use in Southern Brazil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 46, n. 11, p. 1963-1968, nov. 2016.
- BARBOSA, V.; BARRETO-GARCIA, P.; GAMA-RODRIGUES, E.; PAULA, A. Biomassa, carbono e nitrogênio na serapilheira acumulada de florestas plantadas e nativa. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 24, p. 1-9, 2017.
- BEJARANO, M.; CROSBY, M. M.; PARRA, V.; ETCHEVERS, J. D.; CAMPO, J. Precipitation regime and nitrogen addition effects on leaf litter decomposition in Tropical Dry Forests. **Biotropica**, [s. l.], v. 46, n. 4, p. 415-424, jun. 2014.
- BROGLIO-MICHELETTI, S. M. F.; DIAS, N. S.; VALENTE, E. C. N.; SOUZA, L. A.; LOPES, D. O. P.; SANTOS, J. M. Ação de extrato e óleo de nim no controle de *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (Canestrini, 1887) (Acari: Ixodidae) em laboratório. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, Jaboticabal, v. 19, n. 1, p. 44-48, jan./mar. 2010.
- CIZUNGU, L.; STAELENS, J.; HUYGENS, D.; WALANGULULU, J.; MUHINDO, D.; VAN CLEEMPUT, O.; BOECKX, P. Litterfall and leaf litter decomposition in a Central African Tropical Mountain Forest and *Eucalyptus* plantation. **Forest Ecology and Management**, [s. l.], v. 326, p. 109-116, 2014.
- DJUKIC, I.; ROJAS, S. K.; SCHMIDT, I.; LARSEN, K.; BEIER, C.; BERG, B.; VERHEYEN, K.; CALIMAN, A.; PAQUETTE, A.; GUTIÉRREZ-GIRÓN, A.; HUMBER, A.; VALDECANTOS, A.; PETRAGLIA, A.; ALEXANDER, H.; AUGUSTAITIS, A.; SAILLARD, A.; FERNÁNDEZ, A.; SOUSA, A.; LILLEBØ, A.; TÓTH, Z. Early stage litter decomposition across biomes. **Science of the Total Environment**, [s. l.], v. 628-629, n. 3, p. 1369-1394, 2018.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Classificação de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. Brasília: Embrapa, 2017. 577 p.
- FLÓREZ-FLÓREZ, C. P.; LEON-PELAEZ, J. D.; OSORIO-VEGA, N. W.; RESTREPO-LLANO, M. F. Dinámica de nutrientes en plantaciones de *Azadirachta indica* (Meliaceae) establecidas para restauración de tierras degradadas en Colombia. **Revista Biología Tropical**, [s. l.], v. 61, n. 2, p. 515-529, jun. 2013.
- GALEANE, M. C.; MARTINS, C. H. G.; MASSUCO, J.; BAUAB, T. M.; SACRAMENTO, L. V. S. Phytochemical screening of *Azadirachta indica* A. Juss for antimicrobial activity. **African Journal of Microbiology Research**, [s. l.], v. 11, n. 4, p. 117-122, jan. 2017.
- GAMA-RODRIGUES, A.C.; BARROS, N. F. Ciclagem de nutrientes em floresta natural e em plantios de eucalipto e de dandá no sudeste da Bahia, Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, p. 193-207, 2002.
- GAMA-RODRIGUES, A. C.; BARROS, N. F.; SANTOS, M. L. Decomposição e liberação de nutrientes do folheto de espécies florestais nativas em plantios puros e mistos no Sudeste da Bahia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 6, p. 1021-1031, 2003.
- GONÇALVES, J. L. M. Efeito do cultivo mínimo sobre a fertilidade do solo e ciclagem de nutrientes. In: SEMINÁRIO SOBRE CULTIVO MÍNIMO DO SOLO EM FLORESTAS, 1., 1995, Curitiba. **Anais [...]** Curitiba: I.A.P.A.R./I.P.E.F./S.I.F., 1995. p. 43-60.

- GRUGIKI, M. A.; ANDRADE, F. V.; PASSOS, R. R.; FERREIRA, A. C. F. Decomposição e atividade microbiana da serapilheira em coberturas florestais no sul do Espírito Santo. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 24, p. 1-12, abr. 2017.
- KUMAR, S.; VANDANA, U.; AGRAWAL, D.; HANSA, J. Analgesic, anti-inflammatory and anti-pyretic effects of *Azadirachta indica* (neem) leaf extract in albino rats. **International Journal of Science and Research**, [s. l.], v. 4, n. 8, p. 713-721, Aug. 2015.
- LANDSBERG, J. J.; GOWER, S. T. **Applications of physiological ecology to forest management**. New York: Academic Press, 1997. 354 p.
- MELO, L. C.; BARRETO, P. A. B.; OLIVEIRA, F. G. R. B.; NOVAES, A. B. Estimativas volumétricas em povoamentos de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* no sudoeste da Bahia. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 33, n. 76, p. 379-386, 2013.
- MURUGAN, K.; PANNEERSELVAM, C.; SAMIDOSS, C. M.; MADHIYAZHAGAN, P.; SURESH, U.; RONI, M.; CHANDRAMOHAN, B.; SUBRAMANIAM, J.; DINESH, D.; RAJAGANESH, R.; PAULPANDI, M.; WEI, H.; AZIZ, T. ALSALHI, M. S.; DEVANESAN, S.; NICOLETTI, M.; PAVELA, R.; CANALE, A.; BENELLI, G. In vivo and in vitro effectiveness of *Azadirachta indica*-synthesized silver nanocrystals against *Plasmodium berghei* and *Plasmodium falciparum*, and their potential against malaria mosquitoes. **Research in Veterinary Science**, [s. l.], v. 106, p. 14-22, June 2016.
- NATH, A. J.; DAS, A. K. Decomposition dynamics of three priority bamboo species of homegardens in Barak Valley, Northeast India. **Tropical Ecology**, Cambridge, v. 52, n. 3, p. 325-330, 2011.
- PINTO, H. C. A.; BARRETO, P. A. B.; GAMA-RODRIGUES, E. F.; OLIVEIRA, F. G. R. B.; PAULA, A.; AMARAL, A. R. Decomposição da serapilheira foliar de floresta nativa e plantios de *Pterogyne nitens* e *Eucalyptus urophylla* no Sudoeste da Bahia. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 26, p. 1141-1153, out./nov. 2016.
- RAZA, W.; GHAZANFAR, M. U.; IFTIKHAR, Y.; AHMED, K. S.; HAIDER, N.; RASHEED, M. Management of early blight of tomato through the use of plant extracts. **International Journal of Zoology Studies**, Delhi, v. 1, p. 1-4, July 2016.
- RICKLI, H.; FORTES, A. M. T.; SILVA, P. S. S.; PILATTI, D. M.; HUTT, D. R. Efeito alelopático de extrato aquoso de folhas de *Azadirachta indica* A. Juss. em alface, soja, milho, feijão e picão-preto. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 2, p. 473-484, Apr./June 2011.
- RIUTTA, T.; SLADE, E. M.; BEBBER, D. P.; TAYLOR, M. E.; MALHI, Y.; RIORDAN, P.; MACDONALD, D. W.; MORECROFT, M. D. Experimental evidence for the interacting effects of forest edge, moisture and soil macrofauna on leaf litter decomposition. **Soil Biology and Biochemistry**, [s. l.], v. 49, p. 124-131, June 2012.
- SANTOS, A. R. **Produção, estoque e nutrientes da serapilheira em Floresta Ombrófila Densa do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, Brasil**. 2014. 102 f. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade Vegetal e Meio Ambiente) - Instituto de Botânica da Secretaria do Meio Ambiente, São Paulo, 2014.
- SILVA, H. F.; BARRETO, P. A. B.; SOUSA, G. T. O.; AZEVEDO, G. B.; GAMA-RODRIGUES, E. F.; OLIVEIRA, F. G. R. B. Decomposição de serapilheira foliar em três sistemas florestais no Sudoeste da Bahia. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 12, n. 3, p. 164-172, jan. 2014.
- STAAF, H. Foliage litter turnover and earthworm populations in three beech forests of contrasting soil and vegetation types. **Oecologia**, Berlin, v. 72, p. 58-64, Apr. 1987.
- SWIFT, M. J.; HEAL, O. W.; ANDERSON, J. M. **Decomposition in terrestrial ecosystems**. Berkeley: University of California Press, 1979. 372 p.
- VAN SOEST, P. J.; WINE, R. H. The determination of lignin and cellulose in acid-detergent fibre with permanganate. **Journal of the Association of Official Analytical Chemists**, [s. l.], v. 51, p. 780-785, 1968.