

## DESFAZENDO MITOS: GRUPOS SUCESSIONAIS E O APORTE DE SERAPILHEIRA NA RESTAURAÇÃO

Glória Fabiani Leão da Costa<sup>1</sup>, Fernando Boggiani<sup>2</sup>, Lucas Florêncio Mariano<sup>3</sup>, Fátima Conceição Márquez Piña-Rodrigues<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Engenheira Florestal, Universidade Federal de São Carlos (gloriafleao@gmail.com); <sup>2</sup>Engenheiro Florestal, (fernando.boggiani@gmail.com); <sup>3</sup>Biólogo, MSc, Universidade Federal de São Carlos (lucaslv1@gmail.com), <sup>4</sup>Engenheira Florestal, Dr<sup>a</sup>, Universidade Federal de São Carlos (fpinarodrigues@gmail.com).

APRESENTADO NO VI CBRA – CONGRESSO BRASILEIRO DE REFLORESTAMENTO AMBIENTAL – 03 A 05 DE AGOSTO DE 2022, SALVADOR/BA

**Resumo:** Este trabalho teve como objetivo quantificar e comparar o aporte de serapilheira e de carbono orgânico na matéria seca acima do solo, ao longo de dois anos, em diferentes modelos de restauração florestal. O experimento foi instalado em 2013 na região de Itu-SP, com três blocos em esquema fatorial e 10 tratamentos em quatro diferentes espaçamentos: 1x0,3 m (denso), 1x1 m (adensado); 2x1 m (semi-adensado) e 3x2 m (convencional), com a mesma composição, porém diferentes proporções de espécies por grupos sucessionais. As coletas ocorreram durante o período de 2018 a 2019. A concentração de carbono foi estimada por meio da divisão da biomassa por dois. A produção média anual de serapilheira em 2018 foi de 7,2 Mg ha.ano<sup>-1</sup>, e em 2019 foi de 7,92 Mg ha.ano<sup>-1</sup>, o estoque de carbono total foi de 3,6 e 3,96 Mg ha<sup>-1</sup>, em 2018 e 2019, respectivamente, ambos, serapilheira e carbono, apresentaram valores compatíveis aos encontrados em florestas nativas em Floresta Estacional Semidecidual. Nos dois anos de estudo o espaçamento denso promoveu maior contribuição de serapilheira em relação ao convencional até aos cinco anos após o plantio, o mesmo se refletiu para o carbono total. A proporção de espécies de diferentes grupos sucessionais não afetou os aportes de serapilheira e carbono.

**Palavras-chave:** Densidade de plantio, grupos sucessionais, estoque de carbono, Floresta Estacional Semidecidual.

### Introdução

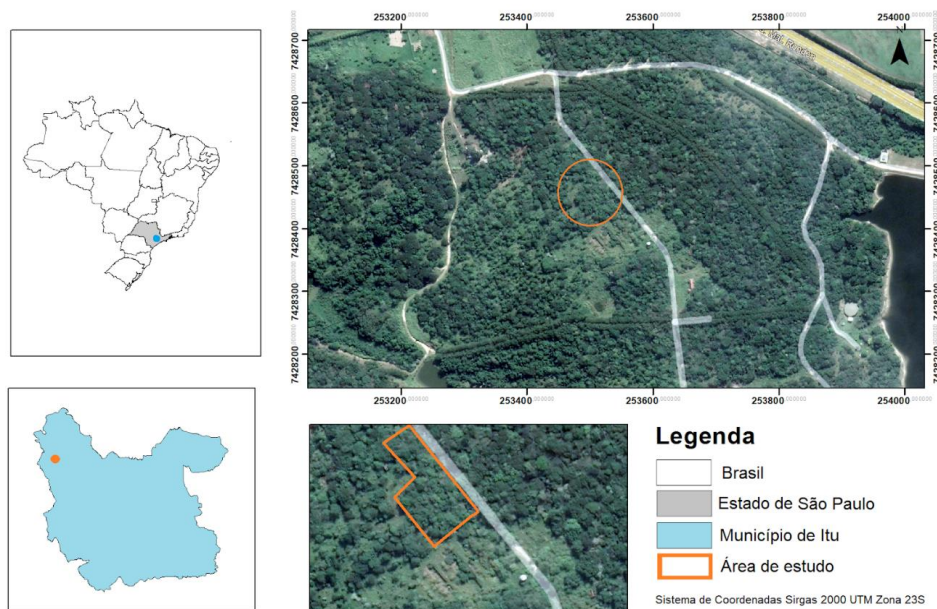
Nas últimas décadas, diferentes modelos de restauração florestal foram propostos, baseando-se na combinação de espécies e grupos sucessionais considerando suas funções no sistema, com vários arranjos de distribuição e espaçamentos de plantio (MARTINS et al., 2009; CADOTTE et al. 2011). É indispensável, para o sucesso da restauração, que os modelos sigam os processos naturais de sucessão (DURIGAN & ENGEL, 2012), possuindo, de maneira adequada e de acordo com a realidade estudada, atributos que irão restabelecer as funcionalidades ecológicas e a evolução dos estágios sucessionais em ambientes degradados (KLIPPEL et al. 2016).

Uma das formas que vem sendo utilizada para se avaliar a trajetória da restauração é por meio dos indicadores ecológicos, dentre os diversos indicadores empregados, destaca-se o estoque de serapilheira (CORREIA et al. 2016; BRANDÃO, 2019). Esta exerce inúmeras funções no equilíbrio e dinâmica dos ecossistemas (COSTA et al. 2010), atuando na estabilidade do solo através da retenção de água, minimização da erosão causada pela chuva (SPLETOZER 2021), e funciona como isolante térmico (FREIRE et al., 2020), além disso, serve como banco de sementes proporcionando a renovação da população de plantas (MARTINS, 2016), sendo parte importante do processo de aceleração da sucessão ecológica (LONDE et al., 2016).

Considerando a importância da serapilheira na dinâmica de nutrientes em áreas de restauração, este trabalho teve como objetivo quantificar e comparar o aporte de serapilheira e de carbono orgânico na matéria seca acima do solo, ao longo de dois anos, em diferentes modelos de restauração florestal.

### Material e Métodos

O estudo foi realizado na região de Itu, São Paulo, no Centro de Experimentos Florestais, mantido pela SOS Mata Atlântica / Heineken Brasil, em propriedade de 526 ha situada a 23°14'15.18"S e 47°24'3.29"O (Figura 1).



Fonte: Autor (2021).

Figura 1. Centro de Experimentos Florestais, SOS-Mata Atlântica / Heineken Brasil.

A instalação ocorreu em 2013 empregando-se delineamento experimental fatorial parcial em blocos ao acaso, com três repetições, e 10 tratamentos com diferentes densidades de plantas e proporções de espécies pioneiras e não pioneiras (Tabela 1). Os plantios foram realizados em módulos, os quais foram distribuídas parcelas com 70 mudas em diferentes espaçamentos com a mesma composição de espécies.

**Tabela 1.** Descrição dos modelos de restauração de áreas degradadas implantados na área de estudo situada em Itu – SP

Espaçamento	Descrição	Proporção	Identificação
<b>Sistema adensado</b>	1 m <sup>2</sup> /planta (1 x 1 m)	60% de espécies pioneiras e 40% de não pioneiras	T1
		60% de não pioneiras e 40% de pioneiras	T2
		80% de não pioneiras e 20% de pioneiras	T3
<b>Semi-adensado</b>	2 m <sup>2</sup> /planta (2 x 1 m)	60% de espécies pioneiras e 40% de não pioneiras	T4
		60% de não pioneiras e 40% de pioneiras	T5
		80% de não pioneiras e 20% de pioneiras	T6
<b>Denso</b>	0,3 m <sup>2</sup> /planta (1 x 0,3 m - 3 plantas/m <sup>2</sup> )	60% de espécies pioneiras e 40% de não pioneiras	T7
		60% de não pioneiras e 40% de pioneiras	T8
		80% de não pioneiras e 20% de pioneiras	T9
<b>Convencional</b>	6 m <sup>2</sup> /planta (3 x 2 m)	60% de espécies pioneiras e 40% de não pioneiras	T10

Para a coleta da serapilheira foram utilizados coletores com 64 cm de diâmetro, revestidos com tecido helanca. O número de coletores em cada tratamento foi baseado no tamanho da área, totalizando 81 coletores, sendo 27 em cada

bloco experimental. As coletas ocorreram mensalmente no ano de 2018 e bimestralmente no ano de 2019. Seguindo a metodologia de Scoriza (2012), o material foi amostrado e triado nas frações folhas, ramos e material reprodutivo. Para seu processamento, foram mantidos para secagem natural por sete dias e, a seguir, obtida a massa seca de cada fração em estufa a 65°C por 24 horas. A produção de serapilheira foi estimada segundo a equação adaptada de Lopes et al. (2002):

$$PAS = (\sum PS \times 10.000)/Ac/1.000.000$$

onde: PAS é a produção média anual de serapilheira (Mg ha<sup>-1</sup> ano); PS é a produção média mensal de serapilheira em (Mg ha<sup>-1</sup> mês); e Ac é a área do coletor (m<sup>2</sup>).

Para o cálculo da concentração de carbono na serapilheira, foi seguida a metodologia de Azevedo et. al (2018), onde o estoque de carbono (Mg C ha<sup>-1</sup>) foi estimado por meio da divisão da biomassa (Mg ha<sup>-1</sup>) por dois, uma vez que o teor desse elemento na biomassa da matéria seca é de aproximadamente 50%. As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do software R (R Core Team, 2021).

## Resultados e Discussão

### Aporte total de serapilheira

A produção média estimada anual em 2018 foi de 7,2 Mg ha.ano<sup>-1</sup>, e em 2019 foi de 7,92 Mg ha.ano<sup>-1</sup>, valores superiores comparados a outros estudos em áreas de restauração e similares a áreas com vegetação secundária em estágio mais avançado de regeneração (Tabela 2). Apesar das áreas de regeneração serem mais antigas do que os modelos de restauração estudados, considerando apenas os valores obtidos de aporte como parâmetro, constata-se que nas áreas de estudo está ocorrendo a recuperação dos processos ecológicos envolvidos na ciclagem de nutrientes da recomposição florestal em valores compatíveis às áreas de mesma idade (ALONSO et al., 2015).

**Tabela 2.** Aporte anual de serapilheira em diferentes áreas de Floresta Estacional no Brasil baseado na literatura. FES = Floresta Estacional Semidecidual

Autores	Ano (coleta)	Idade	Área	Média anual de Serapilheira (Mg ha <sup>-1</sup> )
Scoriza & Piña-Rodrigues (2014)	2007 a 2009	-	FES, Sorocaba – SP	6,9 ± 0,4
Machado et al. (2015)	2011	-	FES Submontana estágio médio, Pinheiral - RJ	8,96
Villa et al.	2016	12	Área de recomposição florestal, Seropédica – RJ	5,4
Fernandes et al.	2018	13	Área de reflorestamento misto, Laranjeiras – SE	3,9
Presente Estudo	2018	5	Área de restauração florestal, Itu – SP	7,2 ± 0,46
Presente Estudo	2019	6	Área de restauração florestal, Itu – SP	7,92 ± 0,63

### Estoque de serapilheira e carbono acima do solo por espaçamento

Em 2018, os espaçamentos denso (1x0,3m) e adensado (1x1m) apresentaram valores significativamente maior no aporte anual total de serapilheira comparado ao convencional (2x1m), em 2019 somente o denso foi maior do que o convencional (Tabela 3), o que também se refletiu no carbono total dos dois anos. O aporte no modelo adensado (1x1 m), tanto para o ano de 2018 e 2019, foi semelhante aos valores observados por Alonso et al. (2015) e Villa et al. (2016) no mesmo espaçamento, sendo 6,93 e 7,48 Mg ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

**Tabela 3.** Aporte anual de serapilheira e carbono para a fração de folhas, galhos, material reprodutivo e total (Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>), por espaçamento nos dois anos de estudo, Itu - SP.

Espaçamento	Serapilheira				Carbono			
	Folhas	Galhos	Reprod.	Total	Folhas	Galhos	Reprod.	Total
-----m-----	----- Mg ha <sup>-1</sup> -----							
<b>2018</b>								
<b>Denso (1x0,3)</b>	6,486 a	1,154 a	0,577 a	8,22 a	3,24 a	0,58 a	0,29 a	4,11 a
<b>Adensado (1x1)</b>	5,381 b	1,222 a	0,588 a	7,19 a	2,69 b	0,61 a	0,29 a	3,60 a

Espaçamento	Serapilheira				Carbono			
	Folhas	Galhos	Reprod.	Total	Folhas	Galhos	Reprod.	Total
<b>Semi-adensado (2x1)</b>	5,553 ab	0,636 a	0,826 a	7,01 ab	2,78 ab	0,32 a	0,41 a	3,51 ab
<b>Convencional (3x2)</b>	3,906 c	0,626 a	0,557 a	5,09 b	1,95 c	0,31 a	0,28 a	2,54 b
<b>2019</b>								
<b>Denso (1x0,3)</b>	6,72 b	1,70 a	0,53 a	8,95 b	3,36 b	0,85 a	0,26 a	4,47 b
<b>Adensado (1x1)</b>	5,89 ab	1,34 a	0,53 a	7,76 ab	2,94 ab	0,67 a	0,27 a	3,88 ab
<b>Semi-adensado (2x1)</b>	5,81 ab	1,43 a	0,49 a	7,73 ab	2,91 ab	0,71 a	0,24 a	3,87 ab
<b>Convencional (3x2)</b>	4,64 a	0,62 a	0,30 a	5,56 a	2,32 a	0,31 a	0,15 a	2,78 a

Letras iguais, na coluna, não diferem entre si, pelo teste Tukey ( $p < 0,05$ ).

O aporte dos modelos mais densos aqui obtido são os que mais se assemelham aos observados por outros autores para áreas de florestas secundárias e plantios em níveis mais avançados de sucessão (MACHADO et al., 2008). Esses resultados indicam que modelos mais densos, com maior densidade de plantas contribuem significativamente para aumentar a quantidade de serapilheira no solo, o que pode representar um maior fluxo de nutrientes, uma vez que a quantidade de serapilheira está diretamente ligada à entrada de nutrientes (GOMES et al., 2010).

#### Estoque de serapilheira e carbono por proporção de grupo sucessional

Não houve diferença significativa entre as proporções de grupos sucessionais para serapilheira e carbono nos dois anos de estudo (Tabela 4).

**Tabela 4.** Aporte anual de serapilheira e carbono para a fração de folhas, galhos, material reprodutivo e total ( $Mg\ ha^{-1}\ ano^{-1}$ ), por proporção de grupos sucessionais nos dois anos de estudo, Itu - SP.

Proporção	Serapilheira				Carbono			
	Folha	Galho	Reprod.	Total	Folha	Galho	Reprod.	Total
----- $Mg\ ha^{-1}$ -----								
<b>2018</b>								
<b>60% P - 40% NP</b>	5,67 a	1,09 a	0,66 a	<b>7,41 ± 0,50 a</b>	2,68 a	0,27 a	0,51 a	<b>3,46 ± 0,25 a</b>
<b>60% NP - 40% P</b>	5,36 a	0,54 a	1,03 a	<b>6,93 ± 0,44 a</b>	2,83 a	0,54 a	0,33 a	<b>3,70 ± 0,22 a</b>
<b>80% NP - 20% P</b>	5,91 a	0,61 a	0,95 a	<b>7,47 ± 0,52 a</b>	2,96 a	0,30 a	0,48 a	<b>3,73 ± 0,26 a</b>
<b>2019</b>								
<b>60% NP - 40% P</b>	6,06 a	1,59 a	0,50 a	<b>8,15 ± 0,59 a</b>	3,03 a	0,79 a	0,25 a	<b>4,07 ± 0,29 a</b>
<b>60% P - 40% NP</b>	5,67 a	1,17 a	0,43 a	<b>7,27 ± 0,64 a</b>	2,84 a	0,59 a	0,21 a	<b>3,64 ± 0,32 a</b>
<b>80% NP - 20% P</b>	6,35 a	1,52 a	0,58 a	<b>8,45 ± 0,64 a</b>	3,17 a	0,76 a	0,29 a	<b>4,23 ± 0,32 a</b>

Letras iguais, na coluna, não diferem entre si, pelo teste Tukey ( $p < 0,05$ ).

Os resultados encontrados podem indicar um equilíbrio complementar das espécies em relação ao aporte. Este equilíbrio pode ter relação com a composição das espécies, uma vez que a quantidade de serapilheira acumulada varia em sua função (GODINHO et al. 2014). No plantio inicial deste experimento, as espécies da família Fabaceae somaram 31,4% do total das espécies, sendo um número significativamente superior à segunda família, Euphorbiaceae e Melastomataceae, ambas com 9,7%. Espécies leguminosas (Fabaceae) têm alta produção de biomassa (CALDEIRA et al. 2020) e podem ter contribuído para a produção da serapilheira independente da proporção de espécies por grupo sucessional. No entanto, é necessário realizar um inventário e um levantamento fitossociológico e florístico, além de dar continuidade nas pesquisas para que se comprove tais hipóteses.

## **Estoque total de carbono**

O estoque total de carbono na camada de serapilheira foi de 3,6 e 3,96 Mg ha<sup>-1</sup>, em 2018 e 2019, respectivamente. Esses valores foram superiores aos observados por Barbosa (2017) e Godinho (2014) em floresta de mesma tipologia, e inferior ao de uma área de reflorestamento com 7 anos de idade (AZEVEDO, 2018).

Os valores encontrados no presente estudo, provenientes de um modelo de restauração, foram similares a valores encontrados em florestas nativas, reforçando que esta restauração está desempenhando satisfatoriamente a sua função em estocar o carbono, e por consequência restaurando a funcionalidade ecológica do solo.

## **Conclusão**

O aporte de serapilheira total e o estoque de carbono total apresentaram valores compatíveis aos encontrados em florestas nativas em Floresta Estacional Semidecidual.

O espaçamento denso (1x0,3 m) promoveu maior aporte de serapilheira e carbono em relação ao convencional (3 x 2 m) até aos cinco anos após o plantio.

A proporção de espécies de diferentes grupos sucessionais não afetou os aportes de serapilheira e carbono.

## **Referências Bibliográficas**

ALONSO, J. M.; LELES, P. S. S.; FERREIRA, L. N.; OLIVEIRA, N. S. A. **Aporte de serapilheira em plantio de recomposição florestal em diferentes espaçamentos**. *Ciência Florestal*, v.25, p.1-11, 2015.

AZEVEDO, A. D.; FRANCELINO, M. R.; CAMARA, R.; PEREIRA, M. G.; LELES, P. S. S. **Estoque de carbono em áreas de restauração florestal da Mata Atlântica**. *Floresta*, Curitiba, PR, v. 48, n. 2, p. 183-194, abr/jun. 2018.

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*; 24: e20150243; 2017.

BRANDÃO, C. B. **Estimativas da decomposição da serapilheira em floresta estacional semidecidual através do uso de litter bags**. 12p, 2019.

CADOTTE M. W.; CARSCADDEN K.; MIROTCHEV N. **Beyond species: Functional diversity and the maintenance of ecological processes and services**. *J. Appl. Ecol.* 48, 1079, 2011.

CALDEIRA, M. V. W.; SPERANDIO, H. V.; GODINHO, T. O.; KLIPPEL, V. H.; DELARMELENA, W. M.; GONÇALVES, E. O.; TRAZZI, P. A. **Serapilheira e nutrientes acumulados sobre o solo em plantios de leguminosas e em área restaurada com espécies nativas da Floresta Atlântica**. *Adv For Sci*, Cuiabá, v. 7, n. 2, p. 961-971, 2020.

CORREIA, G.G.S., MARTINS, S.V.M., MIRANDA, N. A. & SILVA, K.A. **Estoque de serapilheira em floresta em restauração e em Floresta Atlântica de Tabuleiro no Sudeste brasileiro**. *Revista Árvore* 40: 13-20, 2016.

COSTA, C. C. A.; CAMACHO, R. G. V.; MACEDO, I. D.; SILVA, P. C. M. **Análise comparativa da produção de serapilheira em fragmentos arbóreos e arbustivos em área de caatinga na Flona de Açu - RN**. *Revista Árvore*, 34(2): 259-265, 2010.

DURIGAN, G. ENGEL, V.L. **Restauração de ecossistemas no Brasil: Onde estamos e para onde podemos ir?** In: MARTINS, S.V. (Org). *Restauração ecológica de ecossistemas degradados*. Viçosa, MG. Ed.: UFV, p 41-68, 2012.

FERNANDES, M. M.; SILVA, T. R.; MAGALHÃES, J. S.; SOUZA, Í. B. A. **Aporte de serapilheira em reflorestamento misto**, *Acta Biológica Catarinense* p.90-97, 2018.

FREIRE, G. A. P.; VENTURA, D. J.; FOTOPOULOS, I. G.; ROSA, D. M.; AGUIAR, R. G.; ARAÚJO, A. C. **Dinâmica de serapilheira em uma área de floresta de terra firme, Amazônia Ocidental**. *Nativa*, Sinop, v. 8, n. 3, p. 323-328, 2020.

GODINHO, T. O.; CALDEIRA, M. V. W.; ROCHA, J. H. T.; CALIMAN, J. P.; TRAZZI, P. A. **Quantificação de biomassa e de nutrientes na serapilheira acumulada em trecho de floresta estacional semidecidual submontana**, *ES. Cerne*, 20(1):11-20, 2014.

GOMES, J. M.; PEREIRA, M. G.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; PEREIRA, G. H. A.; GONDIM, F. R.; SILVA, E. M. R. **Aporte de serapilheira e de nutrientes em fragmentos florestais da Mata Atlântica, RJ.** Revista Br. de Ciências Agrárias; 5(3): 383-391, 2010.

KLIPPEL et al. **Acúmulo de serapilheira e nutrientes em área com diferentes metodologias de restauração florestal.** Comunicata Scientiae 7(2): 241-250, 2016.

LONDE, V.; SOUSA, H. C.; KOZOVITS, A. R. **Litterfall as an indicator of productivity and recovery of ecological functions in a rehabilitated riparian forest at Das Velhas River, southeast Brazil.** Tropical Ecology, v. 57, n. 2, p. 355-360, 2016.

LOPES, M. I. M.; DOMINGOS, M.; VUONO, Y. S. Ciclagem de nutrientes minerais. In: SYLVESTRE, L. S. e ROSA, M. M. T. (Org.); **Manual metodológico para estudos botânicos na Mata Atlântica.** Seropédica, RJ: EDUR, p.72-103, 2002.

MACHADO, M. R.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; PEREIRA, M. G. **Produção de serapilheira como bioindicador de recuperação em plantio adensado de revegetação.** Revista Árvore, v.32, p.143-151, 2008.

MACHADO, D. L.; PEREIRA, M. G.; CORREIA, M. E. F.; DINIZ, A. R.; SANTOS, L. L.; MENEZES, C. E. G. . **Ciclagem de nutrientes em diferentes estágios sucessionais da mata atlântica na bacia do Rio Paraíba do Sul, RJ.** Biosci J., Uberlândia, v. 31, n. 4, p. 1222-1237, 2015.

MARTINS, S. V. **Recuperação de áreas degradadas: ações em Áreas de Preservação Permanente, voçorocas, taludes rodoviários e de mineração.** Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 270p, 2009.

MARTINS, S. V. **Recuperação de áreas degradadas: ações em áreas de preservação permanente, voçorocas, taludes rodoviários e de mineração.** 4ª ed. Aprenda Fácil, Viçosa. 270p, 2016.

R Core Team (2021). **R: A language and environment for statistical computing.** R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

SCORIZA, R. N.; PEREIRA, M. G.; PEREIRA, G. H. A.; MACHADO, D. L.; SILVA, E. M. R. **Métodos para coleta e análise de serrapilheira aplicados à ciclagem de nutrientes.** Floresta e Ambiente v.2, n.2, p. 01 - 18, 2012.

SCORIZA, R. N.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M. **Influência da precipitação e temperatura do ar na produção de serapilheira em trecho de Floresta Estacional em Sorocaba, SP.** FLORESTA, Curitiba, PR, v. 44, n. 4, p. 687 - 696, out. / dez. 2014.

SPLETOZER, A. G.; SILVEIRA, L. J.; BARBOSA, R. A.; BARBOSA, S. G.; DIAS, H. C. T. **Effect of litter on the surface runoff of a forest fragment in the Atlantic Forest.** Revista Brasileira de Ciências Agrárias, 1981-0997v.16, n.1, e8597, 2021.

VILLA, E. B., PEREIRA, M. G., ALONSO, J. M., BEUTLER, S. J. **Aporte de serapilheira e nutrientes em área de restauração florestal com diferentes espaçamentos de plantio.** Floresta Ambient. vol.23 no.1 Seropédica Jan./Mar. 2016 Epub Feb 19, 2016.