

PAULO HENRIQUE VILLANOVA

**NECROMASSA, DINÂMICA E PROGNÓSE DO ESTOQUE DE CARBONO
EM UMA FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL NO MUNICÍPIO DE
VIÇOSA, MINAS GERAIS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

**VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2017**

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

V717n
2017 Villanova, Paulo Henrique, 1990-
Necromassa, dinâmica e prognose do estoque de carbono em
uma Floresta Estacional Semidecidual no município de Viçosa,
Minas Gerais / Paulo Henrique Villanova. – Viçosa, MG, 2017.
xii, 61f. : il. ; 29 cm.

Inclui apêndices.

Orientador: Carlos Moreira Miquelino Eleto Torres.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. Florestas - Administração. 2. Mata Atlântica. 3. Créditos
de carbono. 4. Mudanças Climáticas - Política governamental.
I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Engenharia
Florestal. Programa de Pós-graduação em Ciência Florestal.
II. Título.


CDO adapt. CDD 22 ed. 634.961

PAULO HENRIQUE VILLANOVA


**NECROMASSA, DINÂMICA E PROGNÓSE DO ESTOQUE DE CARBONO
EM UMA FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL NO MUNICÍPIO DE
VIÇOSA, MINAS GERAIS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 23 de fevereiro de 2017.



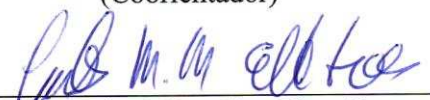
Carlos Pedro Boechat Soares



Liniker Fernandes da Silva



Laércio Antônio Gonçalves Jacovine
(Coorientador)



Carlos Moreira Miquelino Eleta Torres
(Orientador)

AGRADECIMENTOS

A Deus, Nhá Chica, Nossa senhora Aparecida, Santa Rita de Cássia e Santa Ana pela dádiva da vida e por me mostrarem que com Eles tenho mais força para seguir em frente.

Ao meu pai Paulo e à minha mãe Eloisa, pelo amor, carinho e por sempre me incentivarem a buscar o melhor.

Às minhas irmãs Ane, Ursula e Tainah por me darem apoio nesta caminhada.

Aos meus tios, primos e a todos os meus familiares, que se orgulham de minhas conquistas, pelo apoio e pela preocupação ao longo deste tempo.

Aos professores e amigos Carlinhos e Jacovine pela orientação, confiança, atenção, oportunidades e pelo incentivo.

Aos professores Boechat e Liniker, pela solicitude em participar da banca e pelas contribuições no aprimoramento da dissertação.

À Universidade Federal de Viçosa (UFV) e ao Departamento de Engenharia Florestal (DEF), pela estrutura oferecida em prol do desenvolvimento do trabalho e pela formação destacada de seus estudantes. A todos os funcionários da UFV e do DEF, pelo auxílio e amizade.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal e a todos os seus professores, por proporcionarem os ensinamentos adquiridos.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de estudos.

Ao Grupo de Estudos em Economia Ambiental (GEEA), pela oportunidade de receber críticas e sugestões. A todos os seus membros, pela amizade, pelo carinho, por tornarem os momentos de trabalho mais alegres e pela colaboração. Em especial, aos estagiários Vanessa, Bael, Michel, Abel, Rômulo, Daisy, Vitor e Paula. Sem vocês este trabalho não seria possível.

Aos meus amigos da Pós-Graduação, pelos momentos de estudo em grupo e pela contribuição ao longo do Mestrado. Em particular a Eliana, Bruno, Samuel e Vicente pelo convívio durante estes anos.

As repúblicas Toca do Bandido (eterna), Nárnia e agregadas por me proporcionarem momentos gratificantes nos meus 8 anos na cidade educadora.

Aos grandes amigos de Viçosa, Barbacena e Antônio Carlos pelo incentivo.

A todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para a conclusão de mais essa etapa em minha vida.

Muito obrigado!

BIOGRAFIA

PAULO HENRIQUE VILLANOVA, filho de Paulo Tadeu Villanova e Eloisa Aparecida de Paula Villanova, nasceu em 14 de junho de 1990, na cidade de Antônio Carlos, Minas Gerais.

Em 2007, concluiu o Ensino Médio na Escola Agrotécnica Federal de Barbacena, em Barbacena – MG.

Em 2009, ingressou no Curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa, Minas Gerais, concluindo-o em janeiro de 2015.

Em março de 2015, ingressou no Programa de Pós-Graduação, em nível de Mestrado, em Ciência Florestal da UFV, submetendo-se à defesa da dissertação em fevereiro de 2017.

SUMÁRIO

RESUMO	vii
ABSTRACT	x
1. INTRODUÇÃO GERAL	1
3. REFERÊNCIAS	4
ARTIGO 1.....	7
ESTOQUE DE CARBONO NA NECROMASSA EM UMA FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL EM VIÇOSA-MG.....	7
1. INTRODUÇÃO	7
2. MATERIAL E MÉTODOS	8
2.1. Descrição da área de estudo	8
2.2. Quantificação da produção, necromassa e estoque de carbono.....	9
3. RESULTADOS	11
4. DISCUSSÃO.....	13
5. CONCLUSÕES.....	15
6. REFERÊNCIAS	15
ARTIGO 2.....	19
DINÂMICA DE CRESCIMENTO DO ESTOQUE EM CARBONO DE UM FRAGMENTO DE FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL, NO MUNICÍPIO DE VIÇOSA-MG	19
1. INTRODUÇÃO	19
2. MATERIAL E MÉTODOS	20
2.1. Descrição da área de estudo	20
2.2. Coleta e análise de dados	21
3. RESULTADOS.....	23

4. DISCUSSÃO.....	26
5. CONCLUSÕES.....	28
6. REFERÊNCIAS	28
ARTIGO 3.....	32
PROGNOSE DA DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA E DO ESTOQUE DE CARBONO DE UM FRAGMENTO DE FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL NO MUNICÍPIO DE VIÇOSA – MG.	32
1. INTRODUÇÃO	32
2. MATERIAL E MÉTODOS	33
2.1. Descrição da área de estudo	33
2.2. Coleta e análise dos dados	34
3. RESULTADOS	37
6. REFERÊNCIAS	41
4. CONCLUSÕES GERAIS	45
APÊNDICES.....	46
Apêndice 1: Grupo ecológico, densidade (g.cm^{-3}) e teor de carbono das espécies do fragmento florestal	47
Apêndice 2: Incremento bruto (MgC.ha^{-1}) e incremento periódico anual em carbono por espécie ($\text{MgC.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$) e por indivíduo ($\text{MgC.ind}^{-1}.\text{ano}^{-1}$)	52
Apêndice 3: Prognose da distribuição diamétrica para o fragmento florestal	56
Apêndice 4: Prognose da distribuição diamétrica para as espécies pioneiras.....	58
Apêndice 5: Prognose da distribuição diamétrica para as espécies não pioneiras.....	60

RESUMO

VILLANOVA, Paulo Henrique, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2017. **Necromassa, dinâmica e prognose do estoque de carbono em uma Floresta Estacional Semidecidual no município de Viçosa, Minas Gerais.** Orientador: Carlos Moreira Miquelino Eleto Torres. Coorientador: Laércio Antônio Gonçalves Jacovine.

A Mata Atlântica possui uma das mais ricas biodiversidades do mundo, abrigando uma grande variedade de espécies animais e vegetais. Além disso, este bioma também fornece um amplo conjunto de serviços ecossistêmicos. Entretanto, em virtude da sua fragmentação, tanto a sua biodiversidade quanto os serviços ecossistêmicos foram afetados drasticamente. Diante deste cenário, estudos científicos voltados para a dinâmica de crescimento e prognose da estrutura diamétrica ao longo do tempo são de extrema importância para conservação das múltiplas funções ambientais destes remanescentes florestais, principalmente a de estocar carbono. Ademais, por meio do conhecimento sobre a produção da necromassa se torna possível inferir a respeito da saúde da floresta e da contribuição deste compartimento na assimilação de carbono da atmosfera. Desta forma, objetivou-se com este estudo determinar o estoque de carbono pela necromassa, avaliar a dinâmica de crescimento em carbono das espécies e prognosticar a distribuição diamétrica e o estoque de carbono de uma Floresta Estacional Semidecidual Montana, com 44,11 ha. A dissertação foi dividida em 3 artigos. No primeiro artigo, foi avaliado o estoque de carbono pela necromassa presente na área de estudo. Para isso, foram inventariadas vinte parcelas (10x50 m), em 2015, em que mensurou-se toda a necromassa. Em termos de estoque de carbono,

foi encontrado uma estimativa de $3,5 \pm 0,1 \text{ MgC.ha}^{-1}$ para os resíduos lenhosos caídos no solo (*CWD – Coarse Woody Debris*), $2,1 \pm 0,2 \text{ MgC.ha}^{-1}$ para as árvores mortas em pé (*snags*) e $3,0 \pm 1,2 \text{ MgC.ha}^{-1}$ para a serapilheira. Desta forma, A necromassa de uma Floresta Estacional Semidecidual pode estocar $8,6 \pm 0,7 \text{ MgC.ha}^{-1}$ de carbono e não deve ser negligenciada em estudos sobre estoque deste elemento. No segundo artigo, foi avaliada a dinâmica de crescimento em carbono do fragmento florestal. Neste caso, foram mensurados e identificados botanicamente todos os indivíduos com *dap* ≥ 5 cm nos anos de 2010 e 2015. No período de monitoramento, o estoque de carbono se elevou de $52,56 \pm 1,17 \text{ MgC.ha}^{-1}$ para $62,57 \pm 1,15 \text{ MgC.ha}^{-1}$. O crescimento bruto em carbono (incluindo a mortalidade e o ingresso) foi de $12,72 \text{ MgC.ha}^{-1}$. Já o incremento periódico anual foi de $2,00 \text{ MgC.ha}^{-1}\text{.ano}^{-1}$. A partir destes resultados, conclui-se que as árvores do fragmento florestal apresentam crescimento positivo do estoque de carbono em virtude do avanço sucessional, ratificando a importância das florestas secundárias de Mata Atlântica na mitigação de gases de efeito estufa e que as espécies que mais contribuem para o estoque de carbono do fragmento florestal são a *Piptadenia gonoacantha*, *Anadenanthera peregrina*, *Myrcia fallax*, *Matayba elaeagnoides* e *Sparattosperma leucanthum*. No terceiro artigo, objetivou-se prognosticar a distribuição diamétrica e o estoque de carbono do fragmento. Com base nos dados observados nos anos de 2010 e 2015, projetou-se a distribuição diamétrica do fragmento florestal e das espécies pioneiras e não pioneiras para o ano de 2015 e 2020, utilizando a cadeia de Markov. Além disso, foi quantificado o volume, biomassa e estoque de carbono a partir das frequências estimadas. Ao se comparar a distribuição diamétrica observada e estimada em 2015 (est.: $1686 \text{ fustes.ha}^{-1}$; obs.: $1692 \text{ fustes.ha}^{-1}$), ficou comprovada a aderência da cadeia de Markov para realizar a prognose da floresta ($X^2_{\text{Calc}} = 0,013 < X^2_{\text{Tab}} = 4,575$). Diante desta comprovação, projetou-se a distribuição diamétrica do fragmento para o ano de 2020 o qual alcançou o número de $1799 \text{ fustes.ha}^{-1}$. Para as espécies pioneiras o número de fustes por hectare estimados e observados, para 2015, foi de 474 e 476, respectivamente ($X^2_{\text{Calc}} = 0,072 < X^2_{\text{Tab}} = 4,575$). Já para as não pioneiras o número estimado foi de $1199 \text{ fustes.ha}^{-1}$ e o observado de $1203 \text{ fustes.ha}^{-1}$ ($X^2_{\text{Calc}} = 0,170 < X^2_{\text{Tab}} = 4,575$). Ao se projetar a distribuição diamétrica para 2020, foi obtido um número de $473 \text{ fustes.ha}^{-1}$ para as pioneiras e $1339 \text{ fustes.ha}^{-1}$ para as não pioneiras. Em termos de estoque de carbono, foi observado um aumento de $43,80 \text{ MgC.ha}^{-1}$, em 2015, para $48,72 \text{ MgC.ha}^{-1}$, em 2020, considerando todo o fragmento florestal. Este aumento também foi verificado para

os grupos ecológicos neste mesmo período, sendo que o estoque de carbono das espécies pioneiras passou de 13,80 MgC.ha⁻¹ para 15,11 MgC.ha⁻¹ e das não pioneiras de 29,22 MgC.ha⁻¹ para 33,00 MgC.ha⁻¹. Assim, conclui-se que a distribuição diamétrica continuará sendo de “J-invertido” e que a floresta irá continuar atuando como sumidouro de carbono da atmosfera nos próximos anos, sendo que a maior contribuição será das espécies não pioneiras.

ABSTRACT

VILLANOVA, Paulo Henrique, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2017. **Necromass, dynamic and prognosis of the carbon storage in a seasonal semi deciduous forest in the municipality of Viçosa, Minas Gerais.** Advisor: Carlos Moreira Miquelino Eleto Torres. Co-advisor: Laércio Antônio Gonçalves Jacovine.

The Atlantic forest possesses one of the richest biodiversities in the world, housing a great variety of plant and animal species. Additionally, this biome provides a wide range of ecosystem services. However, due to fragmentation, both its biodiversity and ecosystem services have been drastically affected. Given this, scientific studies investigating growth dynamics and prognosis for diametrical structure over time are of great importance for the conservation of the multiple environmental functions of these remnant forests, principally that of carbon storage. Further, through understanding the production of necromass, it becomes possible to make inferences regarding the health of the forest and the contribution of this area in absorbing carbon from the atmosphere. Therefore, in this study we aimed to determine carbon storage by necromass, assessing the growth dynamics in carbon of the species and determining the diametrical distribution and carbon storage of a Semi Deciduous Seasonal Forest, with 44.11 ha. The dissertation was divided into three articles. In the first, carbon storage by necromass found at the study site was assessed. With this in mind, an inventory of twenty parcels (10x50 m) was made, in 2015 in which all of the necromass was measured. In terms of carbon storage, an estimated $3.5 \pm 0.1 \text{ MgC}\cdot\text{ha}^{-1}$ was determined for wood residues fallen on the ground (*CWD – Coarse Woody Debris*),

2.1 ± 0.2 MgC.ha⁻¹ for dead trees still standing (*snags*) and 3.0 ± 1.2 MgC.ha⁻¹ for ground cover. Therefore, the necromass of a Semi Deciduous Seasonal Forest can store 8.6 ± 0,7 MgC.ha⁻¹ of carbon and should not be neglected in studies regarding storage of this element. In the second article, the growth dynamics in carbon in the forest fragment were assessed, in this case, all the individuals with DBH ≥ 5 cm in the years 2010 to 2015. During the monitoring period, the carbon storage went from 52.56 ± 1.17 MgC.ha⁻¹ to 62.57 ± 1.15 MgC.ha⁻¹. From these results, it was concluded that the trees of the forest fragment showed positive growth of carbon storage due to successional advancement, demonstrating the importance of secondary Atlantic forests in mitigating greenhouse gases and showing that the species that contribute to carbon storage in the forest fragment are *Piptadenia gonoacantha*, *Anadenanthera peregrina*, *Myrcia fallax*, *Matayba elaeagnoides* e *Sparattosperma leucanthum*. In the third article, we sought to determine diametrical distribution and the carbon storage of the fragment. Based on the data observed during the years 2010 and 2015, the diametrical distribution of the forest fragment and of the pioneering and non-pioneering species for the years from 2015 to 2020 were projected, using Markov chains. Additionally, the volume, biomass and carbon storage were quantified, based on estimated frequencies. When comparing the diametrical distribution observed and that estimated for 2015 (est.: 1686 stems.ha⁻¹; obs.: 1692 stems.ha⁻¹), the adherence of the Markov chain to realize the prognosis of the forest was demonstrated ($X^2_{\text{Calc}} = 0.013 < X^2_{\text{Tab}} = 4,575$). Given this, the diametrical distribution for the fragment up until the year 2020 was projected, reaching 1799 stems.ha⁻¹. For the pioneering species the number of stems per hectare estimated and observed, for 2015, was 474 and 476, respectively ($X^2_{\text{Calc}} = 0.072 < X^2_{\text{Tab}} = 4,575$). For non-pioneering species the estimated number was 1199 stems.ha⁻¹ and the observed 1203 stems.ha⁻¹ ($X^2_{\text{Calc}} = 0.170 < X^2_{\text{Tab}} = 4,575$). When projecting the diametrical distribution for 2020, the number of 473 stems.ha⁻¹ was obtained for pioneers and 1339 stems.ha⁻¹ for non-pioneers. In terms of carbon storage, an increase from 43.80 MgC.ha⁻¹ in 2015 to 48.72 MgC.ha⁻¹, in 2020 was observed, considering the whole forest fragment. This increase was also verified for the ecological groups during this period, with the carbon storage of the pioneering species going from 13.80 MgC.ha⁻¹ to 15.11 MgC.ha⁻¹ and the non-pioneering from 29.22 MgC.ha⁻¹ to 33.00 MgC.ha⁻¹. In this manner the diametrical distribution will continue being “J-inverted” and the forest will continue acting as a carbon sink for the

atmosphere over the coming years, with the greater contribution being from the non-pioneering species.

1. INTRODUÇÃO GERAL

As florestas tropicais secundárias exercem um papel fundamental no contexto das mudanças climáticas, principalmente em tempos de aumento das emissões de gases de efeito estufa e aquecimento global (IPCC, 2014), por se tratarem de um importante sumidouro de carbono da atmosfera. De acordo com estudo de PAN et al., (2011), estima-se que estas florestas são capazes de estocar cerca de $1,6 \pm 0,5 \text{ PgC.ano}^{-1}$.

Em relação às florestas secundárias da Mata Atlântica, muitos estudos já foram desenvolvidos visando determinar o seu potencial em estocar carbono (DINIZ et al., 2015; FIGUEIREDO et al., 2015). Entretanto, grande parte deles quantificaram este potencial em um único momento (AMARO et al., 2013; TORRES et al., 2013; CARVALHO et al., 2015), não se buscando compreender as possíveis diferenças deste parâmetro ao longo dos anos (SHIMAMOTO et al., 2014). Ademais, muitas das vezes a quantificação do estoque de carbono pela necromassa foi negligenciada, não se conhecendo, assim, o potencial deste compartimento em estocar carbono (PALACE et al., 2007; CARLSON et al., 2016).

Diante deste cenário, estudos sobre estoque de carbono pela necromassa, dinâmica de crescimento em carbono e modelagem de crescimento e produção são de extrema importância para se preencher esta lacuna científica.

Em suma, a necromassa, além de ser um importante sumidouro de carbono (PAN et al., 2011), ela ainda é capaz de indicar a saúde dos remanescentes florestais da Mata atlântica (TRUMBORE et al., 2015), posto que este compartimento fornece

alimento para organismos saproxílicos (ARAÚJO et al. 2015; SEIBOLD et al., 2015) e serve como hábitat para muitas espécies de invertebrados e vertebrados (THIBAUT & MOREAU, 2016).

Já os estudos voltados para a compreensão da dinâmica de crescimento em carbono servem como base para auxiliar na manutenção da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos dos fragmentos florestais (LIMA & LEÃO, 2013). Por meio deste conhecimento ainda é possível identificar as transformações ocorridas na estrutura e nos processos ecológicos da floresta como ingresso, mortalidade, sucessão e crescimento (MAYER et al., 2015).

Por fim, a modelagem de crescimento e produção tem por finalidade, independentemente de sua complexidade estrutural, possibilitar a projeção da produção em tempos futuros partindo-se das condições atuais (CHASSOT et al., 2011), sendo os modelos de distribuição diamétrica, em particular a matriz de transição, os mais estudados em florestas inequiâneas (EBLING et al., 2012).

A matriz de transição, ou cadeia de Markov, é vastamente utilizada pois não depende, por exemplo, de variáveis de difícil acesso, como a idade das árvores, e também por apresentar boa acuracidade em se tratando de florestas nativas em pequenos períodos de tempo (LANA et al., 2015). Devido a eficácia deste modelo em projetar a distribuição diamétrica, é possível quantificar variáveis da floresta como volume, biomassa e carbono além de mostrar se a floresta se apresentará como sumidouro ou como fonte de dióxido de carbono para o meio ambiente em tempos futuros (TEIXEIRA et al., 2007; SOUZA et al., 2014).

Desta forma, objetivou-se com este estudo determinar o estoque de carbono pela necromassa, avaliar a dinâmica de crescimento em carbono das espécies e prognosticar a distribuição diamétrica e o estoque de carbono de uma Floresta Estacional Semidecidual Montana, localizada no Parque tecnológico de Viçosa – MG.

Para atendimento a estes objetivos, o trabalho foi dividido em artigos, conforme descrito a seguir.

Artigo 1: Estoque de carbono na necromassa em uma Floresta Estacional Semidecidual em Viçosa-MG;

Artigo 2: Dinâmica de crescimento do estoque em carbono de um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual, no município de Viçosa – MG;

Artigo 3: Prognose da distribuição diamétrica e do estoque de carbono de um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual no município de Viçosa – MG.

3. REFERÊNCIAS

- AMARO, M. A.; SOARES, C. P. B.; SOUZA, A. L. D.; LEITE, H. G.; SILVA, G. F. D. Estoque volumétrico, de biomassa e de carbono em uma Floresta Estacional Semidecidual em Viçosa, Minas Gerais. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.37, n.5, p.849-857, 2013.
- ARAÚJO, L. S.; KOMONEN, A.; LOPES-ANDRADE, C. Influences of landscape structure on diversity of beetles associated with bracket fungi in Brazilian Atlantic forest. **Biological Conservation**, v. 191, p. 659-666, 2015.
- CARLSON, B. S.; KOERNER, S. E.; MEDJIBE, V. P.; WHITE, L. J., POULSEN, J. R. Deadwood stocks increase with selective logging and large tree frequency in Gabon. **Global Change Biology**. 2016.
- CARVALHO, L. S.; CERQUEIRA, R. M.; DA SILVA, G. V.; SILVA, E. R. M. Estoque de carbono em um fragmento de Floresta Estacional Semidecídua no município de Ribeirão Grande, São Paulo. **Bioikos**, v. 28, n. 2, p. 73-85, 2015.
- CHASSOT, T.; FLEIG, F. D.; FINGER, C. A. G.; LONGHI, S. J. Modelos de Crescimento em Diâmetro de Árvores Individuais de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze em Floresta Ombrófila Mista. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 2, p. 303-313. 2011.
- DINIZ, A. R.; MACHADO, D. L.; PEREIRA, M. G.; CARVALHO, F. C.; MENEZES, C. E. G. Biomassa, estoques de carbono e de nutrientes em estádios sucessionais da Floresta Atlântica, RJ. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 10, n. 3, p. 443-451, 2015.
- EBLING, A. A.; WATZLAWICK, L. F.; RODRIGUES, A. L.; LONGHI, S. J.; LONGHI, R. V.; ABRÃO, S. F. Acuracidade da distribuição diamétrica entre métodos de projeção em Floresta Ombrófila Mista. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.42, n.6, p.1020-1026. 2012.

FIGUEIREDO, L. T. M.; SOARES, C. P. B.; SOUZA, A. L.; LEITE, H. G.; SILVA, G. F. D. Dinâmica do estoque de carbono em fuste de árvores de uma floresta estacional semidecidual. **CERNE**. v. 21, n. 1, p. 161-167, 2015.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Climate change 2014: mitigation of climate change**. Cambridge University Press, 2015.

LANA, D. M.; NETTO, S. P.; CORTE, A. P. D.; SANQUETTA, C. R.; EBLING, A. A. Prognose da Estrutura Diamétrica em Floresta Ombrófila Mista. **Floresta e Ambiente**, v. 22, n. 1, p. 71-78, 2015.

LIMA, J. P. D. C.; LEÃO, J. R. A. Dinâmica de crescimento e distribuição diamétrica de fragmentos de florestas nativa e plantada na Amazônia sul ocidental. **Floresta e Ambiente**. Vol. 20, n. 1, p. 70-79. 2013

MEYER, P. B.; DE OLIVEIRA-FILHO, A. T.; BOTEZELLI, L.; AURÉLIO, M.; FONTES, L.; GARCIA, P. O.; DOS SANTOS, R. M. Dinâmica estrutural em um fragmento de Floresta Estacional Semidecidualifólia em Lavras, MG, Brasil. **Cerne**, v. 21, n. 2, p. 259-265, 2015.

PALACE, M.; KELLER, M.; ASNER, G. P.; SILVA, J. N. M.; PASSOS, C. Necromass in undisturbed and logged forests in the Brazilian Amazon. **Forest Ecology and Management**, v. 238, n. 1, p. 309-318, 2007.

PAN, Y.; BIRDSEY, R. A.; FANG, J.; HOUGHTON, R.; KAUPPI, P. E.; KURZ, W. A.; PHILLIPS, O. L.; SHVIDENKO A.; LEWIS, S. L.; CANADELL, J. G.; CIAIS, P.; JACKSON, R. B.; PACALA, S. W.; MCGUIRE, A. D.; PIAO, S.; RAUTIAINEN, A.; SITCH, S.; HAYES, D. A large and persistent carbon sink in the world's forests. **Science**, v. 333, n. 6045, p. 988-993, 2011.

SEIBOLD, S.; BÄSSLER, C.; BRANDL, R.; GOSSNER, M. M.; THORN, S.; ULYSHEN, M. D.; MÜLLER, J. Experimental studies of dead-wood biodiversity a review identifying global gaps in knowledge. **Biological Conservation**, v. 191, p. 139-149, 2015.

SHIMAMOTO, C. Y.; BOTOSSO, P. C.; MARQUES, M. C. How much carbon is sequestered during the restoration of tropical forests? Estimates from tree species in the Brazilian Atlantic forest. **Forest Ecology and Management**, v. 329, p. 1-9, 2014.

SOUZA, C. R. D.; AZEVEDO, C. P. D.; ROSSI, L. M. B.; SANTOS, J. D.; HIGUCHI, N. Projection of diametric distribution and carbon stock of a managed forest in Manaus/AM. **Floresta**, v. 44, n. 3, p. 525 - 534, 2014.

TEIXEIRA, L. M.; CHAMBERS, J. Q.; SILVA, A. R.; LIMA, A. J. N; CARNEIRO, V. M. C.; SANTOS, J.; HIGUCHI, N. Projeção da dinâmica da floresta natural de Terrafirme, região de Manaus-AM, com o uso da cadeia de transição probabilística de Markov. **Acta amazonica**, v. 37, n. 3, p. 377-384, 2007.

THIBAUT, M.; MOREAU, G. Enhancing bark-and wood-boring beetle colonization and survival in vertical deadwood during thinning entries. **Journal of Insect Conservation**, v. 20, n. 5, p. 789-796, 2016.

TORRES, C. M. M. E.; JACOVINE, L. A. G.; SOARES, C. P. B.; OLIVEIRA NETO, S. N.; SANTOS, R. D.; CASTRO NETO, F. Quantificação de biomassa e estocagem

de carbono em uma Floresta Estacional Semidecidual, no Parque Tecnológico de Viçosa, MG. **Revista Árvore**, v. 37, n. 4, p. 647-55, 2013.

TRUMBORE, S.; BRANDO, P.; HARTMANN, H. Forest health and global change. **Science**, v. 349, n. 6250, p. 814-818, 2015.

ARTIGO 1

ESTOQUE DE CARBONO NA NECROMASSA EM UMA FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL EM VIÇOSA-MG

1. INTRODUÇÃO

A fragmentação das florestas tropicais é um dos principais problemas para à biodiversidade global (MAGNAGO et al., 2014; LEWIS et al., 2015). No Brasil, o bioma que mais sofreu com esse processo foi a Mata Atlântica, devido estar localizado em áreas de intensa urbanização, industrialização e com atividades agrícolas (SCARANO & CEOTTO, 2015). Dos remanescentes florestais do bioma, mais de 80% são menores que 50 ha (RIBEIRO et al., 2009).

Apesar de estar bastante fragmentada, a Mata Atlântica apresenta ainda uma grande biodiversidade, principalmente devido ao seu endemismo, estocagem de carbono e múltiplas funções ambientais (MAGNAGO et al., 2014; LEWIS et al., 2015; LIMA et al., 2015). Por este motivo, existe a necessidade de se estudar a saúde desses fragmentos remanescentes. Um importante indicador sobre a saúde da floresta é a necromassa (TRUMBORE et al., 2015), uma vez que este compartimento da floresta fornece alimento para organismos saproxílicos (ARAÚJO et al. 2015; SEIBOLD et al., 2015), hábitat para muitas espécies de invertebrados e vertebrados (THIBAUT & MOREAU, 2016), além de ser fator chave para a ciclagem de nutrientes (STUTZ et al., 2017).

A necromassa também é um importante componente do processo de estocagem de carbono, sendo responsável por 8% do carbono estocado pelas florestas do mundo (PAN et al., 2011). Ela representa um estágio de transição da estocagem de carbono entre a biomassa viva para outras fontes, como a atmosfera ou material orgânico do solo, por meio da decomposição (RUSSELL et al., 2015).

Apesar da necromassa ter um relevante papel no estoque de carbono, ela é ainda pouco estudada em florestas tropicais, principalmente na Mata Atlântica (PALACE et al., 2007; CARLSON et al., 2016). Na quantificação da produção e estoque de carbono pela necromassa, quando esta não é negligenciada, ela é obtida, em sua maioria, por meio de uma porcentagem fixa da biomassa aérea (PALACE et al., 2007). Ademais, esta porcentagem pode variar entre 6 a 33% em florestas tropicais (CHAMBERS et al., 2000), acarretando em estimativas equivocadas do estoque de carbono. Assim, é de suma importância que se tenha medições diretas da necromassa para minimizar estes tipos de erros.

Deste modo, objetivou-se com este estudo avaliar o estoque de carbono na necromassa presente em um Floresta Estacional Semidecidual em Viçosa-MG.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Descrição da área de estudo

O fragmento florestal possui 44,11 ha e está situado no Parque Tecnológico de Viçosa – MG, com coordenadas geográficas 42° 51' W e 20° 42' S (TORRES et al., 2013) e altitude média de 721 m (SOUZA et al., 2014). Segundo o IBGE (2012), a vegetação da região é classificada como Floresta Estacional Semidecidual Montana. Conforme resolução do CONAMA 392, o fragmento encontra-se em estágio médio de regeneração, apresentando espécies lenhosas com DAP médio entre 10 e 20 cm, além de altura entre 5 e 12 m (BRASIL, 2007).

O clima local é do tipo Cwa, conforme classificação de Köppen. A média da temperatura, umidade e precipitação anual para o período de 1968 a 2015 é de 21,9°C, 79% e 1.274 mm, respectivamente (UFV, 2016). A região de Viçosa possui gradientes pedogeomorfológico em que os topos de morros são tomados por Latossolos

Distróficos ricos em alumínio, as rampas coluviais por Latossolos mais rasos e câmbicos e os fundos das grotas apresentam-se com o predomínio de Cambissolos Epieutróficos ricos em nutrientes (FERREIRA JÚNIOR et al., 2012).

De acordo com Torres et al., (2013), vários distúrbios ocorreram ao longo dos anos neste fragmento florestal, podendo ser citados a retirada de madeira, plantio de culturas agrícolas e de eucalipto. No entanto, há aproximadamente 25 anos, vem ocorrendo a regeneração da vegetação nativa da área.

2.2. Quantificação da produção, necromassa e estoque de carbono

Para a coleta dos dados da necromassa, foram inventariadas em 2015 vinte parcelas (10x50 m), em que quantificou-se os resíduos lenhosos caídos no solo (*CWD* – *Coarse Woody Debris*), as árvores mortas em pé (*snags*) e a serapilheira.

Foram considerados como *CWD*, todos os galhos, tocos e árvores caídas no solo com *dap* \geq 5 cm. Este material foi classificado de acordo com seu estágio de decomposição em 4 classes (adaptado de HARMON et al., 1995 e KELLER et al., 2004), em que: classe 1- resíduos recém caídos no solo com folhas e casca intactas; classe 2- resíduos semelhantes aos da classe 1 mas com a casca apresentando alguma podridão ou descamação; classe 3- resíduos com elevado estágio de decomposição e alguma resistência ao serem quebrados; classe 4- resíduos podres e friáveis sem resistência ao serem quebradas.

Para a determinação do volume deste compartimento, empregou-se o método de *Smalian* em que se considera o diâmetro nas extremidades de cada seção do resíduo, além de seu comprimento (LOETSCH et al., 1973 e YUAN et al., 2015). A necromassa do *CWD* foi quantificada a partir da determinação da densidade aparente (VITAL, 1984 e NBR 11941, 2003). Para isso, foram selecionadas cinco das vinte parcelas, de forma aleatória, onde foram coletadas três amostras em cada classe de decomposição. Em laboratório, foram retiradas seis sub-amostras ao longo do comprimento do resíduo lenhoso para determinação deste parâmetro. As médias das densidades, nos quatro estágios de decomposição, foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade, utilizando o software Action®.

O teor de carbono foi quantificado a partir da completa calcinação em mufla, conforme metodologia descrita por Torres et al., (2013). Para o primeiro estágio de decomposição, foram retiradas amostras de madeira, a 1,30 m de altura, com auxílio de um trado, de três árvores vivas de cada espécie e por classe de diâmetro. Já para os demais estágios de decomposição, retirou-se amostras dos resíduos lenhosos caídos ao solo para serem submetidas ao processo de calcinação.

No caso dos *Snags*, foram consideradas todas as árvores mortas em pé com *dap* ≥ 5 cm e que não apresentavam galhos, folhas e/ou casca. Para este compartimento, foram mensurados a circunferência a altura do peito (CAP) e a altura total. Para a quantificação do volume, foi utilizada a equação ajustada por Amaro (2010), para árvores sem casca, em uma Floresta Estacional Semidecidual Montana, no Município de Viçosa – MG, conforme equação a seguir.

$$VFsc = 0,000044 * DAP^{2,064540} * Ht^{0,830779} \quad [1]$$

Em que:

VFsc = Volume do fuste sem casca, em m³;

DAP = Diâmetro a altura do peito, em cm;

Ht = Altura total, em m.

A necromassa acima do solo e o estoque de carbono dos *Snags* foram quantificados a partir da média das densidades encontradas para o *CWD*, considerando os 4 estágios de decomposição, e a média do teor de carbono das árvores vivas, respectivamente.

Na avaliação da serapilheira considerou-se os resíduos lenhosos com *dap* ≤ 5 cm (*FWD - Fine Woody Debris*), além das folhas, flores e frutos. Foram selecionadas duas subareas de amostragem em cada parcela, a 12,5 m de comprimento e 5m de largura da borda. Para a coleta do material na superfície do solo foi utilizado um gabarito de 1 m². Em laboratório, as amostras de material recolhidas foram levadas para uma estufa de circulação forçada de ar, conforme descrito por Torres et al., (2013). Foi utilizado o método da proporcionalidade (SOARES & OLIVEIRA, 2002)

para obtenção da necromassa seca e as estimativas encontradas foram extrapoladas para hectare. A determinação do teor de carbono foi realizada pelo mesmo procedimento adotado para os *CWD*.

Desta forma, o estoque de carbono total pela necromassa foi obtida da seguinte forma:

$$EC_{Total} = EC_{CWD} + EC_{Snags} + EC_{Litter} \quad [2]$$

Em que:

EC_{Total} = Estoque de carbono total, em $Mg.ha^{-1}$;

EC_{CWD} = Estoque de carbono dos *CWD*, em $Mg.ha^{-1}$;

EC_{Snags} = Estoque de carbono dos *Snags*, em $Mg.ha^{-1}$;

EC_{Litter} = Estoque de carbono da serapilheira, em $Mg.ha^{-1}$.

3. RESULTADOS

O volume dos *CWD*, das quatro classes de decomposição, foi de $14,8 \pm 0,6 m^3.ha^{-1}$, o dos *Snags* de $8,8 \pm 0,7 m^3.ha^{-1}$ e o volume total de resíduos mortos de $23,6 \pm 0,9 m^3.ha^{-1}$ (Figura 1).

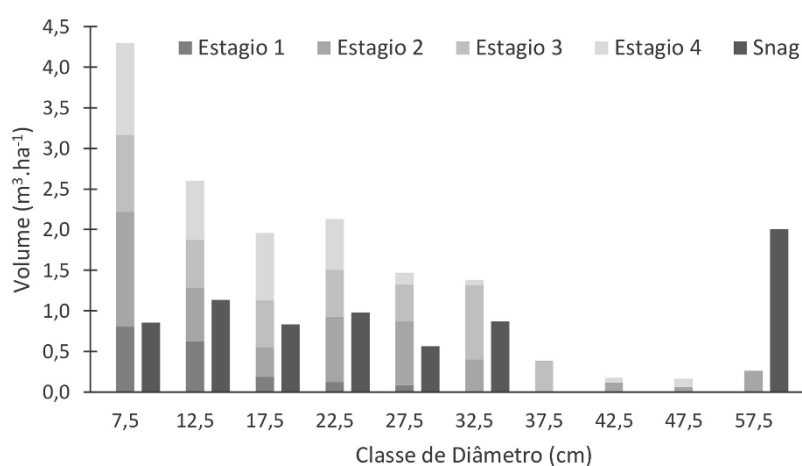


Figura 1: Volume de *CWD* e *Snags*, em $m^3 ha^{-1}$, por classe diamétrica e por estágios de decomposição.

O total de necromassa do fragmento florestal nos três compartimentos foi de $16,3 \pm 0,4 Mg.ha^{-1}$. A necromassa foi de $6,6 \pm 0,3 Mg.ha^{-1}$ para os *CWD*, $4,0 \pm 0,3$

Mg.ha⁻¹ para os *Snags* e 5,7 ± 2,3 Mg.ha⁻¹ para a serapilheira seca, quantificadas a partir de estimativas de densidade aparente (Tabela 1).

Tabela 1: Densidade aparente (Dens.) (média ± desvio padrão e intervalo de variação – Int. Var.) dos *CWD* (g.cm⁻³) nos quatro estágios de decomposição

Estágios de Decomposição	Dens. (g.cm ⁻³)	Int. Var. (g.cm ⁻³)
1	0,577 ± 0,128 a	0,358 – 0,913
2	0,527 ± 0,167 a	0,234 – 0,865
3	0,395 ± 0,108 b	0,172 – 0,650
4	0,321 ± 0,165 c	0,128 – 0,796
Média	0,455 ± 0,174	-

Médias seguidas de mesma letra não diferem a 5% pelo teste de Tukey.

O teor de carbono, para o cálculo do estoque, do primeiro estágio de decomposição dos *CWD* e dos *Snags* foi de 52,8%. Os demais estágios de decomposição do *CWD* e a serapilheira mostraram um teor de 52,7% e 51,6%, respectivamente. O estoque de carbono do *CWD* foi de 3,5 ± 0,1 MgC.ha⁻¹, o dos *Snag* de 2,1 ± 0,2 MgC.ha⁻¹ e da serapilheira de 3,0 ± 1,2 MgC.ha⁻¹. O estoque total de carbono no fragmento florestal foi de 8,6 ± 0,7 MgC.ha⁻¹ (Figura 2).

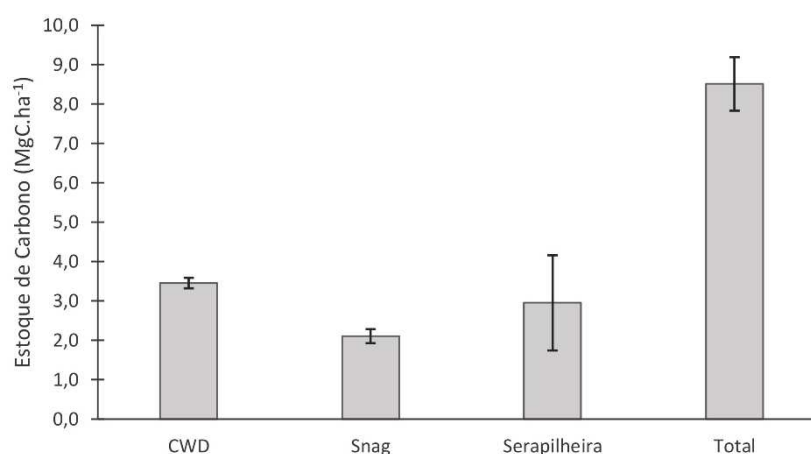


Figura 2: Estoque total de carbono, em MgC.ha⁻¹, considerando o *CWD*, *Snags* e serapilheira.

4. DISCUSSÃO

Foi obtido um volume total de resíduos mortos de $23,6 \pm 0,9 \text{ m}^3.\text{ha}^{-1}$, considerando os *CWD* e *Snag*. Embora tenha havido uma produção decorrente da mortalidade de árvores com diâmetros superiores, grande parte do volume foi oriundo das primeiras classes diamétricas. Esta produção pode ter sido consequência da competição por luz e nutrientes entre árvores vizinhas (HARMON et al., 2004), principalmente daquelas com menores diâmetros, que são as mais susceptíveis a mortalidade na competição por recursos (CHAZDON, 2008).

Além disso, a densidade das espécies que compõem o fragmento florestal é outro fator que pode ter influenciado na produção de necromassa. De acordo com alguns estudos, existe uma correlação negativa entre a densidade e a taxa de mortalidade das espécies (CHAO et al., 2008a; CHAVE et al., 2009; GORA et al.; 2014). Em relação ao fragmento florestal, é sabido que ele segue em avanço sucessional e que a maior parte dos resíduos mortos se encontram em estágios mais avançados de decomposição. Desta forma, é possível dizer que a produção obtida seja proveniente de espécies pioneiras as quais possuem menor densidade em comparação com as espécies não pioneiras (POORTER, 2008; FONSECA et al., 2011).

Os distúrbios ocorridos no ecossistema florestal também podem ter contribuído para a esta produção. Fato é que quando a floresta está apenas sob o regime de distúrbios naturais, é percebido uma menor produção de necromassa. Esta afirmação é corroborada com o estudo de Figueiredo et al., (2015) que encontrou uma taxa de mortalidade de 1,87% a.a. em uma Floresta Estacional Semidecidual, no município de Viçosa – MG. Em contra partida, quando a floresta sofre com distúrbios antrópicos, observa-se uma maior produção de necromassa. Prova disso foi a taxa de mortalidade de 3,30% a.a. encontrada por Meyer et al., (2015) em uma Floresta Estacional Semidecíduifolia Inferomontana, no município de Lavras – MG. Na floresta em estudo, foi detectado distúrbios antrópicos em função da proximidade com fazendas e área urbana, sendo demonstrado que a produção obtida pode ter sido incrementada pela interferência humana.

Por fim, as condições climáticas da região também podem ter sido peças chave na produção de necromassa. Fatores como chuvas severas (HARMON et al., 2004;

RUBINO & McCARTHY, 2003), seca extrema (BARBA et al., 2016) ou até mesmo eventos extremos como o El Niño (CLARK et al., 2004) são os principais causadores do aumento da mortalidade em florestas. Entretanto, é necessário que se tenha um monitoramento periódico dessas áreas para se ter maior convicção sobre esta afirmação (PALACE et al., 2012) uma vez que são poucos os estudos que retratam a dinâmica de produção de resíduos mortos em florestas tropicais (RICE et al., 2004, PALACE et al. 2008, CHAO et al. 2008b).

Em relação a necromassa, foi obtido um total de $16,3 \pm 0,4 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$. Neste caso, a densidade dos resíduos lenhosos mortos ao solo foi a principal responsável pelo resultado. Assim como nos trabalhos de Keller et al., (2004) e Palace et al., (2007), verificou-se que a densidade dos *CWD* decresceu em função do seu estágio de decomposição. Entretanto, variáveis como tipo de espécie (CHAO et al., 2008a), idade das árvores (FUJIMOTO et al., 2006) e a interação de características ambientais (PALACE et al., 2007) podem ter afetado a densidade destes materiais e influenciado na estimativa total de necromassa.

Apesar destes fatos, é possível dizer que as estimativas de densidade da madeira dos resíduos mortos obtidas neste estudo possam ser utilizadas em outros fragmentos florestais de Mata Atlântica em estágio médio de regeneração e que apresentem uma diversidade de espécies semelhantes a esta área de estudo para quantificação da necromassa.

Já o estoque total em carbono do fragmento florestal pela necromassa foi de $8,6 \pm 0,7 \text{ MgC}\cdot\text{ha}^{-1}$, sendo que 40,6% é referente ao estoque pelo *CWD*, 24,7% ao *Snag* e 34,7% ao serapilheira. Deste modo, é notória a contribuição de cada um dos três compartimentos no estoque total de carbono pela necromassa, não devendo ser negligenciada a quantificação de nenhum deles.

A comparação desta estimativa do estoque de carbono pela necromassa com outros estudos se torna difícil, devido à grande diversidade de técnicas de medição utilizadas por outros pesquisadores (RUSSEL et al., 2015). Entretanto, todos os resultados encontrados ratificam a importância da necromassa no estoque total de carbono pela floresta (RICE et al., 2004; ZANINOVICH et. al., 2016).

5. CONCLUSÕES

A necromassa de uma Floresta Estacional Semidecidual pode estocar $8,6 \pm 0,7$ MgC.ha⁻¹ de carbono e não deve ser negligenciada em estudos sobre estoque deste elemento.

6. REFERÊNCIAS

AMARO, M. A. **Quantificação do estoque volumétrico, de biomassa e de carbono em uma Floresta Estacional Semidecidual no Município de Viçosa-MG**. 2010. 168f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2010.

ARAÚJO, L. S.; KOMONEN, A.; LOPES-ANDRADE, C. Influences of landscape structure on diversity of beetles associated with bracket fungi in Brazilian Atlantic forest. **Biological Conservation**, v. 191, p. 659-666, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **Normas técnicas NBR 11941**. Brasília. 6p. 2003.

BARBA, J.; YUSTE, J. C.; POYATOS, R.; JANSSENS, I. A.; LLORET, F. Strong resilience of soil respiration components to drought-induced die-off resulting in forest secondary succession. **Oecologia**, v. 182, n. 1, p. 27-41, 2016.

BRASIL. **Resolução nº 392**, de 25 junho de 2007. Definição de vegetação primária e secundária de regeneração de Mata Atlântica no Estado de Minas Gerais. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente/Conselho Nacional de Meio Ambiente, 2007.

CARLSON, B. S.; KOERNER, S. E.; MEDJIBE, V. P.; WHITE, L. J., POULSEN, J. R. Deadwood stocks increase with selective logging and large tree frequency in Gabon. **Global Change Biology**, v. 23, n. 4, p. 1648-1660, 2016.

CHAMBERS, J. Q.; HIGUCHI, N.; SCHIMEL, J. P.; FERREIRA, L. V.; MELACK, J. M. Decomposition and carbon cycling of dead trees in tropical forests of the central Amazon. **Oecologia**, v. 122, n. 3, p. 380-388, 2000.

CHAO, K. J.; PHILLIPS, O. L.; BAKER, T. R. Wood density and stocks of coarse woody debris in a northwestern Amazonian landscape. **Canadian Journal of Forest Research**, v. 38, n. 4, p. 795-805, 2008a.

CHAO, K. J.; PHILLIPS, O. L.; GLOOR, E.; MONTEAGUDO, A.; TORRES-LEZAMA, A.; MARTÍNEZ, R. V. Growth and wood density predict tree mortality in Amazon forests. **Journal of Ecology**, v. 96, n. 2, p. 281-292, 2008b.

CHAVE, J.; COOMES, D.; JANSEN, S.; LEWIS, S. L.; SWENSON, N. G.; ZANNE, A. E. Towards a worldwide wood economics spectrum. **Ecology letters**, v. 12, n. 4, p. 351-366, 2009.

CHAZDON, R. L. Chance and determinism in tropical forest succession. In: CARSON, W. P.; SCHNITZER, S. A. (Ed.). **Tropical forest community ecology**. Chichester: Blackwell Publishing Ltd, 2008. p. 384-408.

CLARK, D. B.; CASTRO, C. S.; ALVARADO, L. D. A.; READ, J. M. Quantifying mortality of tropical rain forest trees using high-spatial-resolution satellite data. **Ecology Letters**, v. 7, n. 1, p. 52-59, 2004.

FERREIRA JÚNIOR, W.G.; SCHAEFFER, C.E.G.R.; SILVA, A.F. Uma visão pedogeomorfológica sobre as formações florestais da Mata Atlântica. In: MARTINS, S.V. (Ed.). **Ecologia de florestas tropicais do Brasil**. Viçosa: Editora UFV, p.109-142, 2012.

FIGUEIREDO, L. T. M.; SOARES, C. P. B.; SOUZA, A. L.; LEITE, H. G.; SILVA, G. F. D. Dinâmica do estoque de carbono em fuste de árvores de uma floresta estacional semidecidual. **CERNE**, v. 21, n. 1, p. 161-167, 2015.

FONSECA, W.; BENAYAS, J. M. R.; ALICE, F. E. Carbon accumulation in the biomass and soil of different aged secondary forests in the humid tropics of Costa Rica. **Forest Ecology and Management**, v. 262, n. 8, p. 1400-1408, 2011.

FUJIMOTO, T.; KITA, K.; UCHIYAMA, K.; KUROMARU, M.; AKUTSU, H.; ODA, K. Age trends in the genetic parameters of wood density and the relationship with growth rates in hybrid larch (*Larix gmelinii* var. japonica × *L. kaempferi*) F1. **Journal of Forest Research**, v. 11, n. 3, p. 157-163, 2006.

GORA, E. M.; BATTAGLIA, L. L.; SCHUMACHER, H. B.; CARSON, W. P. Patterns of coarse woody debris volume among 18 late-successional and mature forest stands in Pennsylvania. **Journal of the Torrey Botanical Society**, v. 141, n. 2, p. 151-160, 2014.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. 2ª ed. Rio de Janeiro: 275p. 2012.

HARMON, M. E.; WHIGHAM, D. F.; SEXTON, J.; & OLMSTED, I. Decomposition and mass of woody detritus in the dry tropical forests of the northeastern Yucatan Peninsula, Mexico. **Biotropica**, Vol. 27, No. 3, p. 305-316, 1995.

HARMON, M. E.; FRANKLIN, J. F.; SWANSON, F. J.; SOLLINS, P.; GREGORY, S. V.; LATTIN, J. D.; ... LIENKAEMPER, G. W. Ecology of coarse woody debris in temperate ecosystems. **Advances in Ecological Research**, v. 34, p. 59-234, 2004.

KELLER, M.; PALACE, M.; ASNER, G. P.; PEREIRA, R.; & SILVA, J. N. M. Coarse woody debris in undisturbed and logged forests in the eastern Brazilian Amazon. **Global Change Biology**, v. 10, n. 5, p. 784-795, 2004.

LEWIS, S. L.; EDWARDS, D. P.; GALBRAITH, D. Increasing human dominance of tropical forests. **Science**, v. 349, n. 6250, p. 827-832, 2015.

LIMA, R. A.; MORI, D. P.; PITTA, G.; MELITO, M. O.; BELLO, C.; MAGNAGO, L. F.; ZWIENER, V. P.; SARAIVA, D. D.; MARQUES, M. C. M.; OLIVEIRA, A. A.; PRADO, P. I. How much do we know about the endangered Atlantic Forest? Reviewing nearly 70 years of information on tree community surveys. **Biodiversity and Conservation**, v. 24, n. 9, p. 2135-2148, 2015.

- LOETSCH, F.; ZÖHRER, F.; HALLER, K. E. **Forest inventory**. Munich: BLV, 1973. v.2. 469p.
- MAGNAGO, L. F. S.; EDWARDS, D. P.; EDWARDS, F. A.; MAGRACH, A.; MARTINS, S. V.; LAURANCE, W. F. Functional attributes change but functional richness is unchanged after fragmentation of Brazilian Atlantic forests. **Journal of ecology**, v. 102, n. 2, p. 475-485, 2014.
- MEYER, P. B.; DE OLIVEIRA-FILHO, A. T.; BOTEZELLI, L.; AURÉLIO, M.; FONTES, L.; GARCIA, P. O.; DOS SANTOS, R. M. Dinâmica estrutural em um fragmento de Floresta Estacional Semidecidualifolia em Lavras, MG, Brasil. **Cerne**, v. 21, n. 2, p. 259-265, 2015.
- PALACE, M.; KELLER, M.; ASNER, G. P.; SILVA, J. N. M.; PASSOS, C. Necromass in undisturbed and logged forests in the Brazilian Amazon. **Forest Ecology and Management**, v. 238, n. 1, p. 309-318, 2007.
- PALACE, M.; KELLER, M.; SILVA, H. Necromass production: studies in undisturbed and logged Amazon forests. **Ecological Applications**, v. 18, n. 4, p. 873-884, 2008.
- PALACE, M. W.; KELLER, M.; HURTT, G. C.; FROLKING, S. A review of above ground necromass in tropical forests. **Tropical Forests (1st Edition)**, pp. 215–252. InTech, Rijeka. 2012.
- PAN, Y.; BIRDSEY, R. A.; FANG, J.; HOUGHTON, R.; KAUPPI, P. E.; KURZ, W. A.; PHILLIPS, O. L.; SHVIDENKO A.; LEWIS, S. L.; CANADELL, J. G.; CIAIS, P.; JACKSON, R. B.; PACALA, S. W.; MCGUIRE, A. D.; PIAO, S.; RAUTIAINEN, A.; SITCH, S.; HAYES, D. A large and persistent carbon sink in the world's forests. **Science**, v. 333, n. 6045, p. 988-993, 2011.
- POORTER, L. The relationships of wood-, gas-and water fractions of tree stems to performance and life history variation in tropical trees. **Annals of botany**, v. 102, n. 3, p. 367-375, 2008.
- RIBEIRO, M. C.; METZGER, J. P.; MARTENSEN, A. C.; PONZONI, F. J.; HIROTA, M. M. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological Conservation**, v. 142, n. 6, p. 1141–1153, 2009.
- RICE, A. H.; PYLE, E. H.; SALESKA, S. R.; HUTYRA, L.; PALACE, M.; KELLER, M.; .. WOFSY, S. C. Carbon balance and vegetation dynamics in an old-growth Amazonian forest. **Ecological Applications**, v. 14, n. sp4, p. 55-71, 2004.
- RUBINO, D. L.; MCCARTHY, B. C. Evaluation of coarse woody debris and forest vegetation across topographic gradients in a southern Ohio forest. **Forest Ecology and Management**, v. 183, n. 1, p. 221-238, 2003.
- RUSSELL, M. B.; FRAVER, S.; AAKALA, T.; GOVE, J. H.; WOODALL, C. W.; D'AMATO, A. W.; DUCEY, M. J. Quantifying carbon stores and decomposition in dead wood: A review. **Forest Ecology and Management**, v. 350, p. 107-128, 2015.
- SCARANO, F. R.; CEOTTO, P. Brazilian Atlantic forest: impact, vulnerability, and adaptation to climate change. **Biodiversity and Conservation**, v. 24, n. 9, p. 2319–2331, 2015.

- SEIBOLD, S.; BÄSSLER, C.; BRANDL, R.; GOSSNER, M. M.; THORN, S.; ULYSHEN, M. D.; MÜLLER, J. Experimental studies of dead-wood biodiversity a review identifying global gaps in knowledge. **Biological Conservation**, v. 191, p. 139-149, 2015.
- SOARES, C. P. B.; OLIVEIRA, M. L. R. Equações para estimar a quantidade de carbono na parte aérea de árvores de eucalipto em Viçosa, Minas Gerais. **Revista Árvore**, v.26, n.5, p. 533-539, 2002.
- SOUZA, L. F. T.; FERNANDES FILHO, E. I.; FARIA, M. M. Compartimentação geomorfológica e mapeamento digital de solos no município de Viçosa–MG. **Revista Geonorte**, v. 5, n. 16, p. 110-114, 2014.
- STUTZ, K. P.; DANN, D.; WAMBSGANSS, J.; SCHERER-LORENZEN, M.; LANG, F. Phenolic matter from deadwood can impact forest soil properties. **Geoderma**, v. 288, p. 204-212, 2017.
- THIBAUT, M.; MOREAU, G. Enhancing bark-and wood-boring beetle colonization and survival in vertical deadwood during thinning entries. **Journal of Insect Conservation**, v. 20, n. 5, p. 789-796, 2016.
- TORRES, C. M. M. E.; JACOVINE, L. A. G.; SOARES, C. P. B.; OLIVEIRA NETO, S. N.; SANTOS, R. D.; CASTRO NETO, F. Quantificação de biomassa e estocagem de carbono em uma floresta estacional semidecidual, no Parque Tecnológico de Viçosa, MG. **Revista Árvore**, v. 37, n. 4, p. 647-55, 2013.
- TRUMBORE, S.; BRANDO, P.; HARTMANN, H. Forest health and global change. **Science**, v. 349, n. 6250, p. 814-818, 2015.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – UFV. Departamento de Engenharia Agrícola. Estação Climatológica Principal de Viçosa. **Boletim meteorológico 2016**. Viçosa, 2016.
- VITAL, B.R. **Métodos de determinação de densidade da madeira**. Viçosa: SIF, 1984. 21p. (Boletim técnico, 1).
- YUAN, J.; WEI, X.; SHANG, Z.; CHENG, F.; HU, Z.; ZHENG, X.; ZHANG, S. Impacts of CWD on understory biodiversity in forest ecosystems in the qinling mountains, China. **Pakistan Journal of Botany**, v. 47, n. 5, p. 1855-1864, 2015.
- ZANINOVICH, S. C.; FONTANA, J. L.; GATTI, M. G. Atlantic Forest replacement by non-native tree plantations: Comparing aboveground necromass between native forest and pine plantation ecosystems. **Forest Ecology and Management**, v. 363, p. 39-46, 2016.

ARTIGO 2

DINÂMICA DE CRESCIMENTO DO ESTOQUE EM CARBONO DE UM FRAGMENTO DE FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL, NO MUNICÍPIO DE VIÇOSA–MG

1. INTRODUÇÃO

A Mata Atlântica possui uma das mais ricas biodiversidades do mundo, abrigando uma grande variedade de espécies animais e vegetais (JOLY et al., 2014). Além desta rica biodiversidade, tal bioma também fornece amplo conjunto de serviços ecossistêmicos que contribuem direta ou indiretamente para o bem-estar humano (BULLOCK et al., 2011).

Contudo, em virtude da fragmentação deste bioma pela intensa urbanização, industrialização e atividades agrícolas (SCARANO & CEOTTO, 2015), tanto a sua biodiversidade quanto os serviços ecossistêmicos foram afetados drasticamente (MAGNANO et al., 2014; LEWIS et al., 2015). Diante deste cenário, têm-se buscado informações científicas a respeito desses remanescentes florestais, mesmo fragmentados, como forma a manter as suas múltiplas funções ambientais (SOUZA e SOARES, 2013), principalmente a de estocar carbono pelas espécies vegetais (FRIEDLINGSTEIN et al., 2006; TANG et al., 2012).

Estes fragmentos possuem um papel importante no contexto das mudanças climáticas, em tempos de aumento das emissões de carbono e aquecimento global (IPCC, 2014), por se tratarem de um importante sumidouro de carbono (DINIZ et al., 2015; FIGUEIREDO et al., 2015). Entretanto, ainda são escassos os estudos que

estimam a biomassa e carbono acima e abaixo do solo frente outros biomas, como o amazônico por exemplo (ALVES et al., 2010). Ademais, a maioria dos estudos foram concebidos para estimar estes parâmetros em um único momento (TORRES et al., 2013; CARVALHO et al., 2015) não se buscando compreender as possíveis diferenças nos estoques de carbono ao longo dos anos (SHIMAMOTO et al., 2014).

Além do conhecimento sobre o crescimento em carbono, a dinâmica de florestas tropicais ainda permite inferir a respeito das transformações ocorridas em sua estrutura, composição florística e processos ecológicos como ingresso, mortalidade e crescimento propriamente dito, em escala temporal e espacial (MAYER et al., 2015), assim como avaliar a saúde da floresta e os prováveis impactos oriundos do aquecimento global e do uso da terra pelo homem (BRODIE et al., 2012).

Desta forma, objetivou-se com este estudo avaliar a dinâmica de crescimento em carbono de um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual, no município de Viçosa – MG.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Descrição da área de estudo

O fragmento florestal possui 44,11 ha e está situado no Parque Tecnológico de Viçosa – MG, com coordenadas geográficas 42° 51' W e 20° 42' S (TORRES et al., 2013) e altitude média de 721 m (SOUZA et al., 2014). Segundo o IBGE (2012), a vegetação está inserida em uma região classificada como Floresta Estacional Semidecidual Montana. Conforme resolução do CONAMA 392, o fragmento encontra-se em estágio médio de regeneração apresentando espécies lenhosas com DAP médio entre 10 e 20 cm, além de altura entre 5 e 12 m (BRASIL, 2007).

O clima local é do tipo Cwa, conforme classificação de Köppen. A média da temperatura, umidade e precipitação anual para o período de 1968 a 2015 é de 21,9°C, 79% e 1.274 mm, respectivamente (UFV, 2016). A região de Viçosa possui gradientes pedogeomorfológico em que os topos de morros são tomados por Latossolos Distróficos ricos em alumínio, as rampas coluviais por Latossolos mais rasos e

câmbicos e os fundos das grotas apresentam-se com o predomínio de Cambissolos Epieutróficos ricos em nutrientes (FERREIRA JÚNIOR et al., 2012).

De acordo com Torres et al., (2013), vários distúrbios ocorreram ao longo dos anos neste fragmento florestal, podendo ser citados a retirada de madeira, plantio de culturas agrícolas e de eucalipto. No entanto, há aproximadamente 25 anos, vem ocorrendo a regeneração da vegetação nativa da área.

2.2. Coleta e análise de dados

Foram inventariadas, nos anos de 2010 e 2015, vinte parcelas (10x50 m) em que todos os indivíduos com $dap \geq 5\text{cm}$ foram mensurados e identificados botanicamente. Quando necessário, houve consulta ao site Missouri Botanical Garden (2016) para confirmação dos nomes científicos das espécies.

As espécies foram classificadas em grupos ecológicos seguindo a divisão proposta por Gandolfi et al., (1995), e utilizada em outros estudos como Callegaro et al., (2015), Figueiredo et al., (2013) e Figueiredo et al., (2015), em que se apresentam como Pioneiras (P), Secundárias Iniciais (Si), Secundárias Tardias (St) e espécies Sem Classificação (Sc).

Em 2015, foram contabilizados a mortalidade, que corresponde àqueles indivíduos vivos na primeira ocasião e que estavam mortos na ocasião subsequente, e o ingresso, que corresponde aos indivíduos que alcançaram um diâmetro mínimo de inclusão ($dap \geq 5\text{cm}$) nesta última medição. As taxas de ingresso e mortalidade foram calculadas seguindo metodologia proposta por Ferreira et al., (1998).

Para determinação do volume do componente arbóreo, foi utilizada a equação ajustada por Amaro (2010), para árvores com casca, em uma Floresta Estacional Semidecidual Montana, no Município de Viçosa – MG, conforme equação a seguir.

$$VF_{cc} = 0,000070 * DAP^{2,204301} * Ht^{0,563181} \quad [1]$$

Em que:

VF_{cc} = Volume do fuste com casca, em m^3 ;

DAP = Diâmetro medido a 1,30 m do solo, em cm;

Ht = Altura total, em m.

Para a quantificação da biomassa e estoque de carbono pelo fuste, foram selecionadas três árvores de cada espécie e por classe de diâmetro para análise parcial do tronco, que corresponde à retirada de uma amostra de madeira, a 1,30 m de altura, com auxílio de um trado. Os materiais foram então levados para laboratório em que parte foi utilizado para determinação da densidade básica da madeira de cada espécie, conforme metodologia descrita por VITAL (1984) e NBR 11941 (2003), e a outra parte submetida a completa calcinação em mufla para determinação do teor de carbono, conforme metodologia descrita por Torres et al. (2013).

Para a quantificação da biomassa dos galhos, utilizou-se um fator de conversão de 0,2596 da biomassa do fuste com casca (AMARO, 2010; AMARO et al., 2013; TORRES et al., 2013). Já para as folhas, esse fator foi de 0,0445 da biomassa do fuste com casca (DRUMOND, 1997; AMARO et al., 2013; TORRES et al., 2013). Em ambos os casos, o estoque de carbono foi obtido multiplicando-se a biomassa por 48,54%, que corresponde ao teor médio em carbono encontrada por Amaro (2010) para a mesma tipologia florestal.

No caso das raízes foi considerado que esta equivale a 24% da biomassa do fuste (AMARO et al., 2013; TORRES et al., 2013). O estoque de carbono foi quantificado considerando o mesmo teor utilizado para os galhos e folhas. Desta forma, o estoque total de carbono do fragmento para os anos de 2010 e 2015 foi obtido por meio do somatório do estoque de carbono acima do solo (fuste, galhos, folhas) mais o estoque de carbono abaixo do solo (raízes).

O incremento bruto em carbono do fragmento florestal (crescimento propriamente dito) foi obtido utilizando a seguinte equação (DAVIS & JOHNSON, 1987; FIGUEIREDO et al., 2015).

$$Ib = (C_f - I) - (C_i - M) \quad [2]$$

Em que:

Ib = Incremento bruto, excluindo o ingresso;

C_f = Estoque de carbono no final do período, em MgC.ha⁻¹;

C_i = Estoque de carbono no início do período, em MgC.ha⁻¹;

I = Ingresso em carbono, em MgC.ha⁻¹;

M = Mortalidade em carbono, em MgC.ha⁻¹;

O incremento periódico anual em carbono foi calculado por espécie (IPA_{li}) e por indivíduo (IPA_{ind}) conforme as equações a seguir (FIGUEIREDO et al., 2015).

$$IPA_{li} = \frac{C_f - C_i}{t} \quad [3]$$

$$IPA_{ind} = \frac{IPA_{li}}{DA_i} \quad [4]$$

Em que:

IPA_{li} = Incremento periódico anual líquido por espécie, em MgC.ha⁻¹.ano⁻¹;

IPA_{ind} = Incremento periódico anual líquido por indivíduo, em MgC.ind⁻¹.ano⁻¹;

C_f = Estoque de carbono no final do período, em MgC.ha⁻¹;

C_i = Estoque de carbono no início do período, em MgC.ha⁻¹;

t = Intervalo de tempo, em anos;

DA_i = Número de indivíduos de cada espécie, por hectare.

3. RESULTADOS

Durante o período de monitoramento (2010-2015), o número total de fustes.ha⁻¹ aumentou de 1526 para 1692 (Figura 1), incluindo a mortalidade de 169 fustes.ha⁻¹ e o ingresso de 335 fustes.ha⁻¹. Desta forma, a taxa de mortalidade das espécies estudadas foi de 2,00% ao ano, enquanto a taxa de ingresso foi de 3,96% ao ano.

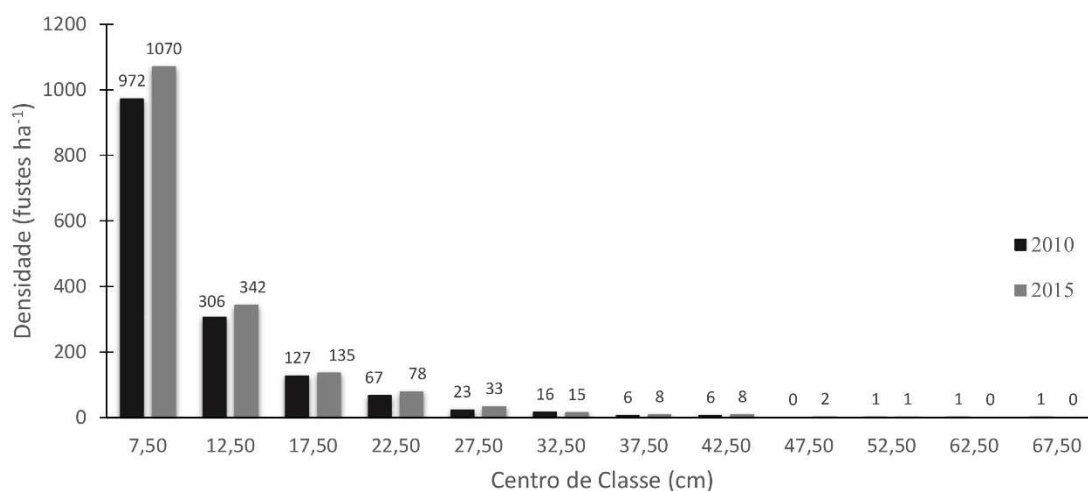


Figura 1: Distribuição diamétrica das espécies, em fustes.ha⁻¹, para os anos de 2010 e 2015.

A biomassa (Mg.ha⁻¹) e o estoque de carbono (MgC.ha⁻¹) acima e abaixo do solo foram quantificados para o período de monitoramento (Tabela 1).

Tabela 1: Biomassa (Mg.ha⁻¹) e estoque de carbono (MgC.ha⁻¹) para o período de monitoramento (média ± desvio padrão)

	Biomassa		Carbono	
	2010	2015	2010	2015
Acima do Solo	86,23 ± 1,90	102,71 ± 1,87	44,85 ± 1,00	53,40 ± 0,98
Abaixo do Solo	15,87 ± 0,35	18,90 ± 0,34	7,70 ± 0,17	9,18 ± 0,17
Total	102,10 ± 2,25	121,61 ± 2,21	52,56 ± 1,17	62,57 ± 1,15

O estoque de carbono total obtido no período de monitoramento, em MgC.ha⁻¹, foi segregado em grupos ecológicos e por classe diamétrica (Tabela 2).

Tabela 2: Estoque de carbono (MgC.ha⁻¹) por grupo ecológico e por classe diamétrica para o período de monitoramento

GE	Centro de Classe												Total
	7,5	12,5	17,5	22,5	27,5	32,5	37,5	42,5	47,5	52,5	62,5	67,5	
	-----2010-----												
P	2,21	3,20	3,58	2,72	1,35	0,79	0,86	0,59	-	-	0,46	0,86	15,77
Sc	0,03	0,06	0,06	0,14	0,10	0,20	-	-	-	-	-	-	0,59
Si	4,15	4,73	4,80	4,98	2,74	4,03	1,68	2,78	1,14	1,39	-	1,68	32,40
St	0,89	0,61	0,51	0,60	0,36	0,36	0,47	-	-	-	-	0,47	3,81
Total	7,29	8,60	8,95	8,44	4,55	5,37	3,01	3,37	1,14	1,39	0,46	3,01	52,56

...Continua

...Continuação

GE	Centro de Classe											Total	
	7,5	12,5	17,5	22,5	27,5	32,5	37,5	42,5	47,5	52,5	62,5		67,5
-----2015-----													
P	2,20	2,93	4,45	3,78	2,26	0,51	0,97	1,51	-	-	-	-	18,63
Sc	0,06	0,08	0,10	0,15	0,12	0,62	-	-	-	-	-	-	1,12
Si	5,01	6,30	5,00	5,90	4,16	4,04	2,08	2,76	1,76	1,17	-	-	38,17
St	1,17	0,83	0,34	0,54	0,55	0,42	0,82	-	-	-	-	-	4,66
Total	8,44	10,13	9,88	10,38	7,09	5,59	3,87	4,27	1,76	1,17	-	-	62,57

Em que: GE: Grupo Ecológico; P – Espécies pioneiras; Sc – Espécies sem classificação; Si – Espécies secundária Inicial; St – Espécies secundária tardia; Total – Somatório por classe diamétrica e por estágio sucessional.

O crescimento propriamente dito em carbono do fragmento florestal foi de 12,72 MgC.ha⁻¹, incluindo o carbono da mortalidade e do ingresso (Figura 2).

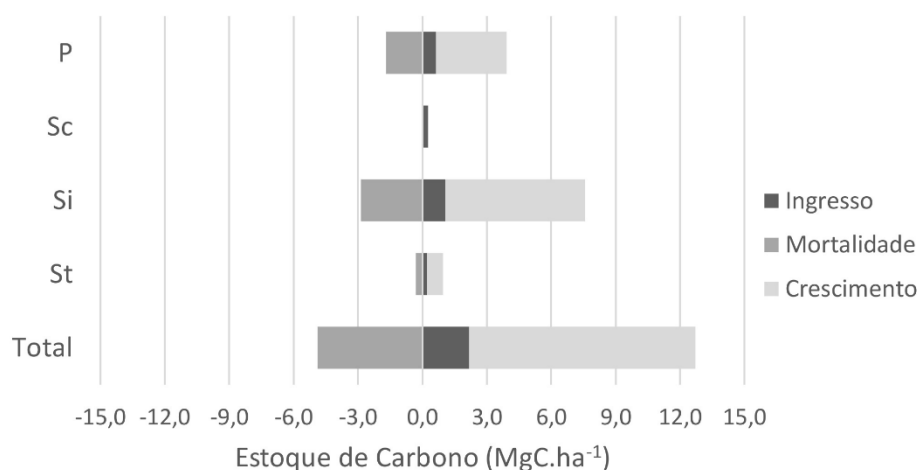


Figura 2: Crescimento do estoque em carbono das espécies do fragmento florestal.

O incremento periódico anual em carbono (IPA_{li}) foi de 2,00 MgC.ha⁻¹.ano⁻¹. As espécies que apresentaram maiores IPA_{li} foram a *Piptadenia gonoacantha*, *Anadenanthera peregrina*, *Myrcia fallax*, *Matayba elaeagnoides* e *Sparattosperma leucanthum* (Tabela 3).

Tabela 3: Incremento bruto (MgC.ha⁻¹) e incremento periódico anual em carbono por espécie (MgC.ha⁻¹.ano⁻¹) e por indivíduo (MgC.ind⁻¹.ano⁻¹)

Espécies	GE	DA	C _f	I	C _i	M	Ib	IPA _{li}	IPA _{ind}
<i>P. gonoacantha</i>	P	103	7,90	0,12	6,81	0,55	1,52	0,22	0,0021
<i>A. peregrina</i>	Si	41	7,68	0,04	6,99	0,14	0,78	0,14	0,0033
<i>M. fallax</i>	Si	99	3,08	0,08	2,48	0,25	0,78	0,12	0,0012
<i>M. elaeagnoides</i>	Si	99	1,53	0,12	1,02	0,06	0,46	0,10	0,0010
<i>S. leucanthum</i>	Si	15	1,48	0,00	1,08	0,00	0,39	0,08	0,0053

Continua...

...Continuação

Espécies	GE	DA	C_f	I	C_i	M	Ib	IPA_{li}	IPA_{ind}
<i>H. alchorneoides</i>	Si	4	1,54	0,00	1,15	0,00	0,39	0,08	0,0193
<i>C. ulmifolia</i>	Si	21	1,73	0,02	1,37	0,02	0,37	0,07	0,0035
<i>P. elegans</i>	Si	26	2,62	0,02	2,29	0,14	0,45	0,07	0,0026
<i>A. leiocarpa</i>	Si	44	2,82	0,01	2,51	0,05	0,35	0,06	0,0014
<i>Annona sp.</i>	Si	24	1,31	0,01	1,00	0,10	0,39	0,06	0,0060
...
Total	...	1692	62,57	2,18	52,56	4,89	12,72	2,00	0,0012

Em que: GE: Grupo Ecológico; P – Espécies pioneiras; Si – Espécies secundária Inicial; DA- Densidade (Ind.ha⁻¹); C_f- Carbono Final (MgC.ha⁻¹); I - Ingresso (MgC.ha⁻¹); C_i – Carbono inicial (MgC.ha⁻¹); M – Mortalidade (MgC.ha⁻¹); Ib - Incremento bruto (MgC.ha⁻¹); IPA_{li} - Incremento Periódico Anual por Espécie (MgC.ha⁻¹.ano⁻¹); IPA_{ind} – Incremento Periódico Anual por Indivíduo (MgC.ind⁻¹.ano⁻¹).

4. DISCUSSÃO

No período de monitoramento avaliado (2010-2015), o número de indivíduos que ingressaram no sistema (335 fustes.ha⁻¹) foi superior ao da mortalidade (169 fustes.ha⁻¹), correspondendo a uma taxa de 3,96 e 2,00% ao ano, respectivamente. Ao se analisar a Figura 1, foi observado a perda dos indivíduos das últimas classes diamétricas ao passo que os ingressos ocorreram majoritariamente nas primeiras classes. Ademais, foi percebido um aumento no número de fustes por hectare neste período, passando de 1526, em 2010, para 1692, em 2015.

Esta dinâmica de crescimento do fragmento florestal foi impulsionada principalmente por fatores intrínsecos à comunidade, como a topografia e geologia do local, as características das espécies e o estágio sucessional a qual o fragmento se encontra (XU et al., 2016; MA et al., 2016). Devido ao curto tempo de monitoramento, não foi possível perceber a contribuição dos fatores climáticos, apesar de estarem presentes neste processo (KARDOL et al., 2010; ZHANG et al., 2015).

Em termos de biomassa, foi observado um aumento de $102,10 \pm 2,25$ Mg.ha⁻¹ em 2010 para $121,61 \pm 2,21$ Mg.ha⁻¹ em 2015. Estes resultados refletiram diretamente no estoque em carbono, o qual se elevou de $52,56 \pm 1,17$ MgC.ha⁻¹ para $62,57 \pm 1,15$ MgC.ha⁻¹ no período de monitoramento. Este aumento no acúmulo de biomassa e, conseqüentemente, no estoque de carbono é justificado pelo avanço sucessional do fragmento (SOUZA et al., 2012), o que levou a uma maior riqueza de espécies não pioneiras e com maior densidade da madeira (FONSECA et al., 2011; SHIMAMOTO et al., 2014).

Esta afirmativa é corroborada por Diniz et al., (2015) que, ao estudarem dois fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual Submontana, obtiveram um estoque em carbono de 20,9 MgC.ha⁻¹ para a floresta em estágio médio de sucessão e de 70,6 MgC.ha⁻¹ para a floresta em estágio avançado de sucessão. Já Souza et al., (2012) encontraram um estoque em carbono de 36,54 MgC.ha⁻¹ e de 75,25 MgC.ha⁻¹ para fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual Submontana em estágio médio e médio/avançado, respectivamente. Deste modo, espera-se que, com o passar dos anos, o fragmento possa ir aumentando a sua capacidade em estocar carbono até o ecossistema florestal entrar em equilíbrio dinâmico (OLIVEIRA et al., 2014).

Os efeitos da sucessão florestal no estoque de carbono para o fragmento florestal foram melhor percebidos ao se analisar a Tabela 2. Apesar de ter havido um aumento no estoque total de carbono em todos os grupos ecológicos, foi observado que, para as espécies pioneiras, houve um decréscimo nas primeiras classes diamétrica no período de monitoramento. Dentre as possíveis causas para esta constatação estão o baixo número de ingressos pelo fato dessas espécies já não tolerarem a condição de sombreamento (MA et al., 2016) e também devido à alta mortalidade pela competição por recursos (CHAZDON, 2008). Em contrapartida, o estoque de carbono pelas espécies não pioneiras foi ascendente nas primeiras classes diamétricas.

Este estoque ascendente contribuiu para o crescimento propriamente dito do fragmento que foi de 12,72 MgC.ha⁻¹, incluindo o carbono presente no ingresso e na mortalidade. Deste total, cerca de 60% foi decorrente do crescimento das espécies secundárias iniciais (Figura 2). Esta dominância ecológica no crescimento em carbono também foi reflexo do avanço sucessional do fragmento florestal.

Para o período avaliado (2010 a 2015), foi encontrado um incremento periódico anual em carbono (IPA_{li}) de 2,00 MgC.ha⁻¹.ano⁻¹. Em estudo realizado por Figueiredo et al., (2015) em uma Floresta Estacional Semidecidual, em estágio médio de regeneração, foi encontrada uma estimativa de IPA_{li} em carbono de 0,994 MgC.ha⁻¹.ano⁻¹, no período de 1994 a 2008, considerando apenas o fuste. Já Souza et al., (2011) encontrou um IPA_{li} em carbono de 0,14 MgC.ha⁻¹.ano⁻¹ para uma Floresta Estacional Semidecidual, também em estágio médio de regeneração, no período de 2002 a 2007, considerando fustes e galhos. As estimativas de IPA_{li} encontradas por estes autores foram bem inferiores ao encontrado neste trabalho. Uma das causas que pode ter

influenciado para este baixo IPA_{li} é a não quantificação de componentes como folhas e raízes aos quais possuem relevância no estoque de carbono de florestas inequiduais (WATZLAWIC et al., 2012; TORRES et al., 2013).

Analisando o IPA_{li} em carbono por espécies, percebe-se que a *Piptadenia gonoacantha* (Pi), *Anadenanthera peregrina* (Si), *Myrcia fallax* (Si), *Matayba elaeagnoides* (Si) e *Sparattosperma leucanthum* (Si) se sobressaíram em relação às demais. Juntas estas cinco espécies representam 33% do IPA_{li} do fragmento. A partir destes resultados, observa-se que a população de espécies pioneiras está em declínio, dando lugar as espécies não pioneiras que estão estocando maior quantidade de carbono ao longo dos anos.

A partir do conhecimento das espécies que possuem maior potencial para estocar carbono é possível nortear gestores quanto a composição florística em projetos de restauração florestal ou em plantios de neutralização de carbono em regiões cuja condições edafoclimáticas sejam similares ao do fragmento estudado. Desta forma, maximiza-se a capacidade de mitigação destas áreas, tornando-os grandes sumidouros de carbono da atmosfera

5. CONCLUSÕES

As árvores do fragmento florestal apresentam crescimento positivo do estoque de carbono em virtude do avanço sucessional, ratificando a importância das florestas secundárias de Mata Atlântica na mitigação de gases de efeito estufa.

As espécies que mais contribuem para o estoque de carbono do fragmento florestal são a *Piptadenia gonoacantha*, *Anadenanthera peregrina*, *Myrcia fallax*, *Matayba elaeagnoides* e *Sparattosperma leucanthum*.

6. REFERÊNCIAS

ALVES, L. F.; VIEIRA, S. A.; SCARANELLO, M. A.; CAMARGO, P. B.; SANTOS, F. A.; JOLY, C. A.; MARTINELLI, L. A. Forest structure and live aboveground biomass variation along an elevational gradient of tropical Atlantic moist forest (Brazil). **Forest Ecology and Management**, v. 260, n. 5, p. 679-691, 2010.

AMARO, M. A. **Quantificação do estoque volumétrico, de biomassa e de carbono em uma Floresta Estacional Semidecidual no Município de Viçosa-MG.** 2010. 168f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2010.

AMARO, M. A.; SOARES, C. P. B.; SOUZA, A. L. D.; LEITE, H. G.; SILVA, G. F. D. Estoque volumétrico, de biomassa e de carbono em uma Floresta Estacional Semidecidual em Viçosa, Minas Gerais. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.37, n.5, p.849-857, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **Normas técnicas NBR 11941.** Brasília. 6p. 2003.

BRODIE, J.; POST, E.; LAURANCE, W. F. Climate change and tropical biodiversity: a new focus. **Trends in ecology & evolution**, v. 27, n. 3, p. 145-150, 2012.

BULLOCK, J. M.; ARONSON, J.; NEWTON, A. C.; PYWELL, R. F.; REY-BENAYAS, J. M. Restoration of ecosystem services and biodiversity: conflicts and opportunities. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 26, n. 10, p. 541-549, 2011.

CALLEGARO, R. M.; LONGHI, S. J.; ANDRZEJEWSKI, C. Variações estruturais entre grupos florísticos de um remanescente de Floresta Ombrófila Mista Montana em Nova Prata-RS. **Ciência Florestal**, v. 25, n. 2, p. 337-349, 2015.

CARVALHO, L. S.; CERQUEIRA, R. M.; DA SILVA, G. V.; SILVA, E. R. M. Estoque de carbono em um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual no município de Ribeirão Grande, São Paulo. **Bioikos**, v. 28, n. 2, p. 73-85, 2015.

CHAZDON, R. L. Chance and determinism in tropical forest succession. In: CARSON, W. P.; SCHNITZER, S. A. (Ed.). **Tropical forest community ecology.** Chichester: Blackwell Publishing Ltd, p. 384-408. 2008.

DAVIS, L. S.; JOHNSON, K. N. **Forest management.** 3rd ed. New York: McGraw-Hill Book, 790 p. 1987.

DINIZ, A. R.; MACHADO, D. L.; PEREIRA, M. G.; CARVALHO, F. C.; MENEZES, C. E. G. Biomassa, estoques de carbono e de nutrientes em estádios sucessionais da Floresta Atlântica, RJ. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 10, n. 3, p. 443-451, 2015.

DRUMOND, M. A.; BARROS, N. D.; SOUZA, A. D.; SILVA, A. D. Distribuição de biomassa e nutrientes em diferentes coberturas florestais e pastagem na região do Médio Rio Doce-MG. **Revista Árvore**, v.21, n.2, p.187-199, 1997.

FERREIRA JÚNIOR, W.G.; SCHAEFFER, C.E.G.R.; SILVA, A.F. Uma visão pedogeomorfológica sobre as formações florestais da Mata Atlântica. In: MARTINS, S.V. (Ed.). **Ecologia de florestas tropicais do Brasil.** Viçosa: Editora UFV, p.109-142, 2012.

FERREIRA, R. L. C.; SOUZA, A. L.; JESUS, R. M. Ingresso e mortalidade em floresta secundária de transição. **Revista Árvore**, v. 22, n. 2, p. 155 - 162, 1998.

FIGUEIREDO, L. T. M.; SOARES, C. P. B.; SOUZA, A. L.; MARTINS, S. V. Alterações florísticas em uma Floresta Estacional Semidecidual, no município de Viçosa, MG, entre 1994 e 2008. **Floresta**, v. 43, p. 169-180, 2013.

FIGUEIREDO, L. T. M.; SOARES, C. P. B.; SOUZA, A. L.; LEITE, H. G.; SILVA, G. F. D. Dinâmica do estoque de carbono em fuste de árvores de uma floresta estacional semidecidual. **CERNE**. v. 21, n. 1, p. 161-167, 2015.

FRIEDLINGSTEIN, P.; COX, P.; BETTS, R.; BOPP, L.; VON BLOH, W.; BROVKIN, V.; ... BALA, G. Climate-carbon cycle feedback analysis: Results from the C4MIP model intercomparison. **Journal of Climate**, v. 19, n. 14, p. 3337-3353, 2006.

FONSECA, W.; BENAYAS, J. M. R.; ALICE, F. E. Carbon accumulation in the biomass and soil of different aged secondary forests in the humid tropics of Costa Rica. **Forest Ecology and Management**, v. 262, n. 8, p. 1400-1408, 2011.

GANDOLFI, S.; LEITÃO-FILHO, H. F.; BEZERRA, C. L. Levantamento florístico e caráter sucessiona1 de espécies arbustivo-arbóreas de uma floresta Mesófila Semidecídua no município de Guarulhos, SP. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 55, n. 4, p. 753 - 767, 1995.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Climate change 2014: mitigation of climate change**. Cambridge University Press, 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. 2ª ed. Rio de Janeiro: 275p. 2012.

JOLY, C. A.; METZGER, J. P.; TABARELLI, M. Experiences from the Brazilian Atlantic Forest: ecological findings and conservation initiatives. **New Phytologist**, v. 204, n. 3, p. 459-473, 2014.

KARDOL, P.; TODD, D. E.; HANSON, P. J.; MULHOLLAND, P. J. Long-term successional forest dynamics: species and community responses to climatic variability. **Journal of Vegetation Science**, v. 21, n. 4, p. 627-642, 2010.

LEWIS, S. L.; EDWARDS, D. P.; GALBRAITH, D. Increasing human dominance of tropical forests. **Science**, v. 349, n. 6250, p. 827-832, 2015.

MA, L.; LIAN, J.; LIN, G.; CAO, H.; HUANG, Z.; GUAN, D. Forest dynamics and its driving forces of sub-tropical forest in South China. **Scientific reports**, v. 6, 2016.

MAGNAGO, L. F. S.; EDWARDS, D. P.; EDWARDS, F. A.; MAGRACH, A.; MARTINS, S. V.; LAURANCE, W. F. Functional attributes change but functional richness is unchanged after fragmentation of Brazilian Atlantic forests. **Journal of ecology**, v. 102, n. 2, p. 475-485, 2014.

MISSOURI BOTANICAL GARDEN. Disponível em: <http://www.tropicos.org>. 2016. Acesso em: 16 de Outubro de 2016.

MEYER, P. B.; DE OLIVEIRA-FILHO, A. T.; BOTEZELLI, L.; AURÉLIO, M.; FONTES, L.; GARCIA, P. O.; DOS SANTOS, R. M. Dinâmica estrutural em um fragmento de Floresta Estacional Semidecidualifólia em Lavras, MG, Brasil. **Cerne**, v. 21, n. 2, p. 259-265, 2015.

OLIVEIRA, A. P. D.; SCHIAVINI, I.; VALE, V. S. D.; LOPES, S. D. F.; ARANTES, C. D. S.; GUSSON, A. E.; PRADO JUNIOR, J. A.; DIAS-NETO, O. C. Mortality, recruitment and growth of the tree communities in three forest formations at the Panga Ecological Station over ten years (1997-2007). **Acta Botanica Brasilica**, v. 28, n. 2, p. 234-248, 2014.

SCARANO, F. R.; CEOTTO, P. Brazilian Atlantic forest: impact, vulnerability, and adaptation to climate change. **Biodiversity and Conservation**, v. 24, n. 9, p. 2319–2331, 2015.

SHIMAMOTO, C. Y.; BOTOSSO, P. C.; MARQUES, M. C. How much carbon is sequestered during the restoration of tropical forests? Estimates from tree species in the Brazilian Atlantic forest. **Forest Ecology and Management**, v. 329, p. 1-9, 2014.

SOUZA, A. L. D.; BOINA, A.; SOARES, C. P. B.; VITAL, B. R.; GASPAR, R. D. O.; LANA, J. M. D. Estoque e crescimento em volume, biomassa, carbono e dióxido de carbono em floresta Estacional Semidecidual. **Revista Árvore**, v. 35, n. 6, p. 1277-1285, 2011.

SOUZA, A. L.; BOINA, A.; SOARES, C. P. B.; VITAL, B. R.; DE OLIVEIRA GASPAR, R.; DE LANA, J. M. Estrutura fitossociológica, estoques de volume, biomassa, carbono e dióxido de carbono em Floresta Estacional Semidecidual. **Revista Árvore**, v. 36, n. 1, p. 169-179, 2012.

SOUZA, A. L.; SOARES, C. P. B. **Florestas nativas: estrutura, dinâmica e manejo**. Viçosa, MG: EDITORA UFV. 2013.

SOUZA, L. F. T.; FERNANDES FILHO, E. I.; FARIA, M. M. Compartimentação geomorfológica e mapeamento digital de solos no município de Viçosa–MG. **Revista Geonorte**, v. 5, n. 16, p. 110-114, 2014.

TANG, J. W.; YIN, J. X.; QI, J. F.; JEPSEN, M. R.; LÜ, X. T. Ecosystem carbon storage of tropical forests over limestone in Xishuangbanna, SW China. **Journal of Tropical Forest Science**, v. 24, n. 3, p. 399-407, 2012.

TORRES, C. M. M. E.; JACOVINE, L. A. G.; SOARES, C. P. B.; OLIVEIRA NETO, S. N.; SANTOS, R. D.; CASTRO NETO, F. Quantificação de biomassa e estocagem de carbono em uma Floresta Estacional Semidecidual, no Parque Tecnológico de Viçosa, MG. **Revista Árvore**, v. 37, n. 4, p. 647-55, 2013.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – UFV. Departamento de Engenharia Agrícola. Estação Climatológica Principal de Viçosa. **Boletim meteorológico 2016**. Viçosa, 2016.

VITAL, B.R. **Métodos de determinação de densidade da madeira**. Viçosa: SIF, 21p. (Boletim técnico, 1). 1984.

XU, B.; PAN, Y.; PLANTE, A. F.; JOHNSON, A.; COLE, J.; BIRDSEY, R. Decadal change of forest biomass carbon stocks and tree demography in the Delaware River Basin. **Forest Ecology and Management**, v. 374, p. 1-10, 2016.

ZHANG, J.; HUANG, S.; HE, F. Half-century evidence from western Canada shows forest dynamics are primarily driven by competition followed by climate. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 112, n. 13, p. 4009-4014, 2015.

WATZLAWICK, L. F.; CALDEIRA, M. V. W.; VIERA, M.; SCHUMACHER, M. V.; GODINHO, T. D. O.; BALBINOT, R. Estoque de biomassa e carbono na Floresta Ombrófila Mista Montana, Paraná. **Scientia Forestalis**, v. 40, n. 95, p. 353-362, 2012.

ARTIGO 3

PROGNOSE DA DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA E DO ESTOQUE DE CARBONO DE UM FRAGMENTO DE FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL NO MUNICÍPIO DE VIÇOSA – MG.

1. INTRODUÇÃO

As florestas tropicais exercem um papel fundamental na prestação de serviços ecossistêmicos e na manutenção da biodiversidade do planeta (SILVA et al., 2016). Contudo, essas funções ambientais foram severamente afetadas nas últimas décadas em virtude da intensa fragmentação destas áreas (SCARANO e CEOTTO, 2015). Uma das florestas tropicais que mais sofreram com esta fragmentação foi a Mata Atlântica. Atualmente restam apenas 12,5% da sua cobertura original espalhados em fragmentos florestais menores do que 100 ha (SOS MATA ATLÂNTICA e INPE, 2015).

Diante deste cenário, estudos voltados para a modelagem de crescimento e produção são de extrema importância para a manutenção da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos desses fragmentos florestais (LIMA & LEÃO, 2013). A modelagem tem por finalidade, independentes de sua complexidade estrutural, possibilitar a projeção da produção em tempos futuros partindo-se das condições atuais (CHASSOT et. al., 2011), sendo os modelos de distribuição diamétrica, em particular a matriz de transição, os mais utilizados em florestas ineqüíneas por possuir fácil aplicabilidade e boa acurácia (TEIXEIRA et al., 2007; VASCONCELOS et al., 2009; BATISTA et al., 2016).

A Matriz de transição, ou Cadeia de Markov, consiste num processo estocástico a qual fundamenta-se no conceito de estado (SOUZA & SOARES, 2013). Desta forma, presume-se que uma árvore situada em uma determinada classe diamétrica no tempo t tem uma certa probabilidade de permanecer nela ou migrar para outra classe no tempo $t+\theta$ em função do seu estado atual (LANA et al., 2015).

Por meio da distribuição do número de indivíduos por classe de tamanho, associada a sua probabilidade de transição para outros estados é possível identificar os processos organizacionais que ocorrem no ecossistema florestal como mortalidade, recrutamento, crescimento e sucessão (SHEN et al., 2013). Além disso, as projeções feitas com a cadeia de Markov podem servir como ferramenta para indicar se a floresta se apresentará no futuro como sumidouro ou como fonte de dióxido de carbono para o meio ambiente (TEIXEIRA et. al., 2007; SOUZA et al., 2014a).

Diante do exposto, objetivou-se com este estudo prognosticar a distribuição diamétrica e o estoque de carbono de um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual no município de Viçosa – MG.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Descrição da área de estudo

O fragmento florestal possui 44,11 ha e está situado no Parque Tecnológico de Viçosa – MG, com coordenadas geográficas 42° 51' W e 20° 42' S (TORRES et al., 2013) e altitude média de 721 m (SOUZA et al., 2014b). Segundo o IBGE (2012), a vegetação está inserida em uma região classificada como Floresta Estacional Semidecidual Montana. Conforme resolução do CONAMA 392, o fragmento encontra-se em estágio médio de regeneração apresentando espécies lenhosas com DAP médio entre 10 e 20 cm, além de altura entre 5 e 12 m (BRASIL, 2007).

O clima local é do tipo Cwa, conforme classificação de Köppen. A média da temperatura, umidade e precipitação anual para o período de 1968 a 2015 é de 21,9°C, 79% e 1.274 mm, respectivamente (UFV, 2016). A região de Viçosa possui gradientes pedogeomorfológico em que os topos de morros são tomados por Latossolos Distróficos ricos em alumínio, as rampas coluviais por Latossolos mais rasos e

câmbicos e os fundos das grotas apresentam-se com o predomínio de Cambissolos Epieutróficos ricos em nutrientes (FERREIRA JÚNIOR et al., 2012).

Vários distúrbios ocorreram ao longo dos anos neste fragmento florestal, podendo ser citados a retirada de madeira, plantio de culturas agrícolas e de eucalipto (TORRES et al., 2013). No entanto, há aproximadamente 25 anos, vem ocorrendo a regeneração da vegetação nativa da área.

2.2. Coleta e análise dos dados

Foram inventariadas nos anos de 2010 e 2015 vinte parcelas (10x50 m) em que todos os indivíduos com $dap \geq 5\text{cm}$ foram mensurados e identificados botanicamente. As espécies foram classificadas em grupos ecológicos seguindo a divisão proposta por Gandolfi et al., (1995), e utilizada em outros estudos como Callegaro et al., (2015), Figueiredo et al., (2013) e Figueiredo et al., (2015), em que se apresentam como Pioneiras (P), Secundárias Iniciais (Si), Secundárias Tardias (St) e espécies Sem Classificação (Sc).

Em 2015, foram contabilizados a mortalidade, que corresponde àqueles indivíduos vivos na primeira ocasião e que estavam mortos na ocasião subsequente, e o ingresso, que corresponde aos indivíduos que alcançaram um diâmetro mínimo de inclusão ($dap \geq 5\text{cm}$) nesta última medição.

Para projetar o crescimento da floresta, foi utilizado o modelo de matriz de transição, ou cadeia de Markov, que é baseado no conceito de estado do indivíduo arbóreo. A movimentação entre os estados foi calculada de acordo com sua probabilidade de transição, conforme equação a seguir.

$$p_{ij} = \frac{n_{ij}}{n_i} \quad [1]$$

Em que:

p_{ij} = Probabilidade de transição;

n_{ij} = Número de indivíduos na classe j (DAP), no tempo $t+\theta$;

n_i = Número total de indivíduos na classe i , no tempo t .

A partir da determinação da probabilidade de transição, foi construída a matriz de transição, com amplitude diamétrica de 5 cm, em que os indivíduos poderiam assumir um dos quatro estados possíveis (VASCONCELOS et al., 2009): mudança para as classes diamétricas superiores em virtude do crescimento em diâmetro, permanecerem na mesma classe à qual se encontravam, morrer ou ingressarem em alguma das classes diamétricas.

Para estimar o número de árvores no tempo $t+\theta$, em cada classe diamétrica, foi utilizada a equação matricial de Chapman-Komogorov (PARZEN, 1962).

$$Y_{t+\theta} = (G * Y_{it}) + C_1 \quad [2]$$

Em que:

$Y_{t+\theta}$ = Vetor coluna do número de árvores por classe de diâmetro, depois de decorrido um período (θ);

G = Matriz de probabilidade de transição;

Y_{it} = Vetor coluna do número de indivíduos por classe de diâmetro, no tempo t ;

C_1 = Vetor coluna dos indivíduos que ingressaram durante o período;

O número de indivíduos que ingressaram na primeira classe diamétrica ($I_{t+\theta}$) no período de projeção foi estimado em função da área basal no tempo t . Este procedimento foi necessário devido à limitação da cadeia de Markov em não projetar o ingresso de indivíduos no sistema.

$$I_{t+\theta} = e^{\beta_0 + (\beta_1 * B_t)} + \varepsilon \quad [3]$$

Em que:

$I_{t+\theta}$ = Ingresso, por hectare, no tempo $t+\theta$;

β_0 e β_1 = Parâmetros a serem estimados;

B_t = Área basal, em $m^2 \cdot ha^{-1}$, no tempo t ;

ε = Erro aleatório.

Com base nos dados observados, foram feitas projeções da distribuição diamétrica para os anos de 2015 e 2020 considerando todos os indivíduos do fragmento e também os segregando por grupo ecológico (pioneiras e não-pioneiras). Na projeção por grupo ecológico foram excluídas aquelas espécies sem classificação ecológica. Para testar a significância estatística entre as distribuições diamétricas projetadas e observadas, foi utilizado o teste de aderência de qui-quadrado (χ^2) ao nível de 5% de probabilidade.

O volume das árvores referente as projeções de 2015 e 2020 foi determinado em função do centro de classe (cm), altura de Lorey (m) do ano de 2015 e a frequência (indivíduos.ha⁻¹), conforme equação adaptada de Amaro (2010), para árvores com casca, em uma Floresta Estacional Semidecidual Montana, no Município de Viçosa – MG.

$$VF_{cc} = 0,000070 * CD^{2,204301} * H_L^{0,563181} * F \quad [4]$$

Em que:

VF_{cc} = Volume do fuste com casca, em m³;

CD = Centro da classe diamétrica, em cm;

H_L = Altura de Lorey, em m;

F = Frequência, em indivíduos.ha⁻¹.

A biomassa e o estoque de carbono foram determinados utilizando a média da densidade e do teor de carbono das espécies, respectivamente. Para isso, foram selecionadas três árvores de cada espécie e por classe de diâmetro para análise parcial do tronco, que corresponde a retirada de uma amostra de madeira, a 1,30 m de altura, com auxílio de um trado. Os materiais foram então levados para laboratório onde parte foi utilizado para determinação da densidade básica da madeira de cada espécie, conforme metodologia descrita por VITAL (1984) e NBR 11941 (2003), e a outra parte submetida a completa calcinação em mufla para determinação do teor de carbono, conforme metodologia descrita por Torres et al., (2013).

3. RESULTADOS

Os parâmetros da equação do número de indivíduos que ingressaram foram estimados em função da área basal no tempo t (Tabela 1).

Tabela 1: Parâmetros da equação do número de indivíduos que ingressaram na primeira classe diamétrica

GE	Ano	B_t	β_0	β_1
P	2015	6,03	3,952351	0,061276
	2020	6,50		
NP	2015	11,80	5,852116	-0,027648
	2020	14,06		
T	2015	18,05	6,402702	-0,033595
	2020	20,83		

Em que: GE = Grupo Ecológico; P = Pioneiras; NP = Não Pioneiras; Total = número de indivíduos total do fragmento.

O número de fustes por hectare observados, em 2010 e 2015, e estimado pela cadeia de Markov, em 2015 e 2020, foram obtidos para o fragmento o florestal e para os grupos ecológicos (Tabela 1).

Tabela 1: Números de fustes.ha⁻¹ observados e estimados para o fragmento florestal e grupos ecológicos por classe diamétrica

Ano	GE	Centro de Classe											I	M	Total	
		7,5	12,5	17,5	22,5	27,5	32,5	37,5	42,5	47,5	52,5	62,5				67,5
Fustes.ha⁻¹ (Observados)																
2010	P	286	108	53	23	7	3	2	2	0	0	0	1	-	-	485
	NP	681	196	73	43	15	12	4	4	0	1	1	0	-	-	1030
	SC	5	2	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	-	-	11
	Total	972	306	127	67	23	16	6	6	0	1	1	1	-	-	1526
2015	P	265	103	60	30	10	2	2	4	0	0	0	0	77	86	476
	NP	799	237	74	47	22	11	6	4	2	1	0	0	255	82	1203
	SC	6	2	1	1	1	2	0	0	0	0	0	0	3	1	13
	Total	1070	342	135	78	33	15	8	8	2	1	0	0	335	169	1692
Fustes.ha⁻¹ (estimados)																
2015	P	270	99	58	29	10	2	2	4	0	0	0	0	75	86	474
	NP	797	236	73	47	22	11	6	4	2	1	0	0	251	82	1199
	Total	1074	337	132	77	33	14	8	8	2	1	0	0	329	169	1686
2020	P	262	92	60	35	14	2	2	6	0	0	0	0	78	81	473
	NP	875	281	78	50	28	12	7	5	2	1	0	0	236	96	1339
	Total	1123	371	140	85	43	14	9	10	3	1	0	0	300	186	1799

Em que: GE = Grupo Ecológico; P = Pioneiras; NP = Não Pioneiras; SC = Sem Classificação; I = Ingresso; M = Mortalidade; Total = número de indivíduos total do fragmento.

Não houve diferença estatística entre o número de fustes observados e estimados pelo teste de X^2 ao nível de 5% de probabilidade para o ano de 2015 - Fragmento Florestal: $X^2_{\text{Calc}} = 0,013 < X^2_{\text{Tab}} = 4,575$; Pioneiras: $X^2_{\text{Calc}} = 0,072 < X^2_{\text{Tab}} = 4,575$; Não Pioneiras: $X^2_{\text{Calc}} = 0,170 < X^2_{\text{Tab}} = 4,575$ (Figura 1).

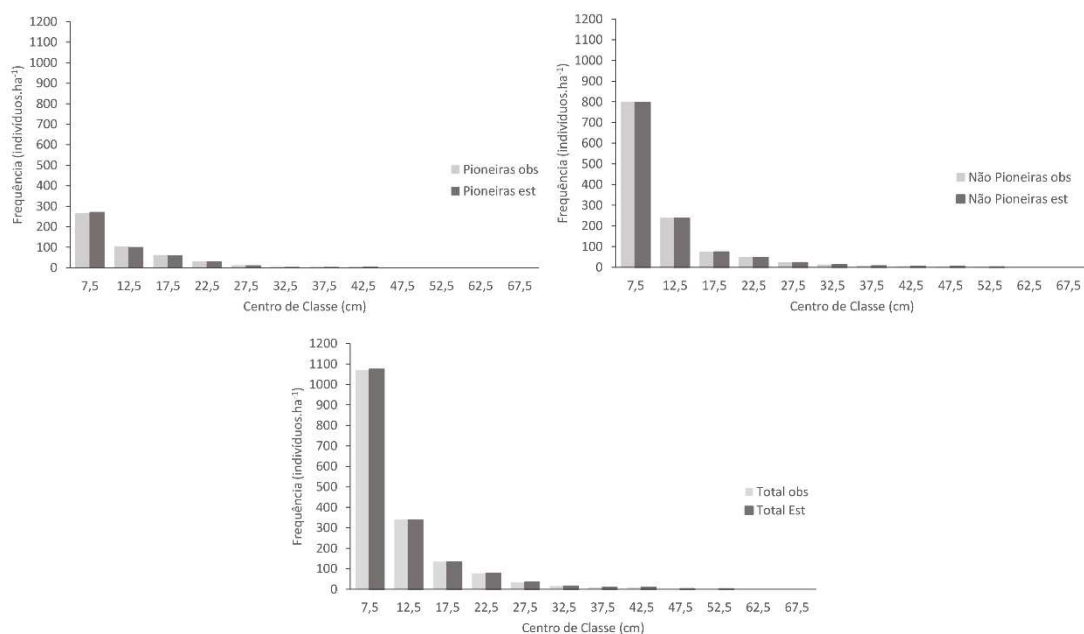


Figura 1: Distribuição diamétrica estimada e observada para o fragmento florestal e para os grupos ecológicos.

A média da densidade e do teor de carbono das espécies pioneiras foi de $0,517 \text{ g.cm}^{-3}$ e 52,3%, respectivamente. Já para as espécies não pioneiras a densidade foi de $0,526 \text{ g.cm}^{-3}$ e o teor de carbono de 53,0%. A partir destes dados foram calculados a biomassa, em Mg.ha^{-1} , e o estoque de carbono, em MgC.ha^{-1} , para o fragmento florestal segregado por grupos ecológicos e classes diamétricas (Tabela 2).

Tabela 2: Volume ($\text{m}^3.\text{ha}^{-1}$), biomassa (Mg.ha^{-1}) e estoque de carbono (MgC.ha^{-1}) para o fragmento florestal e grupos ecológicos por classe diamétrica

Ano	GE	Centro de Classe										Total
		7,5	12,5	17,5	22,5	27,5	32,5	37,5	42,5	47,5	52,5	
Volume ($\text{m}^3.\text{ha}^{-1}$)												
2015	P	5,67	7,98	11,20	10,13	5,57	1,47	2,28	5,71	-	-	50,00
	NP	16,80	18,24	13,27	15,61	12,13	9,28	6,64	6,56	4,45	2,89	105,86
	Total	22,62	26,42	24,66	26,07	18,17	12,18	8,92	12,27	4,45	2,89	158,65
2020	P	5,60	7,09	11,19	11,73	7,58	1,54	1,90	8,09	-	-	54,72
	NP	18,40	21,65	13,96	16,60	15,52	9,90	7,98	8,20	4,45	2,89	119,55
	Total	23,74	28,70	25,56	28,57	23,71	11,76	9,96	15,66	5,93	2,89	176,48

Continua...

...Continuação

Ano	GE	Centro de Classe										Total
		7,5	12,5	17,5	22,5	27,5	32,5	37,5	42,5	47,5	52,5	
Biomassa (Mg.ha⁻¹)												
2015	P	2,93	4,12	5,79	5,24	2,88	0,76	1,18	2,95	-	-	25,85
	NP	8,83	9,59	6,97	8,21	6,38	4,88	3,49	3,45	2,34	1,52	55,64
	Total	11,84	13,82	12,90	13,64	9,50	6,37	4,66	6,42	2,33	1,51	83,00
2020	P	2,90	3,67	5,78	6,06	3,92	0,80	0,98	4,18	-	-	28,29
	NP	9,67	11,38	7,34	8,73	8,16	5,20	4,20	4,31	2,34	1,52	62,84
	Total	12,42	15,01	13,37	14,95	12,40	6,15	5,21	8,19	3,10	1,51	92,33
Carbono (MgC.ha⁻¹)												
2015	P	1,53	2,16	3,03	2,74	1,51	0,40	0,62	1,54	-	-	13,52
	NP	4,68	5,08	3,69	4,35	3,38	2,58	1,85	1,83	1,24	0,80	29,47
	Total	6,25	7,29	6,81	7,20	5,02	3,36	2,46	3,39	1,23	0,80	43,80
2020	P	1,51	1,92	3,03	3,17	2,05	0,42	0,51	2,19	-	-	14,80
	NP	5,12	6,03	3,89	4,62	4,32	2,76	2,22	2,28	1,24	0,80	33,28
	Total	6,55	7,92	7,06	7,89	6,55	3,25	2,75	4,32	1,64	0,80	48,72

Em que: GE = Grupo Ecológico; P = Pioneiras; NP = Não Pioneiras; SC = Sem Classificação; Total = Somatório do estoque de volume, biomassa ou carbono.

4. DISCUSSÃO

O número de fustes, entre o período de monitoramento (2010 e 2015), aumentou de 1526 para 1692. Isto se justifica principalmente pelo fato do número de ingressos ter sido superior ao da mortalidade ($I = 335 \text{ fustes.ha}^{-1}$; $M = 169 \text{ fustes.ha}^{-1}$). Além disso, houve uma grande migração de indivíduos entre as classes diamétricas em virtude do acúmulo de biomassa pelas árvores (HANBERRY et al., 2016; POORTER ET AL., 2016).

Quando projetada a distribuição diamétrica do fragmento florestal para o ano de 2015 e comparada aos dados observados para este mesmo ano (est.: $1686 \text{ fustes.ha}^{-1}$; obs.: $1692 \text{ fustes.ha}^{-1}$), comprovou-se a aderência da cadeia de Markov para realizar a prognose da floresta em questão ($X^2_{\text{Calc}} = 0,013 < X^2_{\text{Tab}} = 4,575$). Isso ocorreu devido ao fato da projeção ter sido feita por um período relativamente curto (5 anos), em se tratando de florestas naturais (BATISTA et al. 2016). Outro ponto que contribuiu para eficácia da projeção foi o fato de não ter havido perturbações no fragmento, uma vez que isto pode afetar a prognose e gerar estimativas tendenciosas e imprecisas (XIE et al., 2013).

A partir da comprovação da eficácia do modelo, projetou-se a distribuição diamétrica do fragmento para o ano de 2020 o qual poderá alcançar o número de 1799 fustes.ha⁻¹, considerando um ingresso de 300 fustes.ha⁻¹ e uma mortalidade de 186 fustes.ha⁻¹. Deste modo, em virtude do elevado número de plantas jovens que irão substituir as plantas adultas no futuro, pode-se inferir que o fragmento seguirá evoluindo de forma sustentável ao longo dos anos (BATISTA et al., 2016).

Em relação aos grupos ecológicos, foi observada a diminuição do número de pioneiras no fragmento florestal entre o período de monitoramento, o qual passou de 485 para 476 fustes.ha⁻¹. Para estas espécies, a mortalidade foi superior ao de ingresso, correspondendo a 86 e 77 fustes.ha⁻¹, respectivamente. Em contrapartida, o número de não pioneiras aumentou ao longo dos anos. Em 2010, foram contabilizados 1030 fustes.ha⁻¹, ao passo que, em 2015, este número aumentou para 1203 fustes.ha⁻¹. O número de ingressos dessas espécies foi de 255 fustes.ha⁻¹ enquanto o de mortalidade foi de 82 fustes.ha⁻¹.

Este predomínio de espécies não pioneiras no fragmento florestal ocorreu, principalmente, devido ao avanço sucessional (SOUZA et al., 2012). Deste modo, presume-se que houve uma redução da luminosidade pelo dossel das árvores, a qual suprimiu aquelas espécies intolerantes à sombra e beneficiou o recrutamento de espécies ombrófilas (CHAZDON, 2012). Além desta condição abiótica, fatores como a existência de fonte de propágulos e dispersores próximos a floresta podem ter favorecido a substituição das espécies no decorrer do processo natural de sucessão (SHONO et al., 2007; CHAZDON, 2012; FERREIRA et al., 2012).

Assim como para o fragmento florestal, a cadeia de Markov foi capaz de projetar a distribuição diamétrica de forma satisfatória quando segregado em grupos ecológicos. Para as espécies pioneiras o número de fustes por hectare estimados e observados para 2015 foi de 474 e 476, respectivamente ($X^2_{\text{Calc}} = 0,072 < X^2_{\text{Tab}} = 4,575$). Já para as não pioneiras o número estimado foi de 1199 fustes.ha⁻¹ e o observado de 1203 fustes.ha⁻¹ ($X^2_{\text{Calc}} = 0,170 < X^2_{\text{Tab}} = 4,575$). Ao se projetar a distribuição diamétrica para 2020, foi obtido um número de 473 fustes.ha⁻¹ para as pioneiras e 1339 fustes.ha⁻¹ para as não pioneiras. A partir destes resultados, ficou evidenciado que o fragmento florestal seguirá em avanço sucessional nos próximos anos caso não haja nenhum distúrbio que afete a dinâmica de crescimento da floresta.

Em termos de estoque de carbono, foi observado um aumento de 43,80 MgC.ha⁻¹ em 2015 para 48,72 MgC.ha⁻¹ em 2020, considerando todo o fragmento florestal. Este aumento também foi verificado para os grupos ecológicos neste mesmo período, sendo que o estoque de carbono das espécies pioneiras passou de 13,80 MgC.ha⁻¹ para 15,11 MgC.ha⁻¹ e das não pioneiras de 29,22 MgC.ha⁻¹ para 33,00 MgC.ha⁻¹. Esta maior contribuição no estoque de carbono das espécies não pioneiras se deve principalmente ao maior número de indivíduos por hectare, conforme projetado pela cadeia de Markov, e também pelo fato dessas espécies apresentarem maior densidade em relação as espécies pioneiras (POORTER, 2008; FONSECA et al., 2011), o que refletiu diretamente no estoque de carbono.

De forma geral, as florestas secundárias da região tropical e que estão em avanço sucessional tem uma importância fundamental na prestação de serviços ecossistêmicos, principalmente na função de sumidouro de carbono da atmosfera (CHAZDON, 2012). Estima-se que, no período de 2000 a 2007, estas florestas estocaram um total de $1,6 \pm 0,5$ PgC/ano, sendo esta estimativa mais alta que algumas florestas tropicais primárias devido ao rápido acúmulo de biomassa sob a sucessão (PAN et al., 2011). Desta forma, espera-se que o fragmento florestal possa estocar maior quantidade de carbono com o avanço sucessional e contribuir para a atenuação dos efeitos negativos oriundos das mudanças climáticas.

5. CONCLUSÕES

A estrutura diamétrica do fragmento alcançará, no ano de 2020, um total de 1799 fustes.ha⁻¹, seguindo a distribuição “J-invertido”. A floresta irá continuar atuando como sumidouro de carbono da atmosfera nos próximos anos, podendo alcançar um estoque de carbono de 48,72 MgC.ha⁻¹, sendo que a maior contribuição será das espécies não pioneiras.

6. REFERÊNCIAS

AMARO, M. A. **Quantificação do estoque volumétrico, de biomassa e de carbono em uma Floresta Estacional Semidecidual no Município de Viçosa-MG.** 2010.

168f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **Normas técnicas NBR 11941**. Brasília. 6p. 2003.

BATISTA, A. P. B.; RODAL, M. J. N.; SILVA, J. A. A. D.; ALVES JUNIOR, F. T.; MELLO, J. M. D. Dynamics and prediction of diametric structure in two Atlantic Forest fragments in northeastern Brazil. **Revista Árvore**, v. 40, n. 2, p. 307-317, 2016.

BRASIL. **Resolução nº 392**, de 25 junho de 2007. Definição de vegetação primária e secundária de regeneração de Mata Atlântica no Estado de Minas Gerais. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente/Conselho Nacional de Meio Ambiente, 2007.

CALLEGARO, R. M.; LONGHI, S. J.; ANDRZEJEWSKI, C. Variações estruturais entre grupos florísticos de um remanescente de Floresta Ombrófila Mista Montana em Nova Prata-RS. **Ciência Florestal**, v. 25, n. 2, p. 337-349, 2015.

CHASSOT, T.; FLEIG, F. D.; FINGER, C. A. G.; LONGHI, S. J. Modelos de Crescimento em Diâmetro de Árvores Individuais de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze em Floresta Ombrófila Mista. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 2, p. 303-313. 2011.

CHAZDON, R. Tropical forest regeneration. **Boletim Museu Paraense Emílio Goeldi de Ciências Naturais**, v. 7, n. 3, p. 195-218, 2012.

LANA, M. D.; NETTO, S. P.; CORTE, A. P. D.; SANQUETTA, C. R.; EBLING, A. A. Prognose da estrutura diamétrica em Floresta Ombrófila Mista. **Floresta e Ambiente**, v. 22, n. 1, p. 71-78, 2015.

FERREIRA, P. I.; PALUDO, G. F.; CHAVES, C. L.; BORTOLUZZI, R. L. C.; MANTOVANI, A. Florística e fitossociologia arbórea de remanescentes florestais em uma fazenda produtora de *Pinus* spp. **Floresta**, v. 42, n. 4, p. 783-794, 2012.

FERREIRA JÚNIOR, W.G.; SCHAEFFER, C.E.G.R.; SILVA, A.F. Uma visão pedogeomorfológica sobre as formações florestais da Mata Atlântica. In: MARTINS, S.V. (Ed.). **Ecologia de florestas tropicais do Brasil**. Viçosa: Editora UFV, p.109-142, 2012.

FIGUEIREDO, L. T. M.; SOARES, C. P. B.; SOUZA, A. L.; MARTINS, S. V. Alterações florísticas em uma Floresta Estacional Semidecidual, no município de Viçosa, MG, entre 1994 e 2008. **Floresta**, v. 43, p. 169-180, 2013.

FIGUEIREDO, L. T. M.; SOARES, C. P. B.; SOUZA, A. L.; LEITE, H. G.; SILVA, G. F. D. Dinâmica do estoque de carbono em fuste de árvores de uma floresta estacional semidecidual. **CERNE**. v. 21, n. 1, p. 161-167, 2015.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA; INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE. **Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica – Período 2013-2014**. São Paulo: Fundação SOS Mata Atlântica, p. 60. 2015.

FONSECA, W.; BENAYAS, J. M. R.; ALICE, F. E. Carbon accumulation in the biomass and soil of different aged secondary forests in the humid tropics of Costa Rica. **Forest Ecology and Management**, v. 262, n. 8, p. 1400-1408, 2011.

GANDOLFI, S.; LEITÃO-FILHO, H. F.; BEZERRA, C. L. Levantamento florístico e caráter sucessional de espécies arbustivo-arbóreas de uma floresta Mesófila Semidecídua no município de Guarulhos, SP. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 55, n. 4, p. 753 - 767, 1995.

HANBERRY, B. B.; HE, H. S.; SHIFLEY, S. R. Loss of aboveground forest biomass and landscape biomass variability in Missouri, US. **Ecological Complexity**, v. 25, p. 11-17, 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. 2ª ed. Rio de Janeiro: 275p. 2012.

LIMA, J. P. D. C.; LEÃO, J. R. A. Dinâmica de crescimento e distribuição diamétrica de fragmentos de florestas nativa e plantada na Amazônia sul ocidental. **Floresta e Ambiente**. v. 20, n. 1, p. 70-79. 2013.

PAN, Y.; BIRDSEY, R. A.; FANG, J.; HOUGHTON, R.; KAUPPI, P. E.; KURZ, W. A.; ...; CIAIS, P. A large and persistent carbon sink in the world's forests. **Science**, v. 333, n. 6045, p. 988-993, 2011.

PARZEN, G. **Stochastic process**. San Francisco: Holden-Day, 324 p. 1962.

POORTER, L. The relationships of wood-, gas-and water fractions of tree stems to performance and life history variation in tropical trees. **Annals of botany**, v. 102, n. 3, p. 367-375, 2008.

POORTER, L.; BONGERS, F.; AIDE, T. M.; ZAMBRANO, A. M. A.; BALVANERA, P.; BECKNELL, J. M.; ...; CRAVEN, D. Biomass resilience of Neotropical secondary forests. **Nature**, v. 530, n. 7589, p. 211-214, 2016.

SCARANO, F. R.; CEOTTO, P. Brazilian Atlantic forest: impact, vulnerability, and adaptation to climate change. **Biodiversity and Conservation**, v. 24, n. 9, p. 2319–2331, 2015.

SHEN, Y.; SANTIAGO, L. S.; MA, L.; LIN, G. J.; LIAN, J. Y.; CAO, H. L.; YE, W. H. Forest dynamics of a subtropical monsoon forest in Dinghushan, China: recruitment, mortality and the pace of community change. **Journal of Tropical Ecology**, v. 29, n. 02, p. 131-145, 2013.

SHONO, K.; CADAWENG, E. A.; DURST, P. B. Application of assisted natural regeneration to restore degraded tropical forestlands. **Restoration Ecology**, v. 15, n. 4, p. 620-626, 2007.

SILVA, J. M. C.; PINTO, L. P.; HIROTA, M.; BEDÊ, L.; TABARELLI, M. Conservação da Mata Atlântica brasileira: um balanço dos últimos dez anos. In: CABRAL, D. C.; BUSTAMENTE, A. G. **Metamorfozes Florestais: Culturas, ecologias e as transformações históricas da Mata Atlântica**. 1ª edição. 2016.

SOUZA, A. L.; BOINA, A.; SOARES, C. P. B.; VITAL, B. R.; DE OLIVEIRA GASPAR, R.; DE LANA, J. M. Estrutura fitossociológica, estoques de volume, biomassa, carbono e dióxido de carbono em Floresta Estacional Semidecidual. **Revista Árvore**, v. 36, n. 1, p. 169-179, 2012.

SOUZA, A. L.; SOARES, C. P. B. **Florestas nativas: estrutura, dinâmica e manejo**. Viçosa, MG: EDITORA UFV. 2013.

SOUZA, C. R. D.; AZEVEDO, C. P. D.; ROSSI, L. M. B.; SANTOS, J. D.; HIGUCHI, N. Projection of diametric distribution and carbon stock of a managed forest in Manaus/AM. **Floresta**, v. 44, n. 3, p. 525 - 534, 2014a.

SOUZA, L. F. T.; FERNANDES FILHO, E. I.; FARIA, M. M. Compartimentação geomorfológica e mapeamento digital de solos no município de Viçosa–MG. **Revista Geonorte**, v. 5, n. 16, p. 110-114, 2014b.

TEIXEIRA, L. M.; CHAMBERS, J. Q.; SILVA, A. R.; LIMA, A. J. N; CARNEIRO, V. M. C.; SANTOS, J.; HIGUCHI, N. Projeção da dinâmica da floresta natural de Terra Firme, região de Manaus-AM, com o uso da cadeia de transição probabilística de Markov. **Acta amazonica**, v. 37, n. 3, p. 377-384, 2007.

TORRES, C. M. M. E.; JACOVINE, L. A. G.; SOARES, C. P. B.; OLIVEIRA NETO, S. N.; SANTOS, R. D.; CASTRO NETO, F. Quantificação de biomassa e estocagem de carbono em uma floresta estacional semidecidual, no Parque Tecnológico de Viçosa, MG. **Revista Árvore**, v. 37, n. 4, p. 647-55, 2013.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – UFV. Departamento de Engenharia Agrícola. Estação Climatológica Principal de Viçosa. **Boletim meteorológico 2016**. Viçosa, 2016.

VASCONCELOS, S. S.; HIGUCHI, N.; OLIVEIRA, M. V. Projeção da distribuição diamétrica de uma floresta explorada seletivamente na Amazônia Ocidental. **Acta Amazonica**, v. 39, n. 1, p. 71-80, 2009.

VITAL, B.R. **Métodos de determinação de densidade da madeira**. Viçosa: SIF, 1984. 21p. (Boletim técnico, 1).

XIE, F.; WU, B.; HU, Y.; WANG, Y. A generalized Markov chain model based on generalized interval probability. **Science China Technological Sciences**, v. 56, n. 9, p. 2132-2136, 2013.

4. CONCLUSÕES GERAIS

A necromassa de uma Floresta Estacional Semidecidual pode estocar $8,6 \pm 0,7$ MgC.ha⁻¹ de carbono e não deve ser negligenciada em estudos sobre estoque deste elemento;

As árvores do fragmento florestal apresentam crescimento positivo do estoque de carbono em virtude do avanço sucessional, ratificando a importância das florestas secundárias de Mata Atlântica na mitigação de gases de efeito estufa.

As espécies que mais contribuem para o estoque de carbono do fragmento florestal são a *Piptadenia gonoacantha*, *Anadenanthera peregrina*, *Myrcia fallax*, *Matayba elaeagnoides* e *Sparattosperma leucanthum*.

A estrutura diamétrica do fragmento alcançará, no ano de 2020, um total de 1799 fustes.ha⁻¹, seguindo a distribuição “J-invertido”. A floresta irá continuar atuando como sumidouro de carbono da atmosfera nos próximos anos, podendo alcançar um estoque de carbono de 48,72 MgC.ha⁻¹, sendo que a maior contribuição será das espécies não pioneiras.

APÊNDICES

Apêndice 1: Grupo ecológico, densidade (g.cm⁻³) e teor de carbono das espécies do fragmento florestal

Família	Espécies (Nome científico)	GE	Densidade	Teor de Carbono
Achariaceae	<i>Carpotroche brasiliensis</i>	St	0,522	0,521
Anacardiaceae	<i>Schinus terebinthifolia</i>	P	0,409	0,536
	<i>Tapirira guianensis</i>	Si	0,485	0,535
	<i>Annonaceae</i>	Si	0,491	0,528
	<i>Annona cacans</i>	Si	0,208	0,541
	<i>Annona sp.</i>	Si	0,420	0,524
	<i>Guatteria nigrescens</i>	St	0,579	0,530
	<i>Guatteria sp.</i>	St	0,516	0,510
	<i>Rollinia sp.</i>	Si	0,615	0,521
	<i>Rollinia sylvatica</i>	Si	0,601	0,516
	<i>Xylopia sericea</i>	Si	0,495	0,528
Apocynaceae	<i>Aspidosperma sp.</i>	Si	0,466	0,528
	<i>Hymatanthus sp.</i>	St	0,424	0,523
	<i>Tabernaemontana fuchsiaefolia</i>	P	0,507	0,530
Aquifoliaceae	<i>Ilex cf. cerasifolia</i>	St	0,604	0,520
Arecaceae	<i>Attalea dubia</i>	P	0,222	0,531
	<i>Syagrus romanzoffiana</i>	Si	0,213	0,520
Asteraceae	<i>Piptocarpha macropoda</i>	P	0,310	0,519
	<i>Vernonia diffusa</i>	P	0,320	0,532
	<i>Vernonia sp.</i>	P	0,315	0,528
Bignoniaceae	<i>Cybistax antisyphilitica</i>	Si	0,437	0,507
	<i>Jacaranda puberula</i>	Si	0,413	0,519
	<i>Sparattosperma leucanthum</i>	Si	0,484	0,538
	<i>Tabebuia chrysotricha</i>	P	0,434	0,540
	<i>Zeyheria tuberculosa</i>	Si	0,442	0,528
Boraginaceae	<i>Cordia sellowiana</i>	Si	0,285	0,517
Bursaceae	<i>Protium sp.</i>	Si	0,460	0,529
	<i>Trattinnickia rhoifolia</i>	P	0,410	0,523
	<i>Protium warmingiana</i>	St	0,496	0,528

...Continua

...Continuação

Família	Espécies (Nome científico)	GE	Densidade	Teor de Carbono
Chrysobalanaceae	<i>Licania sp.</i>	Si	0,680	0,521
Clusiaceae	<i>Clusia sp.</i>	St	0,730	0,544
	<i>Rheedia gardneriana</i>	St	0,660	0,535
	<i>Tovomitopsis saldanhae</i>	St	0,484	0,525
Combretaceae	<i>Terminalia cf. argentea</i>	Si	0,485	0,527
Elaeocarpaceae	<i>Sloanea sp.</i>	St	0,563	0,512
Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum sp.</i>	Si	0,496	0,528
	<i>Erythroxylum pelleterianum</i>	Si	0,650	0,537
Euphorbiaceae	<i>Actinostemon sp.</i>	St	0,620	0,519
	<i>Alchornea glandulosa</i>	Si	0,379	0,504
	<i>Alchornea triplinervia</i>	P	0,330	0,519
	<i>Aparisthmum cordatum</i>	Si	0,441	0,523
	<i>Croton floribundus</i>	P	0,417	0,498
	<i>Croton sp.</i>	P	0,302	0,528
	<i>Croton urucurana</i>	P	0,356	0,517
	<i>Mabea fistulifera</i>	P	0,558	0,519
	<i>Manihot sp.</i>	P	0,442	0,528
	<i>Maprounea guianensis</i>	Si	0,572	0,534
	Fabaceae	<i>Albizia polycephala</i>	Si	0,467
<i>Anadenanthera peregrina</i>		Si	0,554	0,538
<i>Apuleia leiocarpa</i>		Si	0,602	0,529
<i>Copaifera langsdorffii</i>		Si	0,488	0,520
<i>Dalbergia nigra</i>		Si	0,540	0,527
<i>Inga cylindrica</i>		Si	0,580	0,543
<i>Inga sp.</i>		Si	0,554	0,540
<i>Machaerium aculeatum</i>		Si	0,384	0,502
<i>Machaerium brasiliense</i>		Si	0,677	0,534
<i>Machaerium nyctitans</i>		P	0,640	0,525
<i>Machaerium stipitatum</i>		P	0,505	0,534
<i>Piptadenia gonoacantha</i>		P	0,586	0,527
<i>Platypodium elegans</i>		Si	0,667	0,536
<i>Pseudopiptadenia contorta</i>		Si	0,452	0,533
<i>Pterogyne nitens</i>		P	0,555	0,526
<i>Schizolobium parahyba</i>		P	0,234	0,511
<i>Sclerolobium sp.</i>		St	0,338	0,519
<i>Senna macranthera</i>		P	0,496	0,516

...Continua

...Continuação

Família	Espécies (Nome científico)	GE	Densidade	Teor de Carbono
Fabaceae	<i>Senna multijuga</i>	Si	0,460	0,525
	<i>Stryphnodendron polyphyllum</i>	Si	0,320	0,529
Hypericaceae	<i>Vismia guianensis</i>	P	0,555	0,526
Indeterminada	Indeterminada 11	Sc	0,491	0,522
	Indeterminada 12	Sc	0,496	0,528
	Indeterminada 5	Sc	0,496	0,528
	Indeterminada 6	Sc	0,366	0,524
	Indeterminada 8	Sc	0,782	0,525
Lacistemataceae	<i>Lacistema pubescens</i>	Si	0,510	0,532
Lamiaceae	<i>Vitex montevidensis</i>	St	0,497	0,540
Lauraceae	<i>Nectandra reticulata</i>	St	0,449	0,537
	<i>Nectandra oppositifolia</i>	Si	0,485	0,526
	<i>Nectandra sp.</i>	St	0,390	0,529
	<i>Ocotea odorifera</i>	St	0,514	0,521
	<i>Ocotea sp. 1</i>	Si	0,569	0,533
	<i>Ocotea sp. 2</i>	Si	0,497	0,527
	<i>Ocotea sp. 3</i>	Si	0,437	0,513
Malvaceae	<i>Luehea grandiflora</i>	P	0,490	0,518
	<i>Pseudobombax grandiflorum</i>	Si	0,490	0,528
Melastomataceae	<i>Miconia cinnamomifolia</i>	P	0,428	0,524
	<i>Miconia sp.</i>	P	0,567	0,531
	<i>Miconia sp. 1</i>	P	0,505	0,520
	<i>Miconia sp. 2</i>	P	0,567	0,531
	<i>Tibouchina granulosa</i>	P	0,381	0,537
Meliaceae	<i>Cabrarea cangerana</i>	Si	0,452	0,528
	<i>Guarea kuntiana</i>	Si	0,450	0,528
	<i>Trichilia pallida</i>	P	0,570	0,515
	<i>Trichilia sp.</i>	St	0,486	0,497
	<i>Miconia sp.</i>	P	0,567	0,531
Monimiaceae	<i>Mollinedia sp.</i>	Si	0,605	0,504
Moraceae	<i>Brosimum guianense</i>	Si	0,634	0,527

...Continua

...Continuação

Família	Espécies (Nome científico)	GE	Densidade	Teor de Carbono
Moraceae	<i>Ficus sp. 1</i>	Si	0,514	0,528
	<i>Ficus sp. 2</i>	Si	0,329	0,528
	<i>Maclura tinctoria</i>	Si	0,521	0,526
	<i>Sorocea bonplandii</i>	Si	0,573	0,503
Myrtaceae	<i>Campomanesia sp.</i>	Si	0,598	0,535
	<i>Eucalyptus sp.</i>	P	0,476	0,524
	<i>Eugenia sp.</i>	St	0,550	0,519
	<i>Eugenia sp. 2</i>	St	0,671	0,519
	<i>Eugenia sp. 3</i>	St	0,521	0,534
	<i>Eugenia sp.1</i>	St	0,539	0,533
	<i>Myrcia fallax</i>	Si	0,571	0,540
	<i>Myrcia sp.</i>	Si	0,350	0,515
	<i>Myrciaria sp.</i>	St	0,638	0,528
	<i>Myrtaceae</i>	Sc	0,592	0,535
	<i>Psidium guajava</i>	P	0,405	0,519
Nyctaginaceae	<i>Guapira opposita</i>	Si	0,495	0,512
Ochnaceae	<i>Ouratea sp.</i>	P	0,629	0,537
	<i>Uratea sp.</i>	P	0,691	0,548
Phyllanthaceae	<i>Hieronyma alchorneoides</i>	Si	0,532	0,549
Primulaceae	<i>Rapanea ferruginea</i>	Si	0,604	0,532
	<i>Rollinia sp.</i>	Si	0,615	0,521
Rosaceae	<i>Prunus sellowii</i>	Si	0,392	0,518
Rubiaceae	<i>Amaioua guianensis</i>	Si	0,527	0,506
	<i>Bathysa nicholsonii</i>	Si	0,489	0,544
	<i>Coutarea hexandra</i>	Si	0,598	0,523
	<i>Erythroxylum sp.</i>	Si	0,496	0,528
	<i>Psychotria sessilis</i>	Si	0,371	0,502
	<i>Rubiaceae</i>	Sc	0,493	0,552
Rutaceae	<i>Dictyoloma vandellianum</i>	P	0,615	0,537
	<i>Hortia arborea</i>	St	0,573	0,529
	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>	P	0,474	0,526
Salicaceae	<i>Casearia arborea</i>	Si	0,557	0,542

...Continua

...Continuação

Família	Espécies (Nome científico)	GE	Densidade	Teor de Carbono
Salicaceae	<i>Casearia gossypiosperma</i>	Si	0,508	0,525
	<i>Casearia sylvestris</i>	Si	0,576	0,522
	<i>Casearia ulmifolia</i>	Si	0,547	0,538
Sapindaceae	<i>Allophylus edulis</i>	Si	0,446	0,547
	<i>Allophylus sericeus</i>	Si	0,399	0,537
	<i>Cupania vernalis</i>	P	0,550	0,528
	<i>Matayba elaeagnoides</i>	Si	0,550	0,524
Sapotaceae	<i>Chrysophyllum flexuosum</i>	St	0,686	0,526
Siparunaceae	<i>Siparuna cujabana</i>	St	0,544	0,530
	<i>Siparuna guianensis</i>	St	0,527	0,530
	<i>Siparuna sp.</i>	Si	0,537	0,530
	<i>Siparuna sp. 2</i>	Si	0,600	0,544
Solanaceae	<i>Brunfelsia uniflora</i>	P	0,413	0,510
	<i>Solanum leucodendron</i>	P	0,435	0,534
	<i>Solanum swartzianum</i>	P	0,655	0,527
	<i>Swartsia sp.</i>	St	0,516	0,539
Urticaceae	<i>Cecropia glaziovii</i>	P	0,333	0,514
	<i>Cecropia hololeuca</i>	P	0,372	0,516
Média	-	-	0,500	0,526
Desvio Padrão	-	-	0,106	0,010

Apêndice 2: Incremento bruto (MgC.ha⁻¹) e incremento periódico anual em carbono por espécie (MgC.ha⁻¹.ano⁻¹) e por indivíduo (MgC.ind⁻¹.ano⁻¹)

Espécies	GE	DA	C _r	I	C _i	M	Ib	IPA _{li}	IPA _{ind}
<i>Piptadenia gonoacantha</i>	P	103	7,90	0,12	6,81	0,55	1,52	0,22	0,0021
<i>Anadenanthera peregrina</i>	Si	41	7,68	0,04	6,99	0,14	0,78	0,14	0,0034
<i>Myrcia fallax</i>	Si	99	3,08	0,08	2,48	0,25	0,78	0,12	0,0012
<i>Matayba elaeagnoides</i>	Si	99	1,53	0,12	1,02	0,06	0,46	0,10	0,0010
<i>Sparattosperma leucanthum</i>	Si	15	1,48	0,00	1,08	0,00	0,39	0,08	0,0053
<i>Hieronyma alchorneoides</i>	Si	4	1,54	0,00	1,15	0,00	0,39	0,08	0,0200
<i>Casearia ulmifolia</i>	Si	21	1,73	0,02	1,37	0,02	0,37	0,07	0,0033
<i>Platypodium elegans</i>	Si	26	2,62	0,02	2,29	0,14	0,45	0,07	0,0027
<i>Apuleia leiocarpa</i>	Si	44	2,82	0,01	2,51	0,05	0,35	0,06	0,0014
<i>Annona sp.</i>	Si	24	1,31	0,01	1,00	0,10	0,39	0,06	0,0025
<i>Xylopia sericea</i>	Si	41	0,75	0,12	0,47	0,07	0,22	0,06	0,0015
<i>Miconia cinnamomifolia</i>	P	9	0,57	0,00	0,30	0,00	0,26	0,05	0,0056
<i>Maprounea guianensis</i>	Si	30	0,70	0,05	0,44	0,00	0,20	0,05	0,0017
Indeterminada 12	Sc	1	0,25	0,25	0,00	0,00	0,00	0,05	0,0500
<i>Siparuna guianensis</i>	St	98	0,74	0,15	0,50	0,04	0,13	0,05	0,0005
<i>Schizolobium parahyba</i>	P	2	0,44	0,00	0,21	0,00	0,23	0,05	0,0250
<i>Eucalyptus sp.</i>	P	25	1,82	0,02	1,60	0,12	0,33	0,05	0,0020
<i>Bathysa nicholsonii</i>	Si	81	1,28	0,03	1,05	0,04	0,24	0,05	0,0006
<i>Sclerolobium sp.</i>	St	2	0,43	0,00	0,22	0,00	0,21	0,04	0,0200
<i>Cecropia hololeuca</i>	P	13	0,81	0,00	0,61	0,01	0,22	0,04	0,0031
<i>Vernonia diffusa</i>	P	20	0,69	0,00	0,49	0,01	0,20	0,04	0,0020
<i>Dalbergia nigra</i>	Si	42	0,38	0,09	0,19	0,02	0,12	0,04	0,0010
Rubiaceae	Sc	3	0,42	0,01	0,23	0,00	0,18	0,04	0,0133
<i>Brosimum guianense</i>	Si	46	0,58	0,06	0,40	0,00	0,12	0,04	0,0009
<i>Amaioua guianensis</i>	Si	21	0,58	0,01	0,40	0,00	0,16	0,04	0,0019
<i>Ocotea sp. 1</i>	Si	6	0,83	0,00	0,65	0,00	0,17	0,03	0,0050
<i>Mabea fistulifera</i>	P	148	2,00	0,14	1,84	0,26	0,27	0,03	0,0002
<i>Cecropia glaziovii</i>	P	7	0,26	0,13	0,11	0,01	0,03	0,03	0,0043
<i>Machaerium brasiliense</i>	Si	6	0,55	0,01	0,40	0,00	0,14	0,03	0,0050
<i>Luehea grandiflora</i>	P	21	0,44	0,06	0,30	0,00	0,09	0,03	0,0014
<i>Machaerium nyctitans</i>	P	10	0,73	0,00	0,59	0,01	0,14	0,03	0,0030
<i>Chrysophyllum flexuosum</i>	St	6	0,86	0,00	0,74	0,00	0,13	0,03	0,0050
<i>Aparisthmum cordatum</i>	Si	49	0,41	0,06	0,30	0,03	0,08	0,02	0,0004
<i>Cabrlea cangerana</i>	Si	10	0,23	0,05	0,12	0,02	0,08	0,02	0,0020
<i>Casearia arborea</i>	Si	10	0,52	0,01	0,41	0,00	0,09	0,02	0,0020
<i>Inga cylindrica</i>	Si	5	0,80	0,00	0,71	0,00	0,09	0,02	0,0040
<i>Lacistema pubescens</i>	Si	35	0,31	0,06	0,22	0,02	0,05	0,02	0,0006
<i>Guatteria sp.</i>	St	11	0,30	0,01	0,21	0,00	0,07	0,02	0,0018
<i>Nectandra oppositifolia</i>	Si	15	0,40	0,00	0,32	0,00	0,08	0,02	0,0013
<i>Ocotea odorifera</i>	St	5	0,32	0,00	0,24	0,00	0,08	0,02	0,0040

...Continua

... Continuação

Espécies	GE	DA	C_f	I	C_i	M	Ib	IPA_{ij}	IPA_{ind}
<i>Senna macranthera</i>	P	11	0,38	0,01	0,30	0,03	0,10	0,02	0,0018
<i>Dictyoloma vandellianum</i>	P	13	0,24	0,01	0,17	0,00	0,06	0,01	0,0008
<i>Myrtaceae</i>	Sc	5	0,32	0,00	0,25	0,00	0,07	0,01	0,0020
<i>Alchornea glandulosa</i>	Si	9	0,20	0,00	0,14	0,00	0,06	0,01	0,0011
<i>Tibouchina granulosa</i>	P	3	0,20	0,00	0,14	0,00	0,06	0,01	0,0033
<i>Hortia arborea</i>	St	1	0,53	0,00	0,47	0,00	0,06	0,01	0,0100
<i>Licania sp.</i>	Si	7	0,20	0,00	0,14	0,00	0,05	0,01	0,0014
<i>Ocotea sp. 2</i>	Si	15	0,12	0,02	0,07	0,00	0,04	0,01	0,0007
<i>Albizia polycephala</i>	Si	11	0,24	0,00	0,19	0,01	0,06	0,01	0,0009
<i>Stryphnodendron polyphyllum</i>	Si	7	0,14	0,01	0,09	0,00	0,04	0,01	0,0014
<i>Allophylus sericeus</i>	Si	16	0,16	0,01	0,11	0,00	0,04	0,01	0,0006
<i>Siparuna cujabana</i>	St	7	0,23	0,00	0,18	0,00	0,04	0,01	0,0014
<i>Croton floribundus</i>	P	2	0,05	0,05	0,01	0,00	0,00	0,01	0,0050
<i>Casearia gossypiosperma</i>	Si	2	0,26	0,00	0,22	0,00	0,04	0,01	0,0050
<i>Uratea sp.</i>	P	3	0,23	0,00	0,19	0,00	0,04	0,01	0,0033
<i>Trattinnickia rhoifolia</i>	P	2	0,43	0,00	0,39	0,00	0,04	0,01	0,0050
<i>Piptocarpha macropoda</i>	P	19	0,13	0,03	0,09	0,03	0,04	0,01	0,0005
<i>Tovomitopsis saldanhae</i>	St	12	0,22	0,01	0,18	0,01	0,04	0,01	0,0008
<i>Protium sp.</i>	Si	5	0,14	0,00	0,10	0,00	0,04	0,01	0,0020
<i>Copaifera langsdorffii</i>	Si	3	0,13	0,01	0,09	0,00	0,03	0,01	0,0033
<i>Campomanesia sp.</i>	Si	3	0,15	0,00	0,12	0,00	0,03	0,01	0,0033
<i>Miconia sp. 2</i>	P	15	0,19	0,00	0,16	0,01	0,04	0,01	0,0007
<i>Maclura tinctoria</i>	Si	15	0,18	0,02	0,16	0,02	0,03	0,01	0,0007
<i>Casearia sylvestris</i>	Si	3	0,10	0,00	0,07	0,00	0,03	0,01	0,0033
<i>Ouratea sp.</i>	P	5	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,01	0,0020
<i>Sorocea bonplandii</i>	Si	5	0,16	0,00	0,13	0,00	0,03	0,01	0,0020
<i>Jacaranda puberula</i>	Si	20	0,22	0,01	0,19	0,01	0,03	0,01	0,0005
<i>Erythroxylum pelleterianum</i>	Si	6	0,04	0,01	0,02	0,00	0,01	0,01	0,0017
<i>Actinostemon sp.</i>	St	6	0,16	0,00	0,14	0,00	0,03	0,01	0,0017
<i>Clusia sp.</i>	St	3	0,13	0,00	0,10	0,00	0,03	0,01	0,0033
<i>Croton urucurana</i>	P	2	0,20	0,00	0,18	0,00	0,02	0,00	0,0000
<i>Guapira opposita</i>	Si	9	0,13	0,01	0,11	0,01	0,03	0,00	0,0000
<i>Miconia sp. 1</i>	P	2	0,03	0,00	0,01	0,00	0,02	0,00	0,0000
Indeterminada 6	Sc	1	0,12	0,00	0,10	0,00	0,02	0,00	0,0000
<i>Eugenia sp. 1</i>	St	7	0,07	0,00	0,05	0,00	0,02	0,00	0,0000
<i>Ilex cf. cerasifolia</i>	St	3	0,03	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,0000
<i>Nectandra cf. reticulata</i>	St	3	0,03	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,0000
<i>Psidium guajava</i>	P	5	0,05	0,00	0,03	0,00	0,02	0,00	0,0000
<i>Pterogyne nitens</i>	P	2	0,07	0,00	0,05	0,00	0,02	0,00	0,0000
<i>Myrciaria sp.</i>	St	4	0,09	0,00	0,07	0,00	0,02	0,00	0,0000
<i>Erythroxylum sp.</i>	Si	2	0,04	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00	0,0000
<i>Hymatanthus sp.</i>	St	7	0,11	0,00	0,09	0,00	0,02	0,00	0,0000

... Continua

... Continuação

Espécies	GE	DA	C_f	I	C_i	M	Ib	IPA_{ij}	IPA_{ind}
<i>Miconia sp.</i>	P	2	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0000
<i>Inga sp.</i>	Si	1	0,03	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00	0,0000
<i>Siparuna sp.</i>	Si	2	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0000
<i>Allophylus edulis</i>	Si	3	0,16	0,00	0,15	0,00	0,01	0,00	0,0000
<i>Schinus terebinthifolia</i>	P	2	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,0000
<i>Siparuna sp. 2</i>	Si	2	0,06	0,00	0,05	0,00	0,01	0,00	0,0000
<i>Cordia sellowiana</i>	Si	4	0,08	0,00	0,07	0,00	0,01	0,00	0,0000
<i>Vismia guianensis</i>	P	8	0,07	0,01	0,06	0,01	0,01	0,00	0,0000
<i>Nectandra sp.</i>	St	2	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,0000
<i>Tabernaemontana fuchsiaefolia</i>	P	3	0,10	0,00	0,09	0,00	0,01	0,00	0,0000
<i>Rheedia gardneriana</i>	St	1	0,03	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00	0,0000
<i>Syagrus romanzoffiana</i>	Si	1	0,06	0,00	0,05	0,00	0,01	0,00	0,0000
<i>Solanum leucodendron</i>	P	2	0,02	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,0000
<i>Ficus sp.</i>	Si	1	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0000
<i>Alchornea triplinervia</i>	P	2	0,03	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00	0,0000
<i>Coutarea hexandra</i>	Si	3	0,04	0,00	0,03	0,00	0,01	0,00	0,0000
<i>Annonaceae</i>	Si	2	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0000
<i>Aspidosperma sp.</i>	Si	1	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0000
<i>Eugenia sp.</i>	St	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0000
<i>Cupania vernalis</i>	P	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0000
<i>Ficus sp.</i>	Si	1	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0000
<i>Guarea kuntiana</i>	Si	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0000
<i>Trichilia sp.</i>	St	2	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,0000
<i>Mollinedia sp.</i>	Si	1	0,03	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,0000
<i>Machaerium stipitatum</i>	P	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0000
<i>Ocotea sp. 3</i>	Si	4	0,02	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,0000
<i>Myrcia sp.</i>	Si	1	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,0000
<i>Guatteria nigrescens</i>	St	3	0,02	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,0000
Indeterminada 5	Sc	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0000
<i>Protium warmingiana</i>	St	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0000
Indeterminada 11	Sc	1	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0000
<i>Machaerium aculeatum</i>	Si	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0000
<i>Eugenia sp. 2</i>	St	2	0,03	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,0000
<i>Prunus sellowii</i>	Si	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0000
<i>Cybistax antisyphilitica</i>	Si	3	0,02	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,0000
<i>Trichilia pallida</i>	P	2	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,0000
<i>Rapanea ferruginea</i>	Si	1	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0000
<i>Tabebuia chrysotricha</i>	P	1	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0000
<i>Sloanea sp.</i>	St	1	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,0000
Indeterminada 8	Sc	1	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0000
<i>Pseudobombax grandiflorum</i>	Si	1	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,0000
<i>Vitex montevidensis</i>	St	2	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,0000

... Continua

... Continuação

Espécies	GE	DA	C_f	I	C_i	M	Ib	IPA_{li}	IPA_{ind}
<i>Brunfelsia uniflora</i>	P	1	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,0000
<i>Rollinia sylvatica</i>	Si	2	0,04	0,00	0,04	0,01	0,01	0,00	0,0000
<i>Annona cacans</i>	Si	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0000
<i>Psychotria sessilis</i>	Si	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0000
<i>Carpotroche brasiliensis</i>	St	9	0,06	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,0000
<i>Vernonia sp.</i>	P	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-
<i>Manihot sp.</i>	P	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-
<i>Solanum swartzianum</i>	P	0	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	-
<i>Rollinia sp.</i>	Si	4	0,15	0,01	0,16	0,04	0,02	0,00	0,0000
<i>Terminalia cf. argentea</i>	Si	1	0,04	0,00	0,06	0,02	0,00	0,00	0,0000
<i>Zeyheria tuberculosa</i>	Si	1	0,01	0,01	0,04	0,04	0,00	0,00	0,0000
<i>Croton sp.</i>	P	0	0,00	0,00	0,04	0,04	0,00	-0,01	-
<i>Tapirira guianensis</i>	Si	22	0,75	0,01	0,81	0,25	0,18	-0,01	-0,0005
<i>Senna multijuga</i>	Si	2	0,15	0,00	0,22	0,09	0,03	-0,01	0,0050
<i>Swartzia sp.</i>	St	9	0,20	0,00	0,30	0,14	0,04	-0,02	-0,0022
<i>Eugenia sp. 3</i>	St	1	0,02	0,00	0,12	0,12	0,01	-0,02	-0,0200
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>	P	7	0,21	0,00	0,32	0,14	0,02	-0,02	-0,0029
<i>Attalea dubia</i>	P	2	0,22	0,00	0,60	0,46	0,08	-0,08	-0,0400
<i>Pseudopiptadenia contorta</i>	Si	17	1,73	0,01	2,66	1,39	0,45	-0,19	-0,0112
Total Geral	-	1692	62,57	2,18	52,56	4,89	12,72	2,00	0,0012

Em que: GE: Grupo Ecológico; P – Espécies pioneiras; Si – Espécies secundária Inicial; DA- Densidade (Ind.ha⁻¹); C_f- Carbono Final (MgC.ha⁻¹); I - Ingresso (MgC.ha⁻¹); C_i – Carbono inicial (MgC.ha⁻¹); M – Mortalidade (MgC.ha⁻¹); Ib - Incremento bruto (MgC.ha⁻¹); IPA_{li} - Incremento Periódico Anual por Espécie (MgC.ha⁻¹.ano⁻¹); IPA_{ind} – Incremento Periódico Anual por Individuo (MgC.ind⁻¹.ano⁻¹).

Apêndice 3: Prognose da distribuição diamétrica para o fragmento florestal

Tabela 1: Número de árvores do povoamento que mudaram do estado i para outro estado j , por classe de diâmetro, no período de 2010 (t) a 2015 ($t+\theta$)

CD (cm)	Ingresso	7,5	12,5	17,5	22,5	27,5	32,5	37,5	42,5	47,5	52,5	62,5	67,5	Total (t+θ)
7,5	325	745												1070
12,5	5	108	228	1										342
17,5	3	2	42	88										135
22,5	1		1	27	49									78
27,5	0				15	18								33
32,5	1					4	10							15
37,5	0					1	4	3						8
42,5	0						1	3	4					8
47,5	0								2	0				2
52,5	0									0	1			1
62,5	0										0	0		0
67,5	0											0	0	0
Mortalidade	-	117	35	11	3	0	1	0	0	0	0	1	1	169
Total	335	972	306	127	67	23	16	6	6	0	1	1	1	1861

Tabela 2: Matriz de probabilidade de transição (M), por estados, para o fragmento florestal no período de 2010 e 2015

CD (cm)	7,5	12,5	17,5	22,5	27,5	32,5	37,5	42,5	47,5	52,5
7,5	0,7665									
12,5	0,1111	0,7451	0,0079							
17,5	0,0021	0,1373	0,6929							
22,5		0,0033	0,2126	0,7313						
27,5				0,2239	0,7826					
32,5					0,1739	0,6250				
37,5					0,0435	0,2500	0,5000			
42,5						0,0625	0,5000	0,6667		
47,5								0,3333	0,0000	
52,5									0,0000	1,0000

Tabela 3: Prognose da distribuição diamétrica do fragmento para o ano de 2015

$$\begin{bmatrix}
 0,7665 \\
 0,1111 & 0,7451 & 0,0079 \\
 0,0021 & 0,1373 & 0,6929 \\
 & 0,0033 & 0,2126 & 0,7313 \\
 & & 0,2239 & 0,7826 \\
 & & & 0,1739 & 0,6250 \\
 & & & 0,0435 & 0,2500 & 0,5000 \\
 & & & & 0,0625 & 0,5000 & 0,6667 \\
 & & & & & 0,3333 & 0,0000 \\
 & & & & & & 0,0000 & 1,0000
 \end{bmatrix}
 \times
 \begin{bmatrix}
 972 \\
 306 \\
 127 \\
 67 \\
 23 \\
 16 \\
 6 \\
 6 \\
 0 \\
 1
 \end{bmatrix}
 +
 \begin{bmatrix}
 329 \\
 0 \\
 0 \\
 0 \\
 0 \\
 0 \\
 0 \\
 0 \\
 0 \\
 0
 \end{bmatrix}
 =
 \begin{bmatrix}
 1074 \\
 337 \\
 132 \\
 77 \\
 33 \\
 14 \\
 8 \\
 8 \\
 2 \\
 1
 \end{bmatrix}$$

Tabela 4: Prognose da distribuição diamétrica do fragmento para o ano de 2020

$$\begin{bmatrix}
 0,7665 \\
 0,1111 & 0,7451 & 0,0079 \\
 0,0021 & 0,1373 & 0,6929 \\
 & 0,0033 & 0,2126 & 0,7313 \\
 & & 0,2239 & 0,7826 \\
 & & & 0,1739 & 0,6250 \\
 & & & 0,0435 & 0,2500 & 0,5000 \\
 & & & & 0,0625 & 0,5000 & 0,6667 \\
 & & & & & 0,3333 & 0,0000 \\
 & & & & & & 0,0000 & 1,0000
 \end{bmatrix}
 \times
 \begin{bmatrix}
 1074 \\
 337 \\
 132 \\
 77 \\
 33 \\
 14 \\
 8 \\
 8 \\
 2 \\
 1
 \end{bmatrix}
 +
 \begin{bmatrix}
 300 \\
 0 \\
 0 \\
 0 \\
 0 \\
 0 \\
 0 \\
 0 \\
 0 \\
 0
 \end{bmatrix}
 =
 \begin{bmatrix}
 1123 \\
 371 \\
 140 \\
 85 \\
 43 \\
 14 \\
 9 \\
 10 \\
 3 \\
 1
 \end{bmatrix}$$

Apêndice 4: Prognose da distribuição diamétrica para as espécies pioneiras

Tabela 1: Número de espécies pioneiras que mudaram do estado i para outro estado j , por classe de diâmetro, no período de 2010 (t) a 2015 ($t+\theta$)

CD (cm)	Ingresso	7,5	12,5	17,5	22,5	27,5	32,5	37,5	42,5	67,5	Total ($t+\theta$)
7,5	70	195									265
12,5	4	29	70								103
17,5	2	1	19	38							60
22,5	1			11	18						30
27,5	0				4	6					10
32,5	0					1	1				2
37,5	0						1	1			2
42,5	0						1	1	2		4
67,5	0							0	0	0	0
Mortalidade	-	61	19	4	1	0	0	0	0	1	86
Total	77	286	108	53	23	7	3	2	2	1	562

Tabela 2: Matriz de probabilidade de transição (M), por estados, para as espécies pioneiras no período de 2010 e 2015

CD (cm)	7,5	12,5	17,5	22,5	27,5	32,5	37,5	42,5
7,5	0,6818							
12,5	0,1014	0,6481						
17,5	0,0035	0,1759	0,7170					
22,5			0,2075	0,7826				
27,5				0,1739	0,8571			
32,5					0,1429	0,3333		
37,5						0,3333	0,5000	
42,5						0,3333	0,5000	1,0000

Tabela 3: Prognose da distribuição diamétrica das espécies pioneiras para o ano de 2015

$$\begin{bmatrix} 0,6818 & & & & & & & & & \\ 0,1014 & 0,6481 & & & & & & & & \\ 0,0035 & 0,1759 & 0,7170 & & & & & & & \\ & 0,2075 & 0,7826 & & & & & & & \\ & & 0,1739 & 0,8571 & & & & & & \\ & & & 0,1429 & 0,3333 & & & & & \\ & & & & 0,3333 & 0,5000 & & & & \\ & & & & & 0,3333 & 0,5000 & 1,0000 & & \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 286 \\ 108 \\ 53 \\ 23 \\ 7 \\ 3 \\ 2 \\ 2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 75 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 270 \\ 99 \\ 58 \\ 29 \\ 10 \\ 2 \\ 2 \\ 4 \end{bmatrix}$$

Tabela 4: Prognose da distribuição diamétrica das espécies pioneiras para o ano de 2020

$$\begin{bmatrix} 0,6818 \\ 0,1014 & 0,6481 \\ 0,0035 & 0,1759 & 0,7170 \\ & 0,2075 & 0,7826 \\ & & 0,1739 & 0,8571 \\ & & & 0,1429 & 0,3333 \\ & & & & 0,3333 & 0,5000 \\ & & & & & 0,3333 & 0,5000 & 1,0000 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 270 \\ 99 \\ 58 \\ 29 \\ 10 \\ 2 \\ 2 \\ 4 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 78 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 262 \\ 92 \\ 60 \\ 35 \\ 14 \\ 2 \\ 2 \\ 6 \end{bmatrix}$$

Apêndice 5: Prognose da distribuição diamétrica para as espécies não pioneiras

Tabela 1: Número de espécies não pioneiras que mudaram do estado i para outro estado j , por classe de diâmetro, no período de 2010 (t) a 2015 ($t+\theta$)

CD (cm)	Ingresso	7,5	12,5	17,5	22,5	27,5	32,5	37,5	42,5	47,5	52,5	62,5	Total (t+θ)
7,5	253	546											799
12,5	1	79	156	1									237
17,5	1	1	23	49									74
22,5	0		1	16	30								47
27,5	0				11	11							22
32,5	0					3	8						11
37,5	0					1	3	2					6
42,5	0							2	2				4
47,5	0								2	0			2
52,5	0									0	1		1
62,5	0										0	0	0
Mortalidade	-	55	16	7	2	0	1	0	0	0	0	1	82
Total	255	681	196	73	43	15	12	4	4	0	1	1	1285

Tabela 2: Matriz de probabilidade de transição (M), por estados, para as espécies não pioneiras no período de 2010 e 2015

CD (cm)	7,5	12,5	17,5	22,5	27,5	32,5	37,5	42,5	47,5	52,5
7,5	0,8018									
12,5	0,1160	0,7959	0,0137							
17,5	0,0015	0,1173	0,6712							
22,5		0,0051	0,2192	0,6977						
27,5				0,2558	0,7333					
32,5					0,2000	0,6667				
37,5					0,0667	0,2500	0,5000			
42,5							0,5000	0,5000		
47,5								0,5000	0,0000	
52,5									0,0000	1,0000

Tabela 3: Prognose da distribuição diamétrica das espécies não pioneiras para o ano de 2015

$$\begin{bmatrix} 0,8018 \\ 0,1160 & 0,7959 & 0,0137 \\ 0,0015 & 0,1173 & 0,6712 \\ & 0,0051 & 0,2192 & 0,6977 \\ & & 0,2558 & 0,7333 \\ & & & 0,2000 & 0,6667 \\ & & & 0,0667 & 0,2500 & 0,5000 \\ & & & & 0,5000 & 0,5000 \\ & & & & & 0,5000 & 0,0000 \\ & & & & & & 0,0000 & 1,0000 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 681 \\ 196 \\ 73 \\ 43 \\ 15 \\ 12 \\ 4 \\ 4 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 251 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 797 \\ 236 \\ 73 \\ 47 \\ 22 \\ 11 \\ 6 \\ 4 \\ 2 \\ 1 \end{bmatrix}$$

Tabela 4: Prognose da distribuição diamétrica das espécies não pioneiras para o ano de 2020

$$\begin{bmatrix} 0,8018 \\ 0,1160 & 0,7959 & 0,0137 \\ 0,0015 & 0,1173 & 0,6712 \\ & 0,0051 & 0,2192 & 0,6977 \\ & & 0,2558 & 0,7333 \\ & & & 0,2000 & 0,6667 \\ & & & 0,0667 & 0,2500 & 0,5000 \\ & & & & 0,5000 & 0,5000 \\ & & & & & 0,5000 & 0,0000 \\ & & & & & & 0,0000 & 1,0000 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 797 \\ 236 \\ 73 \\ 47 \\ 22 \\ 11 \\ 6 \\ 4 \\ 2 \\ 1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 236 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 875 \\ 281 \\ 78 \\ 50 \\ 28 \\ 12 \\ 7 \\ 5 \\ 2 \\ 1 \end{bmatrix}$$