

INCREMENTO PERIÓDICO ANUAL DE CARBONO E QUALIDADE DA COPA EM UM FRAGMENTO DE MATA ATLÂNTICA

Carlos Henrique Lopes Ribeiro¹, Luis Henrique de Andrade Guimaraes¹, Danilo de Souza Rodrigues¹, Fabrício Fernando da Silva¹, Bruno Oliveira Lafetá¹, Dayane Santos Veloso²

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais / Departamento de Engenharia Florestal, Avenida Primeiro de Junho, 1043, Centro - 39705-000 - São João Evangelista-MG, Brasil, carloshenriquelopes1486@gmail.com, andraderick2010@gmail.com, srdanilorodrigues@gmail.com, fernandofabricio195@gmail.com, bruno.lafeta@ifmg.edu.br.

²Faculdades Santo Agostinho, Avenida Osmane Barbosa, 937, JK - 39404-007 - Montes Claros – MG, Brasil, dayaneveloso@hotmail.com

Resumo

O objetivo do presente trabalho foi avaliar a influência da qualidade de copa no acúmulo anual de carbono em árvores de um fragmento de Mata Atlântica. O inventário florestal contínuo contemplou o lançamento de 9 parcelas permanentes de 400 m². O Incremento Periódico Anual (IPA) do estoque de carbono foi calculado para todos os fustes. Avaliou-se o crescimento dos indivíduos conforme as seguintes categorias de copa: M1 – copa completa, com a presença de todos os galhos íntegros; M2 – Copa com menos da metade dos galhos quebrados e; M3 – Copa com mais da metade dos galhos quebrados. Observou-se efeito estatístico significativo da qualidade de copa no IPA do estoque de carbono. As estimativas de redução do IPA de carbono com a quebra de galhos foram de 77,78% para M2 e de 86,11% para M3. Conclui-se que árvores com copas completas, onde todos os galhos estão íntegros, demonstram maior potencial para o acúmulo de carbono em seus fustes.

Palavras-chave: Crescimento. Dinâmica florestal. Estoque de carbono.

Área do Conhecimento: Engenharia Agrônômica / Engenharia Florestal

Introdução

A Mata Atlântica, apesar de ser protegida por lei (Lei da Mata Atlântica – Lei 11.428), é o bioma mais fragmentado do Brasil, explorado constantemente para expansão de áreas urbanas e atividades agrícolas. Trata-se de um hotspot de biodiversidade que abrange uma extensa área ao longo da costa leste brasileira.

A importância das florestas no estoque de carbono global é inquestionável, visto que a grande parte dele é armazenado nas árvores e no solo. As áreas com predomínio de vegetação nativa possuem os maiores valores de estoque de carbono (ARAÚJO *et al.*, 2020). Portanto, florestas têm sido caracterizadas como sumidouros naturais de carbono, que absorvem CO₂ presente na atmosfera através do processo da fotossíntese e liberam oxigênio para a atmosfera (TAIZ *et al.*, 2017; PEZZOPANE *et al.*, 2022)

A copa das árvores por sua vez, é um componente estrutural responsável pela produção de fotoassimilados e biomassa. Mudanças em sua arquitetura podem ocorrer em virtude de fatores genéticos, inerentes ao ambiente do sítio, silviculturais ou danos causados por algum fator externo (TRINDADE *et al.*, 2019). Investigações científicas que relacionam a qualidade da copa com o acúmulo de carbono em fustes são necessárias para o estabelecimento e sucesso do manejo florestal sustentável, contribuindo para a mitigação das mudanças climáticas e comercialização de créditos de carbono.

Mediante exposto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a influência da qualidade de copa no acúmulo anual de carbono em árvores de um fragmento de Mata Atlântica.

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

Metodologia

O trabalho foi conduzido em um fragmento de Mata Atlântica no município de São João Evangelista-MG, em área do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais, nas coordenadas de 18°33'5,05" Sul e 42°45'50,40" de longitude Oeste (Datum Sirgas 2000).

O fragmento possui 2,53 ha e se encontra em fase de recuperação florestal desde novembro de 2013. A região possui clima do tipo Cwa pela classificação do sistema internacional de Köppen, com verão chuvoso e inverno seco. As médias anuais de temperatura e precipitação são de 20,2°C e 1.377mm, respectivamente (INMET, 2023).

O inventário florestal contínuo foi realizado em duas ocasiões, aos 80 e 104 meses após início do processo de recuperação do fragmento de Mata Atlântica. A amostragem contemplou o lançamento de 9 parcelas quadradas de 20 × 20m (400 m²), equivalente a uma intensidade amostral de 14,23%. Todos os fustes dos indivíduos arbóreos com circunferência a 1,30 m de altura do solo (CAP, cm) igual ou superior a 10 cm foram mensurados usando fita métrica, sendo calculado o respectivo diâmetro (DAP, cm) pela razão entre CAP e o valor de π (3,141592654...). A altura total (H, m) dos fustes foi obtida com auxílio de vara telescópica. Somente para a primeira ocasião do inventário, a qualidade da copa foi assim classificada:

M1 – Copa completa, com a presença de todos os galhos íntegros;

M2 – Copa com menos da metade dos galhos quebrados; e

M3 – Copa com mais da metade dos galhos quebrados.

A estimativa de carbono estocado nos fustes (C, ton ind⁻¹) foi calculada pela seguinte equação fornecida por Scolforo et al. (2008), específica para as sub-bacias hidrográficas do Rio Doce e do Rio Itapemirim: $Ln(C) = -12,0512356768 + 2,0283514596 Ln(DAP) + 1,2716425581 Ln(H)$; $\bar{R}^2 = 0,94$ e $S_{yx} = 39,88\%$.

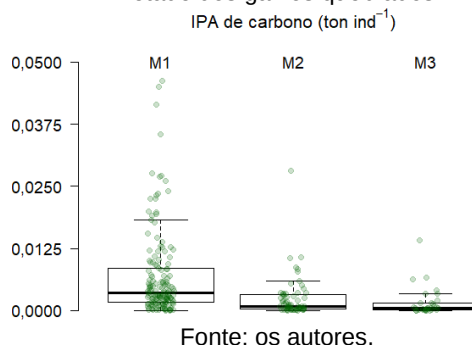
O Incremento Periódico Anual (IPA) do estoque de carbono foi calculado para todos os fustes, assumindo o intervalo inventariado de 2 anos.

Os dados de IPA de carbono foram submetidos à análise de inspeção gráfica por meio de Boxplot e ao teste não paramétrico de Kruskal-Wallis, seguido por post-hoc de Bonferroni. Para o diagnóstico de efeito estatístico significativo, adotou-se o nível de confiança de 95% de probabilidade. Todas as análises estatísticas foram efetuadas empregando o software R versão 4.1.3 (R CORE TEAM, 2022).

Resultados

O inventário florestal contemplou 689 fustes ha⁻¹ e 575 árvores ha⁻¹, amostrados em duas ocasiões. Os valores mínimos e máximos de DAP por fuste foram de 3,25 a 28,52 cm na primeira ocasião e de 3,82 a 30,24 cm na segunda ocasião. Os incrementos periódicos anuais do estoque de carbono estão discriminados na Figura 1; maiores dispersões foram observadas na categoria de árvores com presença de todos os galhos íntegros. Identificaram-se outliers superiores em todas as categorias de copa.

Figura 1 - Boxplot de Incremento Periódico Anual (IPA) de carbono para fustes com diferentes qualidades de copa em um fragmento de Mata Atlântica em fase de recuperação florestal. M1 = copa completa, com a presença de todos os galhos íntegros; M2 = copa com menos da metade dos galhos quebrados; e M3 = Copa com mais da metade dos galhos quebrados.



A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

O efeito estatístico significativo da qualidade de copa no incremento periódico anual do estoque de carbono foi evidenciado para os fustes inventariados (Tabela 1, $p \leq 0,05$). Árvores que exibiram copa completa durante a primeira ocasião de inventário demonstraram maior acúmulo anual de carbono do que aquelas com galhos quebrados. As estimativas de redução do incremento periódico anual de carbono em fuste com a quebra de galhos foram de 77,78% para M2 e de 86,11% para M3.

Tabela 1 - Medianas do Incremento Periódico Anual (IPA) de carbono para fustes com diferentes qualidades de copa em um fragmento de Mata Atlântica em fase de recuperação florestal.

Categorias de copa	IPA de carbono (ton ind ⁻¹)
M1 – Copa completa, com a presença de todos os galhos íntegros	0,0036 a
M2 – Copa com menos da metade dos galhos quebrados	0,0008 b
M3 – Copa com mais da metade dos galhos quebrados	0,0005 b

Medianas seguidas pela mesma letra não se diferenciaram estatisticamente entre si pelo post-hoc de Bonferroni ($p > 0,05$). Fonte: os autores.

Discussão

O crescimento da vegetação lenhosa do fragmento florestal demonstrou ser influenciado pela qualidade da copa. A variabilidade do incremento periódico anual do carbono estocado em fuste foi expressiva na categoria de copa completa. Tal resultado pode ser atribuído à ampla distribuição dessa categoria em diferentes classes de tamanho biométrico, tanto na primeira ocasião do inventário (3,31 a 28,52cm de DAP e 1,8 a 9,0m de H) como na segunda ocasião (4,42 a 28,97cm DAP e 1,9 a 13,0m de H).

Em contrapartida, observou-se que árvores com galhos quebrados não foram encontradas em dimensões maiores do que 14,55cm de DAP e 8m de altura na primeira ocasião e 17,83cm de DAP e 11m de altura na segunda ocasião. Esses resultados são indícios de que danos na copa podem limitar o crescimento e o estabelecimento vegetal próximo ao dossel florestal. Enfatiza-se que copas danificadas podem apresentar, em alguns casos, declínio da capacidade fotossintética devido a diminuição do índice de área foliar, comprometendo o alcance de maiores dimensões biométricas (ALVES *et al.*, 2021; TAIZ *et al.*, 2017).

O notável incremento periódico anual de carbono nos fustes das árvores com a copa inteira pode ser consequência da maior área de superfície foliar disponível para realizar a fotossíntese. Essa vantagem permite intensificar a captação de dióxido de carbono, contribuindo para o crescimento da planta (VALE *et al.*, 2014). Outros aspectos importantes a serem considerados são a saúde e vitalidade das árvores, pois a quebra de galhos expõe o tecido vegetal e o torna vulnerável à ação de organismos fitopatogênicos, estresses ambientais, pragas e doenças, prejudicando o sequestro de carbono e o acúmulo de biomassa (ALFENAS *et al.*, 2009).

Os resultados obtidos fornecem subsídios relevantes para o desenvolvimento de futuras pesquisas sobre a dinâmica de crescimento vegetal em povoamentos inequidanos. Medidas de manejo e práticas de conservação que visem minimizar danos à copa podem ser importantes para garantir a sustentabilidade e a produtividade do ecossistema florestal, além de contribuir para a captura e armazenamento eficiente de carbono, auxiliando nos esforços para combater as mudanças climáticas.

Conclusão

Árvores com copas completas, onde todos os galhos estão íntegros, demonstram maior potencial para o acúmulo de carbono em seus fustes. No fragmento florestal em recuperação estudado, copas com galhos quebrados implicaram em reduções de, aproximadamente, 77,78 a 86,11% do incremento periódico anual de carbono estocado em fuste.

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

Referências

ALFENAS, A. C.; ZAUZA, E. A. V.; MAFIA, R. G.; ASSIS, T. F. **Clonagem e doenças do eucalipto**, Viçosa: UFV, 2009. 500p.

ALVES, L. L.; MOTEIRO, E. M.; RIBEIRO, J. L. P.; MADUREIRA, N. F. S.; PENIDO, T. M. A.; VIEIRA, D. S.; LAFETÁ, B. O. Crown projection area of *Licania tomentosa* (Benth.) Fritsch (Chrysobalanaceae), estimated by linear regression. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 4, p. 40150-40159, 2021.

ARAÚJO, Y. R. V.; MOREIRA, Z. C. G.; DAS NEVES, A. I. Estoque de carbono e de biomassa em vegetação com diferentes estágios de regeneração e alterações antrópicas em área urbana. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v. 8, n. 2, p. 46-61, 2020.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. (2021). Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa. Brasília. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/>>. Acesso em 01 ago. 2023.

PEZZOPANE, J. E. M.; AMARAL, G. C.; PEZZOPANE, J. R. M.; MACHUCA, M. A. H.; NÓIA JÚNIOR, R. S. Spatial and seasonal variability of photosynthetically active radiation in the understory of a semi-deciduous seasonal forest. **Scientia Forestalis**, 50, e3855, 2022.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing. 2022.

SCOLFORO, J. R.; OLIVEIRA, A. D.; ARCEBI JÚNIOR, F. W. **Inventário florestal de Minas Gerais: equações de volume peso de matéria seca e carbono para diferentes fisionomias da flora nativa**. Lavras: UFLA, 2008. 216p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6.ed. Porto Alegre: Artmed. 2017. 888p.

TRINDADE, R. N. R.; LAFETÁ, B. O.; AGUIAR, V. F.; SILVA, A. G.; FERRARO, A. C.; PENIDO, T. M. A.; VIEIRA, D. S. Morfometria da copa de povoamento de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden x *E. urophylla* ST Blake em diferentes espaçamentos de plantio. **Scientia Forestalis**, v. 47, n. 121, p. 83-91, 2019.

VALE, A. B. DO; MACHADO, C. C.; PIRES, J. M. M.; VILAR, M. B.; COSTA, C. B.; NACIF, A. P. **Eucaliptocultura no Brasil: silvicultura, manejo e ambiência**. Viçosa: SIF, 2014. p. 161-186.

Agradecimentos

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais (IFMG) pelo apoio logístico e estrutural para a realização do presente projeto.