

## Estimativa da dinâmica de crescimento em floresta manejada no sudoeste da Amazônia

Jaquelyne Lins Januário<sup>(1)</sup>, Marcus Vinicio Neves d'Oliveira<sup>(2)</sup> e Luis Claudio de Oliveira<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Bolsista, Embrapa Acre, Rio Branco, AC. <sup>(2)</sup> Pesquisadores, Embrapa Acre, Rio Branco, AC.

**Resumo** – Com esse estudo estimou-se a dinâmica de crescimento em uma floresta manejada, nos termos de mortalidade, ingresso e biomassa seca acima do solo, após 5 e 10 anos da exploração, na Floresta Estadual do Antimary, Acre. Foram instaladas dez parcelas permanentes em unidade de produção anual explorada nos anos de 2013 e 2017, com quatro medições de indivíduos arbóreos realizadas em 2013, 2015, 2021 e 2023. A biomassa seca acima do solo foi estimada com base em equação desenvolvida para a área de estudo. Ao final do período, foi verificada redução de 80,9 Mg ha<sup>-1</sup> da biomassa da população. A média de biomassa do grupo de espécies comerciais variou de 99,9 Mg ha<sup>-1</sup> em 2013 a 80,8 Mg ha<sup>-1</sup> em 2021. A taxa de mortalidade da população variou de 5,30% em 2013 a 9,20% em 2023. Embora nem sempre tenha correlação com as operações florestais, eventos climáticos atípicos justificam essa tendência de redução na dinâmica de crescimento, indicando a necessidade de tratamentos silviculturais.

Termos para indexação: estoques de biomassa, manejo florestal, parcelas permanentes.

## Study of the forest growth dynamics of a managed forest on the southwestern Amazon

**Abstract** – In this work we studied the growth dynamics of a managed forest, in terms of mortality, entry and dry biomass above ground, before and 5 and 10 years after exploitation, in the Antimary State Forest, Acre. Ten permanent plots were installed in an annual production unit explored in 2013 and 2017, with four measurements of tree individuals carried out in 2013, 2015, 2021 and 2023. Dry biomass above ground was estimated based on an equation developed for the study area. At the end of the period, a reduction of 80.9 Mg ha<sup>-1</sup> in the population's biomass was observed. The average biomass of the group of commercial species ranged from 99.9 Mg ha<sup>-1</sup> in 2013 to 80.8 Mg ha<sup>-1</sup> in 2021. The population mortality rate ranged from 5.30% in 2013 to 9.20% in 2023. In addition to forestry operations, atypical weather events also contributed to the high mortality observed during the study period, indicating the need to adopt silvicultural treatments to promote forest growth.

Index terms: biomass stocks, forest management, permanent sample plots.

## Introdução

Mudanças no clima, uso da terra e perturbações, como incêndios florestais ou desmatamento, afetam os estoques de biomassa seca acima do solo (BSAS) em florestas tropicais. Essas mudanças possuem impactos significativos na capacidade do ecossistema de armazenar carbono e sua quantificação torna-se fundamental para avaliar a produtividade e a resiliência desses ecossistemas florestais (Oliveira et al., 2017; Pires, 2023).

A aplicação do manejo florestal sustentável (MFS) com técnicas de exploração de impacto reduzido (EIR), embora possua como premissa a diminuição dos impactos na floresta remanescente, altera a dinâmica de forma proporcional às características estruturais da floresta, intensidade de corte e técnicas de arraste e transporte utilizadas (Schwartz et al., 2014; Carvalho et al., 2017).

Uma forma eficaz de monitorar as alterações na dinâmica de crescimento em florestas tropicais é por meio de parcelas permanentes (PPs), utilizadas em estudos de longo prazo. O uso de parcelas permanentes possibilita realizar medições para obtenção de variáveis dendrométricas sobre composição florística, ingresso e mortalidade de indivíduos arbóreos, bem como aspectos fitossociológicos e qualitativos de florestas que corroboram para tomadas de decisão referentes ao sistema silvicultural aplicado (Silva et al., 2015). Em áreas de florestas públicas sobre regime de concessão, essas informações subsidiam políticas públicas de uso sustentável dos recursos florestais.

O objetivo deste estudo foi estimar a dinâmica de crescimento na Floresta Estadual do Antimary, Acre, após 5 e 10 anos de sua submissão ao MFS, e inferir se está respondendo de forma adequada às intervenções silviculturais aplicadas.

## Material e métodos

A Floresta Estadual do Antimary (FEA) fica localizada no município de Bujari, no estado do Acre (Figura 1), e possui uma área de 47 mil hectares, com predominância de vegetação tropical de floresta aberta com bambu e/ou aberta com palmeiras, floresta densa e, em alguns casos, do tipo aberta com dominância de bambu do gênero *Guadua* (Oliveira et al., 2012; Carvalho et al., 2017). Os solos que predominam são os Argissolos, mas há também a presença variada de outras classes, até mesmo em conjunto na mesma área. O clima é classificado como Awi (Köppen), com precipitação anual em

torno de 2.000 mm e temperatura média anual de 25 °C (Bardales et al., 2015; Carvalho et al., 2017).

Neste estudo foram utilizados dados coletados em dez parcelas permanentes instaladas na unidade de produção anual (UPA) 03 da FEA no ano de 2013. Logo após a instalação, cinco PPs foram afetadas por evento de exploração ainda em 2013, sendo reinstaladas e medidas em 2015, próximo do segundo evento de exploração, em 2017. Apenas três PPs não sofreram influência dos eventos de exploração. As medições foram realizadas nos anos de 2013, 2015, 2021 e uma nova remedição em julho de 2023. Distribuídas de forma sistemática, as parcelas de 1 ha (100 x 100 m) foram subdivididas em 100 subparcelas de 10 x 10 m (Silva et al., 2005). Cada espécie arbórea com diâmetro à altura do peito (DAP)  $\geq 10$  cm foi medida e plaquetada, tendo sido identificada em nível de espécie por parabolânicos, sempre que possível.

Dentro da amostra selecionada, foram considerados dois grupos de espécies: comerciais e não comerciais. Os dados de todas as medições são provenientes do banco de dados da Embrapa Acre. A dinâmica de crescimento da floresta foi avaliada pelos parâmetros: taxa de ingresso de indivíduos, mortalidade e BSAS. Para estimar a BSAS utilizando a variável diâmetro coletada para cada espécie, foi utilizada equação alométrica ajustada para a área de estudo e expressa em Mg ha<sup>-1</sup> (Melo, 2017).

$$R = \frac{R_{n+1}}{N}$$

$$M = \frac{1 - \left(\frac{N1}{N0}\right)}{T}$$

$$BSAS = \frac{DAP^{2,671} \times 0,064}{1.000}$$

em que

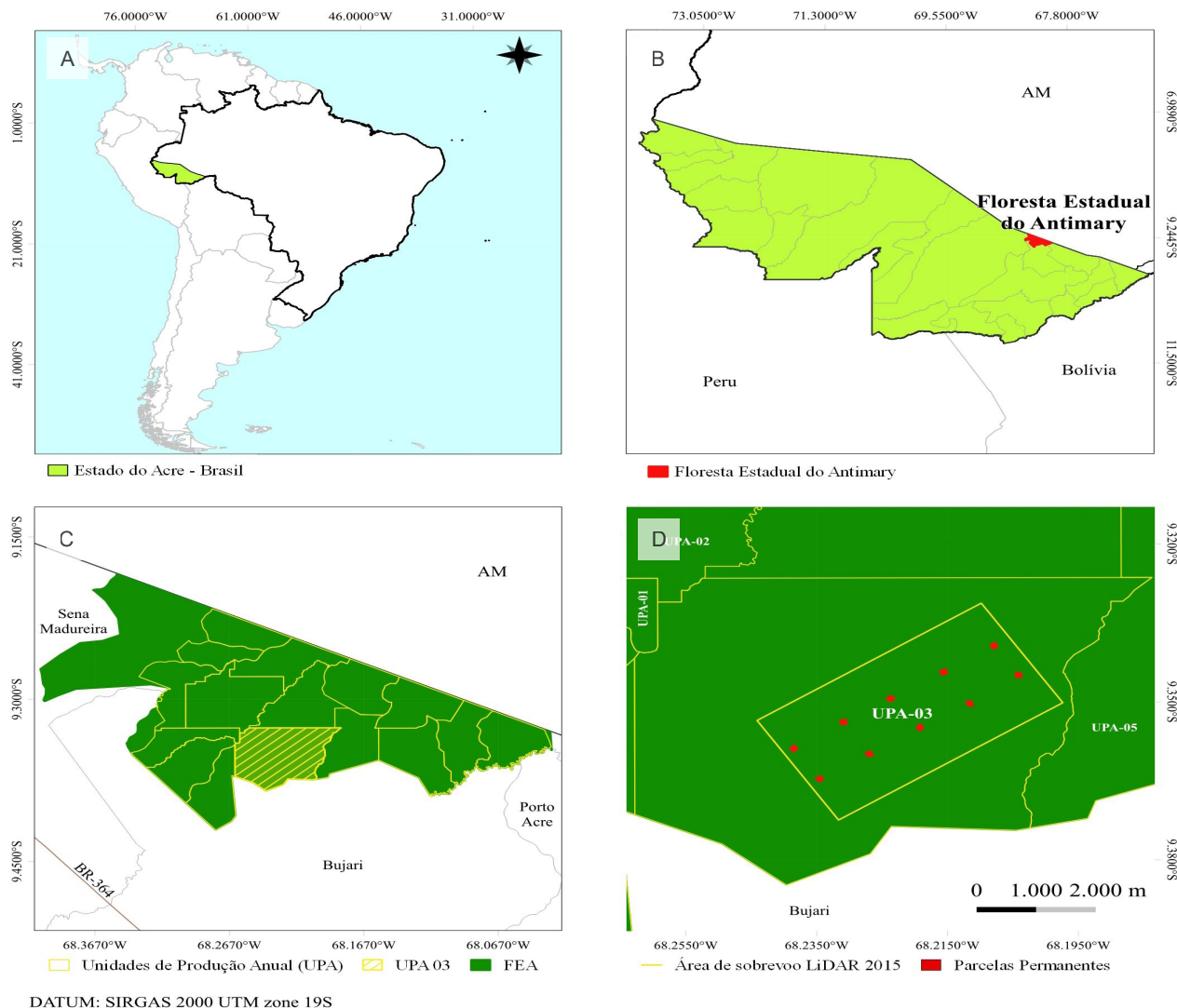
R = taxa de recrutamento.

R<sub>n+1</sub> = número de ingressos.

T = intervalo de medição em anos.

N0 e N1 = contagem da população inicial e final.

Uma linha de tendência foi traçada a partir das médias de biomassa por parcela, de forma a observar a influência dos dois eventos de exploração e de eventos atípicos naturais na dinâmica desses parâmetros. As análises estatísticas foram realizadas no software SAS Studio e Microsoft Excel.



**Figura 1.** Mapa de localização do Acre em relação à América do Sul (A), da Floresta Estadual do Antimary dentro do estado do Acre (B), divisão das unidades de produção anual (C) e localização das parcelas permanentes dentro da unidade de produção anual estudada (D).

Fonte: Adaptado de IBGE (2019) e dados georreferenciados de parcelas permanentes da Embrapa Acre a serem inseridos no Repositório de Dados de Pesquisa da Embrapa (Redape).

## Resultados e discussão

Em 2013, a população original da área consistia em 3.826 indivíduos, com redução para 3.595, 2.759 e 2.570, nas medições de 2015, 2021 e 2023, respectivamente. Logo após o primeiro evento de exploração (2013), a população apresentou taxa de mortalidade dentro do esperado de 5,30%, mas as medições subsequentes revelaram taxa de mortalidade de 9,20%, em que os efeitos da exploração já não possuem forte correlação. Quando ampliado o cenário para todo o período de estudo, observa-se taxa de mortalidade de 4,40%, dentro do esperado na literatura para florestas nativas, como demonstrado por Colpini et al. (2010) em Floresta Ombrófila

Aberta no estado do Mato Grosso; por Dionisio et al. (2017), em Paragominas, PA (3,20%), ainda abaixo do observado; e por Fagundes et al. (2020) na Flona Jamari, RO (11,80%), que possui condições topográficas, climatológicas e regime de exploração similares a FEA.

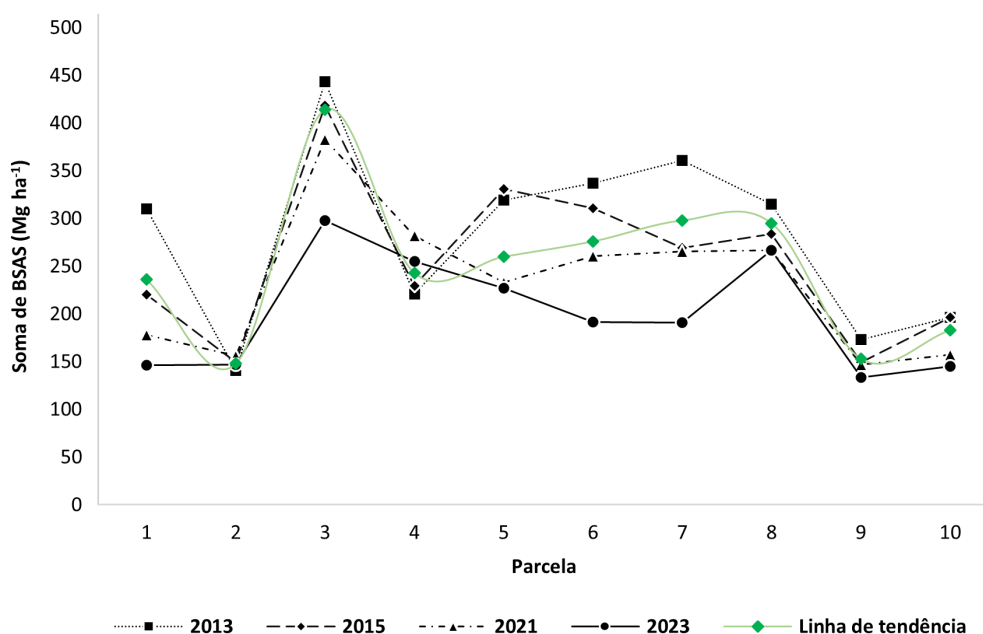
Parte dessa mortalidade ocorrida na FEA deve ser atribuída a eventos naturais e à competição por recursos. No entanto, é importante monitorar essa tendência ao longo do tempo para garantir a conservação da biodiversidade.

Em 2013, a média de biomassa foi  $281,8 \pm 29,2 \text{ Mg ha}^{-1}$  e ao final do período (2023)  $200,2 \pm 20,4 \text{ Mg ha}^{-1}$ . Essa redução de  $80,9 \text{ Mg ha}^{-1}$  na BSAS é superior à encontrada por Oliveira et al.

(2021) que identificaram perda média de 27,8 Mg ha<sup>-1</sup> para a FEA com a utilização de sensor remoto light detection and range (LiDAR). Embora significativa, essa perda de biomassa não pode ser correlacionada totalmente aos dois eventos de exploração. A média de BSAS das espécies comerciais variou de 99,9 Mg ha<sup>-1</sup> em 2013 para 80,8 Mg ha<sup>-1</sup> em 2021.

Quando comparadas as médias de BSAS obtidas nas quatro medições e avaliadas independentemente para as dez parcelas e traçadas linhas de tendência, é possível observar que de fato o aumento da mortalidade não pode ser atribuído à exploração (Figura 2). A PP 2 mantém estabilidade e ganhos ao longo do período de 5,8 Mg ha<sup>-1</sup>, entretanto a PP 4 que possuía comportamento similar de ganho sofre

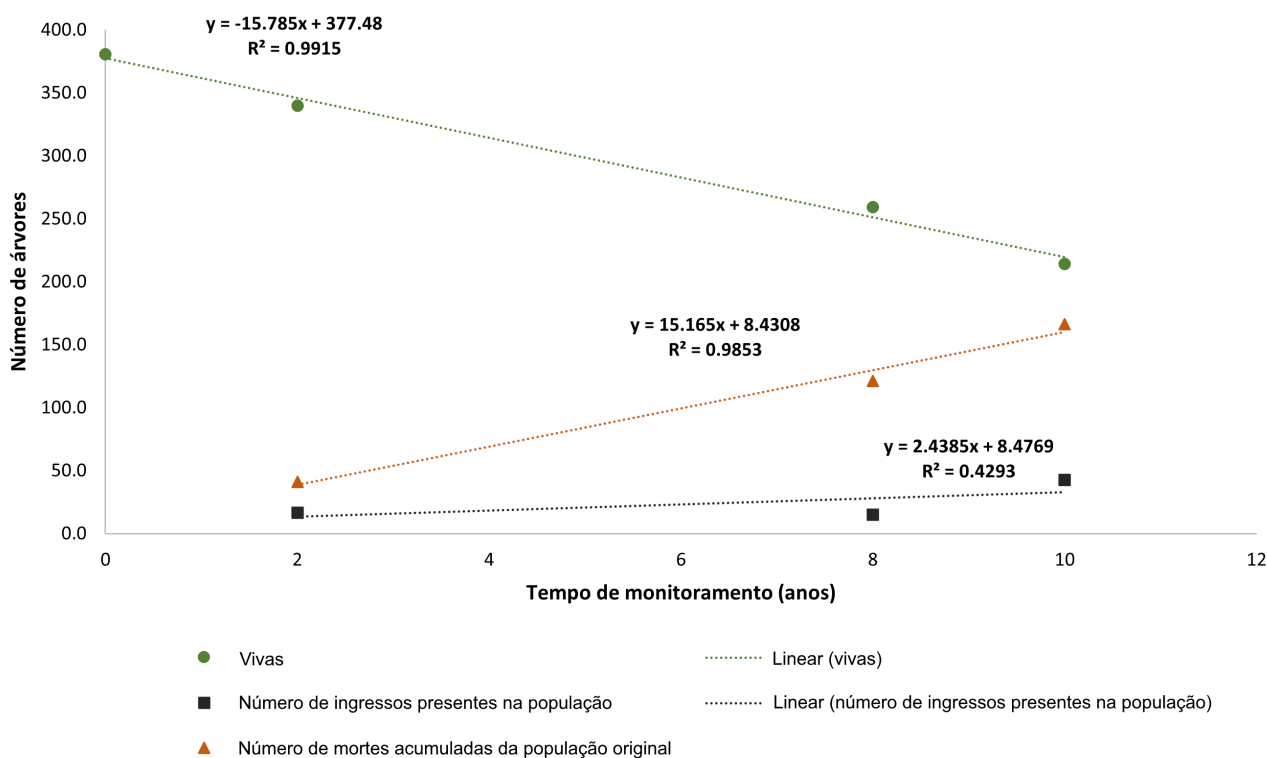
redução de BSAS entre 2021 e 2023, ambas sem relação com a exploração. As PPs 1, 7 e 8 exploradas em 2013 e a PP 9 explorada em 2017 apresentam comportamento de redução da biomassa ao longo do período. É importante destacar que as PPs 3, 6 e 7 apresentam aumento significativo de mortalidade entre as medições de 2021 e 2023, indicando evento atípico não relacionado com a exploração e que demanda mais investigações. A linha de tendência demonstra um incremento nos próximos anos para todas as PPs, exceto a PP 4. A análise sugere que para a floresta se recuperar e recompor seus estoques de biomassa será necessário um período mais longo do que os 10 anos observados até agora.



**Figura 2.** Média móvel da soma de biomassa seca acima do solo (BSAS), por parcela, ao longo dos 10 anos de monitoramento contínuo, na Floresta Estadual do Antimary, Acre.

No período de 2021 a 2023 a taxa de ingresso de indivíduos observada foi de 5,74%, superior às obtidas anteriormente de 2,20 e 0,30%, para 2015 e 2021, respectivamente. Esse resultado vai ao encontro do que se espera para florestas manejadas (acima de 2,00% de recrutamento), como constatado por Silva et al. (2015) em floresta densa de terra firme no Amazonas, com taxa de 4,70% similar

às encontradas neste estudo. Ao final do período de 5 e 10 anos foi observada taxa de ingresso de 1,10%. Os dados obtidos também demonstram que a dinâmica da população em termos de indivíduos sobreviventes (vivos), ingressantes e mortos está próxima de um ponto em que 50,00% da população original será substituída em pouco mais de 15 anos por seus ingressos (Figura 3).



**Figura 3.** Gráfico da dinâmica da população em termos de árvores sobreviventes, ingressantes e mortas, ao longo do período de estudo, na Floresta Estadual do Antimary, Acre.

## Conclusões

- 1) Após 5 e 10 anos, a floresta manejada apresentou taxa de mortalidade dentro do esperado, mas a alta mortalidade registrada entre 2021 e 2023 justifica maiores estudos.
- 2) A perda de biomassa média não pode ser atribuída exclusivamente à exploração, tendo em vista as reduções abruptas em períodos mais recentes que indicam ocorrência de evento natural atípico.
- 3) As taxas de recrutamento e mortalidade indicam um ponto ótimo (*turnover*) de pouco mais de 15 anos para a população da UPA 03.
- 4) É necessário prosseguir com o monitoramento contínuo da área e revisar o planejamento das operações florestais pensando na produtividade do próximo ciclo de corte e na resiliência da floresta.

## Agradecimentos

À Embrapa Acre, por meio do Fundo JBS pela Amazônia, pela concessão da bolsa de pesquisa, à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pela concessão da bolsa de incentivo para o desenvolvimento do projeto de dissertação e à equipe de campo pelo desenvolvimento das atividades de remediações das parcelas.

## Referências

BARDALES, N. G.; MOURA, D. C. de S.; SILVA, L. M. da; WADT, L. H. de O. Levantamento semi-detalhado e classificação de solos no Seringal Filipinas, Epitaciolândia, Acre. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 33., 2011, Uberlândia. **Solos nos biomas brasileiros: sustentabilidade e mudanças climáticas: anais**. Uberlândia: SBCE: UFU, ICIAG, 2011. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/904866>. Acesso em: 20 out. 2023.

CARVALHO, A. L. de; OLIVEIRA, M. V. N. d'; PUTZ, F. E.; OLIVEIRA, L. C. de. Natural regeneration of trees in selectively logged forest in western Amazonia. **Forest Ecology and Management**, v. 392, p. 36-44, May 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.02.049>.

COLPINI, C.; SILVA, V. S. M. e; SOARES, T. S.; HIGUCHI, N.; TRAVAGIN, D. P.; ASSUMPÇÃO, J. V. L. Incremento, ingresso e mortalidade em uma floresta de contato ombrófila aberta/estacional em Marcelândia, Estado do Mato Grosso. **Acta Amazonica**, v. 40, n. 3, p. 549-555, set. 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0044-59672010000300014>.

DIONISIO, L. F. S.; SCHWARTZ, G.; MAZZEI, L.; LOPES, J. do C.; SANTOS, G. G. A. dos, OLIVEIRA, F. de A. Mortality of stocking commercial trees after reduced impact logging in eastern Amazonia. **Forest Ecology and Management**, v. 401, p. 1-7, Oct. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.06.060>.

FAGUNDES, S. T. S.; SCCOTI, M. S. V.; LIMA, A. C. R.; JUNIOR, J. F. B.; BIAZATTI, S. C. Monitoramento da floresta a curto prazo em área de concessão florestal na Amazônia Ocidental. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 11, n. 5, p. 55-62, ago./set. 2020. DOI: <https://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2020.005.0006>.

IBGE. **Geociências**: downloads: bases cartográficas contínuas. 2019. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/downloads-geociencias.html>. Acesso em: 18 ago. 2023.

MELO, A. W. F. de. **Alometria de árvores e biomassa florestal na Amazônia Sul-Ocidental**. 2017. 154 f. Tese (Doutorado em Ciências de Florestas Tropicais) – Programa de Pós-graduação em Ciências de Florestas Tropicais, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus.

OLIVEIRA, M. V. N. d'; FIGUEIREDO, E. O.; ALMEIDA, D. R. A. de; OLIVEIRA, L. C.; SILVA, C. A.; NELSON, B. W.; CUNHA, R. M. da; PAPA, D. de A.; STARK, S. C.; VALBUENA, R. Estimating forest biomass and identifying low-intensity logging areas using airborne scanning lidar in Antimary State Forest, Acre State, Western Brazilian Amazon. **Remote Sensing of Environment**, v. 124, p. 479-491, Sept. 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2012.05.014>.

OLIVEIRA, M. V. N. d'; OLIVEIRA, L. C.; ACUÑA, M. H. A.; BRAZ, E. M. Vinte anos monitorando a dinâmica de crescimento de uma floresta tropical explorada na Amazônia ocidental. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 37, n. 92, p. 493-502, out./dez. 2017. DOI: <https://doi.org/10.4336/2017.pfb.37.92.1398>.

OLIVEIRA, M. V. N. d'; REUTEBUCH, S. E.; MCGAUGHEY, R. J.; ANDERSEN, H. E. Impacts of selective logging on Amazon forest canopy structure and biomass with a LiDAR and photogrammetric survey sequence. **Forest Ecology and Management**, v. 500, 119648, Nov. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119648>.

PIRES, G. F. The forest is not yet lost. **Nature Climate Change**, v. 13, n. 7, p. 606-607, July 2023. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41558-023-01707-3>.

SCHWARTZ, G.; LOPES, J. C.; KANASHIRO, M.; MOHREN, G. M.; PEÑA-CLAROS, M. Disturbance level determines the regeneration of commercial tree species in the Eastern Amazon. **Biotropica**, v. 46, n. 2, p. 148-156, Mar. 2014. DOI: <https://doi.org/10.1111/btp.12096>.

SILVA, K. E. da; SOUZA, C. R. de; AZEVEDO, C. P. de; ROSSI, L. M. B. Dinâmica florestal, estoque de carbono e fitossociologia de uma floresta densa de terra-firme na Amazônia Central. **Scientia Forestalis**, v. 43, n. 105, p. 193-201, mar. 2015. Disponível em: <https://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr105.aspx>. Acesso em: 20 out. 2023.

SILVA, J. N. M.; LOPES, J. do C. A.; OLIVEIRA, L. C. de; SILVA, S. M. A. da; CARVALHO, J. O. P. de; COSTA, D. H. M.; MELO, M. S.; TAVARES, M. J. M. **Diretrizes para instalação e medição de parcelas permanentes em florestas naturais da Amazônia brasileira**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2005. 68 p. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/954902>. Acesso em: 20 out. 2023.