



## **Estimativa da biomassa e estoque de carbono em povoamento de *Pinus* spp. de 45 anos de idade no sul do Brasil**

Guilherme Diego Fockink<sup>1</sup>  
Mariana Rigueira da Costa Pereira<sup>1</sup>  
Norton Borges Junior<sup>1</sup>  
Mauro Valdir Schumacher<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Santa Maria (E-mail: [guilhermefockink@gmail.com](mailto:guilhermefockink@gmail.com))

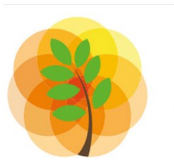
**RESUMO:** *Considerando que os estoques de biomassa e carbono variam conforme o desenvolvimento dos povoamentos florestais o conhecimento acerca dessas estimativas em povoamentos de pinus com idade avançada torna-se importante. O objetivo deste estudo foi estimar a biomassa e o estoque de carbono do tronco em um povoamento de *Pinus* spp. com 45 anos de idade. O estudo foi realizado em um povoamento de *Pinus* spp. de 45 anos de idade em Santa Maria, RS. Foram mensuradas seis parcelas de 10 m x 30 m distribuídas sistematicamente, obtendo-se o diâmetro à altura do peito e a altura de 20% das árvores. A partir destes dados, a biomassa do tronco foi obtida pelo método não-destrutivo, com base no volume total e na densidade básica da madeira. O estoque de carbono foi calculado utilizando-se um fator de conversão de carbono. A biomassa e o carbono do fuste no povoamento de *Pinus* spp. com 45 anos de idade foram de 778,63 Mg ha<sup>-1</sup> e 370,66 Mg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, com um estoque médio de carbono de 8,24 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. A madeira de *Pinus* spp. em povoamentos com idade avançada tem um grande potencial para produção de biomassa e estoque de carbono.*

Palavras-chave: *estoque de carbono, biomassa, tronco, pinus*

### **Introdução**

Os povoamentos de *Pinus* spp. se destacam por sua elevada taxa de crescimento (Bellote et al., 2006), o que resulta em alta fixação de CO<sub>2</sub> na biomassa e, conseqüentemente, colabora com a mitigação dos gases de efeito estufa (Santos et al., 2019). Estudos tem destacado a madeira de *Pinus* spp. como o componente com os maiores percentuais de carbono fixado e de biomassa, funcionando como um dreno para o carbono (Santos et al., 2019; Watzlawick et al., 2013). Dessa forma, ressalta-se a importância de avaliar o estoque de carbono, especialmente em áreas florestais, devido ao armazenamento de maior quantidade desse elemento nas árvores e no solo (Balbinot et al., 2008).

Até o momento, poucos estudos quantificaram os estoques de carbono em povoamentos de pinus em idades avançadas, como é o caso de estudo realizado por Watzlawick et al. (2013) que avaliou a biomassa e o estoque de carbono em povoamentos de 32 anos de idade. Considerando que a biomassa e o estoque de carbono variam conforme o desenvolvimento da floresta, em função da idade (Sanquetta et al., 2014) e das condições locais (Balbinot et al., 2008), fica evidente a necessidade de aprimorar o conhecimento acerca dessas estimativas em povoamentos de pinus com idade mais avançada. Diante do exposto, o objetivo deste estudo foi estimar a biomassa e o estoque de carbono do tronco em um povoamento de *Pinus* spp. com 45 anos de idade em Santa Maria, RS.



## Material e métodos

A área de estudo está situada em um ecótono entre o Pampa e a Mata Atlântica, com predomínio de vegetação campestre e Floresta Estacional Decidual (IBGE, 2012). O clima da região, segundo a classificação de Köppen é subtropical úmido (Cfa) com verões quentes, temperatura média anual de 18,6°C e precipitação pluviométrica anual de 1815 mm (Alvares et al., 2013). O solo que predomina nesta área é do tipo Argissolo Vermelho Distrófico (Santos et al., 2018). O estudo foi realizado em um povoamento de *Pinus* spp., localizado em Santa Maria, RS, com área de 6,6 ha. O povoamento possui 45 anos de idade, não sendo manejado desde a implantação.

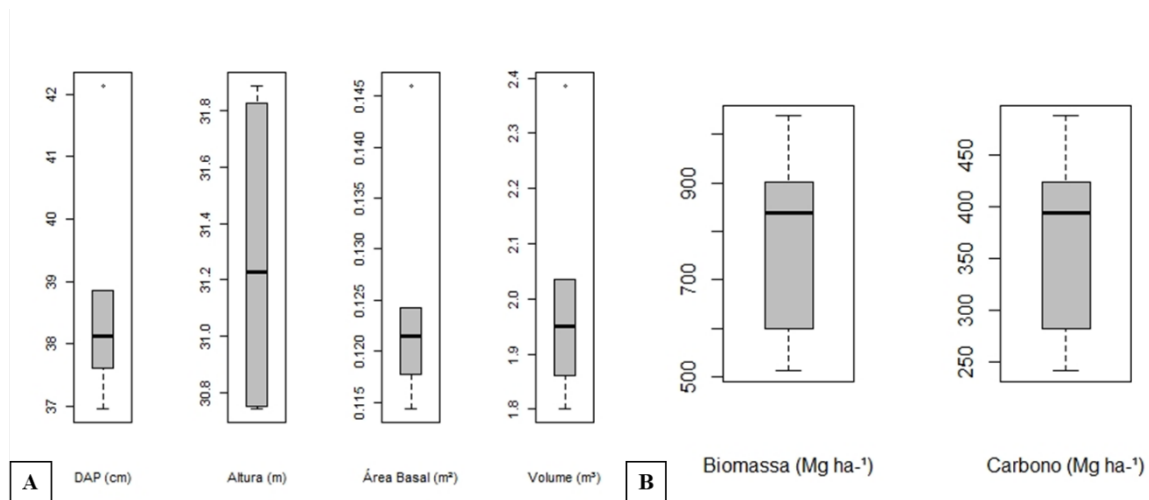
Foi realizada a medição em seis parcelas de 10 m x 30 m, distribuídas sistematicamente na área de estudo. Em cada parcela foram mensurados todos os indivíduos adultos, sendo obtido o diâmetro à altura do peito (DAP - 1,30 m acima do solo) e 20% das alturas (H) utilizando um hipsômetro Vertex. As demais alturas foram estimadas por equação de regressão hipsométrica:  $\ln(H) = 2,5820 + 0,2370 \cdot \ln(DAP)$ .

Foram calculados a área basal:  $g(m^2) = DAP^2 \cdot \pi / 40000$  e o volume:  $v(m^3) = g \cdot H \cdot f$ , sendo H = altura total (m); DAP = diâmetro obtido à altura do peito e f o fator de forma para *Pinus taeda* L. igual a 0,50 (Atanazio et al., 2018). A quantificação da biomassa do tronco foi realizada pelo método não-destrutivo, com base no volume total (v) e na densidade básica da madeira (dbm) para *Pinus* sp. = 0,435 g/cm<sup>3</sup> (Vivian et al., 2015) pela seguinte equação: biomassa (Mg ha<sup>-1</sup>) = v · dbm. Posteriormente, a estimativa do estoque de carbono (Mg ha<sup>-1</sup>) foi calculada com base nos valores de biomassa, utilizando-se um fator de conversão de carbono de 0,47 (IPCC, 2006).

As variáveis dendrométricas e as estimativas de biomassa e estoque de carbono do tronco foram submetidas a estatística descritiva, sendo calculados a média, desvio padrão e o coeficiente de variação. Todas as análises foram realizadas no software R.

## Resultados e discussão

Os valores obtidos para o DAP variaram de 36,95 m e 43,13 m, com valor médio de 38,63 ± 1,83 m. Para a altura os valores estimados variaram entre 30,74 m e 31,89 m, sendo o valor médio 31,28 ± 0,5 m. A área basal apresentou variação entre 0,1143 m<sup>2</sup> a 0,1460 m<sup>2</sup> (média = 0,1242 ± 0,0112 m<sup>2</sup>) e o volume apresentou valor de 1,800 m<sup>3</sup> a 2,386 (média = 1,997 ± 0,2071 m<sup>3</sup>) (Figura 1A). Os valores médios de biomassa e carbono foram de 778,63 ± 196,16 Mg ha<sup>-1</sup> e 370,66 ± 92,20 Mg ha<sup>-1</sup>, respectivamente (Figura 1B). Os valores de biomassa variaram de 512,5 Mg ha<sup>-1</sup> a 1037,8 Mg ha<sup>-1</sup>, enquanto os valores de carbono variaram de 240,9 Mg ha<sup>-1</sup> a 487,8 Mg ha<sup>-1</sup> entre as parcelas. Os coeficientes de variação obtidos para as variáveis dendrométricas, biomassa e carbono foram menores que 25%, indicando que o conjunto de dados analisados é homogêneo.



**Figura 1.** Estatística descritiva das variáveis dendrométricas (A) e da biomassa e estoque de carbono no fuste (B) de um povoamento de *Pinus* spp. com 45 anos de idade.

Ao analisar povoamentos de *Pinus taeda* com diferentes idades, Watzlawick et al. (2013) verificaram que a madeira é o componente que mais contribui para biomassa e o estoque de carbono, sendo estes afetados pela área basal, volume, número de árvores por hectare e local. Os autores observaram maior rendimento de biomassa e estoque de carbono em povoamento de 21 anos e com 440 árvores ha<sup>-1</sup>, com valores de 273,34 Mg ha<sup>-1</sup> e 114,49 Mg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Schumacher et al. (2002) quantificaram a biomassa e o estoque de carbono para *Pinus taeda* e encontraram respectivamente 264,00 Mg ha<sup>-1</sup> e 115,81 Mg ha<sup>-1</sup> para a idade de 20 anos, com base em 300 árvores ha<sup>-1</sup>. Considerando os valores médios encontrados no povoamento com 45 anos de idade neste estudo, que foram 778,63 Mg ha<sup>-1</sup> e 370,66 Mg ha<sup>-1</sup> de biomassa e estoque de carbono, com base em 900 árvores ha<sup>-1</sup>, percebe-se que à medida em que aumenta a densidade de plantas temos um aumento no volume de madeira e, conseqüentemente, aumento de biomassa e no estoque de carbono.

Os resultados encontrados no povoamento avaliado neste estudo indicam um estoque de carbono na ordem de 8,24 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, considerando apenas a biomassa do tronco, sem levar em conta o carbono estocado em outros compartimentos. Santos et al. (2019) encontraram 7,03 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de estoque de carbono para *Pinus elliottii* com 19 anos de idade, considerando a biomassa da madeira, valor próximo ao verificado neste estudo.

No intuito de integrar projetos de crédito de carbono, o planejamento florestal deve levar em consideração uma gestão adequada, o aspecto ecológico do estoque de carbono, bem como a finalidade da matéria-prima para a definição de práticas de manejo adequadas (Watzlawick et al., 2013). No caso do pinus, que é utilizado na indústria principalmente para produção de sólidos de madeira, a condução de povoamentos com ciclos mais longos pode ser uma alternativa tanto para a obtenção de matéria-prima para estes fins, como para aumentar os estoques de biomassa e carbono.



## Conclusão

A biomassa e o carbono do fuste no povoamento de *Pinus* spp. com 45 anos de idade foram de 778,63 Mg ha<sup>-1</sup> e 370,66 Mg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, e um estoque médio de carbono de 8,24 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. A madeira de *Pinus* spp. em povoamentos com idade avançada tem um grande potencial para produção de biomassa e estoque de carbono.

## Referências bibliográficas

- ALVAREZ, C. A.; STAPE, J. L.; CENTELHA, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVECK, G. Koppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.
- ATANAZIO, K. A.; VUADEN, E.; KREFTA, S. M.; KLEIN, D. R.; SCHORR, L. P. B.; SOUZA, I. A.; GORENSTEIN, M. R.; PEREIRA, H. M. L. Fator de forma artificial para *Pinus taeda* L. em um povoamento localizado em Enéas Marques, PR. *Acta Biológica Catarinense*, v. 5, n. 1, p. 65-71, 2018.
- BALBINOT, R.; VALÉRIO, A. F.; SANQUETTA, C. R.; CALDEIRA, M. V. W.; SILVESTRE, R. Estoque de carbono em plantações de *Pinus* spp. em diferentes idades no sul do estado do Paraná. *Revista Floresta*, v. 38, n. 2, p. 317-324, 2008.
- BELLOTE, A. F. J.; DEDECEK, R. A.; LAVORANTI, O. J.; TOMAZELLO FILHO, M. C.; ANDRADE, G. C. Acúmulo de carbono no *Pinus taeda* estimado pela densitometria de raios X e análise de tronco. *Pesquisa Florestal Brasileira*, v. 53, p. 137-154, 2006.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Manual técnico da vegetação brasileira. Rio de Janeiro: IBGE, Diretoria de Geociências, 2012. 271p.
- IPCC. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories - Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use - Chapter 4: Forest Land. Intergovernmental Panel on Climate Change, 2006.
- SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAUJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. Sistema brasileiros de classificação de solos. 5 ed. Brasília, DF: Embrapa, 2018, 356 p.
- SANTOS, K. F.; SCHUMACHER, M. V.; LUDVICHAK, A. A.; FRANTZ, B. C.; MACHADO, L. M.; BELLÉ, P. A. Biomassa em *Pinus elliottii* Engelm: um dreno para o carbono. *Revista de Engenharia e Tecnologia*, v. 11, n. 1, p. 50-56, 2019.
- SANQUETTA, C. R.; BEHLING, A.; DALLA CORTE, A. P.; SIMON, A.; PSCHIEDT, H.; RUZA, M. S.; MOCHIUTTI, S. Estoques de biomassa e carbono em povoamentos de acácia negra em diferentes idades no Rio Grande do Sul. *Scientia Forestalis*, v. 42, n. 103, p. 361-370, 2014
- SCHUMACHER, M. V. Estoque de carbono em florestas de *Pinus taeda* L. e *Acacia mearnsii* De Wild. plantadas no estado do Rio Grande do Sul, Brasil. In: Sanquetta, C. R. (Ed.). *As florestas e o carbono*. Curitiba: UFPR, 2002. p. 141-152
- VIVIAN, M. A.; SEGURA, T. E. S.; BONFATTI JÚNIOR, E. A.; SARTO, C.; SCHIMIDT, F.; SILVA JÚNIOR, F. G.; GABOV, K.; FARDIM, P. Qualidade das madeiras de *Pinus taeda* e *Pinus sylvestris* para a produção de polpa celulósica kraft. *Scientia Forestalis*, v. 43, n. 105, p. 183-191, 2015.
- WATZLAWICK, L. F.; CALDEIRA, M. V. W.; GODINHO, T. O.; BALBINOT, R.; TRAUTENMÜLLER, J. W. Aboveground stock of biomass and organic carbon in stands of *Pinus taeda* L. *Cerne, Lavras*, v. 19, n. 3, p. 509-515, 2013.

