

ÍNDICES DE COMPETIÇÃO INDEPENDENTES DA DISTÂNCIA EM UM FRAGMENTO DE MATA ATLÂNTICA

Milene Alves dos Santos ¹; Nívea Fransuelli da Silva Madureira ²; Ivelton Alves Pimenta ³; Ivan da Costa Ilhéu Fontan ⁴; Bruno Oliveira Lafetá ⁵

1 Milene Alves dos Santos, Bolsista CNPq, Engenharia Florestal, IFMG, São João Evangelista – MG; milenesantoskp@gmail.com

2 Nívea Fransuelli da Silva Madureira, Bolsista CNPq, Engenharia Florestal, IFMG, São João Evangelista – MG; niveasmadureira@gmail.com

3 Ivelton Alves Pimenta, Engenharia Florestal, IFMG, São João Evangelista – MG; iveltonalves@gmail.com

4 Coordenador: Ivan da Costa Ilhéu Fontan, Campus São João Evangelista; ivan.fontan@ifmg.edu.br

5 Orientador: Bruno Oliveira Lafetá, Campus São João Evangelista; bruno.lafeta@ifmg.edu.br

RESUMO

O objetivo do presente trabalho foi avaliar índices de competição independentes da distância e apresentar o mais indicado para representar a competitividade em um fragmento de Mata Atlântica sob recuperação florestal. O estudo foi conduzido em um fragmento de 2,53ha no município de São João Evangelista-MG, área pertencente ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais. O inventário florestal consistiu no lançamento de uma parcela experimental de 8.000 m² (intensidade amostral de 31,62%), dividida em 20 setores quadrado de 400m². Foram coletadas informações de DAP, altura e volume de todas as fustes. Calcularam-se três índices de competição independentes da distância. Estabeleceram-se relações funcionais para a estimativa volumétrica utilizando isoladamente cada índice de competição como variável preditora. A análise de regressão foi realizada através do método iterativo de Levenberg-Marquardt, com o ajuste do modelo logístico de três parâmetros. A seleção do índice ideal para todo o banco de dados se fundamentou em análise estatística e biológica de desvios e comportamento de curvas volumétricas. As análises estatísticas foram efetuadas com auxílio dos softwares Microsoft Excel e R. Os coeficientes de todas as equações geradas foram significativos ($p \leq 0,05$). O comportamento sigmoidal das curvas de volume foi evidenciado para os índices de competição independentes da distância. Verificou-se que o volume tendeu ao aumento à medida que reduziu a competição, ou seja, aumentou o valor dos índices de competição. A modelagem com uso do índice de competição IC3 para a estimativa volumétrica exibiu resíduos padronizados mais próximos ao eixo das abscissas e menos desvios, demonstrando melhor qualidade preditiva. Enfatiza-se que este índice se baseia nos atributos biométricos DAP e altura, preditores usuais na modelagem volumétrica de árvores. Conclui-se que o índice de competição IC3 é eficiente para a estimativa volumétrica de árvores do fragmento de Mata Atlântica em recuperação florestal estudado. Índices de competição independentes da distância podem fornecer informações para a quantificação biométrica de árvores.

INTRODUÇÃO:

O planejamento da produção sustentável de recursos florestais deve considerar as peculiaridades inerentes ao ecossistema. O estoque de crescimento reflete os efeitos cumulativos da competição, influenciado pelas condições de sítio (YANG; HUANG, 2018; LUSTOSA JÚNIOR et al., 2019; VERSACE et al., 2019). Todavia, as relações competitivas entre árvores não estão completamente esclarecidas para uma floresta natural (HUI et al., 2019), sobretudo, que se encontra em fase de recuperação.

A competição é um fenômeno complexo e convencionalmente resumida na forma de um índice, cujo propósito é o de facilitação de interpretações sobre a dinâmica de crescimento florestal (HILL et al., 2016; SHARMA; BRUNNER, 2016; QUIÑONEZ-BARRAZA et al., 2018; MINATTI et al., 2019), definição de intervenções silviculturais (SHARMA et al., 2019; HESS et al., 2020) e técnicas de enriquecimento.

Os índices de competição são relações algébricas usadas para representação do efeito da quantidade de recursos disponíveis para uma árvore em relação a outras competidoras (COSTA et al., 2018). Logo, são úteis para a quantificação de competitividade em um dado ambiente, normalmente, calculados para cada árvore em uma formação lenhosa (VATRAZ et al., 2016; MA et al., 2017; COSTA et al., 2018; MINATTI et al., 2019).

A maioria das pesquisas sobre o comportamento da competição de árvores é voltada para povoamentos equiâneos monoespecíficos (SHARMA; BRUNNER, 2016; LUSTOSA JÚNIOR et al., 2019; HESS et al., 2020). Ainda, são poucos trabalhos sobre competitividade entre árvores em ambientes de maior heterogeneidade, como florestas naturais (LUSTOSA JÚNIOR et al., 2019).

Logo, o objetivo do presente trabalho foi avaliar índices de competição independentes da distância e apresentar o mais indicado para representar a competitividade em um fragmento de Mata Atlântica sob recuperação florestal.

METODOLOGIA:

O trabalho foi conduzido no município de São João Evangelista – MG, em área do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais. O clima da região é do tipo Cwa pela classificação do sistema internacional de Köppen. As médias anuais de temperatura e precipitação são de 20,2° C e 1.377 mm, respectivamente.

O fragmento de Mata Atlântica possui 2,53 ha e se encontra em fase de recuperação florestal desde novembro de 2013. A vegetação original de Mata Atlântica foi convertida para sucessivos monocultivos de *Coffea arabica* L. por período de, aproximadamente, 10 anos. O tipo de solo predominante é o Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico com o horizonte A proeminente e a 690 m de altitude.

O inventário florestal foi realizado aos 80 meses após início da recuperação do fragmento de Mata Atlântica, sendo lançada uma parcela experimental retangular de 100 x 80 m (8.000 m², equivalente a uma intensidade amostral de 31,62%) no centro e representativa da área de estudo, dividida em 20 setores quadrados de 20 x 20 m (400 m²). 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.

O diâmetro à 1,30 m de altura do solo (DAP, cm) foi calculado pela relação entre (CAP) e o valor de π (3,141592654...). Adotou-se o diâmetro equivalente (DAPEQ) para as árvores com bifurcação. A altura (H, m) foi obtida pelo método de superposição de ângulos iguais. Para a estimativa volumétrica total (V, m³), foi empregada a seguinte equação conforme Cetec (1995), para mata secundária:

$$V = 0,000074 DAP^{1,707348} H^{1,16873}, R^2 = 97,3\%$$

Calcularam-se três índices de competição independentes da distância conhecidos no setor florestal (Tabela 1). Estabeleceram-se relações funcionais para a estimativa volumétrica utilizando isoladamente cada índice de competição como variável preditora. A análise de regressão foi realizada através do método iterativo de Levenberg-Marquardt, com o ajuste do modelo logístico de três parâmetros.

$$V = \frac{\alpha}{1 + \beta e^{-\gamma IC}} + \varepsilon$$

Em que: V = volume (m³); IC = índice de competição; α , β e γ = parâmetros do modelo logístico; e = constante neperiana; e ε = erro aleatório.

Tabela 1. Índices de competição independentes da distância testados para um fragmento de Mata Atlântica em recuperação florestal.

Índice	Expressão	Interpretação
IC ₁	$IC_1 = \frac{DAP_i^2}{DAP_j^2}$	Quanto menor o índice, maior é a competição sobre a árvore objetivo.
IC ₂	$IC_2 = \frac{H_i}{\bar{H}}$	Quanto menor o índice, maior é a competição sobre a árvore objetivo.
IC ₃	$IC_3 = \frac{DAP_i^2 H_i}{DAP^2 \bar{H}}$	Quanto menor o índice, maior é a competição sobre a árvore objetivo.

Em que: \overline{DAP} = média de DAP das árvores de setor (cm); \bar{H} = média de altura das árvores de setor (m); i = i-ésima árvore-objetivo e; j = j-ésima árvore competidora.

A qualidade dos ajustes foi avaliada de acordo com a significância dos parâmetros pelo teste t, Média dos Desvios Absolutos (MDA), Raiz Quadrada do Erro Médio (RQEM) e coeficiente de correlação de Pearson (r). Para diagnóstico de efeito estatístico, foram empregados 1 e 5% de significância em todas as análises. Estas foram efetuadas com auxílio dos softwares Microsoft Excel® e R versão 3.5.2 (R CORE TEAM, 2018).

RESULTADOS E DISCUSSÕES:

As equações obtidas com o ajuste do modelo logístico para estimativa dos atributos biométricos se encontram na Tabela 2. Os coeficientes de todas as equações geradas foram significativos ($p \leq 0,05$). O maior valor de assíntota (representada por α) foi identificada com uso do índice de competição IC2. Foram selecionadas para as análises gráficas subsequentes (Figura 1) as duas equações que apresentaram menores desvios (Média dos desvios absolutos - MDA e Raiz quadrada do erro médio - RQEM) e maiores coeficientes de correlação.

Tabela 2. Coeficientes e estatísticas de qualidade do ajuste do modelo logístico para estimativa do volume de árvores em função do índice de competição para um fragmento de Mata Atlântica em recuperação florestal

Índice	α	β	γ	MDA	RQEM	r
IC1	0,169540**	19,617382**	0,884948**	0,0115	0,0200	0,8640**
IC2	0,191811**	597,003382*	4,168464**	0,0147	0,0270	0,8521**
IC3	0,164145**	16,789404**	0,685989**	0,0109	0,0185	0,8852**

*, ** significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste t , respectivamente; MDA = média dos desvios absolutos; RQEM = Raiz Quadrada do Erro Médio e; r = coeficiente de correlação de Pearson.

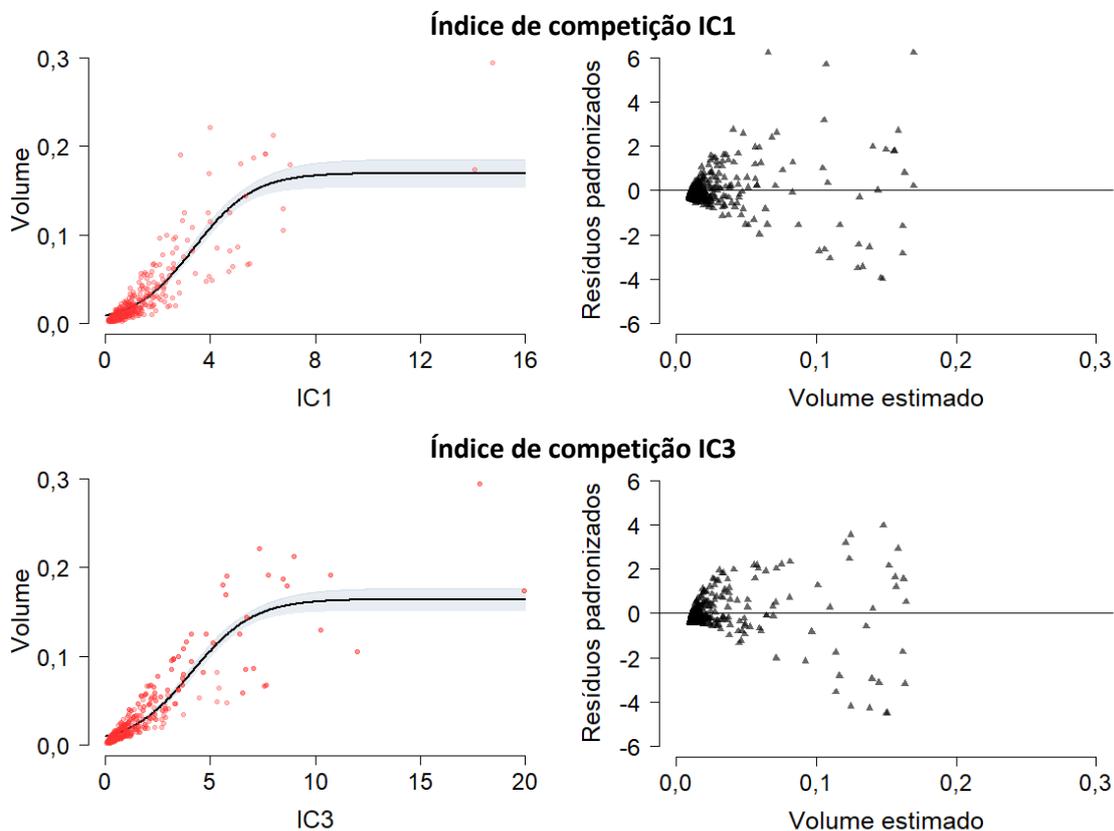


Figura 1. Curvas de volume individual (m^3) de árvores em função de índices de competição obtidas com ajuste do modelo logístico à esquerda e distribuições dos resíduos padronizados à direita. As margens de confiança foram construídas ao nível de confiança de 95% de probabilidade. Vermelho = valores observados de volume.

As equações selecionadas para a estimativa volumétrica de árvores do fragmento de Mata Atlântica em recuperação florestal se fundamentaram no uso índices de competição IC1 e IC3 como variáveis preditoras. O comportamento sigmoidal das curvas de volume foi evidenciado para ambos os índices de competição independentes da distância. Observou-se que o volume tendeu ao aumento à medida que reduziu a competição, ou seja, aumentou o valor dos índices de competição. Esta afirmação está condizente com o esperado biologicamente (VATRAZ et al., 2016; MA et al., 2017; COSTA et al., 2018; MINATTI et al., 2019). A modelagem com uso do índice de competição IC3 para a estimativa volumétrica exibiu resíduos padronizados mais próximos ao eixo das abscissas, demonstrando melhor qualidade preditiva. Enfatiza-se que este índice se baseia nos atributos biométricos DAP e altura, preditores usuais na modelagem volumétrica de árvores.

Diante da complexidade envolvida no estabelecimento de relações funcionais entre produtividade e aspectos competitivos (TAIZ; ZEIGER, 2013), a precisão das equações foi considerada satisfatória. Modelos lineares simples são rotineiramente ajustados para a estimativa biométrica a partir de índices de competição como variáveis preditoras (CANHAM et al., 2004; CASTRO et al., 2014; TENZIN et al. 2017). Entretanto, os resultados obtidos mostraram comportamento não linear (sigmoidal) entre biometria volume e competitividade.

CONCLUSÕES:

O índice de competição IC3 é eficiente para a estimativa volumétrica de árvores do fragmento de Mata Atlântica em recuperação florestal estudado.

Índices de competição independentes da distância podem fornecer informações para a quantificação biométrica de árvores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- CANHAM, C. D.; LEPAGE, P. T.; COATES, K. D. A neighborhood analysis of canopy tree competition: effects of shading versus crowding. **Canadian Journal of Forest Research**, v. 34, n. 4, p. 778-787, 2004.
- CASTRO, R.; SOARES, C.; LEITE, H. G.; SOUZA, A.; MARTINS, F.; NOGUEIRA, G. S.; SILVA, M. O. F. Competição em nível de árvore individual em uma floresta estacional semidecidual. **Silva Lusitana**, v. 22, n. 1, p. 43-66, 2014.
- CETEC. **Desenvolvimento de equações volumétricas aplicáveis ao manejo sustentado de florestas nativas do estado de Minas Gerais e outras regiões do país**. Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1995. 295p.
- COSTA, E. A.; FINGER, C. A. G.; HESS, A. F. Competition indices and their relationship with basal area increment of Araucaria. **Journal of Agricultural Science**, v. 10, n. 5, p. 198-210, 2018.
- HESS, A. F.; MINATTI, M.; COSTA, E. A.; SCHORR, L. P. B.; ROSA, G. T.; SOUZA, I. A.; BORSOI, F. A.; LIESENBERG, V.; STEPKA, T. F.; ABATTI, R. Height-to-diameter ratios with temporal and dendro/morphometric variables for Brazilian pine in south Brazil. **Journal of Forestry Research**, v. 1, p. 1-12, 2020.
- HILL, S.; LATIFI, H.; HEURICH, M.; MÜLLER, J. Individual-tree and stand-based development following natural disturbance in a heterogeneously structure forest: a LiDAR-based approach. **Ecological Informatics**, v. 38, p. 12-25, 2016.
- HUI, G.; ZHANG, G.; ZHAO, Z.; YANG, A. Methods of forest structure research: a review. **Current Forestry Reports**, v. 5, p. 142-154, 2019.
- LUSTOSA JÚNIOR, I. M.; CASTRO, R. C. O.; GASPARG, R. O.; ARAÚJO, J. B. C. N.; AQUINO, F. G. Competition indexes to evaluate tree growth in a semi-deciduous seasonal forest. **Floresta e Ambiente**, v. 26, n. 4, p. 1-12, 2019.
- MA, Q.; SU, Y.; TAO, S.; GUO, Q. Quantifying individual tree growth and tree competition using bi-temporal airborne laser scanning data: a case study in the Sierra Nevada Mountains, California. **International Journal of Digital Earth**, v. 11, n. 5, p. 485-503, 2017.
- MINATTI, M.; SANQUETTA, C. R.; NETTO, S. P.; CORTE, A. P. D. Índices de competição dependentes da distância para *Araucaria angustifolia* em São João do Triunfo – PR. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, v. 13, n. 3, p. 187-194, 2019.
- QUIÑONEZ-BARRAZA, G.; ZHAO, D.; POSADAS, H. M. S.; CORRAL-RIVAS, J. J. Considering neighborhood effects improve individual dbh growth models for natural mixed-species forest in Mexico. **Annals of Forest Science**, v. 75, n. 78, p. 1-11, 2018.
- R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2018.
- SHARMA, R. P.; BRUNNER, A. Modeling individual tree height growth of Norway spruce and Scots pine from national forest inventory data in Norway. **Scandinavian Journal of Forest Research**, v. 32, n. 6, p. 501-514, 2016.
- SHARMA, R. P.; ŠTEFANČÍK, I.; VACEK, Z.; VACEK, S. Generalized nonlinear mixed-effects individual tree diameter increment models for beech forests in Slovakia. **Forests**, v. 10, n. 5, p. 1-24, 2019.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5 ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 954p.
- TENZIN, J.; TENZIN, K.; HASENAUER, H. Individual tree basal area increment models for broadleaved forests in Bhutan. **Forestry**, v. 90, p. 367-380, 2017.
- VATRAZ, S.; ALDER, D.; SILVA, J. N. M. Índices de competição dependentes da distância do estrato arbóreo na Amazônia brasileira. **Espacios**, v. 37, n. 27, p. 1-11, 2016.

VERSACE, S.; GIANELLE, D.; FRIZZERA, L.; TOGNETTI, R.; GARFI, V.; DALPONTE, M. Prediction of competition indices in a Norway spruce and silver fir-dominated forest using LiDAR data. **Remote Sensing**, v. 11, p. 18, 2019.

YANG, Y.; HUANG, S. Effects of competition and climate variables on modelling height to live crown for tree boreal tree species in Alberta, Canada. **European Journal of Forest Research**, v. 137, p. 153-167, 2018.