

## II Workshop da Pós Graduação

### Capítulo 4

# ÍNDICES DE COMPETIÇÃO PARA ÁRVORES INDIVIDUAIS DE MOGNO AFRICANO

Cássio Strassburger de Oliveira<sup>1</sup>;  
Christian Dias Cabacinha<sup>2</sup>;

<sup>1</sup>Eng. Florestal, Mestrando do Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais da Universidade Federal de Minas Gerais, e-mail: cassios.deoliveira@hotmail.com; <sup>2</sup>Professor Doutor do Mestrado em Ciências Florestais da Universidade Federal de Minas Gerais.

**Resumo:** A competição entre plantas inicia quando os recursos necessários para seu crescimento decrescem abaixo da demanda. Como forma de quantificar essa competição, foram elaborados índices que consideram, ou não, a distância entre as árvores. O objetivo deste trabalho foi avaliar índices de competição em um povoamento de *Khaya* spp. Se utilizou um inventário sistemático e contínuo, com parcelas remeidas a cada 12 meses, a classificação de sítio obtida por Oliveira (2021) e a probabilidade de mortalidade por classe diamétrica. Foi elaborada uma matriz de correlação de Spearman, por classe de sítio, sendo observada correlação significativa ( $p < 0,05$ ) entre os índices de competição, as variáveis dendrométricas (dap e ht) e a variável de crescimento em diâmetro ( $\Delta d$ ), em todos os sítios. De acordo com os critérios de avaliação, não houve um único índice que foi o mais correlacionado com todas as variáveis. No entanto, existiram aqueles que se destacaram em uma ou outra variável. O IC5 apresentou melhor relação com os sítios I e III e com as variáveis idade, probabilidade de mortalidade, área seccional e incremento em diâmetro.

**Palavras-chave:** *Khaya* spp.; competição; sítio.

**Abstract:** Competition between plants begins when the resources needed for their growth decrease below demand. As a way to quantify this competition, indexes were elaborated that consider, or not, the distance between the trees. The objective of this work was to evaluate competition indices in a settlement of *Khaya* spp. A systematic and continuous inventory was used, with plots remeasured every 12 months, the site classification obtained by Oliveira (2021) and the probability of mortality by diametric class. A Spearman correlation matrix was elaborated by site class, and a significant correlation ( $p < 0,05$ ) was observed between the competition indices, the dendrometric variables (dbh and th) and the growth variable in diameter ( $\Delta d$ ) in all sites. According to the evaluation criteria, there was not a single index that was the most correlated with all variables. However, there were those who excelled in one or another variable. The IC5 showed a better relationship with sites I and III and with the variables age, probability of mortality, cross-sectional area and increase in diameter.

**Keywords:** *Khaya* spp.; competition; site.

## Introdução

O crescimento individual das árvores é afetado por um conjunto de interações que levam em consideração sítio, idade, características genéticas (espécie), fatores ambientais e competição entre as árvores por recursos (BURKHART; TOMÉ, 2012). O nível de recursos disponíveis varia de acordo com os habitats em que a árvore cresce e, se as necessidades da árvore em relação a nutrientes, água ou luz, forem apenas parcialmente atendidas, esses fatores se tornarão os recursos limitantes (PEDERSEN et al., 2012). A competição entre plantas inicia-se quando os recursos necessários para seu crescimento decrescem

abaixo de sua demanda, afetando o seu crescimento, sendo caracterizada como uma interação negativa entre duas árvores.

A competição é uma variável quantitativa importante em modelos de crescimento e produção florestal, pois, em teoria, resume o ambiente geral de competição ou a influência dos vizinhos locais. No entanto, é difícil de ser mensurada, pois não se conhecem suas causas diretas, bem como a ligação entre a competição, a redução dos recursos disponíveis e a redução da taxa de crescimento (BURKHART; TOMÉ, 2012).

Na área florestal, e nos modelos de crescimento, a competição pode ser estimada por intermédio dos índices de competição, que permitem quantificar o nível competitivo de uma árvore (árvore-objeto) em relação ao de suas competidoras (DAVIS et al., 2005). E avalia o quanto o crescimento das árvores é influenciado por outras árvores à sua volta, em que, a zona de influência ao redor da árvore objeto determina a competição sobre ela (MARTINS et al., 2011; BURKHART; TOMÉ, 2012).

Os índices de competição são divididos em três categorias: (1) independentes da distância, que utilizam variáveis em nível de povoamento e dimensões iniciais da árvore-objeto; (2) dependentes da distância, que incorporam, além das variáveis mencionadas anteriormente, o número, as dimensões e a localização das árvores vizinhas ou competidoras com a árvore-objeto e (3) semi-independentes da distância, similares aos índices independentes; no entanto, as semi-independentes são computadas, considerando-se parcelas circulares ao redor da árvore-objeto (MARTINS et al., 2011).

Diante disso, o objetivo deste trabalho foi quantificar, comparar e selecionar índices de competição independentes da distância para um povoamento de *Khaya spp.*, situados na região norte do estado de Minas Gerais.

## Material e Métodos

O estudo foi desenvolvido em um povoamento de *Khaya spp.*, no município de Corinto, Minas Gerais. O povoamento possui 172,97 hectares e trata-se de um plantio seminal, com espaçamento de, aproximadamente, 5x5 metros (400 ind.ha<sup>-1</sup>). Os talhões foram definidos com base na idade de plantio e implantados sem critérios silviculturais básicos. A classificação climática do município é do tipo Aw, clima tropical de savana, segundo Koppen e Geiger, com ocorrência de restrições hídricas e má distribuição das chuvas.

Foram avaliadas 38 parcelas circulares de 1.018 m<sup>2</sup> (18 metros de raio), distribuídas de forma sistemática e com 212 metros entre si. O inventário florestal foi realizado de forma contínua e nos anos de 2018, 2019, 2020 e 2021. Ou seja, a cada 12 meses as parcelas foram remeidas.

Todas as árvores foram medidas à altura de 1,30 metros do solo (dap) com uma fita métrica e as alturas total e comercial dos indivíduos das duas fileiras centrais das parcelas foram tomadas com um dendrômetro de medição a laser, o CRITERION RD 1000. As alturas totais das demais árvores foram estimadas, por ano e por parcela.

A capacidade produtiva foi classificada por Oliveira (2021) através das relações de diâmetro dominante

definida pelo critério de Assman e idade, pelo fato de o povoamento em questão apresentar baixa competição entre os indivíduos. As classes de sítio foram definidas empregando-se o método da curva guia cuja equação resultante foi:

$$S = D_{dom} \frac{28,1353}{1+13,0808 \cdot \exp(0,03786 \cdot Id)} + \varepsilon$$

Foram consideradas três classes de produtividade, sendo a classe I, com índice de sítio S=34,5 cm, compreendendo diâmetros dominantes na idade índice de 32 a 37,0 cm; a classe II (S=29,5 cm) englobando diâmetros dominantes entre 27 a 32 cm; e a classe III (S=24,5 cm) envolvendo diâmetros dominantes de 22 a 27 cm. Portanto, as classes I, II e III representam uma produtividade alta, média e baixa, respectivamente.

## Índices de competição

Como o povoamento estudado possui um espaçamento regular, foram avaliados índices de competição de independentes da distância. Para cada árvore, em cada medição, foram calculados os cinco índices de competição independentes da distância (IC) descritos na Tabela 1.

**Tabela 1** - Índices de competição (IC) independentes da distância avaliados para árvores individuais de povoamento de *Khaya spp.*

Nº.	Formulação	Interpretação
IC1		Quanto menor o índice, maior é a competição sobre a árvore i. Ou, quanto maior o diâmetro da árvore i se distancia do diâmetro médio da parcela, para menos, maior é a competição sobre a mesma.
IC2		Quanto menor o índice, maior é a competição sobre a árvore i. Ou quanto mais a altura da árvore i se distancia da altura média da parcela, para menos, maior é a competição sobre a mesma.
IC3		Quanto menor o índice, maior é a competição sobre a árvore i. Ou, quando maior o diâmetro e a altura da árvore i se distanciam do diâmetro e altura médios da parcela, para menos, maior é a competição sobre a mesma.
IC4		Quanto menor o índice, maior é a competição sobre a árvore i. Ou, quanto menor o diâmetro da árvore i, maior é a competição sobre a mesma.
IC5		Quanto menor o índice, menor é a competição sobre a árvore i. Quanto menor o número de árvores que possuem área seccional maior que a árvore i, menor é a competição sobre a mesma.

Em que: IC1, IC2, IC3, IC4, IC5 = índices de competição; di = diâmetro à altura do peito da árvore-objeto (cm);  $\bar{d}$  = média aritmética dos diâmetros à altura do peito das árvores da unidade amostral (cm); q = diâmetro quadrático das árvores da unidade amostral (cm); gi = área transversal das árvores com dap maiores do que da árvore-objeto (m<sup>2</sup>); hi = altura da árvore-objeto (m);  $\bar{h}$  = média aritmética da altura das árvores da unidade amostral (m). Adaptado de Miranda (2016).

## Avaliação dos índices de competição

Para avaliar os índices de competição, foi elaborada uma matriz de correlação entre esses índices e as seguintes variáveis: diâmetro à altura do peito (dap), medido a 1,30 metros do nível do solo, altura total (ht),

crescimento em diâmetro ( $\Delta d$ ), crescimento em altura ( $\Delta h$ ), idade (anos), área seccional ( $m^2$ ) e probabilidade de mortalidade ( $P_m$ ). A significância estatística foi avaliada pelo teste t, a 95% de probabilidade.

Para a determinação do coeficiente de correlação a ser aplicado, as variáveis a serem correlacionadas foram submetidas ao teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov (5% de significância estatística). Sendo confirmada a normalidade das distribuições das variáveis, o coeficiente a ser usado será o de Pearson. Por outro lado, não sendo confirmada a normalidade das distribuições das variáveis envolvidas na matriz de correlação, o coeficiente a ser aplicado é o de Spearman. Aplicou-se ainda o teste de hipótese ( $\alpha=5\%$ ) para verificar se a correlação encontrada na amostra se estende à população.

A probabilidade de mortalidade foi calculada conforme a expressão (1). Para gerar estimativas anuais de mortalidade, foram utilizadas as árvores que morreram no período avaliado, conforme utilizado por Martins et al. (2011).

$$P_m = \frac{n_{j1} - n_{j2}}{\sum_{i=1}^j n_{j1}} \cdot 100 \quad (1)$$

Em que:  $P_m$  = probabilidade de mortalidade anual na classe diamétrica  $i$ ;  $n_{j1}$  = número de árvores vivas na  $j$ -ésima classe de diâmetro, no início do período;  $n_{j2}$  = número de árvores vivas na  $j$ -ésima classe de diâmetro no fim do período.

Considerando que cada parcela foi medida em todas as ocasiões, o número de árvores vivas e mortas foi determinado da seguinte forma: o número de árvores mensuradas no inventário em determinada idade foi considerado o número de árvores vivas; o número de árvores mortas foi calculado pela subtração do número de árvores mensuradas no inventário atual subtraída do número de árvores mensuradas no inventário posterior.

Todos os cálculos e análises estatísticas foram realizados utilizando os programas Microsoft Office Excel e R versão 4.1.1 (R TEAM, 2021)

## Resultados e Discussão

O teste de Kolmogorov-Smirnov indicou não haver normalidade para algumas das variáveis (considerando todas as classes de sítio), mesmo submetidas a transformações, em uma tentativa de normalizar suas distribuições. Assim, visando a comparação entre todas as variáveis, se optou por não utilizar os dados transformados, e, portanto, o coeficiente de correlação calculado foi o de Spearman. Foi elaborada uma matriz de correlação de Spearman, por classe de sítio, sendo observada correlação significativa ( $p < 0,05$ ) entre os índices de competição, as variáveis dendrométricas ( $d_{ap}$  e  $h_t$ ) e a variável de

crescimento em diâmetro ( $\Delta d$ ), pelo teste t, em todos os sítios.

A probabilidade de mortalidade ( $P_m$ ) não mostrou significância com o IC2 (sítio III) e com o IC4 (sítio I). Nenhum índice se mostrou superior para todas as variáveis.

As correlações foram positivas entre os índices IC1, IC2, IC3 e IC4 e as variáveis de crescimento ( $d$  e  $h$ ); enquanto o IC5 apresentou correlação negativa. Para o crescimento em diâmetro ( $\Delta d$ ) e altura ( $\Delta h$ ), não houve um índice superior nas três classes de produtividade. Todos os índices apresentaram maior correlação com o incremento em diâmetro do que com o incremento em altura.

Com base na análise da correlação simples, o índice mais correlacionado com o incremento em diâmetro e com a idade foi o IC5. Quanto mais velho o povoamento, maior área seccional das árvores (MARTINS et al., 2011; MIRANDA et al., 2017). Os valores de correlação entre os índices e o incremento de diâmetro foram inferiores na menor classe de produtividade, o que mostrou que o índice de competição foi mais importante, quando calculado em classes de maior produtividade. Também observado por (MARTINS et al., 2011).

As probabilidades de mortalidade apresentaram as maiores correlações com a idade nos sítios I e III (0,180 e 0,190, respectivamente). O IC5 apresentou correlação positiva e significativa com a  $P_m$  em todos os sítios: 0,190 para o I; 0,070 para o II e 0,180 para o III. A correlação entre a probabilidade de mortalidade foi, em geral, significativa com todos os índices de competição, com exceção do IC2 (sítio III) e com o IC4 (sítio I). O IC5 foi o único índice com correlação significativa em todos os sítios, sendo o mais correlacionado nos sítios I e III.

Biologicamente, essas tendências são esperadas, uma vez que árvores mais jovens, de menores tamanhos e localizados em áreas de menor capacidade produtiva apresentam maior probabilidade de morrer (ROSSI et al., 2007). SCOLFORO et al. (2019) sugerem que árvores menores tendem a ter uma mortalidade superior às árvores maiores.

## Conclusões

Os índices de competição independentes da distância testados demonstraram satisfatoriamente o comportamento médio da competição das árvores, em relação à idade e para as três classes de sítio.

De acordo com os critérios de avaliação, não houve um único índice que foi o mais correlacionado com todas as variáveis. No entanto, existiram aqueles que se destacaram em uma ou outra variável.

O IC5 apresentou melhor relação com as variáveis idade, probabilidade de mortalidade, área seccional e incremento em diâmetro.

## Referências Bibliográficas

---

BURKHART, H. E.; TOMÉ, M. **Modeling Forest Trees and Stands**. New York. Springer, 2012.

MARTINS, F. B. et al. **Índices de competição em árvores individuais de eucalipto**. Brasília. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 46, n. 9, p. 1089–1098, set. 2011

MIRANDA, R. O. V. DE et al. **Modelagem da mortalidade em povoamentos de Pinus taeda L.** Piracicaba. Scientia Forestalis, v. 45, n. 115, p. 435–444, 1 set. 2017.

PEDERSEN, R. Ø. et al. **Deriving individual tree competition indices from airborne laser scanning**. Forest Ecology and Management, v. 280, p. 150–165, set. 2012.

ROSSI, L. M. B. et al. **Modelagem de mortalidade em florestas naturais**. Viçosa. Floresta, v. 37, n. 2, p. 275–291, ago. 2007.

SCOLFORO, H. F. et al. **Eucalyptus growth and yield system: Linking individual-tree and stand-level growth models in clonal Eucalypt plantations in Brazil**. Forest Ecology and Management, v. 432, n. June 2018, p. 1–16, jan. 2019.