

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA**

**GEOVANA MARIA OLIVEIRA LEANDRO**

**ÍNDICES DE COMPETIÇÃO EM ÁRVORES INDIVIDUAIS DE *Tachigali vulgaris***

**MONTE CARMELO**

**2023**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA**

**GEOVANA MARIA OLIVEIRA LEANDRO**

**ÍNDICES DE COMPETIÇÃO EM ÁRVORES INDIVIDUAIS DE *Tachigali vulgaris***

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Florestal, Campus Monte Carmelo, da Universidade Federal de Uberlândia, como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Otávio Veiga de Miranda

**MONTE CARMELO  
2023**

**GEOVANA MARIA OLIVEIRA LEANDRO**

**ÍNDICES DE COMPETIÇÃO EM ÁRVORES INDIVIDUAIS DE TACHI-BRANCO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Florestal, Campus Monte Carmelo, da Universidade Federal de Uberlândia, como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Florestal.

Monte Carmelo, 25 de janeiro de 2023.

Banca Examinadora:

---

Prof. Dr. Rodrigo Otávio Veiga de Miranda  
Orientador

---

Prof. Dr. Alvaro Augusto Vieira Soares  
Membro da Banca

---

Prof. Dr. Milton Serpa de Meira Junior  
Membro da Banca

**MONTE CARMELO**  
**2023**

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pela minha vida, por me trazer até aqui e por realizar os planos Dele na minha vida.

A minha família, em especial, aos meus pais Lucivânia e Ismar, minha irmã Nayara, meu cunhado Pierri e meus sobrinhos Pedro Lucas e Elisa. Sem vocês, nada disso seria possível. Obrigada por serem meu alicerce e por entenderem todas as minhas ausências, sempre me apoiando em todos os meus sonhos. Vocês são a base de tudo.

Agradeço aos meus amigos, aos que estão sempre comigo, aos novos e principalmente aqueles que permaneceram. Vocês fizeram parte da melhor e mais importante época da minha vida. Obrigada por me ajudarem, segurarem a barra e me levantarem. Vocês me fizeram ter força, amor e companheirismo nessa jornada. Obrigada pelos momentos e histórias.

Agradeço imensamente ao meu professor e orientador Professor Rodrigo, por toda ajuda, conselhos, orientação, paciência, por confiar na minha capacidade e sempre me incentivar a ir mais além. Admiro muito o profissional e o ser humano excelente que o senhor é.

Agradeço também a todos os professores que passaram e me ajudaram nessa jornada. Vocês foram essenciais para o meu crescimento pessoal e profissional.

Agradeço ao pesquisador da Embrapa Amazônia Oriental, Delman de Almeida Gonçalves, e ao Professor Thiago de Paula Protásio, pelas contribuições no desenvolvimento do trabalho e por intermediarem a disponibilização do banco de dados.

Agradeço à empresa Jari Celulose S. A. por todo apoio prestado ao desenvolvimento desta pesquisa e pela disponibilização do banco de dados.

E obrigada a cada um que me ajudou a chegar até aqui. O processo foi árduo, difícil e cheio de curvas, mas, finalmente, eu consegui.

“A verdadeira motivação vem de realização, desenvolvimento pessoal, satisfação no trabalho e reconhecimento.”  
Frederick Herzberg

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Localização do plantio experimental de *Tachigali vulgaris* no distrito de Monte Dourado, município de Almeirim, PA. Elaboração: Rosário (2019). ..... 15
- Figura 2.** Croqui da área do plantio experimental de *Tachigali vulgaris* no distrito de Monte Dourado, município de Almeirim, PA..... 16
- Figura 3.** Comportamento das variáveis (a) diâmetro, (b) altura, (c) área transversal e (v) volume em relação aos tratamentos e às idades das árvores individuais de um plantio experimental de *Tachigali vulgaris* localizado no distrito de Monte Dourado, Pará..... 20
- Figura 4.** Percentual de mortalidade (a) e perfilhamento (b) das árvores de um plantio experimental de *Tachigali vulgaris* localizado no distrito de Monte Dourado, Pará..... 211
- Figura 5.** Tendência dos índices de competição IC1 (a); IC2 (b); ...; IC8 (h) em função da idade em árvores de um plantio experimental de *Tachigali vulgaris* localizado no distrito de Monte Dourado, Pará. .... 22

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Índices de competição independentes da distância avaliados para árvores individuais de um plantio experimental de *Tachigali vulgaris* localizado no distrito de Monte Dourado , Pará.. ..... 177
- Tabela 2.** Correlação de *Spearman* entre os índices e as variáveis dendrométricas avaliados para árvores individuais de um plantio experimental de *Tachigali vulgaris* localizado no distrito de Monte Dourado, Pará; ..... 255
- Tabela 3.** Percentual de mortalidade das árvores de um plantio experimental de *Tachigali vulgaris* localizado no distrito de Monte Dourado, Pará.....32
- Tabela 4.** Percentual de perfilhamento das árvores de um plantio experimental de *Tachigali vulgaris* localizado no distrito de Monte Dourado, Pará.....33

## LISTA DE SÍMBOLOS E SIGLAS

$T_k$	Tratamento k;
$IC_n$	Índice de competição n;
DBC	delineamento em blocos casualizados;
d	diâmetro à altura do peito (cm);
h	altura total da árvore (m);
g	área transversal da árvore (m <sup>2</sup> );
v	volume da árvore (m <sup>3</sup> );
$d_j$	diâmetro à altura do peito das árvores competidoras (cm);
$d_{max}$	diâmetro à altura do peito máximo de determinado tratamento (cm);
$d_{dom}$	diâmetro dominante de determinado tratamento (cm);
$\bar{d}$	média aritmética dos diâmetros das árvores (cm);
q	diâmetro quadrático das árvores (cm);
$\bar{h}$	média aritmética da altura das árvores (m);
$d_{eq}$	diâmetro equivalente (cm);
n	número de observações.

## RESUMO

A competição em um plantio florestal é um processo complexo, iniciando-se quando seu crescimento é afetado pela disputa por recursos fundamentais ao crescimento. Uma maneira de representá-la é por índices de competição. Estes índices foram utilizados em estudos envolvendo diferentes espécies, mas não se tem registros de seu uso para estudos com tachi-branco. Esta é uma espécie nativa do território brasileiro, que vem sendo crescentemente estudada devido ao seu potencial madeireiro para energia da biomassa. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar e selecionar o índice de competição mais adequado para representar a competição em plantios de tachi-branco. Os dados usados são provenientes de um experimento sobre espaçamento inicial de plantio de tachi-branco (*Tachigali vulgaris* L. F. Gomes da Silva & H. C. Lima), em Monte Dourado, Pará. O delineamento foi em blocos casualizados, sendo três blocos contendo uma repetição de cada um dos seguintes espaçamentos de plantio: T1 (3,0 × 1,5 m); T2 (3,0 × 2,0 m); T3 (3,0 × 2,5 m); T4 (3,0 × 3,0 m); T5 (3,0 × 3,5 m); e T6 (3,0 × 4,0 m). Os dados foram obtidos nas idades de 3,00, 3,76, 4,77, 5,74, 7,63, 8,62, 9,72 e 10,78 anos. Um total de 147 árvores foram medidas por tratamento, divididas em 3 blocos, sendo 49 para cada tratamento. Oito índices de competição foram avaliados: IC<sub>1</sub>, IC<sub>2</sub>, IC<sub>3</sub>, IC<sub>4</sub>, IC<sub>5</sub>, IC<sub>6</sub>, IC<sub>7</sub> e IC<sub>8</sub>. Em cada tratamento, o diâmetro à altura do peito e altura total de cada árvore foram medidos. Para as árvores perfilhadas, o diâmetro equivalente ( $d_{eq}$ ) foi calculado e, nestes casos, a altura total foi considerada a do fuste mais alto. Para a seleção do índice de competição, a correlação de Spearman foi calculada entre estes índices e as variáveis diâmetro (d), altura total (h) e área transversal (g), para cada tratamento. Ainda, a tendência da competição ao longo do tempo foi analisada para cada índice e tratamento. Analisando-se a tendência temporal, os índices avaliados conseguiram representar satisfatoriamente a competição, ou seja, conseguiram demonstrar aumento da competição com o avanço da idade e nos menores espaçamentos, exceto IC<sub>4</sub> e IC<sub>6</sub>. No IC<sub>4</sub>, a competição oscilou irregularmente ao longo do tempo. E no IC<sub>6</sub>, comportamento contrário ao esperado foi verificado. A partir dos resultados da análise de correlação, o índice que melhor representou a competição em relação ao diâmetro e área transversal foi IC<sub>5</sub> e o IC<sub>2</sub> para a altura total das árvores. Dentre os índices avaliados, o IC<sub>5</sub> e IC<sub>2</sub> foram os mais apropriados para representar quantitativamente a competição em plantios experimentais de tachi-branco. A escolha definitiva de um único índice dependerá da finalidade de sua utilização.

**Palavras-chave:** Carvoeiro; Índices independentes da distância; Correlação.

## ABSTRACT

Competition in forest cultivation is a complex process, starting when its growth is affected by the dispute over resources that are fundamental to growth. One way of representing this is by competitive indices. These indices have been used in different species, but not yet for the “tachi-branco”. Thus, the objective of this study was to evaluate and select the best competition index to represent competition in “tachi-branco” cultivations. The data were sourced from an experiment on the initial planting spacing of “tachi-branco” (*Tachigali vulgaris* L. F. Gomes da Silva & H. C. Lima), in Monte Dourado, Para. The trial design was in randomized blocks, by using three blocks with six treatments each, represented by the following initial spacing: T1 (3.0 × 1.5 m); T2 (3.0 × 2.0 m); T3 (3.0 × 2.5 m); T4 (3.0 × 3.0 m); T5 (3.0 × 3.5 m); and T6 (3.0 × 4.0 m). Data were obtained at ages 3, 3,76, 4,77, 5,74, 7,63, 8,62, 9,72 and 10,78 years. A total of 147 trees were measured by treatment, divided into 3 blocks, 49 for each treatment. Eight competition rates were evaluated: IC1, IC2, IC3, IC4, IC5, IC6, IC7 and IC8. In each treatment, the diameter at breast height and the total height of each tree were measured. For resprouted trees, the equivalent diameter (DEQ) was calculated and, in these cases, the total height is considered as one of the tallest stems. For the selection of the competition index, the Spearman function was alternated between these indices and the variables diameter (d), total height (h), and cross-sectional area (g), for each treatment. The tendency of competition over time was also analyzed for each index and treatment. Based on the temporal trend, the indices were able to satisfactorily represent the competition, that is, they were able to demonstrate an increase in competition with advancing age and in the smallest spacing, except for IC4 and IC6. In IC4, the competition fluctuated irregularly over time. And in IC6, behavior contrary to the expected was verified. From the results of the successive analysis, the index that best represented the competition concerning diameter and cross-sectional area was IC5 and IC2 for the total height of the trees. Among the indices evaluated, IC5 and IC2 were the most appropriate to quantitatively represent the competition in experimental plantings of “tachi-branco”. The final choice of a single rate will depend on the purpose of its use.

**Keywords:** Carvoeiro; Distance-independent indices; Correlation.

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	12
2	OBJETIVOS .....	14
	2.1 Objetivo Geral .....	14
	2.2 Objetivos Específicos .....	14
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	15
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	20
5	CONCLUSÃO .....	27
	REFERÊNCIAS.....	28
	APÊNDICE .....	32

## 1 INTRODUÇÃO

A competição entre árvores é um processo bastante complexo pois reflete o resultado da interação de diferentes fatores, como tratamentos silviculturais, densidade de árvores, taxa de crescimento diamétrico e hipsométrico, sendo essa interação essencial dentro da população vegetal (Kuehne et al., 2019). Essa competição começa quando o seu crescimento, sobrevivência e/ou reprodução são afetados pela redução dos recursos fundamentais utilizados pela planta, como água, luz solar e nutrientes (Weber et al., 2008).

Segundo Burkhart e Tomé (2012), existem formas e tipos de competição distintas, sendo a primeira relacionada ao modo da competição, que pode ser unilateral e bilateral. A competição unilateral é aquela em que as árvores competem por luz; a competição bilateral é aquela em que elas competem por água e nutrientes. Além disso, tem-se a competição de acordo com as espécies e semelhança dos indivíduos. A intraespecífica refere-se à competição entre árvores da mesma espécie, enquanto a interespecífica é entre árvores de espécies diferentes.

Avaliar os efeitos da competição, ou seja, a interferência das características da comunidade onde a árvore é encontrada, representa um dos fatores mais importantes para simular o crescimento da população arbórea. A influência dessas características pode ser mensurada pelos índices de competição, que são formulações algébricas usadas para estimar o efeito da disponibilidade de recursos entre as árvores (Pedersen et al., 2013).

Os índices de competição podem ser descritos por três tipos diferentes, sendo eles dependentes, independentes e semi-independentes da distância. Os dependentes da distância utilizam informação espacial, como a localização de árvores vizinhas dentro da área, o tamanho da árvore e o número de indivíduos dentro uma área determinada; os independentes não utilizam informação espacial, mas apenas o tamanho da árvore-objeto em relação a variáveis do povoamento florestal (Burkhart e Tomé, 2012). Os semi-independentes são semelhantes aos independentes, porém, eles consideram parcelas circulares, sendo limitado às árvores vizinhas da árvore-objeto (Stage e Ledermann, 2008). De acordo com Biging e Dobbertin (1995), não existe nenhum tipo de índice de competição que seja superior aos demais, o que torna necessária a avaliação conforme os dados sob análise.

Estudos sobre competição foram conduzidos para diferentes espécies e plantios, como para espécies de eucalipto e araucária. Martins et al. (2011) avaliaram índices de competição independentes da distância em clones de eucalipto. Costa et al. (2018), Curto et al. (2020), Costa

et al. (2020) e Curto et al. (2021) avaliaram índices de competição dependentes e independentes da distância para a araucária.

Existem algumas formas de seleção de índices de competição utilizadas em diferentes condições. Como exemplos, Martins et al. (2011) empregaram a tendência do índice em função da idade em plantios clonais não desbastados de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, em Monte Dourado, Pará. Curto et al. (2020) utilizaram análise de correlação de índices de competição com o diâmetro das árvores-objeto, assim como a verificação da significância desta correlação para a seleção do melhor índice em povoamentos não manejados de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze, na Floresta Nacional do Açungui, em Campo Largo, Paraná. Miranda et al. (2022) analisaram a tendência dos índices avaliados em função da idade e classe de sítio, assim como suas correlações com variáveis de árvores e de povoamento, além da contribuição destes índices como variáveis independentes em modelos, em plantio de *Pinus taeda* L., localizados em Telêmaco Borba, Paraná.

No Brasil, além do eucalipto, pinus e araucária, existem estudos para espécies em Floresta Estacional Semidecidual (Castro et al., 2014) e Floresta Ombrófila Mista (Schons et al., 2020). Porém, o tachi-branco é uma espécie com carência de estudos que abordam esses índices, mesmo para plantios com condições controladas.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo Geral

Este trabalho teve como objetivo avaliar índices de competição independentes da distância para um plantio experimental de *Tachigali vulgaris*, no norte do estado do Pará.

### 2.2 Objetivos Específicos

- Calcular o status competitivo das árvores em diferentes idades a partir de índices de competição independentes da distância;
- Avaliar a correlação entre os índices de competição utilizados com variáveis dendrométricas e do povoamento;
- Avaliar o comportamento dos índices de competição em função da idade, para diferentes espaçamentos iniciais de plantio.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### Área de Estudo

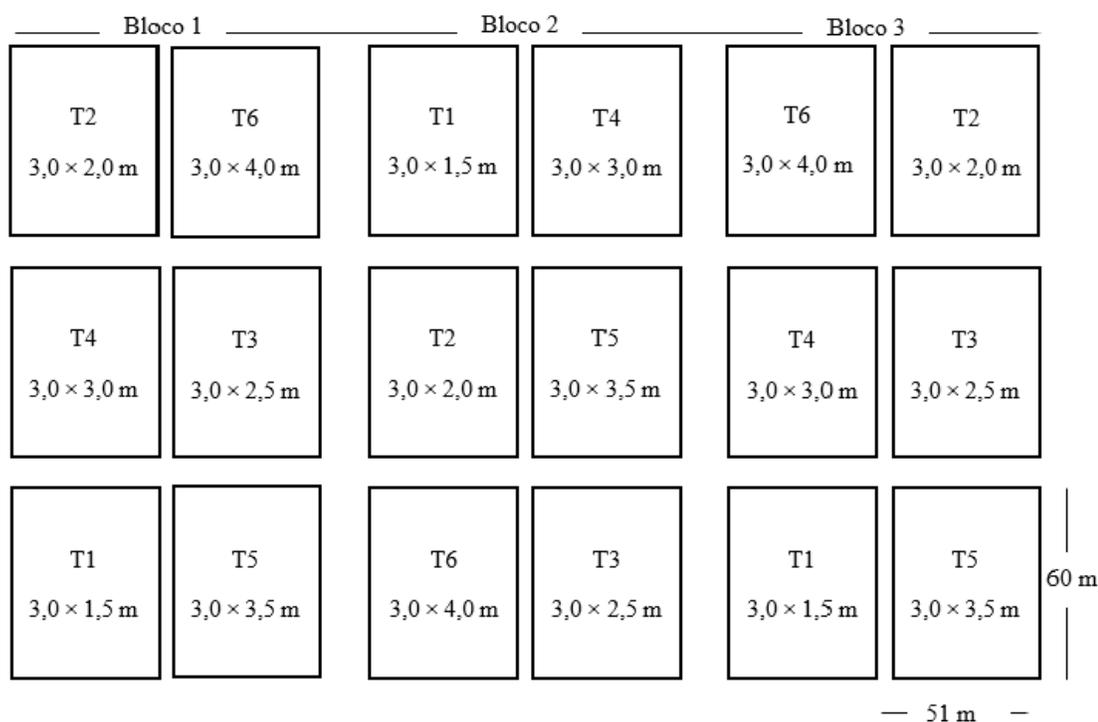
A área de estudo localiza-se no município de Almeirim, região norte do estado do Pará, com coordenada central de 01°31'15" S e 52°34'45" W. Segundo a classificação de Koppen-Geiger, o clima da área é Am quente e úmido. A precipitação média anual varia de 1.900 a 2.300 mm, com média mensal de temperatura mínima superior a 18 °C. O solo é do tipo latossolo amarelo de textura média argilosa, concrecionários lateríticos indiscriminados, distróficos com textura indiscriminada, podzólico vermelho e amarelo de textura argilosa média, gleissolo e solos aluviais eutróficos e distróficos de texturas indiscriminadas (IFT, 2010).

Os dados utilizados são provenientes de um experimento sobre espaçamento inicial de plantio de tachi-branco (*Tachigali vulgaris* L. F. Gomes da Silva & H. C. Lima), implantado no ano de 2010, em Monte Dourado, distrito do município de Almeirim, região norte do estado do Pará. Esse experimento foi estabelecido por uma parceria entre a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA Amazônia Oriental e a Jari Celulose S. A. (Figura 1).



**Figura 1.** Localização do plantio experimental de *Tachigali vulgaris* no distrito de Monte Dourado, município de Almeirim, PA. Elaboração: Rosário (2019).

O experimento foi conduzido sob o delineamento em blocos casualizados (DBC), sendo três blocos, cada um com seis tratamentos. Os tratamentos testados foram os seguintes espaçamentos iniciais de plantio:  $3,0 \times 1,5$  m ( $4,5$  m<sup>2</sup>);  $3,0 \times 2,0$  m ( $6,0$  m<sup>2</sup>);  $3,0 \times 2,5$  m ( $7,5$  m<sup>2</sup>);  $3,0 \times 3,0$  m ( $9,0$  m<sup>2</sup>);  $3,0 \times 3,5$  m ( $10,5$  m<sup>2</sup>); e  $3,0 \times 4,0$  m ( $12,0$  m<sup>2</sup>), perfazendo os tratamentos T1, T2, T3, T4, T5 e T6, conforme croqui apresentado na Figura 2. As parcelas experimentais de todos os tratamentos foram instaladas com  $3.060$  m<sup>2</sup> ( $51 \times 60$  m) onde apenas as 49 plantas centrais constituíram a área útil da parcela, sendo as demais consideradas como bordadura. Os dados foram obtidos por meio de inventário florestal, sendo que as medições destas parcelas experimentais se deram nos anos de 2013 a 2021, exceto o ano de 2017, contemplando as idades de 3,00; 3,76; 4,77; 5,74; 7,63; 8,62; 9,72 e 10,78 anos.



**Figura 2.** Croqui da área do plantio experimental de *Tachigali vulgaris* no distrito de Monte Dourado, município de Almeirim, PA.

Em cada parcela experimental, as variáveis diâmetro à altura do peito (d) e altura total da árvore (h) foram medidas. Para avaliar a competição entre as árvores de tachi-branco, índices de competição independentes da distância foram utilizados, os quais estão demonstrados na Tabela 1, juntamente com a sua interpretação. Os índices independentes da distância normalmente

estabelecem prognósticos mais exatos dos efeitos da competição em povoamentos puros ou parcialmente uniformes (Lorimer, 1983). No processo de obtenção destes índices, a árvore-objeto foi aquela na qual o índice está sendo calculado naquele momento, enquanto as demais árvores da unidade amostral representaram as árvores competidoras. Assim, todas as árvores do plantio foram a árvore-objeto, em algum momento.

**Tabela 1.** Índices de competição independentes da distância avaliados para árvores individuais de um plantio experimental de *Tachigali vulgaris* localizado no distrito de Monte Dourado, Pará

Nº	Autor/Fonte	Expressão de cálculo	Interpretação
IC <sub>1</sub>	Stage (1973) – BAI (Basal Area Index)	$(d_i q^{-1})^2$	Quanto menor for o índice, maior é a competição sobre a árvore i. Quanto menor o diâmetro da árvore i, maior é a competição sobre ela.
IC <sub>2</sub>	Stage (1973) – BAL (Basal Area Larger)	$\sum_{i=1}^n g_i$	Quanto menor o índice, menor é a competição sobre a árvore i. Quanto menor o número de árvores que possuem área basal maior que a árvore i, menor é a competição sobre ela.
IC <sub>3</sub>		$(d_i \bar{d}^{-1})^2$	Quanto menor o índice, maior é a competição sobre a árvore i. Ou, quanto mais o diâmetro da árvore i se distancia do diâmetro médio da parcela, para menos, maior é a competição sobre ela.
IC <sub>4</sub>	Daniels, Burkhardt e Clason (1986) – Modificações do índice de Glover e Hool	$h_i \bar{h}^{-1}$	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 ela.
IC <sub>5</sub>		$(d_i^2 h_i)(\bar{d}^2 \bar{h})^{-1}$	Quanto menor o índice, maior é a competição sobre a árvore i. Ou, quanto mais o diâmetro e a altura da árvore i se distanciam do diâmetro e altura médios da parcela, para menos, maior é a competição sobre ela.
IC <sub>6</sub>	Lorimer (1983)	$\sum_{j=1}^n d_j d_i^{-1}$	Quanto menor o índice, menor é a competição sobre a árvore i. Afetado pelo número de árvores competidoras, pois quanto maior o número de competidoras, maior é a competição.
IC <sub>7</sub>	Tomé e Burkhardt (1989)	$d_i d_{max}^{-1}$	Quanto menor o índice, maior é a competição sobre a árvore i. Ou, quanto maior o diâmetro da árvore i, menor a competição sobre ela. Esse índice assume valor máximo de 1, na ocasião da árvore i for aquela de diâmetro máximo.
IC <sub>8</sub>		$d_i d_{dom}^{-1}$	Quanto menor o índice, maior é a competição sobre a árvore i. Ou, quanto maior o diâmetro da árvore i, menor a competição sobre ela.

Em que:  $d_i$  = diâmetro à altura do peito da árvore-objeto (cm);  $d_j$  = diâmetro à altura do peito das árvores competidoras (cm);  $d_{max}$  = diâmetro à altura do peito máximo da unidade amostral (cm);  $d_{dom}$  = diâmetro dominante, definido como o diâmetro quadrático das árvores dominantes da unidade amostral (cm), definidas a partir do método de Assmann;  $\bar{d}$  = média aritmética dos diâmetros à altura do peito das árvores da unidade amostral (cm);  $q$  = diâmetro quadrático das árvores da unidade amostral (cm);  $g_i$  = área transversal das árvores maiores à árvore-objeto ( $m^2$ );  $h_i$  = altura da árvore-objeto (m);  $\bar{h}$  = média aritmética da altura das árvores da unidade amostral (m).

A interpretação dos índices de competição varia de acordo como eles são calculados. Os índices IC<sub>1</sub>, IC<sub>3</sub>, IC<sub>7</sub> e IC<sub>8</sub> indicam que quanto menor o diâmetro da árvore, maior será a competição

sobre ela. O IC<sub>2</sub> indica que, quanto menor o índice, menor será a competição sobre a árvore. De outra maneira, quanto mais árvores apresentarem área transversal maior que a árvore-objeto, maior será a competição sobre a ela.

O IC<sub>4</sub> é relacionado com a altura, considerando a relação da altura da árvore-objeto com a altura média das árvores da parcela, sendo que quanto menor for a altura da árvore-objeto comparada à altura média das demais árvores da parcela, maior será a competição sobre ela. No IC<sub>5</sub> tem-se a mesma explicação do anterior, porém, ele considera conjuntamente o diâmetro e a altura.

O IC<sub>6</sub> é dado pela razão entre o somatório dos diâmetros das árvores competidoras e o diâmetro da árvore-objeto, sendo que quanto maior o número de árvores competidoras e/ou menor o diâmetro da árvore-objeto, maior será a competição. Desta forma, este índice é influenciado pelo diretamente pelo tamanho da unidade amostral. Por não exercerem competição sobre as demais árvores, as árvores mortas foram desconsideradas destas análises, já que não fazem mais parte do crescimento do povoamento.

Muitas árvores deste estudo apresentaram troncos perfilhados (Lima et al., 2022). Sendo assim, a área transversal para cada uma desses fustes foi calculada. Essas áreas transversais foram somadas e, a partir daí, o diâmetro equivalente a essa respectiva área foi obtido, para possibilitar a obtenção de um único índice de competição por árvore. A expressão utilizada nestes casos foi:

$$d_{eq} = \sqrt{\sum_{i=1}^n d_i^2}$$

Em que:  $d_{eq}$  corresponde ao diâmetro equivalente de determinada árvore (cm);  $d$  é o diâmetro à altura do peito do  $i$ -ésimo fuste desta árvore (cm), medido a 1,30 m de altura do solo; e  $n$  o número de fustes desta árvore.

Para avaliação e seleção do índice de competição, a correlação de Spearman (Lira, 2004) foi calculada entre estes índices e as variáveis diâmetro ( $d$ ), altura total ( $h$ ), área transversal ( $g$ ) e volume individual ( $v$ ), para cada um dos tratamentos, semelhantemente aos trabalhos de Martins et al. (2011), Costa et al. (2018), Curto et al. (2020), Costa et al. (2020) e Curto et al. (2021). A significância da correlação foi calculada pelo valor da estatística “ $t$ ”. Ambas as expressões estão apresentadas a seguir.

$$\hat{\rho}_s = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n d_i^2}{n(n^2 - 1)}$$

Em que:  $\hat{\rho}_s$  corresponde ao coeficiente de correlação de Spearman,  $d_i$  é a diferença entre as ordenações, e  $n$  o número de pares de ordenações.

$$t = \hat{\rho}_s \sqrt{\frac{n-2}{1-\hat{\rho}_s^2}}$$

Em que:  $t$  é a estatística do teste,  $\hat{\rho}_s$  corresponde ao Coeficiente de correlação de Spearman, e  $n$  o número de pares de ordenações.

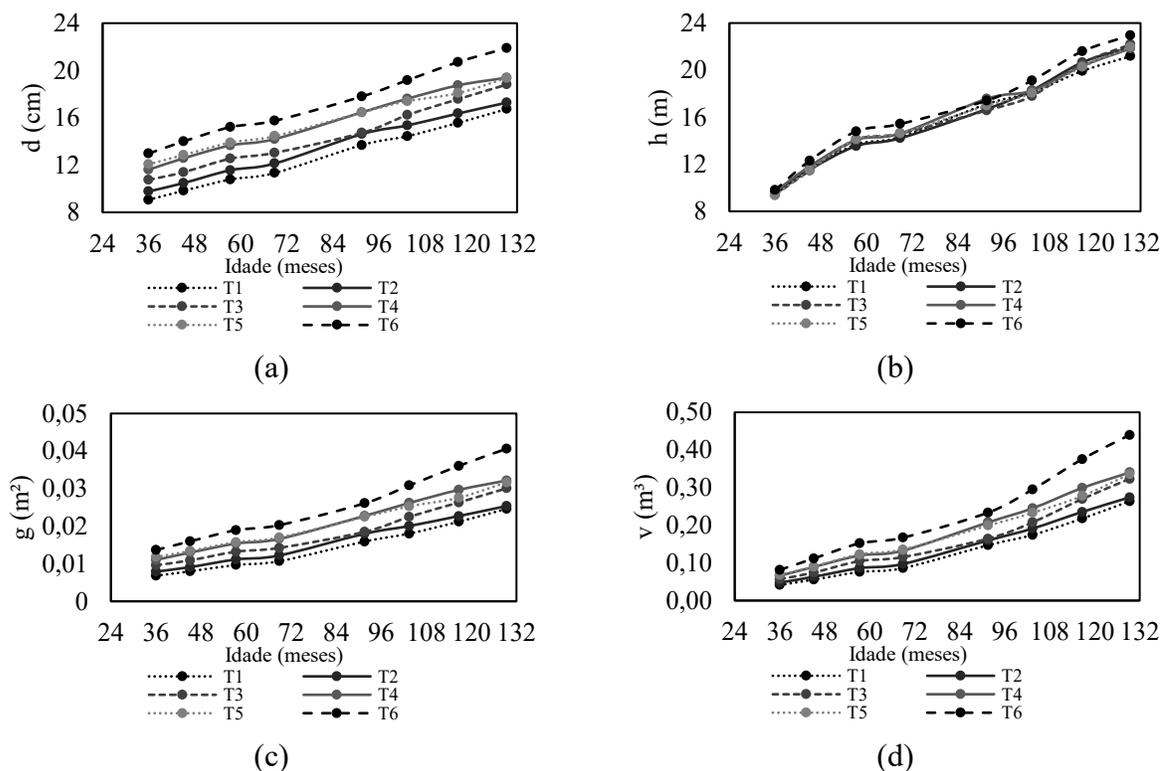
A opção pelo coeficiente de Spearman se deu pelo não atendimento das premissas do coeficiente de Pearson, na qual a normalidade dos dados não foi atendida em análises preliminares. Além disso, a tendência da competição ao longo do tempo foi analisada, para cada índice e tratamento, assim como realizado em Miranda et al. (2022).

Os volumes por árvore foram calculados pela equação  $v = e^{(-9,164635 + 1,912123 \text{ Ln}[d_{eq}] + 0,751405 \text{ Ln}[h])}$  ( $S_{yx} = 9,40\%$ ,  $n = 107$  árvores). Essa equação foi desenvolvida na mesma área deste estudo por Ramos et al. (2019).

Para a análise dos valores do coeficiente de correlação, uma escala para a interpretação foi utilizada. Nessa escala, cinco níveis de correlação foram considerados, sendo muito fraca (0,00 a 0,30), fraca (0,31 a 0,50), moderada (0,51 a 0,70), alta (0,71 a 0,90) e muito alta (0,91 a 1,00), considerando valores positivos ou negativos (Mukaka, 2012).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

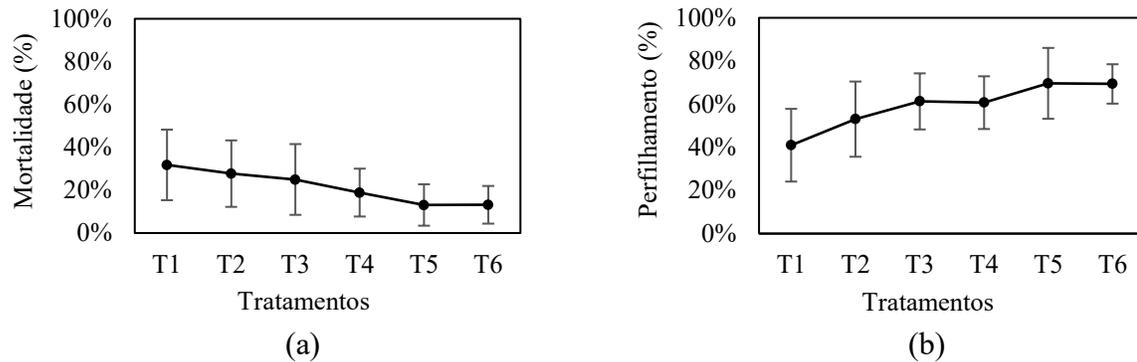
As variáveis diâmetro ( $d$ ), área transversal ( $g$ ) e volume ( $v$ ) se comportaram de forma esperada, aumentando em todas as idades e tratamentos, com valores maiores à medida que se aumentou o espaçamento de plantio (Figura 3). Tendência similar à observada por Martins et al. (2011) e Pacheco (2013) para *Pinus taeda* na região centro-sul do Paraná e Barbosa (2015) para clones de eucalipto em sistema agroflorestal, no município de Vazante, Minas Gerais. A altura ( $h$ ) também se comportou de forma crescente em todas as idades, porém, não houve diferença expressiva entre os tratamentos.



**Figura 3.** Comportamento das variáveis (a) diâmetro, (b) altura, (c) área transversal e (v) volume em relação aos tratamentos e às idades das árvores individuais de um plantio experimental de *Tachigali vulgaris* localizado no distrito de Monte Dourado, Pará.

O percentual de mortalidade apresentou tendência de redução à medida que aumentou o espaçamento de plantio, o que de certa maneira era esperado (Figura 4a). Tendência inversa foi observada no perfilhamento (Figura 4b), onde os maiores espaçamentos apresentaram maior

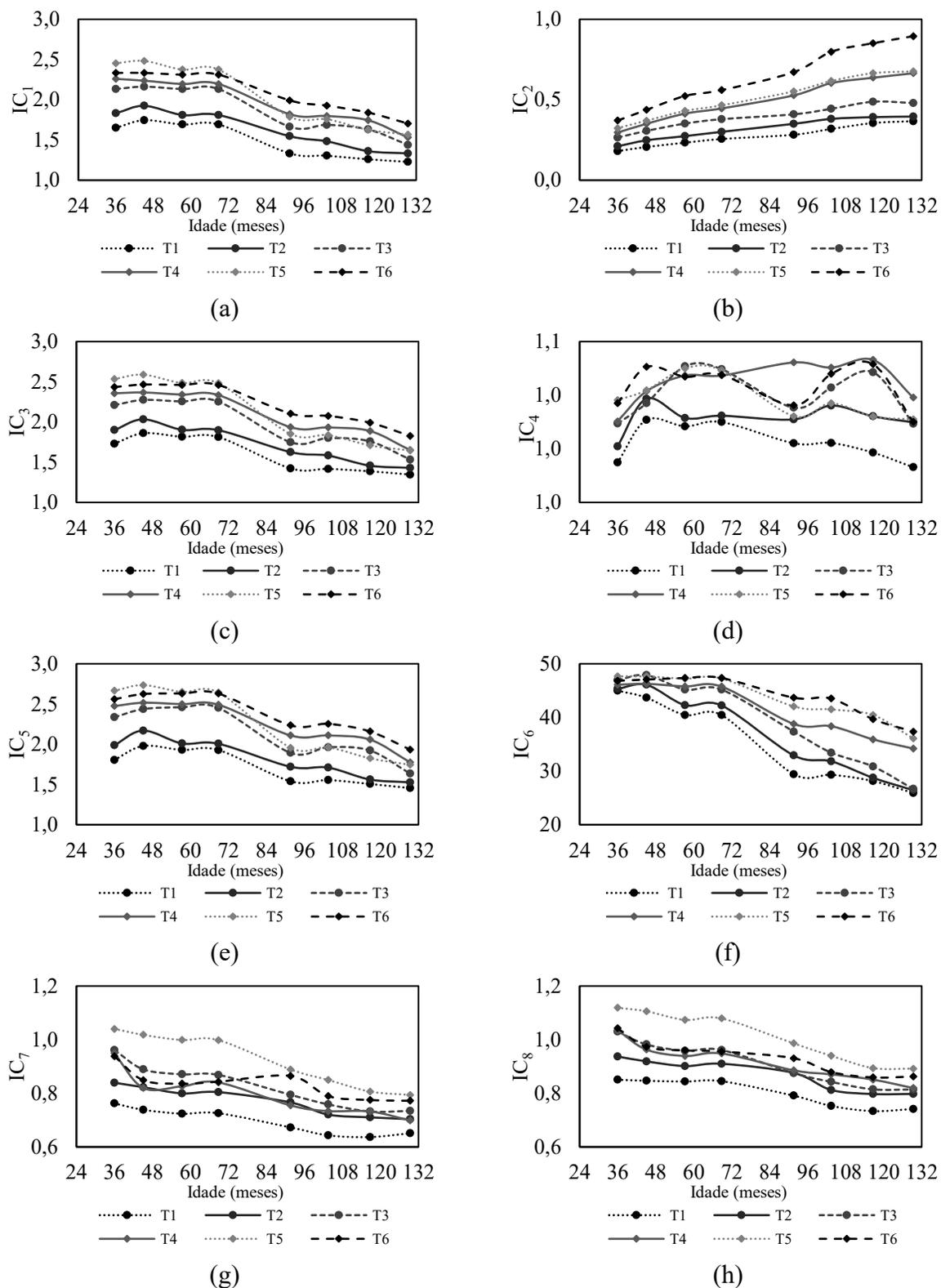
percentual de fustes perfilhados. Essas duas tendências também foram relatadas por Ramos et al. (2019) e Lima et al. (2022). Essa análise foi realizada individualizada por idade, cujos resultados estão no Apêndice (Tabelas A1 e A2).



**Figura 4.** Percentual de mortalidade (a) e perfilhamento (b) das árvores de um plantio experimental de *Tachigali vulgaris* localizado no distrito de Monte Dourado, Pará.

O IC<sub>1</sub>, IC<sub>3</sub>, IC<sub>5</sub>, IC<sub>7</sub> e IC<sub>8</sub> promoveram resultados esperados conforme suas respectivas expressões, em que menores valores do índice representam maior competição sobre a árvore-objeto (Figura 5). Nestes índices, há em suas expressões variáveis de árvores e do povoamento (diâmetro, diâmetro quadrático, altura total, diâmetro máximo e diâmetro dominante), os quais têm a tendência de aumentar de acordo com a idade do povoamento, influenciando no *status* competitivo das árvores. Além do aumento da competição em função da idade, observou-se esse aumento à medida que se reduziu o espaçamento de plantio.

O IC<sub>2</sub> (Figura 5b) apresentou a tendência esperada, sendo que quanto menor o valor do índice, menor seria a competição (Tabela 1). Com o avanço da idade, o índice representou satisfatoriamente o aumento da competição. O índice BAL foi muito utilizado na representação da competição em diferentes tipologias, como em floresta Ombrófila Mista (Vatrás et al. 2015) e (Schons et al. 2020), para clones de eucalipto (Martins et al. 2011) e para pinus (Miranda et al. 2022).



**Figura 5.** Tendência dos índices de competição  $IC_1$  (a);  $IC_2$  (b); ...;  $IC_8$  (h) em função da idade em árvores de um plantio experimental de *Tachigali vulgaris* localizado no distrito de Monte Dourado, Pará.

O IC<sub>4</sub> (Figura 5d), apesar de ter conceito similar aos índices IC<sub>1</sub>, IC<sub>3</sub>, IC<sub>5</sub>, IC<sub>7</sub> e IC<sub>8</sub>, apresentou oscilação mais evidente ao longo do tempo, principalmente para os tratamentos T3 e T6. Isso pode ser reflexo da variação expressiva na altura de algumas árvores. Isto é, na existência de árvores com alturas muitos maiores ou menores às demais árvores de determinado tratamento, pode ocorrer redução ou aumento do valor deste índice, respectivamente. A variação de altura pode estar relacionada à mortalidade de árvores, principalmente nos três menores espaçamentos (cerca de 50% na última medição), promovendo maior disponibilidade de recursos às árvores na proximidade.

Para o IC<sub>6</sub> (Figura 5f) também era esperado comportamento semelhante ao IC<sub>2</sub>, contudo, seus valores médios diminuíram ao longo do tempo e, conseqüentemente, a competição também. Além disso, apresentou maior competição entre as árvores dos maiores espaçamentos de plantio, inversamente ao que se esperava.

Estes resultados podem ser reflexo do percentual de mortalidade existente no plantio, principalmente nos três menores espaçamentos (50%, como mencionado). Além disso, estes resultados podem estar relacionados ao aumento no somatório dos diâmetros nos maiores espaçamentos, em função do uso frequente do diâmetro equivalente ( $d_{eq}$ ), visto à maior taxa de perfilhamento do fuste nestes espaçamentos (Figura 4b).

Em geral, grande parte das correlações foram significativas, apenas para a variável altura em quatro tratamentos foram observados casos contrários (Tabela 2). Além disso, os valores de correlação para o diâmetro foram superiores aos da altura. Isso pode estar relacionado às próprias formulações dos índices, em que a maioria utiliza a variável diâmetro no cálculo.

Para o diâmetro, valores de correlação altos a muito altos foram observados para o IC<sub>6</sub>, independente do espaçamento de plantio. Contudo, esse índice foi aquele que apresentou tendência inversa ao longo de tempo e em função do espaçamento inicial de plantio. Assim, o IC<sub>5</sub> se destacou, promovendo em sua maioria valores moderados de correlação para os tratamentos T3 a T6, e gerando valores muito próximos ao IC<sub>8</sub>, o qual foi o melhor para os dois tratamentos iniciais (T1 e T2), com correlações moderadas.

Os resultados da correlação para área transversal foram muito próximos àqueles obtidos para o diâmetro. De certa forma, resultados esperados uma vez que a área transversal é calculada em função do diâmetro. O IC<sub>5</sub> foi utilizado por Martins et al. (2011) em árvores de clones de

eucalipto e por Lambrecht et al. (2019) em floresta natural de araucária.

Para a altura total, os dois índices de competição mais correlacionados foram os IC<sub>2</sub> e IC<sub>4</sub>, com destaque ao segundo, o qual proporcionou os maiores valores para T1 a T5, apesar de representarem correlações fracas. Para T6, este índice se situou muito próximo ao IC<sub>2</sub>, o qual promoveu maior valor de correlação, contudo, correlação considerada fraca. Uma razão pelo destaque do índice IC<sub>4</sub> se deve a sua própria formulação, o qual inclui somente variáveis associadas à altura das árvores. No entanto, o IC<sub>4</sub> não representou satisfatoriamente a tendência ao longo do tempo e, devido a isso, o IC<sub>2</sub> (BAL) foi considerado o mais adequado.

Para a variável volume (v), os índices IC<sub>4</sub> e IC<sub>6</sub> promoveram os maiores valores de correlações. Entretanto, pelos motivos discutidos, eles foram desconsiderados. Desta forma, o IC<sub>5</sub> se destacou na sequência, gerando correlações fracas a moderadas com o volume, para todos os tratamentos, com exceção de T2. Comparativamente, os valores de correlação com o volume se apresentaram inferiores àqueles para o diâmetro. Esses resultados se devem ao fato de o volume ser calculado em função do diâmetro e altura, na qual essa segunda variável resultou os menores valores de correlação com os índices de competição.

**Tabela 2.** Correlação de *Spearman* entre os índices e as variáveis dendrométricas avaliados para árvores individuais de um plantio experimental de *Tachigali vulgaris* localizado no distrito de Monte Dourado, Pará

	T1 (3,0 x 1,5 m)				T2 (3,0 x 2,0 m)				T3 (3,0 x 2,5 m)			
	d	h	g	v	d	h	g	v	d	h	g	v
IC <sub>1</sub>	0,6308	0,0843	0,6309	0,5092	0,5494	-0,0416 <sup>ns</sup>	0,5492	0,4059	0,6404	0,0331 <sup>ns</sup>	0,6403	0,5091
IC <sub>2</sub>	-0,4040	0,1447	-0,4041	-0,2670	-0,3390	0,2410	-0,3387	-0,1862	-0,4236	0,1166	-0,4232	-0,2945
IC <sub>3</sub>	0,6447	0,1039	0,6448	0,5224	0,5602	-0,0268 <sup>ns</sup>	0,5599	0,4184	0,6546	0,0503 <sup>ns</sup>	0,6545	0,5250
IC <sub>4</sub>	0,6485	0,4123	0,6489	0,6101	0,5580	0,3149	0,5578	0,5133	0,6102	0,3941	0,6100	0,5847
IC <sub>5</sub>	0,6682	0,1585	0,6683	0,5553	0,5816	0,0200 <sup>ns</sup>	0,5813	0,4480	0,6776	0,1073	0,6775	0,5587
IC <sub>6</sub>	-0,9773	-0,7419	-0,9773	-0,9573	-0,9631	-0,7008	-0,9631	-0,9346	-0,9326	-0,6799	-0,9323	-0,9168
IC <sub>7</sub>	0,6481	0,0999	0,6482	0,5222	0,5840	0,0032 <sup>ns</sup>	0,5838	0,4447	0,5670	-0,0513 <sup>ns</sup>	0,5668	0,4273
IC <sub>8</sub>	0,6700	0,1321	0,6700	0,5486	0,5970	0,0054 <sup>ns</sup>	0,5967	0,4548	0,5791	-0,0156 <sup>ns</sup>	0,5789	0,4469
	T4 (3,0 x 3,0 m)				T5 (3,0 x 3,5 m)				T6 (3,0 x 4,0 m)			
	d	h	g	v	d	h	g	v	d	h	g	v
IC <sub>1</sub>	0,5848	-0,0510 <sup>ns</sup>	0,5849	0,4193	0,4489	-0,2114	0,4494	0,2578	0,5833	-0,0377	0,5835	0,4208
IC <sub>2</sub>	-0,3676	0,2677	-0,3675	-0,1888	-0,3401	0,2339	-0,3406	-0,1667	-0,3306	0,3105	-0,3310	-0,1444
IC <sub>3</sub>	0,5997	-0,0325 <sup>ns</sup>	0,5998	0,4363	0,4517	-0,2070	0,4522	0,2615	0,5963	-0,0170 <sup>ns</sup>	0,5965	0,4372
IC <sub>4</sub>	0,5947	0,4007	0,5945	0,5682	0,4678	0,2922	0,4681	0,4412	0,4922	0,3022	0,4921	0,4600
IC <sub>5</sub>	0,6281	0,0280 <sup>ns</sup>	0,6281	0,4760	0,4783	-0,1467	0,4788	0,3008	0,6099	0,0279 <sup>ns</sup>	0,6100	0,4611
IC <sub>6</sub>	-0,9566	-0,5588	-0,9565	-0,8871	-0,9263	-0,5264	-0,9265	-0,8525	-0,9021	-0,4281	-0,9023	-0,8021
IC <sub>7</sub>	0,4857	-0,1226	0,4857	0,3208	0,3950	-0,2331	0,3955	0,2098	0,5880	-0,0199 <sup>ns</sup>	0,5880	0,4274
IC <sub>8</sub>	0,5765	-0,0595 <sup>ns</sup>	0,5765	0,4086	0,4591	-0,1873	0,4597	0,2725	0,5833	-0,0649 <sup>ns</sup>	0,5835	0,4100

Em que: d: diâmetro à altura do peito (cm); h: altura total (m); g: área transversal (m<sup>2</sup>); v: volume individual (m<sup>3</sup>); T: tratamentos; IC<sub>n</sub>: índice de competição n; ns: correlação não significativa (p-valor > 0,05).

A seleção de índices de competição por meio de análise de correlação foi realizada por outros autores. O coeficiente de correlação de Spearman foi utilizado para avaliar os parâmetros de copa, as relações entre a morfometria e os índices de competição com a produção de sementes de castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa* Bonpl.), no estado de Roraima (Tonini, Kaminski e Costa, 2008). A correlação de Spearman também foi utilizada por Maleki, Kiviste e Korjus (2015) na seleção de índices de competição dependentes e independentes da distância com o incremento diamétrico do vidoeiro-branco (*Betula pendula* Roth), na Estônia.

Conforme a análise de correlação, o IC<sub>4</sub> teve destaque. É essencial mencionar que as oscilações observadas nos valores deste índice podem estar relacionadas à uma possível variação real existente na área do experimento. Na área de estudo, há presença de matocompetição com porte que pôde exercer influência no tachi-branco. Associado à essa mesma questão, não se pode desconsiderar possíveis efeitos da mortalidade mais frequente nos menores espaçamentos e da maior incidência de perfilhamento de fustes nos maiores espaçamentos. Em breve investigação, considerando as variáveis necessárias ao cálculo do IC<sub>2</sub>, não foi observada tendência na altura do fuste principal conforme o número de fustes das árvores. Portanto, torna-se necessária maior investigação de outras variáveis que podem afetar a competição intraespecífica por meio de índices quantitativos.

De posse dos resultados obtidos e conforme os critérios de seleção, os índices IC<sub>5</sub> e IC<sub>2</sub> foram os mais adequados para indicar a competição de plantios experimentais de tachi-branco. O primeiro foi o mais correlacionado com o diâmetro e área transversal, e o segundo mais correlacionado com a altura. Ambos representaram de maneira satisfatória a tendência da competição ao longo do tempo e em função dos tratamentos avaliados. A seleção de um único índice dependerá, portanto, de sua utilização. Para isso, avaliações específicas são necessárias conforme a finalidade do índice de competição.

## 5 CONCLUSÃO

Os índices de competição avaliados representaram satisfatoriamente a tendência da competição ao longo do tempo e por espaçamento inicial de plantio, com exceção dos índices IC<sub>4</sub> e IC<sub>6</sub>. Os índices IC<sub>4</sub> e IC<sub>6</sub> se destacaram pelos valores de correlação, contudo, não representaram adequadamente a tendência ao longo do tempo. Os índices IC<sub>5</sub> (Glover e Hool modificado) foi considerado o mais adequado em relação ao diâmetro e área transversal e o índice IC<sub>2</sub> (BAL) em relação à altura total das árvores. A seleção de um único índice de competição para plantios experimentais de tachi-branco dependerá de seu uso.

## REFERÊNCIAS

AMORIM, P.; MORGADO, R.; ESPADA, A. L. V.; BITTENCOURT, P.; LENTNI, M.; PALMIERI, R. **Diagnóstico econômico-ambiental no município de Almeirim, Pará**. Belém, PA: Instituto Floresta Tropical (IFT) e Instituto de Manejo e Certificação Florestal e Agrícola (Imaflora), 2010, p. 134.

ARAÚJO, L. R. **Estudos florístico e fitossociológico de um fragmento de vegetação em área de floresta ombrófila densa, no Distrito de Castelo de Sonhos, Município de Altamira/PA**. 103 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento e Gestão Ambiental) – Universidade Católica de Brasília, Brasília, 2012.

BARBOSA, R. A. **Crescimento de clone de eucalipto em espaçamentos amplos com variação na distância entre plantas na linha de plantio**. 2015. 49 f. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Viçosa, 2015.

BIGGING, G. S.; DOBBERTIN, M. Evaluation of competition indices in individual tree growth models. **Forest Science**, v.41, n.2, p.360-377, 1995.

BURKHART, H. E.; TOMÉ, M. (2012). **Modeling forest trees and stands**. Dordrecht: Springer. <http://dx.doi.org/10.1007/978-90-481-3170-9>.

CASTRO, R.V.O.; SOARES, C.; LEITE, H.; SOUZA, A.; MARTINS, F.; NOGUEIRA, G.; OLIVEIRA, M.; SILVA, F. Competição em nível de árvore individual em uma Floresta Estacional Semidecidual. **Silva Lusitana**, v.22, n.1, p.43-66, 2014.

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, 11 abr. 2018. Canadian Center of Science and Education. <http://dx.doi.org/10.5539/jas.v10n5p198>.

COSTA, E. A.; FINGER, C. A. G.; SCHNEIDER, P. R.; HESS, A. F.; LIESENBERG, V.; SCHONS, C. T. Modelado de índices de competencia para *Araucaria angustifolia* en dos sitios en el sur de Brasil. **Bosque (Valdivia)**, v. 41, n. 1, p. 65-75, abr. 2020. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-92002020000100065>.

CURTO, R. de A.; MATTOS, P. P. de; BRAZ, E. M.; CANETTI, A.; NETTO, S. P. Effectiveness of competition indices for understanding growth in an overstocked stand. **Forest Ecology and Management**, v. 477, p. 118472, dez. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118472>.

CURTO, R. de A.; MATTOS, P. P. de; BRAZ, E. M.; NETTO, S. P. Growth and retrospective analysis of competition in an overstocked stand of *Araucaria angustifolia*. **Forest Ecology and**

**Management**, v. 483, p. 118766, mar. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118766>.

LAMBRECHT F. R.; BALBINOT, R.; MATTOS, P. P. de; BRAZ E. M.; TRAUTENMULLER W. J.; CANETTI, A. Competition in natural Araucaria forest in northwestern Rio Grande do Sul state, Brazil. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 47, n. 121, p. 131-138, mar. 2019. <http://dx.doi.org/10.18671/scifor.v47n121.13>

LIMA, M. D. R.; MORAES, L. G.; SILVA, R. de C. C.; BARROS JUNIOR, U. de O.; BUFALINO, L.; SOARES, A. A. V.; PEREIRA, G. A.; GONÇALVES, D. de A.; TOMAZELLO-FILHO, M.; PROTÁSIO, T. de P. Florestas energéticas de *Tachigali vulgaris*: understanding spacing, age, and stem type effects on tree growth patterns and wood density. **New Forests**. 2022. <https://doi.org/10.1007/s11056-022-09932-y>

LIRA, S. A. **Análise de correlação**: abordagem teórica e de construção dos coeficientes com aplicações. 2004. 209 f. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

LORIMER, C.G. Test of age-independent competition index for individual trees in natural hardwood stands. **Forest Ecology and Management**, v.6, p.343-360, 1983.

KUEHNE C.; WEISKITTEL A. R.; WASKIEWICZ J. 2019. Comparing performance of contrasting distance-independent and distance dependent competition metrics in predicting individual tree diameter increment and survival within structurally-heterogeneous, mixed-species forests of Northeastern United States. **Forest Ecology and Management** 433: 205-216. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.11.002>

MALEKI, K.; KIVISTE, A.; KORJUS, H. Analysis of individual tree competition effect on diameter growth of silver birch in Estonia. **Forest System**, v.24, n.2, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.5424/fs/2015242-05742>

MARTINS, F. B.; SOARES, C. P. B.; LEITE, H. G.; SOUZA, A. L. de; CASTRO, R. V. O. Índices de competição em árvores individuais de eucalipto. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v. 46, n. 9, p. 1089-1098, set. 2011. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2011000900017>.

MIRANDA, R. O. V.; FIGUEIREDO FILHO, A.; CURTO, R. de A.; EBLING, A. A.; FIORENTIN, L. D.; DAVID, H. C. Índices de competição para árvores individuais em plantios comerciais de *Pinus taeda* L. não desbastados. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 17, n. 4, e1685, dez. 2022. <https://doi.org/10.5039/agraria.v17i4a1685>

MIRANDA, R. O. V. de; FIGUEIREDO FILHO, A.; EBLING, A. A.; DAVID, H. C.; ROIK, M. Individual models for diameter and height projection with contribution of competition index in *Pinus taeda* L. stands. **Floresta**, Curitiba, v. 52, p. 179-188, 2022. <http://dx.doi.org/10.5380/rf.v52i1.79696>

MUKAKA, M. M. Statistics Corner: a guide to appropriate use of correlation coefficient in medical research. **Malawi Medical Journal**. Malawi, p. 69-71. set. 2012.

PACHECO, J. M. **Influência do espaçamento no crescimento de *Pinus taeda* L. na região Centro-Sul do Paraná**. 2013. 73 f. Dissertação (Mestrado), Universidade Estadual do Centro-Oeste, Irati, 2013.

PÁSCOA, K. J. V. **Modelagem e análise do crescimento de *Eremanthus Erythropappus* (DC.) Macleish em povoamento plantado**. 87 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.

PEDERSEN, R. O.; NAESSET, E.; GOBAKKEN, T.; BOLLANDAS, O. M. On the evaluation of competition indices—The problem of overlapping samples. **Forest Ecology and Management**, v. 310, p. 120-133, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.07.040>.

RAMOS, L. de O.; MIRANDA, R. O. V. de; SOARES, A. A. V.; PROTÁSIO, T. de P.; GONÇALVES, D. de A. Wood volumetry of *Tachigali vulgaris* pure plantations in different planting spacings. **Floresta**, Curitiba, v. 51, n. 4, p. 1-10, out/dez. 2021. <http://dx.doi.org/10.5380/RF.v51i4.75138>.

ROSÁRIO, W. A. S. **Variações da densidade básica do lenho de *Tachigali vulgaris* em diferentes espaçamentos de plantio**. Parauapebas-PA. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal Rural da Amazônia, 66p. 2019.

SCHONS, C. T.; FIGUEIREDO FILHO, A.; LONGHI-SANTOS, T.; NASCIMENTO, R. G. M. Índices de competição em nível de árvore individual para espécies da floresta Ombrófila Mista. **Scientia Forestalis**, v.48, n.128, p.e3275, 2020. <https://doi.org/10.18671/scifor.v48n128.13>

STAGE, A.R.; LEDERMANN, T. Effects of competitor spacing in a new class of individual tree indices of competition: semi-distance-independent indices computed for Bitterlich versus fixed-area plots. **Canadian Journal of Forest Research**, v.38, p.890-898, 2008. <https://doi.org/10.1139/X07-192>.

TONINI, H.; KAMINSKI, P. E.; COSTA, P. Relação da produção de sementes de castanhado-brasil com características morfológicas da copa e índices de competição. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.43, n.11, p.1.509-1.816, 2008. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2008001100009>.

VATRAZ, S.; SILVA, J. N. M.; ALDER, D. Competição versus crescimento de árvores em floresta Ombrófila Densa no estado do Amapá - Brasil. **Ciência Florestal**, v.28, n.3, p.1.118-1.127, 2018. <http://dx.doi.org/10.5902/1980509833358>.

WEBER, P.; BUGMANN, H.; FONTI, P.; RIGLING, A. Using a retrospective dynamic

competition index to reconstruct forest succession. **Forest Ecology and Management**, v.254, p.96-106, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2007.07.031>.

## APÊNDICE

**Tabela A1.** Percentual de mortalidade das árvores de um plantio experimental de *Tachigali vulgaris* localizado no distrito de Monte Dourado, Pará

Bloco	Idade (meses)	T1	T2	T3	T4	T5	T6
1	35,97	4%	12%	16%	6%	6%	4%
	45,07	8%	12%	16%	6%	6%	4%
	57,27	18%	31%	24%	10%	8%	4%
	68,84	18%	31%	24%	10%	8%	4%
	91,56	43%	41%	45%	29%	20%	14%
	103,43	45%	43%	49%	33%	24%	18%
	116,65	53%	45%	53%	37%	27%	31%
	129,34	63%	59%	59%	43%	35%	35%
2	35,97	14%	6%	4%	6%	4%	0%
	45,07	14%	6%	4%	6%	4%	0%
	57,27	18%	10%	6%	6%	6%	0%
	68,84	18%	10%	6%	6%	6%	0%
	91,56	39%	31%	18%	20%	12%	8%
	103,43	39%	35%	27%	20%	12%	10%
	116,65	39%	43%	27%	22%	12%	20%
	129,34	43%	43%	39%	29%	27%	33%
3	35,97	18%	14%	4%	12%	2%	14%
	45,07	20%	10%	4%	12%	2%	14%
	57,27	24%	12%	8%	12%	2%	14%
	68,84	24%	12%	8%	12%	2%	14%
	91,56	47%	35%	24%	24%	16%	18%
	103,43	49%	37%	35%	24%	18%	18%
	116,65	51%	43%	49%	33%	27%	18%
	129,34	51%	45%	49%	33%	27%	18%

Em que: T1, ..., T6: tratamentos 1 a 6, respectivamente.

**Tabela A2.** Percentual de perfilhamento das árvores de um plantio experimental de *Tachigali vulgaris* localizado no distrito de Monte Dourado, Pará

Bloco	Idade (meses)	T1	T2	T3	T4	T5	T6
1	35,97	66%	74%	85%	89%	89%	91%
	45,07	67%	74%	80%	89%	89%	91%
	57,27	65%	65%	86%	89%	89%	91%
	68,84	65%	65%	86%	89%	89%	91%
	91,56	43%	45%	70%	69%	74%	71%
	103,43	41%	39%	76%	70%	70%	68%
	116,65	35%	30%	61%	71%	58%	74%
	129,34	33%	25%	50%	46%	59%	63%
2	35,97	45%	70%	62%	59%	72%	78%
	45,07	45%	67%	62%	59%	72%	76%
	57,27	40%	66%	63%	59%	74%	76%
	68,84	40%	66%	63%	59%	74%	76%
	91,56	20%	47%	45%	51%	63%	69%
	103,43	17%	44%	44%	49%	63%	61%
	116,65	17%	36%	44%	45%	51%	59%
	129,34	14%	36%	27%	26%	44%	45%
3	35,97	60%	76%	74%	67%	94%	64%
	45,07	62%	70%	74%	67%	94%	64%
	57,27	62%	65%	69%	63%	88%	64%
	68,84	62%	65%	69%	63%	88%	64%
	91,56	23%	41%	38%	49%	51%	60%
	103,43	24%	42%	44%	46%	48%	58%
	116,65	21%	32%	48%	42%	39%	55%
	129,34	17%	33%	48%	42%	39%	55%

Em que: T1, ..., T6: tratamentos 1 a 6, respectivamente.