

**Universidade de São Paulo  
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Avaliação do crescimento e da qualidade do lenho de árvores de  
*Eucalyptus urophylla*, de 8 anos, de teste de progênies, visando a  
produção de carvão vegetal**

**Marco Aurelio Arizapana Almonacid**

Dissertação apresentada para obtenção do título de  
Mestre em Ciências, Programa: Recursos  
Florestais. Opção em: Tecnologia de Produtos  
Florestais

**Piracicaba  
2013**

Marco Aurelio Arizapana Almonacid  
Engenheiro Florestal

Avaliação do crescimento e da qualidade do lenho de árvores de *Eucalyptus urophylla*, de 8 anos, de teste de progênies, visando a produção de carvão vegetal

Orientador:  
Prof. Dr. **MARIO TOMAZELLO FILHO**

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre em Ciências, Programa: Recursos Florestais. Opção em: Tecnologia de Produtos Florestais

**Piracicaba**  
**2013**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
DIVISÃO DE BIBLIOTECA - ESALQ/USP**

Arizapana Almonacid, Marco Aurelio

Avaliação do crescimento e da qualidade do lenho de árvores de *Eucalyptus urophylla*, de 8 anos, de teste de progênies, visando a produção de carvão vegetal / Marco Aurelio Arizapana Almonacid.- - Piracicaba, 2013.

161 p: il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2013.

1. Carvão vegetal 2. Densidade da madeira 3. Densitometria de raios X 4. Eucalipto  
5. Madeira - Qualidade I. Título

CDD 674.142  
S237z

**“Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor”**

## DEDICATÓRIA

Para las personas que más estimo y amo en esta vida, mis padres: Celia y Pedro, así como para toda mi familia.

Dedico



## AGRADECIMENTOS

A meu orientador e amigo Prof. Mario Tomazello Filho, pelos ensinamentos, dedicação, amizade e orientação deste trabalho;

Ao prof. Edson S. Mori, da FCA/UNESP e ao Eng. Ftal. MS. Eduardo P. Henriques, da Aperam Bioenergia Ltda, pela cessão das amostras do lenho das árvores de eucalipto e pela amizade;

Aos profs. Fidel A. Roig, Demóstenes Ferreira Fo, Carlos Estraviz, Antonio Natal e Edson Vidal pelo ensino da minha vida acadêmica da pós-graduação;

A Maria Aparecida, do LAIM, pela grande amizade, pela sua colaboração no desenvolvimento das análises laboratoriais;

Aos pós-graduandos do LAIM, Moisés, Matheus, Victor, Ugo, Vinicius, Tássio, Claudio, Vinicius, Boris, Allison, Mauro, Angel, Ivanka, Marta, Mariana, Renata e Pri pela sua amizade e momentos de alegria que eu passei com eles;

A Carolina, pela imensa ajuda para a culminação da presente pesquisa. Sempre estarei obrigado pela sua incomensurável ajuda linda menina.

Ao Alex Canele, pela colaboração no preparo das amostras de madeira.

Aos amigos do basquete: Rivi, Raquel, Leti, Ronka, Elcio, Muié, B.O., Palãq, Fiapo e pelos jogos e momentos de descontração;

Aos grandes amigos peruanos: Pedrinho e Erick, que sempre estiveram ao meu lado para me apoiar e curtir a vida, a Juan e Ximena pela amizade.

Aos amigos do barzinho: Estebán, Fausto, Javier e o grande Pablito pelos inesquecíveis momentos de risada e descontração.

Finalmente, à Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/Universidade de São Paulo pela oportunidade oferecida para a realização do Curso de Mestrado.

A CAPES pela bolsa de Pós-Graduação de Mestrado concedida;



## SUMÁRIO

RESUMO.....	9
ABSTRACT .....	11
1 INTRODUÇÃO .....	13
2 OBJETIVOS .....	15
2.1 Objetivo geral .....	15
2.2 Objetivos específicos .....	15
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	17
3.1 Características do <i>Eucalyptus urophylla</i> .....	17
3.2 Introdução do <i>Eucalyptus urophylla</i> no Brasil.....	17
3.3 Plantações de <i>Eucalyptus</i> spp no Brasil .....	18
3.4 A anatomia do lenho do <i>Eucalyptus urophylla</i> .....	19
3.5 Anéis de crescimento (dendrocronologia) no lenho do <i>Eucalyptus</i> spp .....	21
3.6 A densidade do lenho do <i>Eucalyptus</i> spp.....	22
3.6.1 Densidade básica do lenho do <i>Eucalyptus</i> spp.....	22
3.6.2 Densidade básica média do lenho do <i>Eucalyptus urophylla</i> .....	23
3.6.3 Variação da anatomia e densidade da madeira do <i>Eucalyptus</i> spp .....	25
3.6.4 A densidade da madeira por densitometria de raios X.....	27
3.7 Dureza do lenho do <i>Eucalyptus</i> spp avaliada pelo pilodyn.....	29
4 MATERIAL E MÉTODOS .....	33
4.1 Caracterização do teste de progênies de <i>E. urophylla</i> .....	33
4.2 Caracterização do local .....	34
4.3 Avaliação do crescimento do tronco das árvores de <i>E. urophylla</i> através da mensuração do seu diâmetro externo .....	35
4.4 Avaliação da qualidade do lenho das árvores de <i>E. urophylla</i> em pé .....	36
4.5 Seleção, corte e amostragem do lenho das árvores de <i>E. urophylla</i> .....	36
4.6 Avaliação do crescimento do tronco das árvores de <i>E. urophylla</i> através dos anéis de crescimento .....	36
4.7 Avaliação da densidade do lenho do tronco das árvores de <i>E. urophylla</i> .....	38
4.7.1 Densidade básica do lenho por gravimetria .....	38
4.7.2 Densidade aparente do lenho por densitometria de raios X.....	39
4.8 Análise estatística .....	41



5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	43
5.1 Avaliação do crescimento das árvores de <i>E. urophylla</i> através da mensuração do diâmetro e altura do tronco .....	43
5.2 Avaliação da qualidade do lenho das árvores em pé de <i>E. urophylla</i> .....	52
5.3 Avaliação do crescimento do tronco das árvores de <i>E. urophylla</i> através dos anéis de crescimento .....	55
5.3.1 Caracterização anatômica dos anéis de crescimento anuais .....	55
5.3.2 Largura dos anéis de crescimento anuais e crescimento do tronco das árvores..	58
5.4 Densidade básica do lenho das árvores de <i>E. urophylla</i> .....	67
5.5 Densidade aparente do lenho do DAP do tronco das árvores de <i>E. urophylla</i> .....	71
6 CONCLUSÕES.....	81
REFERÊNCIAS .....	85

## RESUMO

Avaliação do crescimento e da qualidade do lenho de árvores de *Eucalyptus urophylla*, de 8 anos, de teste de progênie, visando a produção de carvão vegetal

As metodologias de análise da qualidade do lenho e dos anéis de crescimento das árvores de eucalipto são importantes para a determinação do incremento anual do seu tronco, da densidade básica e aparente do lenho, dentre outros, visando os programas de melhoramento, como a seleção precoce de árvores geneticamente superiores para a qualidade da madeira, produção de carvão vegetal, etc. Pelo exposto, o presente trabalho avaliou a qualidade do lenho das árvores de *Eucalyptus urophylla*, de 8 anos, de um teste de progênie, visando a produção de carvão vegetal, instalado em novembro de 2003, no município de Itamarandiba, MG. Foram mensuradas a altura e o DAP de 6 árvores de *E. urophylla*, das parcelas lineares de 8 árvores, aos 13<sup>o</sup>, 21<sup>o</sup>, 38<sup>o</sup>, 60<sup>o</sup> e 82<sup>o</sup> meses, para a determinação do incremento corrente e acumulado do tronco. A qualidade do lenho das árvores em pé foi realizada em novembro de 2008, determinando a resistência do lenho com o equipamento Pilodyn. Em seguida, foram selecionadas, cortadas e desramadas 4 árvores dos blocos 1, 3, e 5, em um total de 312 árvores e cortados cilindros do lenho na base, DAP, 25, 50, 75 e 100% da altura comercial do tronco. Na seção transversal dos discos de lenho foi feita a caracterização macroscópica e a determinação da largura dos anéis de crescimento anuais do lenho. Na aferição da anuidade da formação dos anéis de crescimento foram analisadas as cicatrizes das injúrias da retirada de placa da casca e aplicação da agulha do pilodyn (novembro de 2008, correspondendo ao 5<sup>o</sup> anel de crescimento) e o diâmetro do tronco mensurado nos inventários florestais. Com base na largura dos anéis de crescimento foram obtidos os incrementos correntes e acumulados do tronco e comparados com os obtidos pela mensuração externa. A densidade básica dos discos de lenho (base, DAP, 25, 50, 75 e 100% da altura comercial do tronco) das árvores foi determinada; a densidade aparente do lenho do DAP de 12 árvores de 26 progênie foi determinada por densitometria de raios X, obtendo o perfil radial de densidade, a densidade aparente média, mínima e máxima dos anéis de crescimento e do lenho.

Palavras-chave: Qualidade da madeira; Pilodyn; Raios X; Densidade; Eucalipto



## ABSTRACT

Growth and wood quality evaluation of 8 years *Eucalyptus urophylla* trees, of progeny tests, in order to produce charcoal

The methodologies for analyzing the wood quality and tree-rings of eucalyptus trees are important for determining the trunk annual increment, the basic and apparent wood density, etc., seeking improvement programs, such as the early selection of genetically superior trees for quality timber, charcoal production, etc. With this aim, the present study evaluated the wood quality of 8 years- *Eucalyptus urophylla* trees from a progeny test, installed in November 2003, in the municipality of Itamarandiba, MG, Brazil. The height and DBH of 6 *E. urophylla* trees, in the linear plots of 8 trees were evaluated at 13<sup>o</sup>, 21<sup>o</sup>, 38<sup>o</sup>, 60<sup>o</sup> and 82<sup>o</sup> months, for determining the current and accumulated trunk increment. The wood quality of standing trees was conducted in November 2008, determining the wood hardness with equipment pylodin. Then, 4 trees were selected, cut and pruned from the blocks 1, 3 and 5, a total of 312 trees, and wood samples from the base, DBH, 25, 50, 75 and 100% of the commercial height were collected. In the wood cross was made the macroscopic characterization and determination of the annual tree-ring width. In assessing the annuity formation of tree-rings were analyzed scars due to the injuries to removal of the plate of bark and the application of the needle (November 2008, corresponding to the 5th tree-ring), as well as, to the values of the trunk diameter measured in forest inventories. Based on the tree-ring thickness were obtained the current and accumulated increases of the trunk diameter and compared with those obtained by the inventory. The wood basic density (base, DBH, 25, 50, 75 and 100% of the trunk height) were determined; also the wood apparent density of the DBH was determined by X-ray densitometry, obtaining the wood radial apparent density profile; the mean, minimum and maximum apparent density of wood and tree-rings.

Keywords: Wood quality; Pylodin; X-ray; Density; Eucalyptus



## 1 INTRODUÇÃO

O gênero *Eucalyptus* ocorre quase exclusivamente na Austrália, com mais de 600 espécies e muitas variedades. Das espécies que ocorrem fora da Austrália, em número de seis, três são registradas no arquipélago da Indonésia, sendo o *E. urophylla*, *E. alba* e o *E. deglupta*.

O *Eucalyptus urophylla* ocorre naturalmente nas Ilhas Timor, Flores, Andora, Lomblen, Pantar, Alor e Wetar. (VIEIRA; BUCSAN, 1980), sendo introduzido no Brasil por Edmundo Navarro de Andrade, em 1919, em Rio Claro, SP, identificado como *E. alba*. A denominação de *E. urophylla* foi oficialmente adotada em 1977, após estudos realizados por Blakely (PÁSZTOR et al., 1990).

Ainda, segundo Rocha et al. (2006) o *Eucalyptus urophylla* foi introduzido no Brasil, a partir da década de 70, a partir de sementes provenientes das ilhas do arquipélago de Sonda.

A literatura ressalta que as árvores de *E. urophyllae* seus híbridos têm sido utilizadas em razão da excelente adaptação às diversas regiões edafo-climáticas, incluindo as com restrições ao crescimento do *E. grandis*. A maior taxa de crescimento das árvores em regiões tropicais, a qualidade da madeira para a produção de carvão, celulose, serraria, etc. e a resistência ao fungo *Cryphonectria cubensis*, foram características estratégicas para o *E. urophylla* substituir o *E. Grandis* (PÁSZTOR et al., 1990). Da mesma forma, essas características das árvores do *E. urophylla*, elegeram a espécie nos programas de melhoramento genético através de cruzamento com o *E. grandis*, obtendo-se plantações resistentes ao agente causal do cancro, ao déficit hídrico, além da madeira preconizada para múltiplos usos.

Nos programas de melhoramento genético de espécies florestais são aplicados os princípios e conceitos básicos visando a melhoria do incremento volumétrico e qualidade da madeira formada no lenho das árvores das espécies e seus híbridos, bem como a possibilidade de avaliação precoce dessas

características, possibilitando a redução do ciclo de seleção e a previsão de ganhos para gerações futuras, através da seleção de árvores com maior potencial genético (CRUZ; CARNEIRO, 2003).

A bibliografia especializada relata inúmeros trabalhos de seleção genética de árvores de eucalipto para a melhoria do incremento volumétrico e, em menor número, para a qualidade da madeira, principalmente a sua densidade. É escassa quanto à seleção de parâmetros de qualidade da madeira para a aplicação específica para o carvão vegetal, incluindo resultados de seleção precoce de árvores de eucalipto para esta finalidade (BOTREL, 2007; HENRIQUES, 2012).

Nesse sentido, as metodologias de análise da qualidade do lenho e dos anéis de crescimento formados anualmente no tronco das árvores de eucalipto – como a densitometria de raios X – são importantes para a determinação do incremento anual do tronco, dos valores anuais de densidade do lenho, etc., e sua utilização nos programas de melhoramento, incluindo a seleção precoce de árvores geneticamente superiores para a produção e qualidade da madeira.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

O presente estudo teve como objetivo geral a avaliação da qualidade do lenho das árvores de *Eucalyptus urophylla*, de 8 anos, provenientes de um teste de progênie de médios irmãos, visando a produção de carvão vegetal.

### **2.2 Objetivos específicos**

Os objetivos específicos foram (i) avaliação do crescimento do tronco através da mensuração do diâmetro externo e dos anéis de crescimento anuais das árvores de *E. urophylla*, (ii) avaliação da resistência e sua relação com a densidade do lenho das árvores de *E. urophylla* à penetração da agulha do pilodyn, (iii) determinação da variação da densidade básica e aparente do lenho das árvores de *E. urophylla* por gravimetria e por densitometria de raios X.





### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Características do *Eucalyptus urophylla*

As árvores de *Eucalyptus urophylla* ocorrem naturalmente nas ilhas de Timor, Wetar, Adonara, Alor, Pantar e Lombien (ilhas menores da Sonda) na Indonésia, em uma distribuição descontínua. A área de ocorrência varia de 70 (Wetar) a 2960 m (este de Timor), com preferência a altitude acima de 200 m e precipitação de 1000-2000 mm/ano. Em sítios favoráveis as árvores da espécie superam 50 m de altura e até 2 m de diâmetro, atingindo em média 25-45 m de altura e menos de 1 m de diâmetro do tronco. Contudo, na máxima altitude da área de ocorrência a espécie é caracterizada como um arbusto pequeno e retorcido de poucos metros de altura. A espécie é considerada como uma das melhores para baixas latitudes (8-10°S), com a longitude de 122°-127° E, em uma amplitude de 500 km. Na área de ocorrência as temperaturas médias máxima se mínimas são 29° e 8-12°C, respectivamente (HILLIS; BROWN, 1978; FAO, 1981; GUNNE; MCDONALD, 1992). As árvores de *E. urophylla* hibridizam com as de outras espécies, como as de *E. tereticornis*, *E. saligna* e, em sua área de ocorrência natural, com o *E. alba* (GUNN; MCDONALD, 1992; NIETO; RODRIGUEZ, 2003).

Devido à área de ocorrência do *E. urophylla* ser próxima ao Equador são registradas pequenas variações nas médias da temperatura máxima mensal de 27-29°C a 400 m de altitude (JUN et al., 1992) a 24-28°C (NIETO; RODRIGUEZ, 2003). Embora tolerante a solos quimicamente pobres as árvores de *E. urophylla* devem ser preferencialmente plantadas em solo de textura média, não tolerando solos muito argilosos e com pequeno lençol capa freático; desenvolvem-se melhor em solos que permanecem úmidos na estação de seca (LAMA, 1976; NIETO; RODRIGUEZ, 2003).

#### 3.2 Introdução do *Eucalyptus urophylla* no Brasil

O *E. urophylla* foi introduzido no Brasil em 1919, por Edmundo Navarro de Andrade, em Rio Claro, SP, sendo identificado como *E. alba*. A descrição do *E. urophylla* foi oficialmente adotada em 1977, após estudos de Blakely (PÁSZTOR et al., 1990), sendo uma das espécies mais importantes para os países tropicais,

principalmente os do hemisfério sul. No Brasil, até 1966, o *E. urophylla*, juntamente com o *E. saligna* e *E. grandis*, era uma das espécies mais plantadas nas regiões de cerrado, com estações secas pronunciadas. A partir de 1966, vem sendo substituído pelo *E. grandis* para a produção de celulose e papel, pelo *Corymbia citrodora*, *E. tereticornis* e *E. camaldulensis* para fins energéticos, estimando-se cerca de 600.000 ha de plantações com o *E. urophylla* e seus híbridos no Brasil (FERREIRA, 1994). Pásztor (1975) ressalta que as árvores de *E. urophylla* e seus híbridos, têm sido utilizadas em razão do seu crescimento em regiões tropicais, pela qualidade da madeira para carvão, celulose e serraria e pela sua resistência ao fungo *Cryphonectria cubensis*.

### 3.3 Plantações de *Eucalyptus* spp no Brasil

Nos programas de florestamento e de reflorestamento no Brasil têm sido utilizadas as espécies de eucalipto pelo seu rápido crescimento, adaptação às regiões ecológicas e potencial econômico da sua madeira. Dentre as principais espécies menciona-se o *Eucalyptus grandis* e seus híbridos interespecíficos, principalmente com o *E. urophylla* S.T. Blake, face ao uso intensivo e crescente da madeira nos segmentos industriais e, mais recentemente, para a produção de madeira serrada (PINTO Jr.; GARLIPP, 2008). Atualmente, a área de florestas plantadas no Brasil é de 6 milhões de hectares, com as plantações de eucalipto representando 60%, pinus 30% e outras espécies 10% (ABRATES, 2007).

De acordo com Pinto Jr. (2004) a principal vantagem competitiva do Brasil é a sua tecnologia florestal, baseada em programas de melhoramento genético e de multiplicação clonal do eucalipto desenvolvido nos últimos 30 anos. Para González et al. (2002) todo esse conhecimento científico e tecnológico gerou um ganho de produtividade das plantações florestais, de 20 m<sup>3</sup>/ha/ano (8 árvores/m<sup>3</sup> - no início da década de 1970, para 50 m<sup>3</sup>/ha/ano (3,1 árvores/m<sup>3</sup> - em 1999). O melhoramento genético para a melhoria da qualidade da madeira do eucalipto baseia-se, principalmente, nos critérios de produtividade das árvores/ha, sendo que os parâmetros tecnológicos, caso da qualidade da madeira deveriam, também, ser devidamente considerados nos programas de seleção.

Segundo Bertola (2000) as espécies de eucalipto mais plantadas no mundo são *E. grandis*, *E. saligna*, *E. urophylla*, *E. camaldulensis*, *E. tereticornis*, *E. globulus*, *E. viminalis*, *E. deglupta*, *E. citriodora*, *E. exserta*, *E. paniculatae* *E. robusta*. No Brasil, são o *E. grandis*(55%), *E. saligna*(17%), *E. urophylla*(9%), *E. viminalis*(2%), híbridos do *E. grandis* x *urophylla*(11%) e outras espécies (6%)(Figura 1).

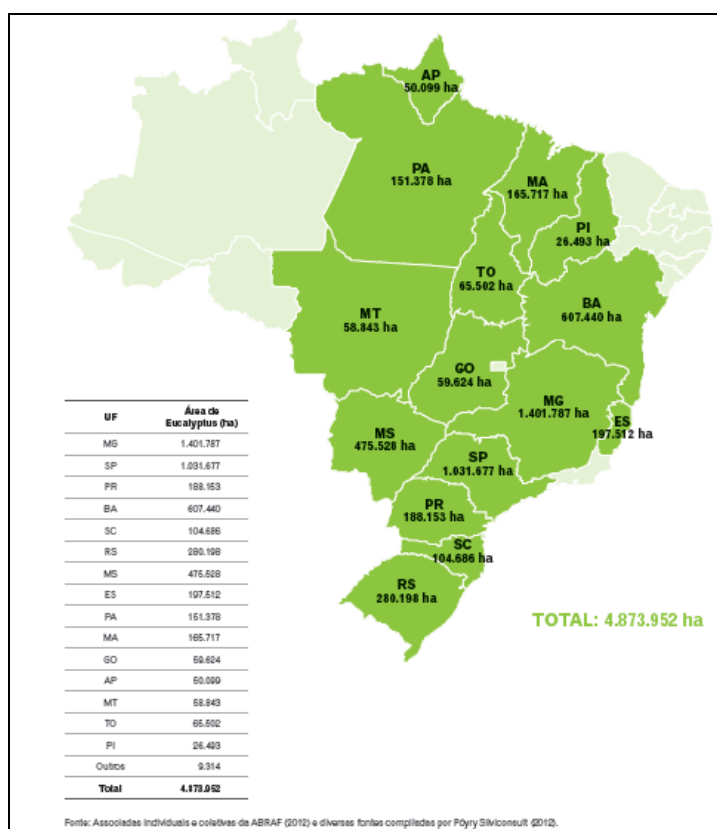


Figura 1 - Área e distribuição de florestas plantadas com eucaliptos no Brasil (ABRAF, 2012)

### 3.4 A anatomia do lenho do *Eucalyptus urophylla*

As características anatômicas da madeira constituem-se em um índice de sua qualidade, além das físicas-mecânicas e composição química, compondo os fatores que estão relacionados às suas propriedades (HAYGREEN et al., 1982).

Como componente anatômico do lenho, as fibras constituem a maior % do tronco das árvores de eucalipto, desempenhando a função de sustentação. A % e a

espessura da parede das fibras influenciam diretamente na massa específica, retratibilidade e propriedades de resistência mecânica da madeira dos eucaliptos (BURGER; RICHTER, 1991). A % total de fibras, vasos e parênquima no lenho dos eucaliptos é de 65, 17 e 18%, respectivamente (BARRICHELO; BRITO, 1976). As fibras são os elementos celulares mais importantes da madeira dos eucaliptos e, desta forma, utilizados para a preconização dos seus usos e aplicações (PAULA, 2003).

Shimoyama (1990) relata que o menor comprimento das fibras (média de 1 mm) é uma das características da madeira dos eucaliptos, com o comprimento, a espessura da parede e a largura das fibras tendendo a aumentar na direção medula-casca. Os vasos mostram variação de frequência, forma, arranjo e dimensões no lenho dos eucaliptos. No sentido radial, próximo à medula, os vasos são de menor diâmetro e maior frequência; próximos à casca, são de maior diâmetro e menor frequência, sem alteração significativa da sua área (TOMAZELLO FILHO, 1983). Barrichelo e Brito (1976) observaram para o comprimento, espessura da parede e diâmetro do lume das fibras valores de 0,75-1,30 mm, 2,5-6,0  $\mu\text{m}$  e 6,0-10  $\mu\text{m}$ , respectivamente.

O lenho das árvores de *E. urophylla* apresenta anéis de crescimento indistintos, vasos de porosidade difusa, arranjos diagonais, predominância de solitários, formato oval e tiloses; o parênquima é paratraqueal vasicêntrico, raramente paratraqueal unilateral e paratraqueal confluyente; os raios são predominantemente unisseriados, bisseriados, formados exclusivamente de células procumbentes; as fibras são libriiformes (EVANGELISTA, 2010).

Segundo Silvestre e Torres (2003) o lenho do *E. urophylla* tem vasos de distribuição difusa, disposição solitária ou agrupados; de 155  $\mu$  de comprimento, 123 e 181  $\mu$  de diâmetro tangencial e radial, com pontoações alternas, placa de perfuração simples e com tiloses; parênquima axial tipo paratraqueal e vasicêntrico; parênquima radial unisseriado e homogêneo; fibras libriiformes e fibrotraqueídes (Tabela 1).

Tabela1 - Características anatômicas da madeira de *E. urophylla* (EVANGELISTA et al., 2010)

Clone/idade	Clone de <i>E. urophylla</i>	
	6 anos	8 anos
Comprimento das fibras (mm)	0,95	0,92
Largura das fibras ( $\mu\text{m}$ )	21,3	19,3
Diâmetro do lume ( $\mu\text{m}$ )	12,7	8,8
Espessura da parede das fibras ( $\mu\text{m}$ )	4,3	5,3
Frequência de vasos ( $\text{mm}^{-2}$ )	9,9	11,0
Diâmetro do lume ( $\mu\text{m}$ )	118,3	115,2

### 3.5 Anéis de crescimento (dendrocronologia) no lenho do *Eucalyptus* spp

Há várias décadas, as árvores de eucalipto eram consideradas como espécies que não formavam anéis de crescimento anuais no seu lenho (OGDEN 1978; SCHWEINGRUBER 1992).

No entanto, mais recentemente, Brookhouse e Brack (2006) analisando os anéis de crescimento de árvores de *E. obliqua* e de *E. delegatensis* foram bem sucedidos na aplicação da técnica da datação cruzada, indicando o gênero *Eucalyptus* como potencial para pesquisas dendrocronológicas. Ainda, Brookhouse (2006) realizando pesquisas em dendrocronologia com árvores de eucaliptos ocorrentes no sudeste da Austrália verificou relação dos anéis de crescimento com a precipitação. No entanto, dois estudos realizados com árvores de *E. pauciflora* não mostraram relação entre a sequencia de largura dos anéis de crescimento e as variáveis climáticas (KEITH, 1982; SMITH, 1997).

Na análise de árvores de *E. delegatensis* (MAZANEC, 1968; READSHAWAND; MAZANEC, 1968), visando verificar o efeito da defoliação por um inseto phasmatidae, foi aplicada a avaliação dos anéis de crescimento como indicadores da severidade da defolhação. Os resultados indicam claramente a anuidade de formação dos anéis de crescimento das árvores da espécie nas regiões montanhosas da Austrália. O exame microscópico do lenho, a cada 2 semanas no

outono e início do inverno, evidenciou o início da formação do lenho tardio, caracterizado pela largura e espessura da parede das fibras.

Morrow e LaMarche (1978) aplicaram a análise dos anéis de crescimento em árvores de *E. pauciflora* e de *E. stellulata* para estudar o efeito da infestação de insetos no crescimento em diâmetro do seu tronco; nas árvores de eucalipto controle foi feita a aplicação de inseticida para comparação com as afetadas pelos insetos.

Em continuidade às pesquisas com anéis de crescimento, Mucha (1979) avaliou a cada 30 dias o diâmetro do tronco de árvores de *E. tetradonta*, *E. nesophila* e de *E. miniata*, após o 2º ano, indicando claramente que as maiores taxas de crescimento ocorrem durante e após a precipitação. O exame dos anéis de crescimento do lenho de árvores de *E. tetradonta*, *E. miniata* e *E. bleesiri*, de idade conhecida, indicou um número de anéis de crescimento correspondente à idade das árvores.

Aplicando a técnica de dendrocronologia denominada “skeleton-ploting” na análise dos anéis de crescimento do lenho de árvores de *E. camaldulensis*, Argent (1995) e Argent et al. (2004), preconizaram a aplicação dos anéis de crescimento em estudos de hidrologia e geomorfologia.

### **3.6 A densidade do lenho do *Eucalyptus* spp**

#### **3.6.1 Densidade básica do lenho do *Eucalyptus* spp**

A densidade básica da madeira é identificada como a relação entre a massa absolutamente seca e o seu volume saturado, sendo considerada como propriedade chave por apresentar forte correlação com as demais propriedades da madeira afetando, por exemplo, o rendimento em polpa celulósica (PANSKIN; DE ZEEUW, 1980, ZOBEL; VAN BUIJTENEN, 1989; DOWNES et al., 1997; ZOBEL; JETT, 1995).

Por um lado, a densidade da madeira resulta da integração de suas propriedades anatômicas, físicas e químicas da madeira que, se relaciona com as

características de resistência mecânica, natural, energética e que condicionam a sua utilização (JORGE; PEREIRA, 1998).

A densidade da madeira pode variar em funções das alterações anatômicas, como dimensão, distribuição e frequência dos vasos, espessura da parede, largura e diâmetro do lume das fibras, proporção de lenho inicial/tardio, a quantidade de parênquima radial e longitudinal (DOWNES et al., 1997). Estas características anatômicas são, por sua vez, influenciadas pelos fatores ambientais e genéticos, com as alterações do clima, da taxa de crescimento, da fertilidade do solo e tratamentos silviculturais (adubação, desbaste, etc.) afetando a densidade da madeira (ZOBEL; VAN BUIJTENEN, 1989; SIRVIO; KÄREMLAMPI, 1999; YASUE et al., 2000).

A densidade do lenho varia no sentido radial e longitudinal do tronco das árvores de eucalipto – na direção radial geralmente aumenta a partir da medula até a casca; no sentido longitudinalos modelos de variação da densidade são diversos e não consistentes (DOWNES et al., 1997).

A densidade da madeira afeta, também, os processos de produção e de qualidade do papel e dos seus inúmeros produtos sólidos, como a madeira serrada pela estreita correlação com sua resistência da madeira. As propriedades da madeira relacionadas com a resistência mecânica - módulo de elasticidade (MOE), módulo de ruptura (MOR), máxima resistência paralela às fibras, compressão paralela e perpendicular às fibras, aumentam com a densidade da madeira (VALENTE et al., 1992; HAYGREEN; BOWYER, 1996, DOWNES et al., 1997).

### **3.6.2 Densidade básica média do lenho do *Eucalyptus urophylla***

Estudando a variação da densidade básica da madeira de diferentes espécies de eucalipto, locais de plantação e idades de corte das árvores em 4 regiões do estado de São Paulo, Ribeiro e Zani Filho (1993) obtiveram para madeira de *E. urophylla* o valor de 0,56 g/cm<sup>3</sup> (0,53-0,59 g/cm<sup>3</sup>).



Avaliando a eficiência do pilodyn como parâmetro para estimar a densidade básica da madeira de árvores de *E. urophylla*, de 6,3 anos, Rodrigues (2011) obteve a densidade básica de 0,51 g/cm<sup>3</sup>.

A densidade básica da madeira no DAP do tronco de árvores de procedências e progênies de *E. urophylla*, de 4 anos, de plantações de Belo Horizonte/MG, foi 0,48 g/cm<sup>3</sup>; as procedências da Ilha de Flores apresentaram maior densidade em relação às da Ilha de Timor (BRASIL; VEIGA, 1994).

A avaliação da densidade básica da madeira de árvores de 12 espécies de eucaliptos indica o valor de 0,58 g/cm para a madeira do *E. urophylla* (STURION et al., 1987).

Estudando os parâmetros genéticos da densidade da madeira e penetração ao pilodyn em árvores de *E. urophylla* de 8 e 9 anos, de ensaios de progênies de polinização aberta instalados no Vietnã, Kien et al. (2007) relataram valores de 0,51 e 0,52 g/cm<sup>3</sup>, respectivamente.

Avaliando a variação radial do ângulo microfibrilar e a relação com a densidade básica da madeira de árvores de *E. urophylla*, de 14 anos, de plantações de testes de progênies no Congo, Hein e Brancheriau (2011) obtiveram 0,55 g/cm<sup>3</sup> para a densidade básica da madeira.

Trugilho (2009) aplicando 3 métodos para estimar a densidade básica da madeira de 9 espécies de árvores de eucaliptos de plantações de Alagoinhas, BA e de Três Maria, MG, com 4, 6 e 7 anos, obteve para o *E. urophylla* a densidade da madeira de 0,478; 0,56 e 0,61 g/cm<sup>3</sup>, respectivamente.

Avaliando parâmetros genéticos de crescimento e da densidade da madeira de árvores de *E. urophylla*, de 3 anos, em ensaio instalado em Veracruz, México, Sánchez et al. (2005) obtiveram 0,40 g/cm<sup>3</sup> de densidade básica, com correlação positiva, embora fraca, com a altura do tronco das árvores.

Em trabalho visando avaliar as propriedades tecnológicas da madeira de árvores de *E. urophylla*, de 7 anos, de plantações florestais instaladas em Veracruz,

México, Silvestre e Torres (2003) obtiveram valor de densidade básica de 0,54 g/cm<sup>3</sup>.

Avaliando a variação da densidade básica da madeira de espécies e procedências de árvores de eucalipto, Ribeiro e Zani Filho (1993) obtiveram, para o *E. urophylla*, a densidade básica de 0,51 g/cm<sup>3</sup> sendo maior para as procedências de Ilha de Flores, com potencial de seleção e melhoramento genético.

### **3.6.3 Variação da anatomia e densidade da madeira do *Eucalyptus* spp**

Segundo Mauri (2010) a estrutura anatômica e a densidade da madeira de eucaliptos podem variar entre as espécies, dentro da espécie e das árvores. Essas variações no tronco das árvores podem ocorrer no sentido longitudinal-radial, na região cerne-alburno, entre a madeira juvenil-adulta e no lenho inicial-tardio dos anéis de crescimento. As variações da densidade básica da madeira no sentido base-topo tronco apesar de detectadas não seguem um padrão definido; as variações radiais indicam o aumento da densidade da madeira no sentido medula-casca.

Para analisar as variações das propriedades da madeira no sentido longitudinal e radial do tronco das árvores de eucalipto, aplica-se a amostragem destrutiva através do corte da seção transversal de amostras do lenho (2,5-3 cm espessura) ou de toretes (30 cm, comprimento) a 0, 25, 50, 75 e 100% da altura comercial do tronco. Essa metodologia de amostragem evita a utilização integral do tronco, com facilidade no transporte, manuseio e operações laboratoriais (FONSECA et al., 1996).

A análise da variação radial das propriedades da madeira dos eucaliptos é a mais importante permitindo a determinação e caracterização anatômica, física e química, da madeira juvenil-adulta, do cerne-alburno, etc. ao longo da altura do tronco das árvores (MALAN, 1995).

Segundo Tomazello Filho (1983) a variabilidade radial da madeira dos eucaliptos foi inicialmente pesquisada por inúmeros pesquisadores, como Bisset e

Daswell (1949), que analisaram a variação das dimensões das fibras de *E. regnans*, de 50 anos, detectando o aumento do comprimento das fibras até o 10º anel de crescimento, com as fibras mais longas no lenho outonal em relação ao primaveril.

A formação da madeira mais uniforme, de maior homogeneidade – como a sua densidade-, no tronco das árvores de eucalipto é desejável e recomendada para a utilização industrial, seja para a celulose e papel, painéis, carvão, mobiliário, etc. Neste aspecto, Valente et al. (1992), Garcia (1995) e Cruz (2000) reafirmam a importância do diagnóstico da variação radial-longitudinal da madeira.

Ao estudar a variação da madeira de árvores de *E. grandis*, de 8 anos, sob vários níveis de produtividade, Rezende et al. (1998) encontraram valores maiores de densidade na base em relação à altura de 25% do tronco.

Comparando a relação da densidade básica com a estrutura anatômica e composição química de amostras de madeira - cortadas em diferentes alturas e % do raio - do tronco de árvores de eucalipto, Shimoyama (1990) observou que a densidade básica é mais influenciada pela estrutura anatômica.

Vital e Della Lucia (1987) obtiveram na madeira de árvores de *E. grandis* e de *E. urophylla* o aumento do diâmetro dos vasos no sentido medula-casca, sem diferença nas 4 posições; os vasos são mais longos próximos da casca em relação às demais posições.

Em árvores de 7 espécies de eucalipto, Oliveira et al. (2005) observaram o aumento da densidade básica da madeira na direção radial do tronco, com modelos de variação distintos para cada espécie.

Em árvores de *E. saligna* e de *E. grandis*, Tomazello Filho (1985) encontrou variação significativa no comprimento, diâmetro de lume e espessura da parede das fibras e no diâmetro tangencial e redução da frequência dos vasos, com aumento no sentido medula-casca.

As dimensões das fibras e vasos da madeira de *E. grandis*, de diferentes idades, de acordo com Silva et al. (2007), variam com a idade e com a posição

radial, à exceção da largura e do diâmetro do lume das fibras; todos os demais parâmetros anatômicos apresentaram correlação positiva.

#### **3.6.4 A densidade da madeira por densitometria de raios X**

A densitometria de raios X tem sido utilizada há 40 anos na avaliação da densidade da madeira através de técnica não destrutiva, com a extração de amostras do lenho com sonda de pressler, seguindo-se o seu corte no sentido transversal (2 mm, espessura), exposição sob fonte de raios X e obtenção e análise de imagens radiográficas em densitômetro Joyce Loeb, obtendo-se o perfil radial de densidade aparente (POLGE, 1978; MOSCHLER; WINISTORFER, 1990).

No desenvolvimento da metodologia de densitometria de raios X em madeiras de árvores de procedências e de espécies florestais, Polge (1966) relatou inúmeras aplicações como a avaliação da qualidade, do lenho de reação, da retratibilidade, colapso e condicionamento e das características dos perfis densitométricos.

Bergsten et al. (2001) utilizaram amostras do lenho cilíndricas – sem seccionamento transversal – para a obtenção do perfil radial de densidade aparente da madeira por densitometria de raios X, permitindo determinação mais rápida da densidade.

A densitometria de raios X foi utilizada por Abdel-Gadir et al. (1993) na caracterização da variação da densidade dos lenhos inicial e tardio dos anéis de crescimento nas regiões da madeira juvenil-adulta do lenho de árvores de *Pseudotsuga menziesii*. Da mesma forma, Cown et al. (1992) utilizaram a densitometria de raios X analisando a variação da densidade da madeira de árvores de *Pinus radiata* através da caracterização do perfil de densidade e dos lenhos inicial e tardio dos anéis de crescimento.

Greaves et al. (1997) utilizaram a densitometria de raios X para correlacionar a densidade da madeira com a dos lenhos inicial e tardio em árvores de *Eucalyptus nitens* de diferentes idades. Evans et al. (2000) utilizaram a densitometria de raios X,

através do equipamento Silviscan para a construção de perfis de densidade de árvores de *Eucalyptus nitens*, de 15 anos.

Rozenberg et al. (2001) aplicaram a densitometria de raios X para determinar a densidade do lenho inicial e tardio e a homogeneidade do anel de crescimento em programa de melhoramento genético de árvores de *Picea abies* e de *Pseudotsuga menziesii* na Europa; a densitometria de raios X é uma técnica precisa para a avaliação da densidade da madeira, embora exigindo um tempo maior para as análises.

De acordo com Parker e Kennedy (1973) a densitometria de raios X é precisa e proporciona a obtenção da densidade intra-anel de crescimento do lenho das árvores, com aplicações na climatologia, hidrologia, geomorfologia, biologia, silvicultura e tecnologia da madeira; a densidade máxima do lenho tardio mostrou-se altamente correlacionada com as condições ambientais e as práticas silviculturais.

No Brasil, a técnica de densitometria de raios X foi implantada por Amaral (1994) e Amaral e Tomazello Filho (1998), sendo considerada como uma importante ferramenta na avaliação da qualidade do lenho e caracterização tecnológica da madeira.

Moya e Tomazello Filho (2005) avaliando a densidade da madeira de árvores de *Gmelina arborea*, pela densitometria de raios X, evidenciaram o efeito das condições climáticas e do manejo florestal na densidade da madeira e na demarcação dos anéis de crescimento.

A metodologia de densitometria de raios X aplicada no estudo do lenho das árvores apresenta como vantagem a possibilidade do registro radiográfico do lenho, a alta sensibilidade e resolução, além da velocidade de análise dos dados e a interpretação dos perfis radiais de densidade (SILVA; LOUSADA, 2001).

Sette Junior et al. (2005) avaliando a densidade aparente do lenho de árvores de *Eucalyptus grandis*, de 2 anos, mostraram um perfil característico da madeira juvenil, com aumento no sentido medula casca. Um modelo de variação da

densidade aparente da madeira similar foi observado para árvores de *E. grandis*, de 5 anos (SETTE JUNIOR, 2010).

Na caracterização da variação radial da densidade aparente do lenho de árvores de *Eucalyptus grandis* de 8 anos, pela densitometria de raios X, Alzate (2004) e Alzate e Tamayo (2008) obtiveram valor de 0,46 g/cm<sup>3</sup> de densidade média e perfil densitométrico caracterizado pelo incremento radial da densidade.

A variação radial da densidade aparente do lenho de árvores do *Eucalyptus grandis x urophylla*, de 7 anos, foi analisada por Tomazello Filho (2006) pela densitometria de raios X obtendo densidade média de 0,65 g/cm<sup>3</sup> e característico perfil radial de densidade aparente do lenho. Benjamin (2006) avaliando o lenho de árvores de *Eucalyptus grandis*, de 28 anos, confirmou o modelo clássico de variação radial e densidade média de 0,69 g/cm<sup>3</sup>.

Ferreira et al. (2009) analisaram o lenho de árvores de *Pinus caribaea* var. hondurensis por densitometria de raios X, obtendo os perfis radiais de variação da densidade aparente do lenho e dos anéis de crescimento, bem como a demarcação dos seus limites, além dos valores médios de densidade do lenho.

Atualmente, tem sido utilizados equipamentos - como o QTRS-01X -, que permitem a determinação da densidade aparente do lenho e dos anéis de crescimento pela varredura de feixe colimado de raios X, dispensando o uso de filmes radiográficos. Desta forma, otimiza-se o tempo, aumenta-se a velocidade de processamento e da coleta dos dados de densidade, com excelente resolução (CASTRO, 2011).

### **3.7 Dureza do lenho do *Eucalyptus* spp avaliada pelo pilodyn**

O equipamento pilodyn é uma ferramenta portátil usada para estimar a dureza e a densidade do lenho de árvores em pé, pela inserção de agulha e avaliação da profundidade de sua penetração; esta é inversamente relacionada com a dureza e densidade da madeira sendo, normalmente, realizadas 2-4 leituras/árvore. O pilodyn tem sido para estimar a densidade do lenho de árvores em pé em programas de

melhoramento genético. Segundo Hansen (2000) o pilodyn pode ser uma boa alternativa como instrumento para a estimativa rápida e não destrutiva da densidade da madeira das árvores.

Lopez e Staffieri (1998) afirmaram que o valor da penetração da agulha do pilodyn apresenta forte correlação com a densidade da madeira de árvores e de plantações florestais. Vale et al. (1997) obtiveram em árvores de *E. grandis* de 8 anos, um valor de correlação de -0,55 entre a penetração da agulha e a densidade da madeira. Avaliando a relação do valor da penetração da agulha do pilodyn a 33 e 66% do raio do DAP do tronco e a densidade da madeira de árvores de *Eucalyptus grandis*, López (1995) obteve correlação de -0,94 e -0,86, respectivamente. Cown et al. (1999) relataram correlações de -0,55 a -0,90 para a penetração da agulha e a densidade básica da madeira externa do tronco de árvores de várias espécies.

Raymond e McDonald (1998) encontraram correlação da penetração da agulha e a densidade básica da madeira de -0,39 a -0,87 em árvores de *Eucalyptus globulus* de 5 anos; de -0,68 e -0,95 para árvores de 10 anos; em *Eucalyptus nitens* de 10 a 15 anos as correlações foram de -0,50 para -0,88.

Tibbits et al. (1990) obtiveram correlação da penetração da agulha e a densidade básica da madeira de -0,77, e correlação genética de -0,98 para *Eucalyptus globulus*, de 8 anos, na Austrália. Wei e Borralho (1997) relataram uma correlação fenotípica entre o pilodyn e a densidade da madeira de -0,80 para árvores de *Eucalyptus urophylla* de 7 anos na China. Gea et al. (1997) determinaram correlação fenotípica e genética de -0,68 e -0,92, respectivamente, para *Eucalyptus nitens* de 5 anos, na Nova Zelândia.

Estudos com *Eucalyptus nitens* na Tasmânia, realizados com Tibbits e Hodge (1998) evidenciaram correlação genética entre a penetração do Pilodyn e a densidade básica da madeira de -1,04. Embora com correlações elevadas, relacionam-se como desvantagens do pilodyn: estimativa da densidade da madeira não é precisa; requer conhecimento de uso e de manutenção e os resultados são coletados manualmente (COWN et al., 1999).

Em árvores de *Eucalyptus urophylla*, de 8 e 9 anos, no Vietnã, Kien et al. (2008) encontraram uma correlação entre o pilodyn e a densidade da madeira de -0,86, com 16,6-16,7 mm de penetração da agulha no tronco das árvores. Wu et al. (2010) avaliando a relação do pilodyn e a densidade da madeira de árvores de clones de *E. urophylla* e de *E. grandis* obtiveram 9,44-15,41 mm de penetração da agulha no lenho, com correlação de -0,60.

Moura et al. (1987) aplicaram 3 métodos não destrutivos – incluindo o pilodyn - para a determinação da densidade de árvores de *E. camaldulensis*, *E. urophylla*, *E. cloeziana* e *E. tereticornis*, de 7 anos; o aparelho mostrou-se eficiente na classificação das espécies, embora sem acuracidade na discriminação da densidade das árvores. Analisando árvores de *Eucalyptus urophylla*, de 6,3 anos, Rodrigues (2011) obteve coeficiente de correlação de -0,31, não significativo ( $P \leq 0,05$ ).

Analisando o efeito da idade de árvores de clones de *E. urophylla* x *E. grandis* de 2 a 6 anos e densidade da madeira através do pilodyn, Wu et al. (2012) determinaram a profundidade da penetração da agulha de 10,28 a 13,53 mm, com os coeficientes de correlação - penetração da agulha e densidade de -0,52 a 0,14.

Louzada et al. (2005) aplicando o pilodyn na estimativa da densidade da madeira de árvores de *Eucalyptus nitens*, de 17 anos, obtiveram um coeficiente de correlação de 0,27.





## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Caracterização do teste de progênes de *E. urophylla*

O teste de progênes de *E. urophylla* foi instalado em novembro de 2003, no município de Itamarandiba, MG, pela empresa Aperam Bioenergia Ltda., sendo constituído por 77 matrizes meio irmãos, em 6 blocos ao acaso, com 8 árvores/parcela, no espaçamento de plantio de 3 x 2 m, ocupando uma área de 2,22 ha. As sementes das 77 progênes foram obtidas das matrizes do Pomar de Sementes Clonal – 2000, de polinização aberta, das quais foram produzidas as mudas (Tabelas 2 e 3; Figura 2). Em condições de viveiro, foram selecionadas as 8 melhores mudas de *E. urophylla* por progênie, com 120 dias de idade, por seleção fenotípica da altura, diâmetro do colo e estado vegetativo. O plantio das mudas de *E. urophylla* foi feito de acordo com as técnicas da empresa, consistindo na subsolagem e aplicação concomitante de fosfato natural de Araxá, de adubação inicial e aplicação de silicato de Ca e Mg e de duas adubações de manutenção nos 2 anos seguintes com KCl. As práticas silviculturais consistiram no controle anual das formigas cortadeiras e da mato-competição.

Tabela 2 - Composição do teste de progênes de árvores de *Eucalyptus urophylla* de 2003

Material biológico	Matrizes		Pomar clonal
Teste de progênie 2003	Pomar clonal 2000	27 matrizes	Pomar clonal 1984
		40 matrizes	Pomar clonal 1989
		28 matrizes	Pomar clonal 1991
		09 matrizes	Pomar clonal 1996

Tabela 3 - Composição dos pomares de sementes que originou o pomar de sementes clonal de 2000 e o teste de progênes de árvores de *Eucalyptus urophylla* de 2003

Pomares constituintes	Composição do pomar	Procedência	Origem
Pomar de sementes 1984	APS – 1981, 57 matrizes	Timor	Timor
Pomar de sementes clonal 1989	PSC – 1984, 32 matrizes	Turmalina - MG	Timor
	APS – 1981, 17 matrizes	Timor	Timor
	Anhembi – NA – 29, 15 matrizes	Anhembi – SP	Timor
	Anhembi – NA – 30, 08 matrizes	Anhembi – SP	Timor
Pomar de sementes clonal 1991	PSC – 1984, 90 matrizes	Itamarandiba – MG	Timor
Pomar de sementes clonal 1996	APS – 1985, 64 matrizes	Timóteo – MG	Flores

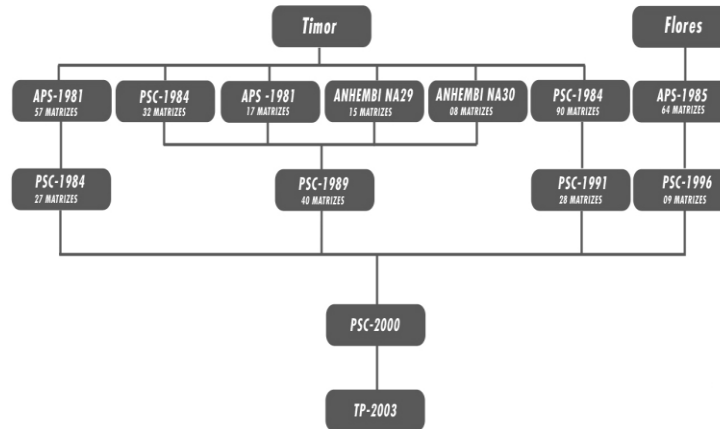


Figura 2 - Constituição do teste de progênies de árvores de *E. urophylla* de 2003

#### 4.2 Caracterização do local

O teste de progênies de *E. urophylla* foi instalado no talhão 575, da Fazenda Embaúbas, Itamarandiba, MG, a  $17^{\circ} 44'45''$  S,  $42^{\circ} 45'11''$  W de latitude e longitude e 1.000 m de altitude, respectivamente (Figura 3). A precipitação pluviométrica média anual é de 1166 mm; a temperatura média de  $21^{\circ}\text{C}$  e o clima classificado como de tropical de altitude – Cwa – temperado úmido com inverno seco e verão quente. Ocorre excedente hídrico no período chuvoso, de 120 mm, observando 2 estações climáticas bem definidas, em termos de disponibilidade hídrica (Figura 4).

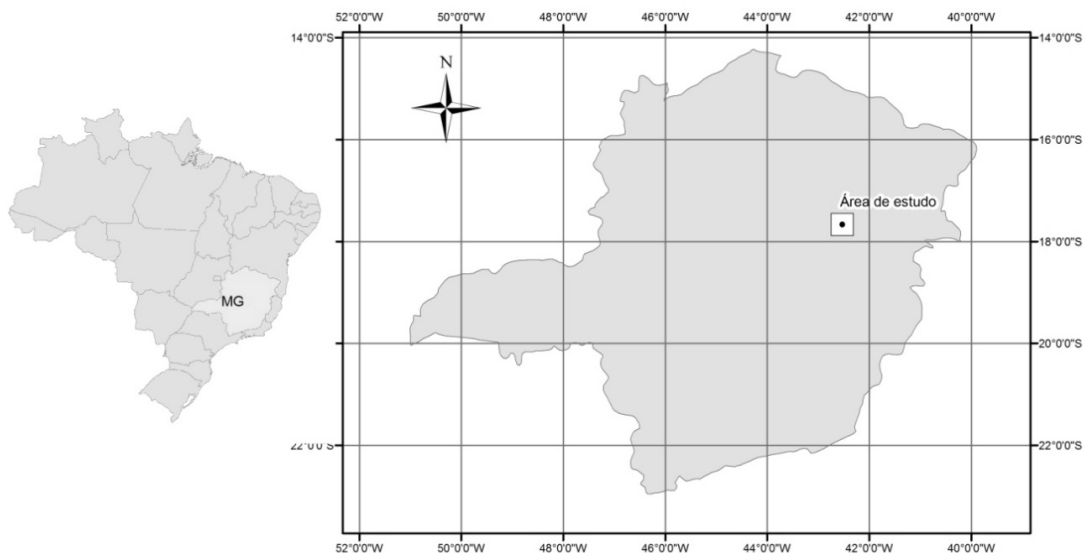


Figura 3 - Localização do teste de progênies 2003 de árvores de *Eucalyptus urophylla* no estado de Minas Gerais

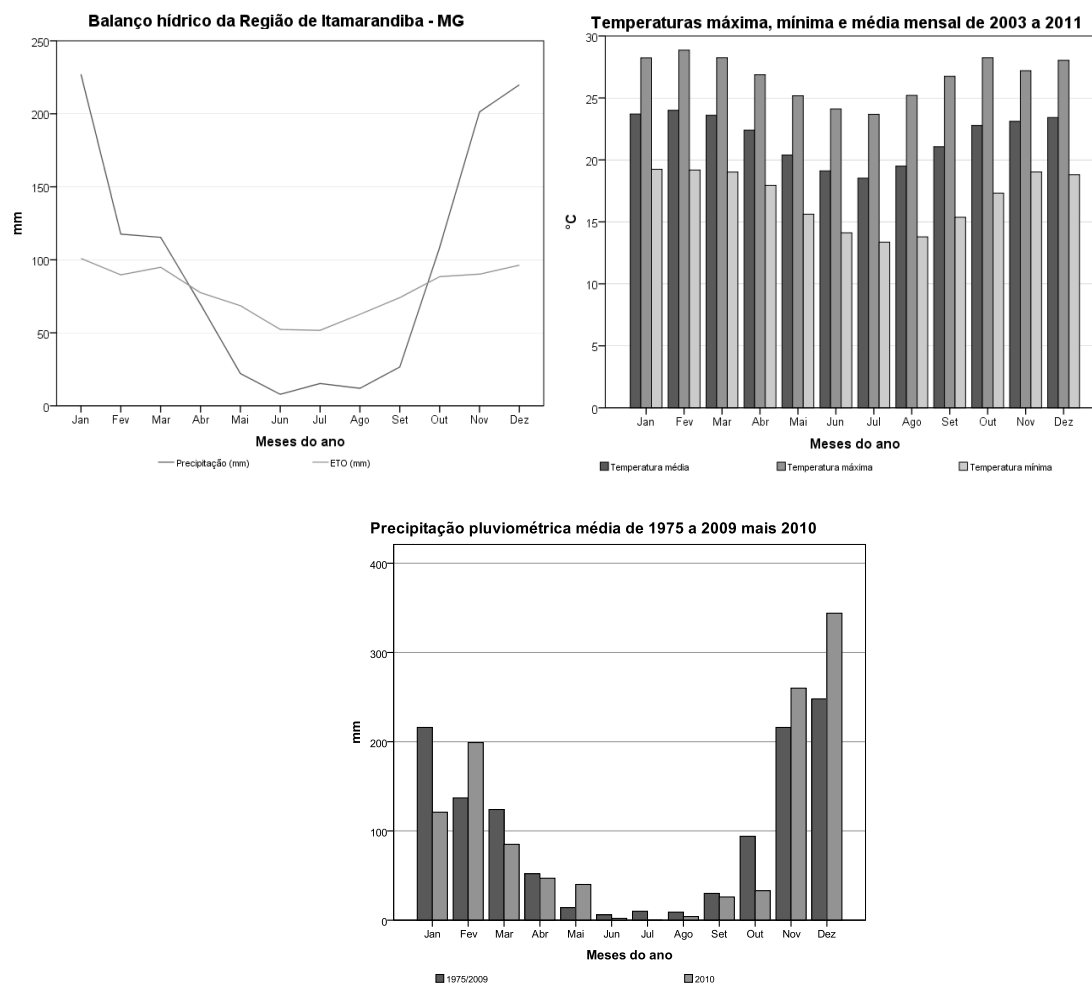


Figura 4 – Caracterização climática da região de Itamarandiba: balanço hídrico, temperatura e precipitação pluviométrica

#### 4.3 Avaliação do crescimento do tronco das árvores de *E. urophylla* através da mensuração do seu diâmetro externo

As 6 árvores de *E. urophylla*, dispostas nas parcelas lineares de 8 árvores, foram mensurados para a altura (clinômetro Sunto PM-5 360PC) e DAP (fita métrica) e avaliada a sobrevivência, aos 13<sup>o</sup>, 21<sup>o</sup>, 38<sup>o</sup>, 60<sup>o</sup> e 82<sup>o</sup> meses, considerando a primeira e a oitava árvores como constituintes da bordadura simples de cada parcela. Com base nos valores do diâmetro do tronco das árvores obtidos a cada período foram determinados os seguintes parâmetros de crescimento: incremento corrente do tronco com casca/árvore/progênie, incremento acumulado do tronco com casca/árvore/progênie, ajuste das curvas de crescimento.

#### **4.4 Avaliação da qualidade do lenho das árvores de *E. urophylla* em pé**

A avaliação da qualidade do lenho das árvores de *E. urophylla* em pé foi realizada em novembro de 2008, pela determinação da resistência do lenho à penetração da agulha do equipamento Pilodyn. O método consiste na retirada de 2 seções de 0,5 cm de casca, na altura do DAP, em posições opostas do tronco das árvores, expondo o seu lenho e induzindo a formação de cicatriz em resposta ao processo de cicatrização cambial (Figura 5). Em seguida, com o equipamento é inserida uma agulha de aço (2,5 mm de diâmetro), sob a pressão de uma mola com 6 joules de força, na superfície do lenho do tronco. A profundidade de penetração da agulha no tronco das árvores é avaliada no visor do equipamento e relacionada com a dureza do seu lenho (OLIVEIRA, 2001).

#### **4.5 Seleção, corte e amostragem do lenho das árvores de *E. urophylla***

Foram selecionados os blocos 1, 3 e 5, do total de 6 blocos que constituem o ensaio de progênies de *E. urophylla*. Em cada bloco, com parcelas lineares de 6 árvores úteis foram selecionadas as 4 árvores de melhor desenvolvimento, considerando o DAP, altura total e da copa, retidão do caule, etc, em um total de 312 árvores. As árvores selecionadas foram cortadas, desramadas e cortados cilindros do lenho na base, DAP (2 amostras), 25, 50, 75 e 100% da altura comercial do tronco, identificados, armazenadas em sacos plásticos.

#### **4.6 Avaliação do crescimento do tronco das árvores de *E. urophylla* através dos anéis de crescimento**

**Caracterização anatômica macroscópica dos anéis de crescimento:** foram selecionadas as amostras radiais do lenho das árvores de *E. urophylla* (6 amostras do lenho/progênie) de melhor visibilidade e anéis de crescimento mais distintos e melhor delimitados. A caracterização macroscópica dos anéis de crescimento do lenho das árvores foi determinada pelo exame da seção transversal do lenho à olho nu e sob microscópio estereoscópico, com destaque para a alternância de regiões

de zonas fibrosas de coloração clara e escura, correspondentes aos lenhos inicial e tardio, respectivamente. A presença de anéis de crescimento falsos no lenho foi, da mesma forma, observada na análise macroscópica.

**Delimitação e mensuração da largura dos anéis de crescimento:** na seção transversal polida do lenho *de todas* as árvores de *E. urophylla* foi delimitada a largura dos anéis de crescimento anuais, utilizando como parâmetros: (i) as características anatômicas dos anéis de crescimento; (ii) os valores do diâmetro do tronco das árvores nas avaliações contínuas, aos 13<sup>o</sup>, 21<sup>o</sup>, 38<sup>o</sup>, 60<sup>o</sup> e 82<sup>o</sup> meses; (iii) cicatrizes no lenho resultante da injúria das células da camada cambial na data da aplicação da agulha do pilodyn em novembro de 2008, correspondendo ao 5<sup>o</sup> anel de crescimento (Figura 5). Em seguida, a seção transversal dos discos de lenho das árvores foi escaneada (scanner Epson V 750Pro, resolução 600 dpi) e nas respectivas imagens digitais foi mensurada a largura dos anéis de crescimento aplicando o programa IPwin32 (0,001 mm de precisão).

**Determinação do incremento corrente anual (ICA) e acumulado do raio (IAA) do tronco das árvores das curvas de crescimento radial do tronco:** com base nos valores anuais da largura dos anéis de crescimento do lenho do tronco das árvores foram obtidos os seguintes parâmetros de crescimento: incremento corrente do tronco sim casca/árvore/progênie, incremento acumulado do tronco sim casca/árvore/progênie, ajuste das curvas de crescimento.

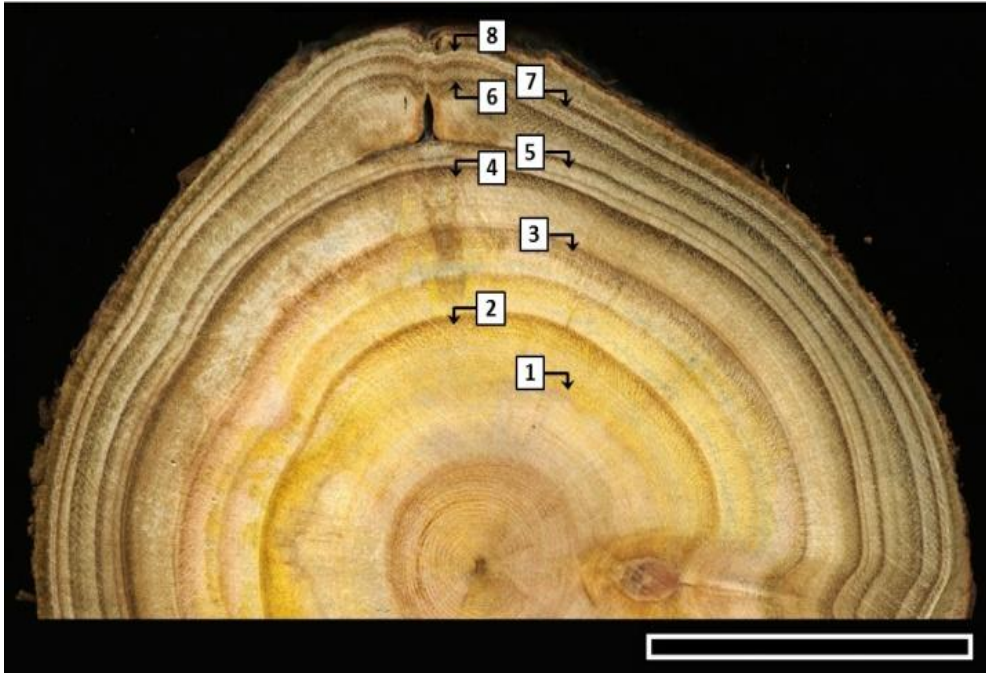


Figura 5 - Seção transversal do lenho da árvore de *E. urophylla* com os anéis de crescimento demarcados (barra: 5 cm)

#### 4.7 Avaliação da densidade do lenho do tronco das árvores de *E. urophylla*

##### 4.7.1 Densidade básica do lenho por gravimetria

A densidade básica das amostras do lenho foi determinada pelo método da balança hidrostática, segundo a norma ABTCP M 14/70. Os discos de lenho da base, DAP, 25, 50, 75 e 100% da altura comercial do tronco das árvores foram imersos em água, em tanques de plástico, até a sua saturação completa. Em seguida, foram obtidas as massas úmida e imersa e, em seguida, transferidas para uma estufa de circulação forçada ( $105 \pm 2^\circ\text{C}$ ) para a determinação da sua massa absolutamente seca. A densidade básica das amostras do lenho das árvores de *E. urophylla* das 6 diferentes alturas do tronco foi determinada pela fórmula (1). A densidade básica média do tronco das árvores de *E. urophylla* foi obtida através das fórmulas (2, 3 e 4) considerando os valores de densidade básica média do lenho e o volume de cada seção (torete). A densidade básica do lenho foi realizada no Laboratório de Análise de Madeira e Carvão Vegetal da Aperam Energia Ltda.

$$DB = \frac{P_s}{P_U - P_I} \quad (1)$$

Onde: DB - densidade básica, Ps- massa seca, PU - massa úmida e PI - massa imersa

$$DBM = \frac{\sum_{i=1}^{N-1} VS_{(i)} * DB_{(i)}}{\sum_{i=1}^{N-1} VS_{(i)}} \quad (2)$$

Onde: DBM - densidade média da árvore e VS = volume da tora –Smalian

$$VS = 0,00007854 \frac{D^2 * d^2}{2} * L \quad (3)$$

Onde: D - diâmetro sem casca da base da tora, d - diâmetro sem casca do topo da tora e L - comprimento da tora

$$DB = \frac{DB_1 + DB_2}{2} \quad (4)$$

Onde: DB - densidade média da tora, DB1 - densidade do disco retirado na base da tora, DB2 - densidade do disco retirado no topo da tora e N - número de discos

#### 4.7.2 Densidade aparente do lenho por densitometria de raios X

Perfil radial e densidade aparente média do lenho das árvores: o lenho das 12 árvores de cada uma das 26 progênes de *E. urophylla* foi analisado por densitometria de raios X para a determinação do perfil radial de densidade (26 progênes x 12 árvores x 2 raios = 624 perfis radiais de densidade). A seção transversal do lenho foi polida com lixas de granulometria (100 a 600), com lixadeira de cinta e orbital, até obter uma superfície lisa para a análise macroscópica do lenho. Em seguida, foram demarcadas e cortadas amostras diametraais do lenho (1



cm, largura), coladas em suporte de madeira e seccionadas em equipamento de serra circular paralela, no sentido transversal (2,0 mm, espessura) e climatizadas (24 h, 20°C, 50% de UR) a 12% de umidade (Figura 6). As amostras do lenho foram encaixadas em suporte metálico e transferidas para um compartimento interno do equipamento QTRS-01X da Quintek Measurement System. O equipamento é inicialmente calibrado, seguindo-se o escaneamento (varredura) radial contínuo das amostras do lenho por um feixe colimado de raios X colimado. Os valores de raios X que atravessam a amostra do lenho são transformados em densidade aparente através de software QMS. Os valores pontuais de densidade que compõem o perfil radial de densidade aparente do lenho são observados na tela do monitor, simultaneamente à imagem da seção transversal da amostra do lenho (QMS, 1999). Os valores radiais de densidade aparente do lenho obtidos pelo software QMS originam um arquivo DAT (contém os valores pontuais de densidade aparente da amostra a cada 20  $\mu\text{m}$ ). O arquivo DAT é lido pelo software Excel, permitindo construir os gráficos de variação radial de densidade aparente do lenho e determinar a densidade aparente média, mínima e máxima (Figura 6) (CASTRO, 2011).

Densidade aparente dos anéis de crescimento anuais: para a determinação da densidade aparente dos anéis de crescimento formados a cada ano, no lenho das árvores de *E. urophylla* foram selecionados os perfis radiais de densidade aparente do lenho de 6 árvores a cada uma das 26 progênies, considerando a delimitação e distinção dos anéis de crescimento nos perfis e na análise da estrutura anatômica macroscópica, de acordo com os resultados do item anterior. Para essas amostras radiais do lenho das árvores, foram delimitados os anéis de crescimento anuais – na imagem dos anéis de crescimento e do perfil radial de densidade na tela do monitor – determinando-se os valores de sua densidade aparente média, mínima e máxima.



Figura 6 – Seção transversal do disco do lenho de árvore de *Eucalyptus urophylla* com a demarcação da amostra diametral (A); amostra diametral do lenho colada em suporte de madeira e corte das amostras transversais do lenho em equipamento de dupla serra (B); amostra radial do lenho (2 mm) de espessura (C); equipamento de raios X QTRS-01X e suporte metálico com as do lenho (D e E)

#### 4.8 Análise estatística

Para a análise estatística das variáveis do lenho das árvores de *Eucalyptus urophylla*: variáveis de crescimento (diâmetro, altura e volume), densidade do lenho (básica e aparente), largura dos anéis de crescimento, foi utilizado o programa R e SPSS (software package for social sciences). O teste de Scott-Knott (95% de probabilidade) foi utilizado devido ao grande número de progênies, sendo o objetivo de separar os grupos de médias sem ambiguidade (SCOTT; KNOTT, 1974). Com as variáveis do crescimento do diâmetro com casca e diâmetro sem casca pela avaliação contínua do tronco foi realizado o ajuste pelo modelo de crescimento de Chapman Richards, de acordo com Carrero et al. (2008). Em relação ao incremento corrente do diâmetro do tronco com casca e a largura dos anéis de crescimento o

modelo utilizado foi o Logarítmico. Para os dois modelos determinou-se o desvio padrão residual (DPR) e o coeficiente de variação (CV) para verificação do ajuste do modelo aos dados avaliados.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Avaliação do crescimento das árvores de *E. urophylla* através da mensuração do diâmetro e altura do tronco

O valor médio do diâmetro do tronco no DAP das árvores das 26 progênies de *E. urophylla*, avaliado em 5 datas, no período de 82 meses, é apresentado na Tabela 4, Figura 7 e Anexo. Verifica-se um elevado incremento do tronco das árvores até o 38º mês, com posterior redução até o 82º mês, com diferenças significativas entre progênies verificadas nos 13º mês, com destaque para as progênies 11, 15, 35, 38, 47, 52, 59 e 66, com valores médios de DAP acima de 5,0 cm; no 21º mês, as progênies 4, 11, 15, 25, 27, 34, 41, 48, 59 e 66 com DAP acima de 8,0 cm. Na avaliação final das árvores, no 82º mês, destacam-se as progênies 4, 5, 6, 10, 11, 25, 27, 35, 46 e 66 com valores médios de DAP acima de 15,5 cm. A redução da taxa de crescimento do tronco das árvores de todas as progênies de *E. urophylla*, a partir do 38º mês, é resultado do aumento da competição pelos fatores de crescimento, seja em relação à luz (exposição da copa das árvores e efeito na taxa de fotossíntese) e à água e sais minerais (competição radicular pela absorção e fluxo ascendente da seiva mineral). Essa redução do crescimento do tronco é comumente observada em árvores de plantações florestais com finalidade de exploração comercial e em experimentação, sendo indicativa da variabilidade genética e melhor capacidade de competição (SÁNCHEZ et al., 2005).

O DAP médio do tronco das árvores dos clones de *E. urophylla* – de 15,3 cm - foi similar ao obtido por Vilas Bôas et al. (2009) - de 15,6 cm - para as árvores da espécie, embora com 96 meses em Marília, SP. No Brasil, outros pesquisadores, como Simões et al. (1983) registraram DAP de 15,8 cm em árvores de 108 meses de plantação em Itupeva, SP; Migliorini et al. (1980) indicaram DAP de 10,0 cm para árvores de 36 meses de plantação em Engenheiro Passos, RJ; Bernardo et al. (1998) relataram DAP de 7,4 e de 8,5 cm para árvores de 31 e 41 meses de plantação em Três Marias, MG. No exterior, Peres (2010) obteve DAP de 19,9-22,4 cm para árvores de 7 anos, no México, em região de clima quente, úmido e com abundante precipitação no verão (CONABIO, 1998); Morris et al. (2004) registraram, na China, DAP de 9-12,9 cm em árvores de plantações de 3 anos.

Na descrição do incremento contínuo do tronco das árvores das 26 progênes de *E. urophylla* selecionou-se o modelo de crescimento proposto por Chapman-Richards, descrito por Carrero (2008) (Tabela 5, Figura 8) com a variação dos valores do erro padrão residual de 1,58-1,74 a 2,32-2,45 cm, com as progênes 52-11 e 25-46 com maior e menor ajuste dos dados, respectivamente. O valor do coeficiente de variação foi de 70,1 a 85,4% nas progênes 59 e 11, respectivamente, indicando que 85,4% da variação do diâmetro do tronco é explicada pela idade das árvores. O modelo escolhido, segundo Scolforo (1998), representa uma função de produção, como a taxa de crescimento do tronco das árvores em relação ao tempo, tendo utilidade para explicar os processos que ocorreram no passado, que sucedem no presente e a projeção no futuro. É considerado, segundo Sanquetta (1996) com método enfatiza a qualidade de ajuste dos dados e das previsões.

Tabela 4 - Diâmetro do tronco com casca das árvores das progênes de *E. urophylla*, através da mensuração contínua

Progênie	Diâmetro do tronco (cm)/Avaliação (meses)				
	13	21	38	60	82
4	4,78 (0,79) a	8,02 (1,18) b	11,70 (1,99) a	13,93 (2,21) a	15,82 (2,83) a
5	4,95 (1,07) b	7,51 (1,11) a	11,06 (1,83) a	13,38 (2,29) a	15,48 (2,61) a
6	4,67 (1,01) a	7,89 (1,26) a	11,31 (2,22) a	13,49 (2,20) a	15,53 (2,58) a
8	4,95 (0,87) b	7,64 (1,05) a	11,03 (2,11) a	13,06 (2,52) a	14,85 (3,06) a
10	4,90 (0,82) a	7,81 (1,05) a	11,77 (1,95) a	13,81 (2,25) a	16,13 (2,91) a
11	5,09 (0,89) b	8,35 (1,22) b	12,37 (1,75) a	14,77 (1,87) a	16,53 (2,66) a
15	5,14 (0,78) b	8,20 (0,99) b	11,81 (1,61) a	13,58 (1,89) a	14,97 (2,31) a
24	4,62 (0,54) a	7,92 (0,76) a	11,40 (1,40) a	12,87 (2,09) a	14,11 (2,71) a
25	4,85 (1,20) a	8,36 (1,17) b	11,84 (2,32) a	13,74 (2,62) a	15,66 (3,53) a
27	4,94 (1,03) b	8,21 (1,04) b	11,80 (1,99) a	13,96 (2,16) a	15,58 (2,87) a
34	4,84 (0,79) a	8,01 (0,76) b	11,55 (1,82) a	13,49 (2,08) a	14,85 (2,55) a
35	5,34 (0,95) b	7,90 (1,13) a	11,31 (1,98) a	13,64 (2,43) a	15,57 (3,40) a
38	5,09 (0,92) b	7,92 (1,10) a	11,44 (2,11) a	13,74 (2,21) a	15,25 (2,96) a
41	4,84 (0,72) a	8,09 (0,85) b	11,81 (1,77) a	13,65 (2,12) a	15,27 (2,90) a
43	4,67 (1,12) a	7,73 (0,97) a	11,26 (1,81) a	13,22 (2,38) a	15,21 (3,22) a
46	4,65 (0,80) a	7,77 (0,90) a	11,55 (1,98) a	13,84 (2,25) a	15,62 (2,79) a
47	5,14 (1,05) b	7,94 (1,30) a	11,74 (2,37) a	13,55 (2,70) a	15,39 (2,83) a
48	4,73 (0,80) a	8,06 (1,23) b	11,30 (2,14) a	13,55 (2,45) a	15,32 (2,74) a
49	4,81 (0,96) a	7,60 (1,17) a	11,34 (1,98) a	13,30 (2,32) a	14,77 (2,93) a
52	5,03 (0,73) b	7,78 (0,80) a	11,55 (1,45) a	13,35 (1,97) a	15,27 (2,29) a
59	5,10 (0,86) b	8,17 (1,11) b	11,54 (2,23) a	13,23 (2,71) a	14,83 (3,51) a
63	4,83 (0,80) a	7,79 (0,98) a	11,32 (1,81) a	13,15 (2,35) a	14,94 (3,40) a
66	5,19 (0,91) b	8,07 (1,31) b	11,45 (2,55) a	13,53 (2,71) a	15,48 (3,04) a
73	4,67 (0,79) a	7,76 (1,22) a	11,47 (1,73) a	13,33 (2,31) a	15,14 (2,98) a
76	4,89 (0,77) a	7,77 (0,96) a	11,29 (1,83) a	12,93 (2,32) a	14,57 (3,24) a
81	4,77 (0,84) a	7,68 (1,22) a	11,23 (1,92) a	13,04 (2,13) a	15,01 (2,61) a
<b>Total</b>	<b>4,90 (0,90)</b>	<b>7,92 (1,09)</b>	<b>11,51 (1,96)</b>	<b>13,49 (2,30)</b>	<b>15,26 (2,92)</b>

Valores entre parêntesis representam o desvio padrão. Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente, pelo teste de Scott Knott a 5% de significância.

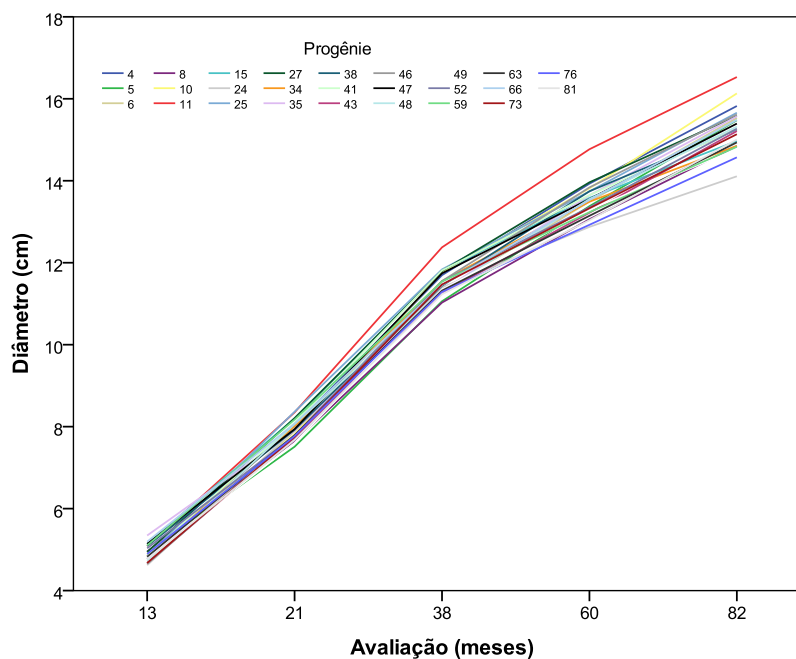


Figura 7 - Diâmetro do tronco com casca (cm) das árvores das progênie de *E. urophylla*, através da mensuração contínua

Tabela 5 - Estimativas do erro padrão residual para o modelo ajustado do incremento acumulado do tronco com casca, na avaliação contínua das árvores das progênie de *E. urophylla*

Progênie	a	b	c	R <sup>2</sup>	Erro padrão residual
04	16,620	0,036	1,2142	81,4	1,93
05	17,508	0,025	0,961	81,0	1,86
06	16,505	0,033	1,139	80,6	1,93
08	15,961	0,031	1,029	75,1	2,08
10	17,446	0,030	1,093	81,2	1,96
11	17,272	0,038	1,267	85,4	1,74
15	15,255	0,045	1,296	83,7	1,61
24	14,076	0,055	1,599	80,6	1,71
25	16,047	0,040	1,267	74,0	2,32
27	16,146	0,040	1,252	80,3	1,94
34	15,183	0,044	1,340	81,7	1,75
35	17,550	0,025	0,900	75,4	2,14
38	16,181	0,035	1,115	78,5	1,97
41	15,558	0,044	1,352	81,0	1,85
43	16,031	0,034	1,155	77,2	2,07
46	16,424	0,037	1,258	81,8	2,45
47	16,096	0,036	1,136	75,3	2,16
48	16,109	0,035	1,161	78,4	2,00
49	15,320	0,040	1,265	77,5	1,99
52	16,100	0,034	1,108	84,9	1,58
59	15,195	0,041	1,184	70,1	2,31
63	15,530	0,037	1,179	76,1	2,07
66	16,711	0,030	0,988	73,2	2,25
73	15,626	0,040	1,281	79,5	1,95
76	14,991	0,040	1,204	75,1	2,04
81	15,731	0,035	1,143	80,3	1,83

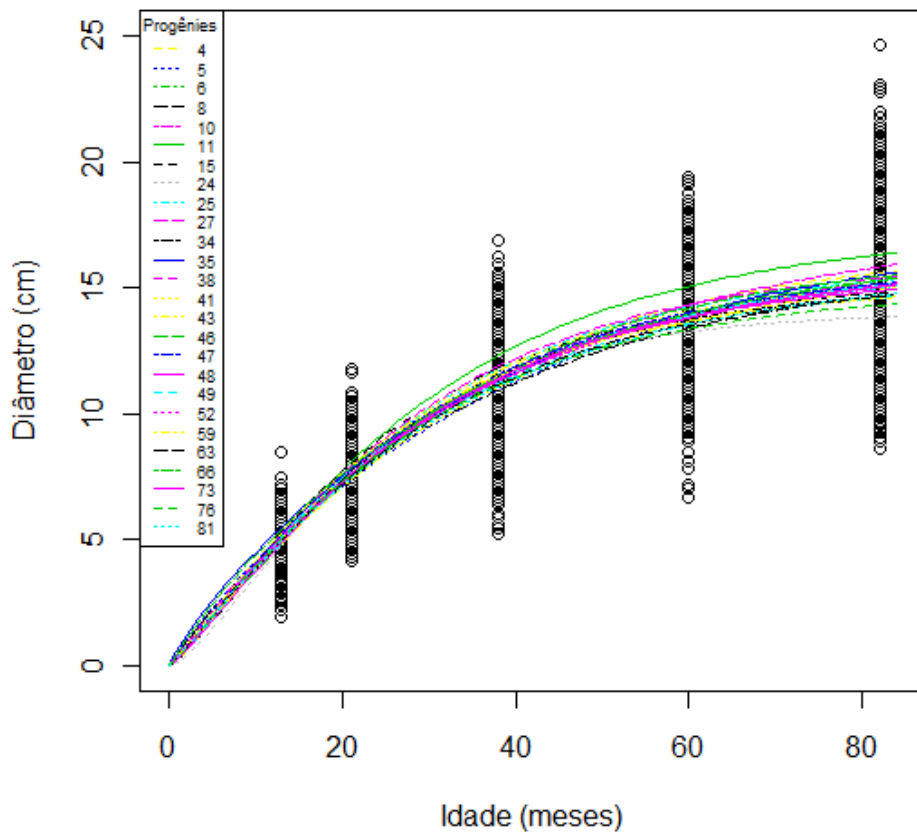


Figura 8 – Curva de crescimento do diâmetro do tronco acumulado com casca, na avaliação contínua das árvores das progênies de *E. urophylla*

Na descrição do incremento corrente anual do tronco das árvores das 26 progênies de *E. urophylla* selecionou-se o modelo logarítmico pelo melhor coeficiente de determinação e menor erro padrão residual, em relação aos modelos linear, quadrático, cúbico, potencial e exponencial. O erro padrão residual variou de 0,84-0,91 a 1,33-1,45 cm, nas progênies 24-6 e 49-10, respectivamente; o coeficiente de variação foi de 25,46-36,06 e 59,01-67,66% os quais correspondem às progênies 10-49 e 15-24, respectivamente, indicando que o melhor modelo ajusta 67,66% das observações (Tabela 6).

A Figura 9 expressa a dispersão dos valores anuais de incremento do diâmetro do tronco das árvores das progênies de *E. urophylla*, em relação às diferentes idades: observam-se significativas diferenças dos valores nos vários anos. Estas diferenças detectadas podem ser explicadas pelo procedimento metodológico na avaliação anual do DAP, quando se utiliza a fita diamétrica. Desta forma, são

inseridas importantes variáveis no processo de mensuração do diâmetro do tronco, devidas (i) aos diferentes operadores, (ii) diferenças na altura do tronco para a avaliação do seu diâmetro, (iii) do maior ou menor tensionamento da fita ao redor do tronco das árvores, (iv) do processo de expansão-contração da casca em função da % de umidade e(v) da presença de irregularidades do tronco, de nós, etc.

Por outro lado, a análise e a mensuração dos anéis de crescimento expressam o incremento anual em diâmetro do tronco das árvores em valores exatos havendo, no entanto, a exigência da formação de anéis de crescimento distintos e de formação anual no tronco das árvores. Esta metodologia é considerada como o fundamento da dendrocronologia sendo obtido um aumento da precisão dos valores com a mensuração da largura dos anéis de crescimento do tronco de várias árvores.

Tabela 6 - Estimativas dos parâmetros, do erro padrão residual para o modelo ajustado dos dados de incremento corrente anual do tronco com casca na avaliação contínua das árvores de *E. urophylla*

<b>Progênie</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>Erro padrão residual</b>
04	8,43	-1,48	46,35	1,08
05	8,53	-1,52	47,15	1,09
06	8,55	-1,54	56,43	0,91
08	8,40	-1,54	41,90	1,23
10	7,66	-1,25	25,46	1,45
11	9,27	-1,68	54,64	1,04
15	9,72	-1,90	59,01	1,07
24	9,17	-1,79	67,66	0,84
25	9,27	-1,73	47,89	1,21
27	9,18	-1,71	56,09	1,02
34	9,00	-1,69	58,43	0,97
35	8,99	-1,65	43,61	1,27
38	8,84	-1,62	44,49	1,23
41	8,78	-1,60	54,98	0,98
43	8,16	-1,44	44,86	1,08
46	8,00	-1,37	47,08	0,99
47	8,76	-1,60	44,52	1,21
48	8,70	-1,58	45,49	1,18
49	8,21	-1,47	36,06	1,33
52	8,39	-1,51	48,25	1,06
59	9,22	-1,76	53,65	1,11
63	8,59	-1,57	47,94	1,12
66	8,83	-1,62	46,14	1,18
73	8,50	-1,55	54,58	0,96
76	8,52	-1,57	47,94	1,11
81	8,81	-1,66	52,64	1,06



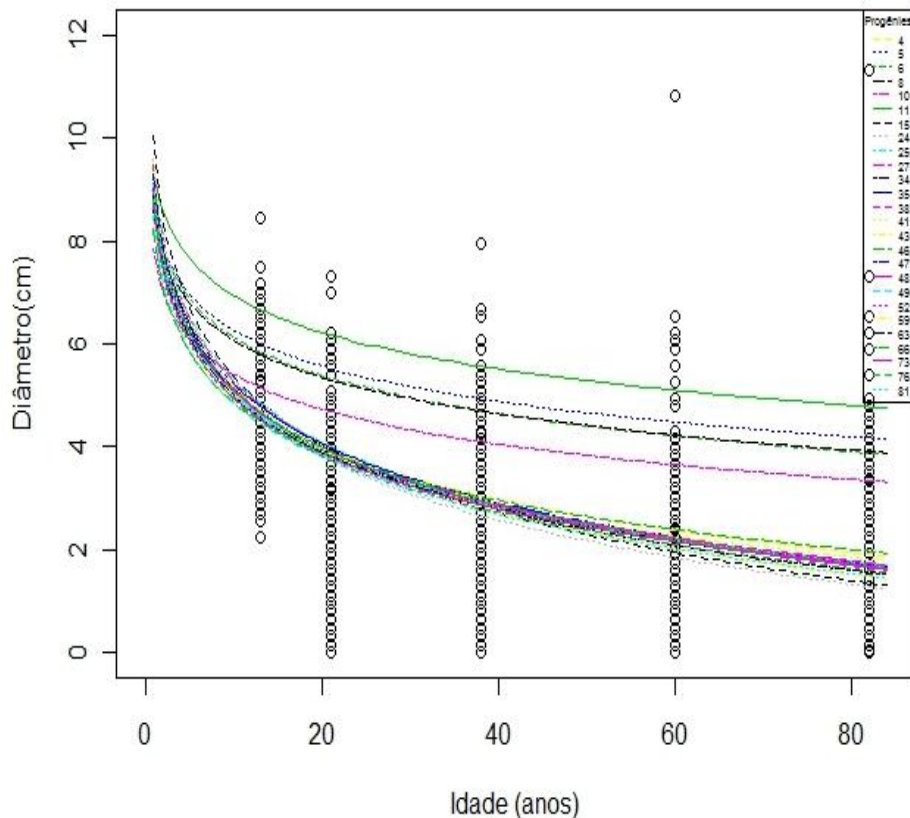


Figura 9 – Incremento corrente anual do diâmetro do tronco com casca na avaliação contínua das árvores de *E. urophylla*

O valor médio da altura das árvores das 26 progênies de *E. urophylla* avaliado em 5 datas, no período de 82 meses, é apresentado na Tabela 7, Figura 10 e Anexo. Verifica-se um elevado incremento da altura das árvores até o 60º mês, com discreta redução até o 82º mês, com diferenças significativas entre progênies verificadas no 13º mês, com destaque para as progênies 47, 27 e 52, com valores médios de altura acima de 5,7 m; no 60º mês, as progênies 35, 27 e 6 com altura acima de 21,4 m. Na avaliação final das árvores, no 82º mês, destacam-se as progênies 35, 46 e 10 com valores médios de altura acima de 24 m. A discreta redução da taxa de crescimento da altura do tronco das árvores de todas as progênies de *E. urophylla*, a partir do 60º mês, é resultado do aumento da competição pelos fatores de crescimento, seja em relação à luz (exposição da copa das árvores e efeito na taxa de fotossíntese) e à água e sais minerais (competição radicular pela absorção e fluxo ascendente da seiva mineral), comumente observada em árvores de plantações florestais. Segundo Gomez (1977) o incremento em altura das árvores é o

fator mais decisivo para a sua sobrevivência sob competição nas plantações florestais, representando um dos índices mais seguros para determinar o grau de adaptação da espécie no sítio.

A altura de árvores dos clones de *E. urophylla*, foi superior às encontradas no Vietnam por Chaw e Mitlöhner (2011), de 7,5 e 8,7 m no 5º e 6º anos; Vilas Bôas et al. (2009) apontaram, para árvores de 8 anos, valor de 23,5 m, similar ao do presente trabalho; Simões et al. (1983) encontraram no 9º ano, árvores 21,31 m de altura, inferiores ao obtido no ensaio; Migliorini et al. (1980), registraram para árvores no 3º ano, altura de 12,2 m.

Tabela 7 - Altura do tronco (m) das árvores das progênes de *E. urophylla*, através da mensuração contínua

Progênie	Altura do tronco (m) / Avaliação(mês)				
	13	21	38	60	82
4	5,18 (0,91) a	9,91 (1,27) a	16,44 (1,68) a	21,19 (1,48) b	22,90 (2,13) a
5	5,42 (1,10) a	9,81 (1,22) a	16,53 (2,04) a	20,83 (1,74) a	23,05 (2,55) b
6	5,18 (1,18) a	9,81 (1,66) a	16,42 (2,42) a	21,40 (2,00) b	23,48 (2,53) b
8	5,47 (0,86) a	9,96 (1,30) a	16,40 (1,85) a	20,94 (1,79) a	23,08 (2,68) b
10	5,55 (0,67) b	9,97 (0,88) a	16,57 (1,83) a	21,18 (2,11) b	23,96 (2,70) b
11	5,62 (0,90) b	9,90 (1,29) a	15,64 (4,43) a	21,24 (1,93) b	23,70 (2,76) b
15	5,59 (0,86) b	10,21 (1,16) a	16,89 (1,86) a	21,16 (1,78) b	23,29 (2,28) b
24	5,32 (0,54) a	10,37 (0,62) a	16,58 (1,17) a	20,47 (1,78) a	22,25 (2,22) a
25	5,26 (1,13) a	9,87 (1,85) a	16,38 (1,99) a	20,92 (1,64) a	22,95 (2,54) a
27	5,70 (1,02) b	10,67 (1,38) a	17,16 (2,05) a	21,52 (1,76) b	23,65 (2,61) b
34	5,31 (0,84) a	9,98 (1,19) a	16,63 (1,96) a	21,37 (1,82) b	23,45 (2,66) b
35	5,88 (1,07) b	10,32 (1,27) a	16,94 (1,86) a	21,77 (2,06) b	24,09 (2,02) b
38	5,62 (0,92) b	9,99 (1,36) a	16,56 (1,80) a	20,81 (2,40) a	23,28 (2,57) b
41	5,59 (0,70) b	10,25 (0,91) a	17,29 (1,60) a	21,35 (1,86) b	23,31 (2,55) b
43	5,51 (1,00) b	10,07 (1,26) a	17,01 (1,76) a	20,78 (1,89) a	23,20 (2,79) b
46	5,42 (0,67) a	10,34 (1,09) a	17,12 (1,81) a	21,56 (1,46) b	24,02 (2,58) b
47	5,84 (0,94) b	10,17 (1,22) a	16,83 (2,02) a	20,76 (2,22) a	23,14 (2,59) b
48	5,19 (0,92) a	9,94 (1,71) a	16,25 (2,40) a	20,64 (1,95) a	23,48 (2,19) b
49	5,45 (0,94) a	9,91 (1,18) a	16,46 (1,69) a	20,29 (2,09) a	22,03 (2,72) a
52	5,71 (0,64) b	10,36 (0,71) a	16,84 (1,54) a	20,91 (2,15) a	23,81 (2,30) b
59	5,60 (0,88) b	10,29 (0,99) a	16,16 (1,98) a	20,14 (2,56) a	22,60 (3,00) a
63	5,36 (0,80) a	9,96 (1,08) a	16,38 (1,43) a	20,58 (1,91) a	22,55 (2,82) a
66	5,45 (0,90) a	9,72 (1,32) a	15,40 (2,90) a	20,21 (2,07) a	22,08 (2,80) a
73	5,15 (0,96) a	9,94 (1,37) a	16,55 (1,91) a	20,56 (2,06) a	23,45 (2,93) b
76	5,58 (0,73) b	10,05 (0,92) a	16,47 (1,22) a	20,25 (2,17) a	22,60 (3,00) a
81	5,44 (0,92) a	9,97 (1,33) a	16,17 (1,89) a	20,25 (2,33) a	23,15 (2,62) b
Total	5,48 (0,91)	10,07 (1,24)	16,54 (2,06)	20,88 (2,01)	23,17 (2,62)

Valores entre parêntesis representam o desvio padrão. Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente, pelo teste de SNK a 5% de significância.

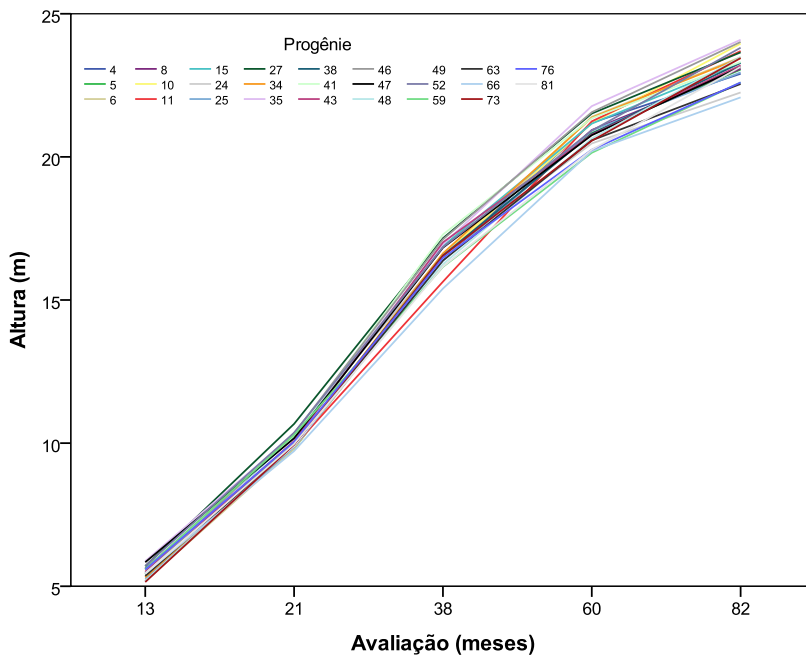


Figura 10 - Altura do tronco das árvores das progênies de *E. urophylla*, através da mensuração contínua

Verifica-se um elevado incremento da altura das árvores até o 60<sup>o</sup> mês, com discreta redução até o 82<sup>o</sup> mês, com diferenças significativas entre progênies verificadas no 13<sup>o</sup> mês, com destaque para as progênies 47, 27 e 52, com valores médios de altura acima de 5,7 m; no 60<sup>o</sup> mês, as progênies 35, 27 e 6 com altura acima de 21,4 m. Na avaliação final das árvores, no 82<sup>o</sup> mês, destacam-se as progênies 35, 46 e 10 com valores médios de altura acima de 24 m.

O valor médio do volume do lenho do tronco das árvores das 26 progênies de *E. urophylla*, avaliado em 5 períodos do tempo ao longo de 82 meses, é apresentado na Tabela 8, Figura 11 e Anexo. Verifica-se um reduzido incremento do volume do 13<sup>o</sup> ao 21<sup>o</sup> aumento no volume das árvores e lento até os 21 meses, depois o incremento e linear ao longo das avaliações. Foram observadas diferenças significativas para o volume do lenho do tronco no 13<sup>o</sup> mês das árvores das progênies, embora, a partir do 38<sup>o</sup> mês ocorrem variações do volume em valores abaixo e acima da média das progênies; no 82<sup>o</sup> mês destacam-se as progênies com volume do tronco acima de 0,24 m<sup>3</sup>, ou seja, as de número 10, 11, 25, 27, 35 e 46.

A literatura relata alguns resultados, como os de Ngulube (1989) em Malawi, determinando 0,17-0,26 m<sup>3</sup> de volume/árvore, inferior ao registrado no presente trabalho.

Tabela 8 - Volume do tronco (m<sup>3</sup>) acumulado das árvores das progênes de *E. urophylla*, através da mensuração contínua

Progênie	Volume do tronco (m3)/Avaliação (meses)				
	13	21	38	60	82
4	0,005 (0,002) a	0,026 (0,010) a	0,093 (0,036) a	0,168 (0,059) a	0,237 (0,098) a
5	0,006 (0,003) b	0,023 (0,008) a	0,084 (0,032) a	0,154 (0,057) a	0,227 (0,086) a
6	0,005 (0,003) a	0,025 (0,010) a	0,089 (0,039) a	0,160 (0,062) a	0,234 (0,090) a
8	0,006 (0,003) a	0,024 (0,008) a	0,084 (0,037) a	0,148 (0,063) a	0,215 (0,104) a
10	0,006 (0,002) a	0,025 (0,008) a	0,095 (0,033) a	0,166 (0,063) a	0,260 (0,107) a
11	0,006 (0,003) b	0,028 (0,010) a	0,096 (0,040) a	0,187 (0,057) a	0,267 (0,104) a
15	0,006 (0,002) b	0,028 (0,008) a	0,096 (0,033) a	0,159 (0,054) a	0,214 (0,084) a
24	0,005 (0,001) a	0,026 (0,006) a	0,087 (0,025) a	0,139 (0,052) a	0,186 (0,082) a
25	0,006 (0,003) a	0,029 (0,012) a	0,097 (0,043) a	0,164 (0,073) a	0,239 (0,132) a
27	0,006 (0,003) b	0,029 (0,010) a	0,099 (0,039) a	0,171 (0,061) a	0,240 (0,104) a
34	0,005 (0,002) a	0,026 (0,007) a	0,092 (0,030) a	0,159 (0,054) a	0,215 (0,086) a
35	0,007 (0,003) b	0,026 (0,008) a	0,090 (0,035) a	0,168 (0,067) a	0,246 (0,118) a
38	0,006 (0,003) b	0,026 (0,009) a	0,091 (0,037) a	0,162 (0,065) a	0,228 (0,100) a
41	0,005 (0,002) a	0,027 (0,007) a	0,099 (0,034) a	0,163 (0,058) a	0,228 (0,099) a
43	0,005 (0,003) a	0,024 (0,008) a	0,089 (0,033) a	0,151 (0,063) a	0,228 (0,111) a
46	0,005 (0,002) a	0,025 (0,007) a	0,094 (0,033) a	0,169 (0,059) a	0,243 (0,098) a
47	0,007 (0,003) b	0,027 (0,010) a	0,098 (0,043) a	0,161 (0,071) a	0,229 (0,099) a
48	0,005 (0,002) a	0,027 (0,010) a	0,088 (0,038) a	0,157 (0,061) a	0,227 (0,088) a
49	0,005 (0,003) a	0,024 (0,009) a	0,088 (0,033) a	0,149 (0,059) a	0,203 (0,094) a
52	0,006 (0,002) b	0,025 (0,006) a	0,091 (0,026) a	0,153 (0,052) a	0,227 (0,082) a
59	0,006 (0,003) b	0,028 (0,009) a	0,091 (0,040) a	0,149 (0,071) a	0,216 (0,120) a
63	0,005 (0,002) a	0,024 (0,008) a	0,086 (0,032) a	0,148 (0,063) a	0,217 (0,119) a
66	0,006 (0,003) b	0,026 (0,010) a	0,088 (0,044) a	0,156 (0,070) a	0,224 (0,104) a
73	0,005 (0,002) a	0,025 (0,009) a	0,089 (0,032) a	0,151 (0,057) a	0,227 (0,099) a
76	0,006 (0,002) a	0,024 (0,007) a	0,086 (0,031) a	0,141 (0,061) a	0,207 (0,112) a
81	0,005 (0,002) a	0,024 (0,009) a	0,085 (0,034) a	0,142 (0,056) a	0,217 (0,091) a
Total	0,006 (0,003)	0,026 (0,009)	0,091 (0,035)	0,157 (0,061)	0,226 (0,101)

Valores entre parêntesis representam o desvio padrão. Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente, pelo teste de SNK a 5% de significância.

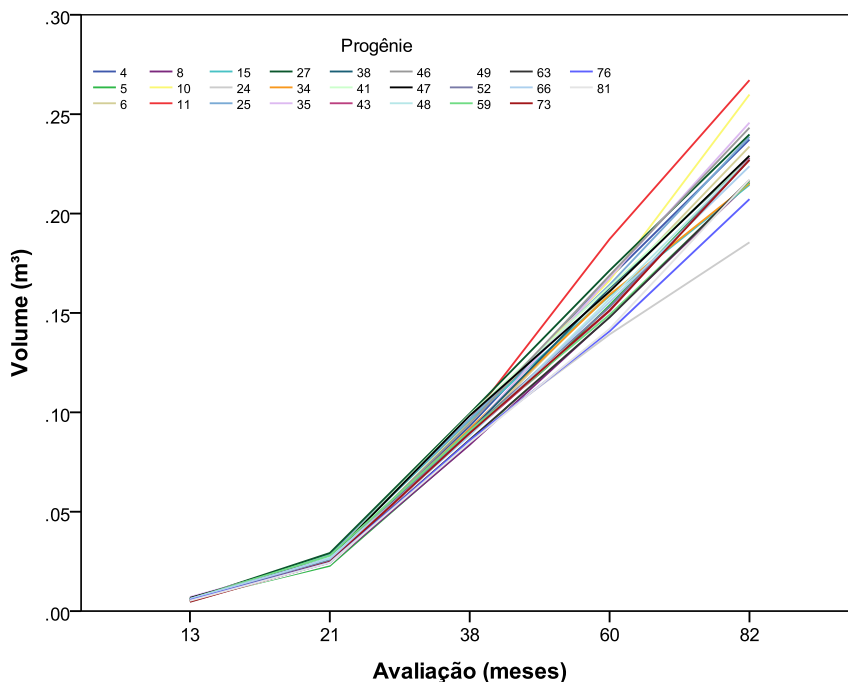


Figura 11 - Volume do tronco acumulado das árvores das progênies de *E. urophylla*, através da mensuração contínua

## 5.2 Avaliação da qualidade do lenho das árvores em pé de *E. urophylla*

Os resultados da avaliação da qualidade do lenho das árvores em pé das 26 progênies de *E. urophylla* – através do teste de resistência à penetração da agulha do pilodyn – e os valores de densidade básica do lenho no DAP do tronco das árvores são apresentados na Tabela 9, Figuras 12, 13 e Anexo.

Em relação aos resultados do teste do pilodyn detectaram-se diferenças significativas entre as progênies de *E. urophylla*, sendo relatados menores valores de penetração da agulha – indicativos de maior dureza - no lenho do tronco das árvores das progênies 15, 24, 34, 35, 41, 43, 59, 66 e 76, com valor de até 14 mm. Por outro lado, os maiores valores de penetração da agulha – indicativos da menor dureza - foram detectados no lenho das progênies 10, 11, 25, 27, 38, 47, 52, 63 e 73, com valor de até 15,5 mm. Essas diferenças nos valores de penetração da agulha indicam a existência de variabilidade genética para o parâmetro dureza da madeira, entre as diferentes progênies, no 60º mês de idade das árvores.

Os resultados da determinação da densidade básica do lenho do DAP do tronco das árvores – no seu 80º mês de idade - de não indicaram diferenças

significativas entre as progênies de *E. urophylla*, embora com variações de valores de densidade: as progênies de maior densidade do lenho foram as de número 8, 24, 35, 41 e 76, com valor mínimo de 0,50 g/cm<sup>3</sup>; as progênies de menor densidade do lenho foram as 11, 52, 63 e 81 com valor máximo de densidade de 0,50 g/cm<sup>3</sup>. Em relação à densidade média da madeira, da Silva (2010) relata o valor de 0,51 g/cm<sup>3</sup> no DAP de árvores de *E. urophylla* de 6,3 anos de idade; o mesmo valor foi obtido por Combes et al. (1997) em árvores de *E. urophylla* x *grandis* de 58 meses; Gonçalves (2006) reporta para o mesmo híbrido, valores de 0,47-0,55 g/cm<sup>3</sup> aos 70<sup>o</sup> e 166<sup>o</sup> meses. No Vietnã, Shi-Jun et al. (2010) avaliaram 22 clones de árvores de eucaliptos, de 56 meses, obtendo densidade de 0,42-0,46 g/cm<sup>3</sup>, inferiores a do presente estudo; Kien et al. (2007) analisando árvores *E. urophylla* de 8 e 9 anos relataram densidade de 0,51-0,52 g/cm<sup>3</sup>. A correlação entre os valores de resistência do lenho à penetração da agulha e o da densidade do lenho do tronco das árvores das progênies de *E. urophylla* indica que maior densidade do lenho corresponde a menor valor da penetração (e vice-versa) da agulha do equipamento, relacionada com a dureza ou maior resistência da madeira, em função de sua estrutura anatômica, como a espessura da parede das fibras (GONÇALVES, 2006).

O melhor modelo de ajuste que expressa essa correlação para as árvores das 26 progênies foi o linear, com o coeficiente de determinação ajustado de 45,27%, significativo a 1% de probabilidade, selecionado em função dos demais modelos apresentarem coeficiente de determinação ajustado de valor similar (Figura 13). Na avaliação do coeficiente de determinação, considerado baixo, é importante considerar que a densidade básica média representa a amostra cilíndrica total do lenho no DAP do tronco (cerca de 15,0 cm) enquanto que a resistência da agulha representa a média de 2 avaliações em posições opostas e na região periférica (alburno) do lenho na altura do DAP das árvores. Neste caso, recomenda-se correlacionar a densidade básica e o valor da penetração da agulha do equipamento na mesma região do lenho do tronco das árvores de eucalipto, com a finalidade de comparar os valores de coeficiente de determinação. O coeficiente de correlação de Pearson obtido entre a penetração da agulha do pilodyn e a densidade básica da madeira foi -0,69, superior ao de -0,63, relatado por Gonçalves (2006) em árvores de *E. urophylla* x *grandis* de 70 e 166 meses. Por outro lado, Vale et al. (1995) encontraram correlação de -0,55 em árvores de *E. grandis*, 8 anos de idade,

indicando que o pilodyn apresenta baixa eficácia na estimativa indireta da densidade básica do lenho.

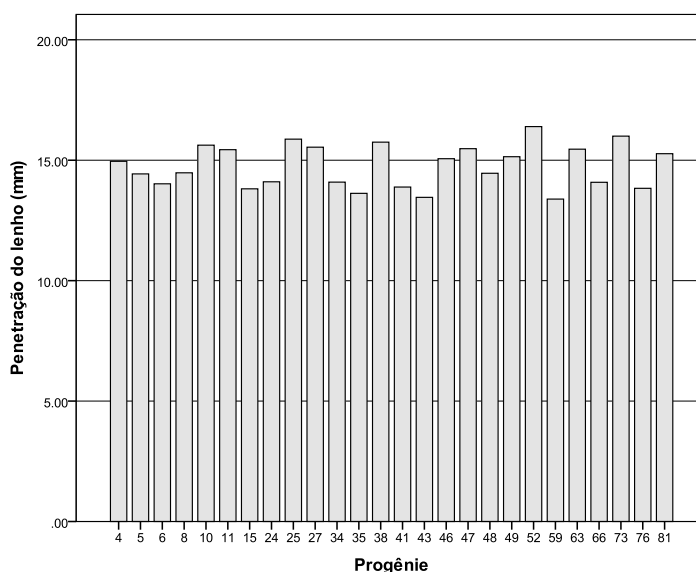


Figura 12 - Profundidade da penetração da agulha do pilodyn (mm) no lenho do tronco das árvores das progênies de *E. urophylla*

Tabela 9 – Avaliação da qualidade do lenho das árvores das progênies de *Eucalyptus urophylla* – profundidade da penetração da agulha do pilodyn e a densidade básica do lenho no DAP

Progênie (No)	Penetração agulha no lenho (mm)	Densidade básica do lenho (g/cm <sup>3</sup> )
4	14,95 (1,50) b	0,46 (0,03) a
5	14,43 (1,08) a	0,49 (0,01) a
6	14,02 (0,83) a	0,48 (0,01) a
8	14,48 (1,51) a	0,50 (0,02) a
10	15,63 (0,99) b	0,46 (0,03) a
11	15,44 (1,36) b	0,45 (0,03) a
15	13,81 (1,46) a	0,48 (0,03) a
24	14,10 (1,30) a	0,51 (0,03) a
25	15,88 (2,16) b	0,48 (0,03) a
27	15,54 (1,78) b	0,46 (0,02) a
34	14,09 (1,73) a	0,49 (0,03) a
35	13,63 (1,19) a	0,51 (0,02) a
38	15,75 (2,05) b	0,46 (0,02) a
41	13,89 (1,57) a	0,50 (0,05) a
43	13,46 (1,92) a	0,47 (0,03) a
46	15,06 (2,00) b	0,46 (0,04) a
47	15,48 (1,76) b	0,49 (0,02) a
48	14,46 (1,44) a	0,48 (0,05) a
49	15,15 (1,72) b	0,47 (0,07) a
52	16,40 (1,57) b	0,44 (0,05) a
59	13,78 (2,12) a	0,48 (0,05) a
63	15,46 (1,71) b	0,44 (0,01) a
66	14,08 (2,19) a	0,48 (0,04) a
73	16,00 (1,84) b	0,46 (0,02) a
76	13,83 (1,49) a	0,53 (0,03) a
81	15,27 (1,33) b	0,45 (0,05) a
<b>Total</b>	<b>0,49</b>	<b>14,77 (1,80)</b>

Valores entre parênteses representam o desvio padrão. Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente, pelo teste de SNK a 5% de significância.

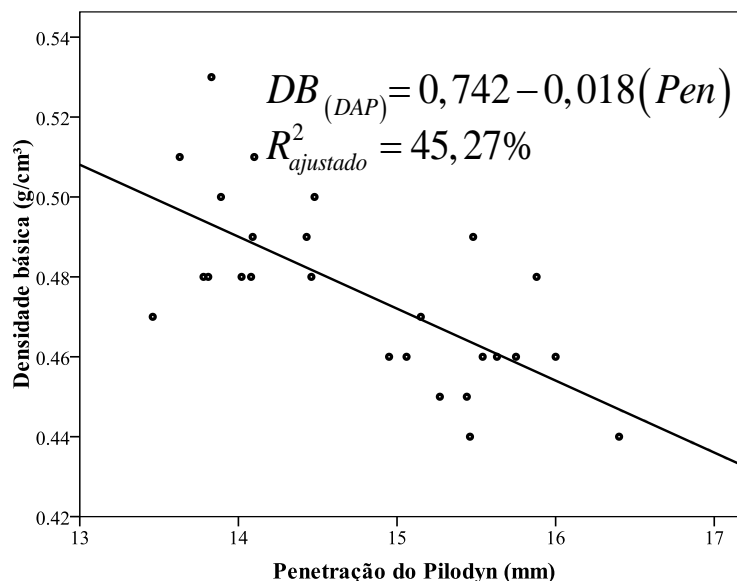


Figura 13 – Relação entre a densidade básica média no nível do DAP e profundidade da penetração média do pilodyn (mm) no lenho do tronco das árvores das progênies de *E. urophylla*

### 5.3 Avaliação do crescimento do tronco das árvores de *E. urophylla* através dos anéis de crescimento

#### 5.3.1 Caracterização anatômica dos anéis de crescimento anuais

A análise macroscópica da seção transversal do lenho no DAP do tronco das árvores de *Eucalyptus urophylla* – cortadas em março de 2011 – evidencia as regiões do cerne (escura, interna) e do albúrnio (clara, externa), os anéis de crescimento (círculos concêntricos, alternância coloração clara-escura). Além das características macroscópicas, verifica-se a presença de 2 cicatrizes (escuras, prolongando-se em uma área cinza do lenho, orientação radial), em posições praticamente comuns no lenho e disposição oposta no lenho das árvores. A estrutura anatômica macroscópica do lenho das árvores é característica das espécies do gênero *Eucalyptus*, em especial no *E. urophylla*.

No entanto, as cicatrizes são resultado do processo de cicatrização do lenho das árvores, em resposta às injúrias cambiais, provocadas pela retirada dos painéis de casca (4x 4cm, aprox.), expondo o seu lenho, para a aplicação do equipamento pilodyn, em novembro de 2008. O tecido traumático formado, de coloração escura (TT) é representativo da reação do câmbio à injúria mecânica do equipamento de corte, sendo que a região externa do tronco das árvores apresenta uma deformação,



na forma de reentrância, similar à da injúria interna. Esta deformação visível na casca do tronco das árvores de *E. urophylla* em pé – além da fissura radial – indica que o processo de cicatrização do lenho ainda não se completou, apesar do período de 82 meses. A mancha escura, de distribuição radial e localizada na região interna do lenho – em relação à posição da cicatriz – representa o acúmulo de substâncias químicas formadas nas células vivas do parênquima radial, visando à cicatrização e indução de resistência aos microrganismos xilófagos (Figura 14, A, B, C). A reação das árvores de *E. urophylla* às injúrias cambiais, caracterizadas pelas cicatrizes no lenho, tem sido normalmente descrita na literatura em inúmeras espécies de folhosas em plantações florestais e em populações naturais. Da mesma forma, esta metodologia é denominada classicamente, como “janela de Mariaux”, tendo sido aplicada como técnica comum de dendrocronologia, para a confirmação da anuidade da formação dos anéis de crescimento, principalmente em árvores de espécies tropicais, como em *Hymenaea courbaril* (LUCHI, 1998).

A possibilidade da análise das cicatrizes formadas no lenho das árvores de *E. urophylla*, em data previamente determinada, permite a sua datação e, desta forma, a identificação do anel de crescimento formado neste período (novembro de 2008). A posição deste anel de crescimento - de referência -, em relação aos internos e externos (formados antes e após a retirada de placa de casca) possibilita a contagem dos anéis de crescimento – e confirmação da sua anuidade -, sua delimitação e a mensuração da sua largura, através de metodologias adotadas em dendrocronologia.

Comprova-se, desta forma, a potencialidade das árvores das espécies de eucalipto para estudos de reconstrução das curvas de crescimento em diâmetro do tronco, além de correlações com as variáveis climáticas, avaliação dos prejuízos induzidos pela infestação de insetos desfolhadores, etc. Essa linha de pesquisa tem sido desenvolvida, principalmente na Austrália, por inúmeros autores, como Jacobs (1955), Bowman e Prior (2005), citados por Brookhouse (2006) em uma revisão sobre a potencialidade dos estudos dendrocronológicos do gênero *Eucalyptus*. Segundo Mucha (1979) e Rayner (1991), ainda em Brookhouse (2006), a formação e marcação dos anéis de crescimento no lenho das árvores ocorrem em condições

climáticas caracterizadas pelo contraste da variação da disponibilidade hídrica ao longo das estações do ano, induzindo um forte estresse hídrico e/ou da temperatura, resultando em cessação da atividade cambial, do crescimento em diâmetro do tronco e na formação dos anéis de crescimento anuais. Nesse aspecto, Argent (1995) e Argent et al. (2004) relatam, também, que a variação sazonal da disponibilidade de umidade do solo induz à formação de anéis de crescimento anuais em árvores de *Eucalyptus*. Essas condições de significativa variação da precipitação ao longo do ano climático são observadas também na região de Itamarandiba (Figura 4), o que explica o contraste dos anéis de crescimento formados no lenho das árvores de *E. urophylla* (Figura 5). No presente trabalho, a existência de avaliações regulares do diâmetro externo do tronco das árvores de *E. urophylla*, nos inventários florestais, constitui-se em uma segunda e importante fonte de dados para a confirmação da anuidade da formação e da identificação dos anéis de crescimento no lenho das árvores.

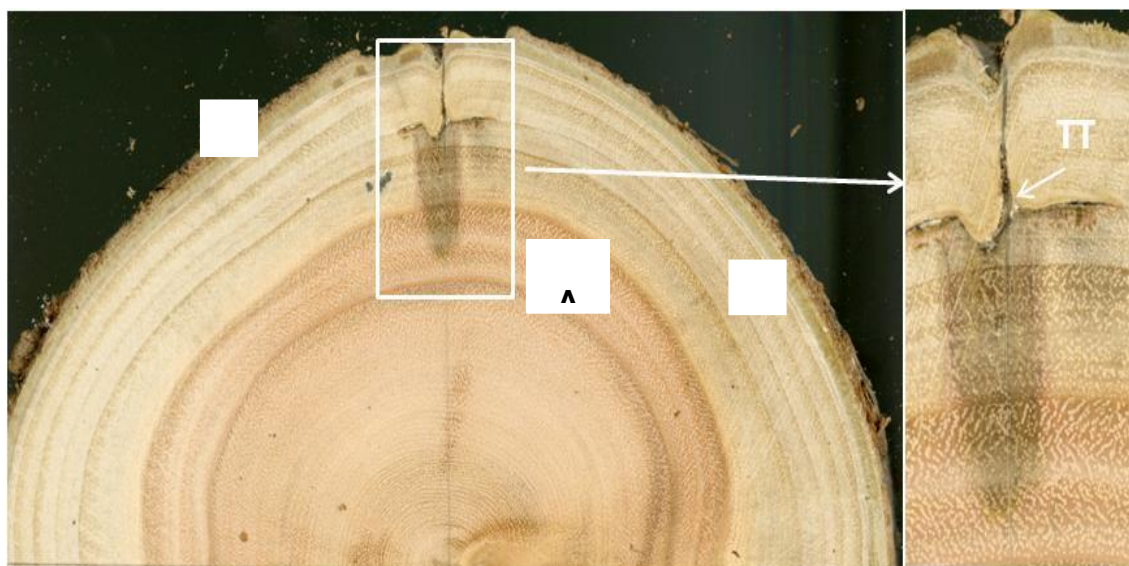


Figura 14 – Seção transversal do lenho da *Eucalyptus urophylla*, evidenciando os anéis de crescimento, a cicatriz das injúrias cambiais, de novembro 2008

### 5.3.2 Largura dos anéis de crescimento anuais e crescimento do tronco das árvores

Os resultados da mensuração da largura dos 8 anéis de crescimento anuais formados no tronco das árvores das progênies de *E. urophylla* são apresentados na Tabela 10, Figura 15 e Anexo. Verifica-se a tendência da redução da largura dos anéis de crescimento anuais do 1º até o 8º ano de crescimento do tronco das árvores de *E. urophylla*, resultado do progressivo aumento da competição pelos fatores de crescimento e, conseqüente, redução da taxa fotossintética e disponibilidade de seiva orgânica para a manutenção do crescimento das árvores (vide discussão dos resultados Item 5.1). No entanto, é possível analisar com maiores detalhes as variações intra-anuais do crescimento do tronco das árvores pela precisão da demarcação e mensuração da largura dos anéis de crescimento anuais.

A maior redução porcentual da largura dos anéis de crescimento ocorreu do 1º para o 2º ano (larguras médias de 2,3 e de 1,3 mm, respectivamente), com diferenças entre as árvores das 26 progênies de *E. urophylla*. As variações porcentuais da largura dos anéis de crescimento foram menores do 2º para o 3º e, deste para o 4º ano (larguras médias de 1,27, 1,29 e 0,93 mm), da mesma forma, com diferenças entre progênies de eucalipto.

No entanto, do 4º para o 5º ano de crescimento das árvores observa-se uma significativa redução da largura dos anéis de crescimento (larguras médias de 0,93 e 0,31 mm, respectivamente), coincidente com o período da retirada das 2 placas de casca (interna + externa) em posições opostas do tronco das árvores, expondo o seu lenho para a aplicação da agulha do pilodyn e análise da sua dureza (densidade). O corte e a retirada das 2 placas de casca interna (floema) e externa (periderme, tecido responsável pela proteção do tronco) parecem ter reduzido significativamente o fluxo descendente de seiva orgânica para as regiões basais do tronco e das raízes das árvores, - correspondendo um semi-anelamento do tronco -; resposta similar, embora mais drástica, é observada quando do anelamento total do tronco, pela retirada completa dos tecidos da casca externa e interna (floema), levando as árvores à morte. Além da obstrução do fluxo normal da seiva orgânica,

as árvores dos clones de *E. urophylla* demandam, ainda, maior quantidade de carboidratos e hormônios para a ativação e manutenção da atividade cambial e do processo de cicatrização das feridas induzidas pela retirada da casca e da introdução da agulha do pilodyn.

Do 5º para o 6º ano de crescimento observa-se um aumento da taxa de crescimento do tronco (0,31 e 0,50 mm, respectivamente) indicativo da normalização (parcial) do fluxo de seiva orgânica e do processo de cicatrização dos tecidos do lenho; com posterior e gradativa redução do crescimento do 6º para o 7º e deste para o 8º ano (0,50, 0,26 e 0,15 mm, respectivamente), resultado da significativa competição estabelecida entre as árvores das parcelas das progênies aos fatores de crescimento; o anel de crescimento do 8º ano expressa esta competição, através da menor largura observada – 0,15 mm, com uma média de largura de 0,88 cm (0,08-2,52 cm, erro padrão 0,02 cm). Os resultados são inferiores aos apresentados por Moglia *et al* (2010) para 40 árvores de *E. camaldulensis*, de 9 anos, com média de 1,06 cm, em Santiago del Estero, Argentina.

Na descrição da variação da largura dos anéis de crescimento anuais das árvores das 26 progênies de *E. urophylla* foi selecionado o modelo logarítmico (Tabela 11, Figura 16) pelo melhor coeficiente de determinação e menor erro padrão residual, bem como pela sua simplicidade em relação aos demais modelos testados. A análise dos valores dos parâmetros, coeficiente de determinação e erro padrão residual (Tabela 11) indica que o erro padrão residual variou de 0,21 a 0,50 cm nas progênies 24 e 25; o coeficiente de variação de 91,18 a 74,29% nas progênies 49 e 24, indicando que o melhor modelo ajusta em 91,18% das observações, com a idade das árvores explicando (através desta %) a variação na largura dos anéis de crescimento. A dispersão dos valores de largura dos anéis de crescimento em relação à idade das árvores das progênies de *E. urophylla* (Figura 16) indica, por outro lado, uma menor variação nas medições dos anéis de crescimento, em todos os anos, em relação à avaliação do diâmetro externo do tronco realizada à cada ano, com fita métrica ou instrumento de medição equivalente. A análise da Figura 16 indica, ainda, que somente alguns pontos de medição estão fora do padrão, considerado normal para os organismos vivos, como as árvores; expressando,

também, que a mensuração da largura dos anéis de crescimento anuais representa fielmente o crescimento do tronco das árvores de *E. urophylla*.

Tabela 10 - Largura dos anéis de crescimento anuais (cm) do lenho das árvores dos clones das 26 progênes de *E. urophylla*

Progênes	Período (anos)							
	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°
4	2.24 (0,41) a	1.43 (0,21) b	1.26 (0,22) a	0.87 (0,21) a	0.32 (0,08) a	0.60 (0,25) a	0.28 (0,04) a	0.16 (0,07) a
5	2.36 (0,38) a	1.08 (0,34) a	1.28 (0,23) a	0.96 (0,29) a	0.33 (0,09) a	0.50 (0,22) a	0.29 (0,12) a	0.13 (0,09) a
6	2.32 (0,35) a	1.47 (0,18) b	1.26 (0,26) a	0.90 (0,27) a	0.28 (0,11) a	0.48 (0,21) a	0.26 (0,10) a	0.14 (0,07) a
8	2.16 (0,41) a	1.57 (0,63) b	1.26 (0,31) a	0.89 (0,29) a	0.32 (0,11) a	0.44 (0,21) a	0.25 (0,10) a	0.14 (0,07) a
10	2.24 (0,40) a	1.34 (0,45) b	1.39 (0,30) a	1.10 (0,31) a	0.35 (0,12) a	0.60 (0,26) a	0.28 (0,11) a	0.17 (0,11) a
11	2.38 (0,29) a	1.32 (0,23) b	1.34 (0,22) a	1.12 (0,35) a	0.33 (0,08) a	0.61 (0,26) a	0.29 (0,12) a	0.18 (0,09) a
15	2.43 (0,37) a	1.45 (0,29) b	1.23 (0,19) a	0.98 (0,17) a	0.28 (0,11) a	0.44 (0,23) a	0.20 (0,09) a	0.09 (0,08) a
24	2.26 (0,17) a	1.36 (0,22) b	1.22 (0,18) a	0.96 (0,24) a	0.28 (0,11) a	0.47 (0,17) a	0.19 (0,11) a	0.10 (0,06) a
25	2.42 (0,56) a	1.29 (0,66) a	1.16 (0,38) a	0.76 (0,35) a	0.24 (0,14) a	0.40 (0,25) a	0.19 (0,14) a	0.08 (0,07) a
27	2.52 (0,48) a	1.45 (0,51) b	1.43 (0,20) a	0.97 (0,22) a	0.34 (0,14) a	0.53 (0,16) a	0.22 (0,10) a	0.12 (0,08) a
34	2.44 (0,62) a	1.23 (0,33) a	1.22 (0,30) a	0.95 (0,36) a	0.37 (0,14) a	0.56 (0,27) a	0.29 (0,14) a	0.17 (0,08) a
35	2.47 (0,26) a	1.11 (0,41) a	1.26 (0,17) a	1.01 (0,22) a	0.36 (0,07) a	0.60 (0,26) a	0.31 (0,12) a	0.18 (0,07) a
38	2.32 (0,32) a	1.38 (0,38) b	1.28 (0,49) a	0.88 (0,30) a	0.32 (0,09) a	0.39 (0,24) a	0.24 (0,13) a	0.17 (0,07) a
41	2.43 (0,57) a	1.18 (0,30) a	1.07 (0,42) a	0.86 (0,36) a	0.33 (0,18) a	0.42 (0,17) a	0.26 (0,13) a	0.19 (0,08) a
43	2.40 (0,57) a	1.19 (0,34) a	1.32 (0,38) a	1.06 (0,35) a	0.34 (0,09) a	0.62 (0,30) a	0.30 (0,13) a	0.19 (0,08) a
46	2.10 (0,17) a	1.39 (0,24) b	1.51 (0,27) a	1.03 (0,31) a	0.35 (0,05) a	0.58 (0,20) a	0.30 (0,10) a	0.18 (0,06) a
47	2.27 (0,48) a	1.41 (0,47) b	1.33 (0,26) a	0.87 (0,30) a	0.36 (0,09) a	0.54 (0,27) a	0.28 (0,10) a	0.18 (0,07) a
48	2.27 (0,34) a	1.45 (0,40) b	1.24 (0,24) a	0.84 (0,28) a	0.27 (0,08) a	0.46 (0,26) a	0.20 (0,09) a	0.15 (0,08) a
49	2.25 (0,53) a	1.37 (0,77) b	1.34 (0,31) a	1.13 (0,19) a	0.32 (0,10) a	0.48 (0,21) a	0.27 (0,10) a	0.16 (0,09) a
52	2.43 (0,35) a	1.05 (0,36) a	1.36 (0,23) a	0.96 (0,27) a	0.36 (0,10) a	0.54 (0,27) a	0.31 (0,09) a	0.16 (0,08) a
59	2.47 (0,38) a	1.17 (0,26) a	1.20 (0,40) a	0.87 (0,35) a	0.30 (0,11) a	0.47 (0,28) a	0.31 (0,17) a	0.15 (0,07) a
63	2.37 (0,39) a	1.25 (0,46) a	1.29 (0,24) a	0.98 (0,31) a	0.34 (0,11) a	0.51 (0,18) a	0.30 (0,13) a	0.19 (0,09) a
66	2.44 (0,23) a	1.08 (0,31) a	1.22 (0,29) a	0.78 (0,26) a	0.29 (0,10) a	0.41 (0,21) a	0.23 (0,12) a	0.13 (0,07) a
73	2.32 (0,41) a	1.20 (0,48) a	1.30 (0,25) a	0.99 (0,30) a	0.29 (0,10) a	0.55 (0,21) a	0.30 (0,13) a	0.17 (0,08) a
76	2.26 (0,37) a	1.09 (0,47) a	1.20 (0,37) a	0.88 (0,30) a	0.28 (0,12) a	0.40 (0,23) a	0.26 (0,17) a	0.15 (0,12) a
81	2.22 (0,39) a	1.23 (0,35) a	1.00 (0,32) a	0.66 (0,32) a	0.22 (0,10) a	0.33 (0,23) a	0.16 (0,10) a	0.10 (0,08) a
Total	2.34 (0,40)	1.29 (0,42)	1.27 (0,30)	0.93 (0,30)	0.31 (0,11)	0.50 (0,24)	0.26 (0,12)	0.15 (0,08)

Valores do desvio padrão entre parêntesis. Médias de mesma letra não diferem estatisticamente (teste de SNK, 5% signific.)

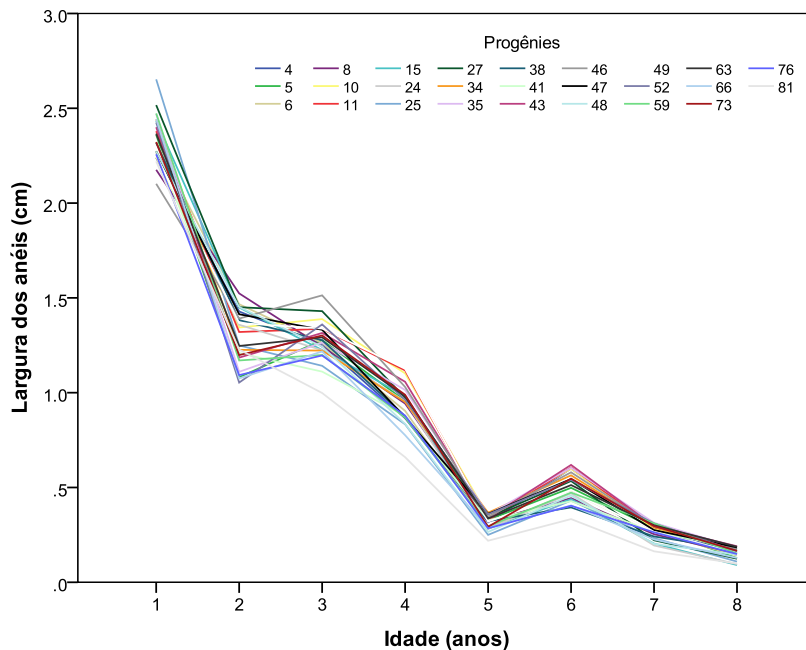


Figura 15 – Largura dos anéis de crescimento anuais (cm) do lenho das árvores dos clones das 26 progênies de *E. urophylla*

Tabela 11 - Estimativa dos parâmetros, estimativa do erro padrão residual e coeficiente de determinação para o modelo ajustado aos dados de largura de anéis de crescimento das árvores das progênies de *E. urophylla*

Progênie	a	b	R <sup>2</sup>	Erro padrão residual
04	2,21	-0,99	87,41	0,25
05	2,18	-0,99	81,66	0,31
06	2,29	-1,06	89,20	0,24
08	2,23	-1,02	80,90	0,34
10	2,23	-0,98	79,41	0,33
11	2,30	-1,02	84,47	0,29
15	2,37	-1,12	89,99	0,25
24	2,23	-1,04	91,18	0,21
25	2,27	-1,10	77,87	0,50
27	2,46	-1,14	84,91	0,32
34	2,27	-1,03	78,81	0,36
35	2,25	-1,01	81,44	0,31
38	2,26	-1,05	83,72	0,31
41	2,21	-1,03	79,39	0,29
43	2,25	-1,00	75,66	0,38
46	2,18	-0,94	84,00	0,27
47	2,24	-1,01	81,90	0,32
48	2,25	-1,05	86,75	0,27
49	2,25	-1,01	74,29	0,39
52	2,22	-1,00	80,34	0,33
59	2,26	-1,05	81,76	0,33
63	2,24	-1,01	82,10	0,31
66	2,21	-1,05	85,33	0,29
73	2,20	-0,99	79,65	0,33
76	2,10	-0,97	78,68	0,34
81	2,08	-1,01	84,81	0,29

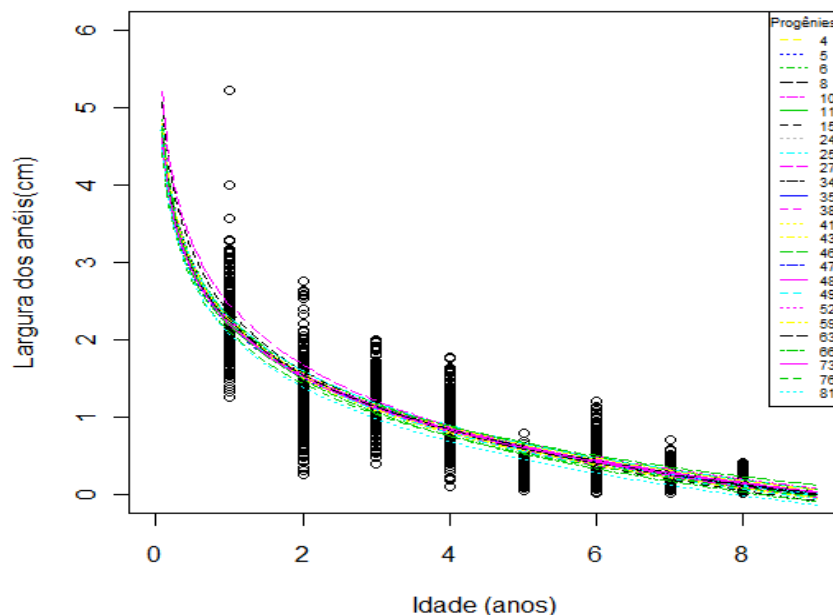


Figura 16 - Curva de crescimento do tronco – através da mensuração da largura dos anéis de crescimento - das árvores das progênes de *E. urophylla*

O valor médio do DAP acumulado sem casca das árvores das 26 progênes de *E. urophylla*, até o 8º ano é apresentado na Tabela 12, Figura 17 e Anexo. As árvores apresentam elevadas taxas de incremento do diâmetro do tronco do 1º ao 4º ano – de 4,66 a 11,66 cm, respectivamente -, seguindo-se um período de gradativa redução do incremento até o 8º ano – de 11,66 a 14,10 cm, respectivamente. Isso não acontece com a variação entre as progênes, no primeiro e segundo ano todas são similares, a partir do ano 3 temos valores para acima e valores para abaixo em relação à maioria da média das progênes avaliadas. Apesar do teste Scott Knott ( $p \leq 0,05$ ) não indicar diferenças significativas para os incrementos anuais do diâmetro do tronco acumulado sem casca das árvores das progênes de *E. urophylla* verificam-se diferenças marcantes. As árvores das progênes 27 e 81 mostraram o maior e o menor do DAP, respectivamente, ao longo dos 8 anos, com os valores finais de 15,19 e 11,85 cm. Outras progênes, como as de No 10, 11, 43 e 46, dentre outras, destacam-se, da mesma forma, entre as melhores; por outro lado, as de No 25, 66 e 76, estão entre as de menor taxa de crescimento.

Para a descrição do incremento do diâmetro acumulado do tronco sem casca das árvores das 26 progênes de *E. urophylla* foi selecionado o modelo de crescimento proposto por Chapman-Richards e descrito por Carrero et al. (2008)



(Tabela 13, Figura 18) apresentando-se os valores dos parâmetros, coeficiente de determinação e erro padrão residual. O erro padrão residual variou de 1,18 a 2,79 cm, com as árvores das progênes 10 e 25 com melhor e pior ajuste dos dados; o coeficiente de variação variou de 51,67% a 90,34% nas progênes 25 e 10, respectivamente, indicando que 90,34% da variação do diâmetro do tronco é explicada pela idade das árvores. O modelo escolhido, segundo Scolforo (1998), pode ser aplicado para representar uma função de produção, como a taxa de crescimento em relação ao tempo. A Figura 18 representa o valor acumulado do diâmetro do tronco das árvores do 1-8º ano, com as funções de crescimento de Chapman Richards relacionando as variáveis nas árvores das progênes de *E. urophylla*, apresentando a curva de evolução do diâmetro. A exemplo dos resultados da avaliação do incremento corrente anual do tronco das árvores das progênes de *E. urophylla* (Figura 16), a Figura 18 expressa o incremento real em diâmetro do tronco das árvores pela detecção e mensuração da largura dos anéis de crescimento distintos e anuais. Essa curva de crescimento, obtida para as árvores das 26 progênes, a partir do referido modelo, é representativa da média do incremento radial acumulado do tronco das árvores de *E. urophylla*, embora com variações nos valores de crescimento. Moglia et al. (2010) apresentam um regressão linear com coeficiente de correlação de 0,998, divergente dos resultados, uma vez que a curva de crescimento e produção é sigmoide (HOSOKAWA, 1998).

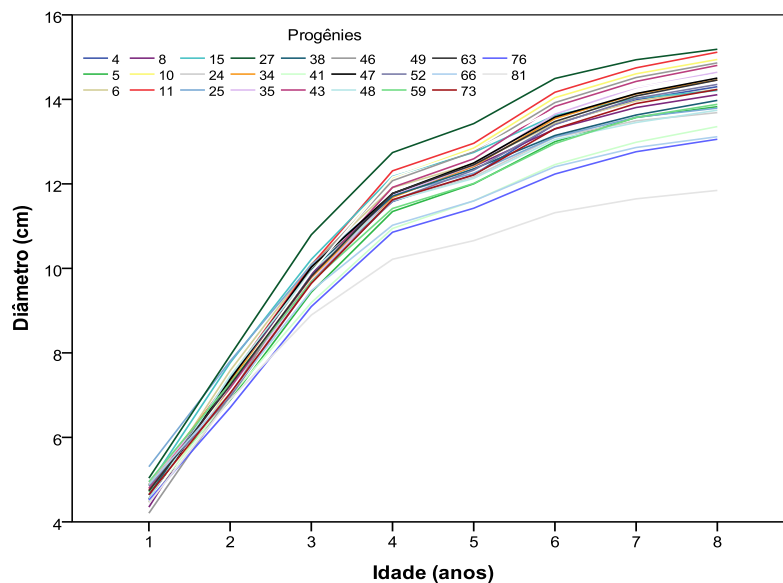


Figura 17 – Diâmetro de tronco acumulado sem casca (cm) das árvores das progênes de *E. urophylla* pela mensuração da largura dos anéis de crescimento

Tabela 12 - Diâmetro do tronco acumulado sem casca (cm) das árvores das progênes de *E. urophylla* pela mensuração da largura dos anéis de crescimento

Progênes	Idade (anos)							
	1	2	3	4	5	6	7	8
4	4.48 (0,82) a	7.34 (0,80) a	9.85 (0,96) a	11.58 (1,25) a	12.22 (1,31) a	13.42 (1,60) a	13.99 (1,60) a	14.30 (1,66) a
5	4.72 (0,77) a	6.88 (0,53) a	9.44 (0,75) a	11.35 (1,19) a	12.00 (1,35) a	13.00 (1,74) a	13.57 (1,91) a	13.83 (2,05) a
6	4.64 (0,70) a	7.58 (0,83) a	10.10 (1,16) a	11.91 (1,47) a	12.48 (1,63) a	13.43 (1,94) a	13.96 (2,07) a	14.24 (2,19) a
8	3.82 (1,46) a	7.25 (1,02) a	9.83 (1,48) a	11.71 (1,74) a	12.37 (1,89) a	13.26 (2,21) a	13.76 (2,38) a	14.06 (2,45) a
10	4.48 (0,81) a	7.17 (0,79) a	9.94 (0,70) a	12.15 (0,88) a	12.85 (1,03) a	14.04 (1,46) a	14.61 (1,58) a	14.94 (1,74) a
11	4.76 (0,59) a	7.40 (0,62) a	10.07 (0,83) a	12.31 (1,42) a	12.96 (1,53) a	14.17 (2,01) a	14.75 (2,20) a	15.12 (2,36) a
15	4.87 (0,74) a	7.76 (0,86) a	10.21 (1,15) a	12.18 (1,42) a	12.74 (1,51) a	13.62 (1,79) a	14.03 (1,92) a	14.21 (2,03) a
24	4.53 (0,33) a	7.25 (0,55) a	9.69 (0,85) a	11.60 (1,24) a	12.17 (1,36) a	13.10 (1,64) a	13.49 (1,76) a	13.69 (1,86) a
25	4.84 (1,11) a	7.41 (0,90) a	9.72 (1,48) a	11.24 (2,11) a	11.73 (2,34) a	12.52 (2,76) a	12.90 (2,98) a	13.06 (3,09) a
27	5.03 (0,97) a	7.93 (1,04) a	10.80 (1,32) a	12.74 (1,62) a	13.43 (1,72) a	14.50 (1,86) a	14.94 (1,95) a	15.19 (2,03) a
34	4.88 (1,23) a	7.34 (0,87) a	9.78 (1,03) a	11.68 (1,74) a	12.42 (2,02) a	13.54 (2,50) a	14.13 (2,74) a	14.46 (2,89) a
35	4.94 (0,51) a	7.16 (0,72) a	9.69 (0,84) a	11.73 (1,07) a	12.44 (1,17) a	13.65 (1,59) a	14.28 (1,71) a	14.64 (1,77) a
38	4.64 (0,64) a	7.40 (0,69) a	9.95 (1,53) a	11.71 (2,09) a	12.36 (2,11) a	13.15 (2,54) a	13.63 (2,71) a	13.98 (2,79) a
41	4.86 (1,14) a	7.22 (1,10) a	9.37 (1,26) a	11.09 (1,64) a	11.75 (1,60) a	12.59 (1,80) a	13.10 (1,94) a	13.47 (2,03) a
43	4.80 (1,15) a	7.17 (0,85) a	9.80 (1,44) a	11.92 (1,91) a	12.59 (1,99) a	13.83 (2,47) a	14.43 (2,57) a	14.80 (2,69) a
46	4.21 (0,33) a	6.99 (0,51) a	10.02 (0,97) a	12.08 (1,35) a	12.76 (1,43) a	13.92 (1,72) a	14.52 (1,89) a	14.86 (1,99) a
47	4.54 (0,96) a	7.37 (1,17) a	10.03 (1,58) a	11.77 (1,95) a	12.49 (2,01) a	13.58 (2,42) a	14.14 (2,50) a	14.50 (2,57) a
48	4.55 (0,67) a	7.45 (0,87) a	9.93 (1,14) a	11.60 (1,52) a	12.13 (1,60) a	13.05 (1,96) a	13.45 (2,07) a	13.74 (2,20) a
49	4.50 (1,05) a	7.23 (0,82) a	9.91 (1,18) a	12.16 (1,44) a	12.80 (1,53) a	13.76 (1,85) a	14.29 (1,99) a	14.60 (2,12) a
52	4.85 (0,70) a	6.96 (0,50) a	9.68 (0,84) a	11.61 (1,30) a	12.33 (1,42) a	13.40 (1,91) a	14.03 (2,06) a	14.35 (2,20) a
59	4.95 (0,76) a	7.28 (0,95) a	9.68 (1,37) a	11.42 (2,01) a	12.01 (2,17) a	12.95 (2,71) a	13.58 (3,00) a	13.88 (3,11) a
63	4.74 (0,78) a	7.23 (0,65) a	9.81 (0,83) a	11.78 (1,27) a	12.45 (1,42) a	13.48 (1,65) a	14.08 (1,87) a	14.46 (2,03) a
66	4.89 (0,46) a	7.04 (0,70) a	9.47 (1,06) a	11.02 (1,47) a	11.60 (1,60) a	12.41 (1,89) a	12.86 (2,03) a	13.12 (2,11) a
73	4.64 (0,82) a	7.04 (0,77) a	9.64 (1,13) a	11.63 (1,61) a	12.21 (1,74) a	13.30 (2,07) a	13.90 (2,29) a	14.23 (2,42) a
76	4.51 (0,73) a	6.70 (0,91) a	9.10 (1,37) a	10.86 (1,96) a	11.42 (2,15) a	12.23 (2,57) a	12.76 (2,87) a	13.06 (3,04) a
81	4.44 (0,79) a	6.89 (0,66) a	8.90 (1,19) a	10.22 (1,74) a	10.66 (1,89) a	11.32 (2,31) a	11.65 (2,47) a	11.85 (2,60) a
Total	4.66 (0,85)	7.25 (0,82)	9.79 (1,17)	11.66 (1,60)	12.29 (1,72)	13.28 (2,09)	13.80 (2,25)	14.10 (2,36) a

Valores entre parêntesis representam o desvio padrão. Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente, pelo teste de SNK a 5% de significância

Tabela 13 - Estimativa dos parâmetros, estimativa do erro padrão residual e coeficiente de determinação para o modelo ajustado aos dados de incremento do tronco acumulado sem casca das árvores das progênes de *E. urophylla*

Progênie	a	b	c	R <sup>2</sup>	Erro padrão residual
4	15,42	0,33	0,99	87,21	1,27
5	15,23	0,30	0,92	84,03	1,38
6	15,00	0,38	1,04	81,24	1,55
8	14,79	0,40	1,13	78,55	1,72
10	16,20	0,34	1,08	90,34	1,18
11	16,53	0,32	0,99	83,69	1,57
15	14,94	0,40	1,05	82,57	1,47
24	14,47	0,39	1,07	85,52	1,29
25	14,69	0,34	0,85	51,67	2,79
27	16,09	0,38	1,05	82,86	1,58
34	16,07	0,28	0,88	73,67	1,96
35	16,66	0,25	0,85	87,90	1,24
38	14,67	0,39	1,04	71,20	2,00
41	14,47	0,31	0,91	79,60	1,51
43	16,52	0,28	0,92	75,59	1,95
46	15,86	0,37	1,19	87,42	1,38
47	15,53	0,35	1,02	75,24	1,93
48	14,34	0,41	1,07	79,88	1,55
49	15,55	0,37	1,11	83,69	1,53
52	16,03	0,28	0,90	83,14	1,48
59	15,19	0,29	0,85	67,32	2,12
63	15,76	0,31	0,95	85,32	1,37
66	14,07	0,33	0,87	77,87	1,50
73	15,56	0,31	0,96	79,08	1,69
76	14,08	0,33	0,93	66,76	2,06
81	12,30	0,41	0,95	65,61	1,80

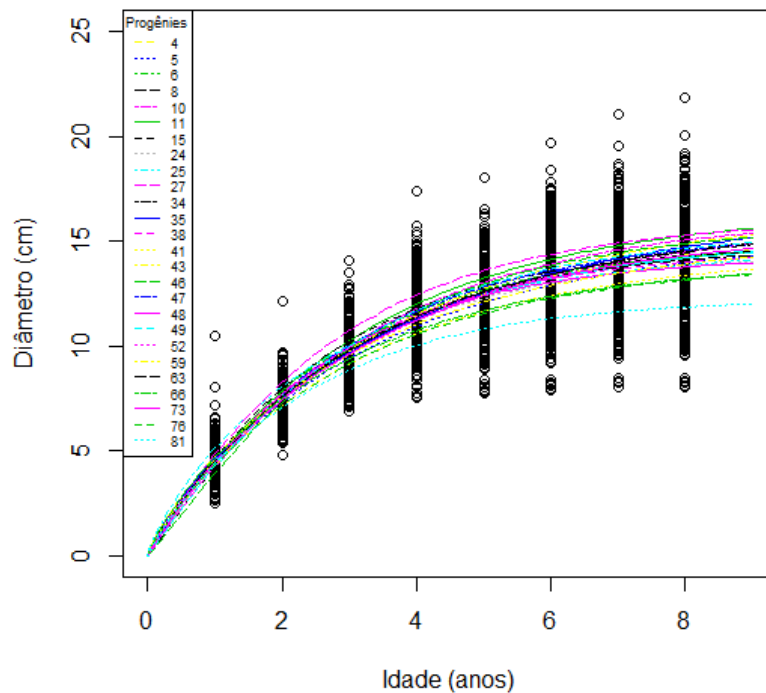


Figura 18 – Curva de crescimento acumulado do diâmetro do tronco – através da mensuração da largura dos anéis de crescimento - das árvores das progênes de *E. urophylla*

#### 5.4 Densidade básica do lenho das árvores de *E. urophylla*

**Densidade básica no sentido longitudinal do lenho do tronco das árvores:** a variação da densidade básica do lenho no sentido longitudinal (diferentes % da altura) do tronco das árvores das progênes de *Eucalyptus urophylla* é apresentada na Tabela 14, Figura 19 e Anexos. A densidade básica do lenho mostra um modelo de variação caracterizado, de modo geral, por uma diminuição da base (0%) ao DAP, seguindo-se um aumento até 75% e posterior diminuição a 100% do tronco das árvores.

O teste Scott Knott ( $p \leq 0,05$ ) indicou diferenças significativas da densidade básica do lenho, entre as árvores das progênes de *E. urophylla*, nas alturas de 0, 25, 50, 75 e 100% do seu tronco. As árvores com maiores de valores de densidade do lenho nas 6 alturas do tronco e densidade média (aritmética), foram, de modo geral às das progênes 5, 8, 24, 35 e 76 e as de menores valores de densidade foram às das progênes 52, 63 e 81. Observou-se uma homogeneidade da densidade do lenho no sentido longitudinal do tronco, com uma dispersão mais acentuada dos seus valores nas progênes 24 e 35.

A literatura especializada relata diversos modelos de variação da densidade do lenho no sentido longitudinal do tronco das árvores de eucaliptos e de outras espécies de folhosas florestais, como Panshin e De Zeew (1970), Ferreira (1972), Barrichelo e Brito (1984), Barrichelo et al. (1983), Quilhó e Pereira (2001), Arango Alzate (2005), entre outros. Como exemplo, Arango Alzate (2005) relata para árvores de híbridos de *E. grandis* x *urophylla*, aos 8 anos, um aumento da densidade do da base para o topo do tronco. Por outro lado, Carvalho (2000) relata para árvores de híbridos de *E. grandis* x *urophylla*, de 7 anos de idade, uma redução da variação da densidade do lenho da base-DAP, seguindo-se o seu aumento em direção ao ápice do tronco; modelo similar ao obtido no presente trabalho. Em árvores de *E. grandis*, Oliveira et al. (2005) observaram um decréscimo da densidade básica da madeira da base até um  $\frac{1}{4}$  da altura do tronco, seguindo-se um aumento até o topo da árvore. Couto et al. (2012) relataram em árvores de clones de

*Eucalyptus* spp um decréscimo inicial da densidade do lenho, seguido de acréscimo e, novamente, com tendência à diminuição no ápice do tronco.

Tabela 14 - Variação da densidade básica (g/cm<sup>3</sup>) do lenho no sentido base-topo do tronco das árvores das progênie de *E. urophylla*

Progênie (No)	Densidade básica/Posições/alturas do tronco das árvores						Total
	0%	DAP	25%	50%	75%	100%	
4	0,48 a	0,46a	0,48 a	0,49 a	0,49 a	0,45 a	0,48
5	0,51 a	0,49 a	0,52 b	0,54 b	0,55 b	0,51a	0,52
6	0,50 a	0,48 a	0,51 a	0,52 a	0,51 a	0,49 a	0,50
8	0,53 a	0,50 a	0,52 a	0,54 a	0,53 a	0,50 a	0,52
10	0,50 b	0,46 a	0,45 a	0,51 b	0,52 b	0,49 b	0,49
11	0,47 a	0,45 a	0,48 a	0,51 a	0,51 a	0,46 a	0,48
15	0,50 a	0,48 a	0,51 a	0,53 a	0,52 a	0,50 a	0,51
24	0,53 a	0,51 a	0,55 a	0,51 a	0,55 a	0,50 a	0,52
25	0,50 a	0,48 a	0,48 a	0,49 a	0,49 a	0,50 a	0,49
27	0,47 a	0,46 a	0,49 a	0,51 a	0,52 a	0,49 a	0,49
34	0,52 a	0,49 a	0,51 a	0,55 a	0,53 a	0,45 a	0,51
35	0,54 a	0,51a	0,54a	0,48 a	0,53 a	0,50 a	0,52
38	0,47 a	0,46 a	0,50 a	0,49 a	0,50 a	0,48 a	0,48
41	0,48 a	0,50 a	0,51 a	0,52 a	0,51 a	0,45 a	0,50
43	0,49 a	0,47 a	0,49 a	0,51 a	0,52 a	0,48 a	0,49
46	0,49 a	0,46 a	0,48 a	0,49 a	0,51 a	0,47 a	0,48
47	0,50 a	0,49 a	0,51 a	0,53 a	0,53 a	0,49 a	0,51
48	0,48 a	0,48 a	0,48 a	0,50 a	0,50 a	0,45 a	0,48
49	0,50 a	0,47 a	0,50 a	0,52 a	0,52 a	0,49 a	0,50
52	0,46 a	0,44 a	0,45 a	0,46 a	0,48 a	0,46 a	0,46
59	0,50 a	0,48 a	0,50 a	0,50 a	0,50 a	0,46 a	0,49
63	0,47 b	0,44 a	0,48 b	0,49 b	0,49 b	0,45 a	0,47
66	0,48 a	0,48 a	0,51 a	0,52 a	0,52 a	0,48 a	0,50
73	0,49 a	0,46 a	0,47 a	0,49 a	0,49 a	0,51 a	0,48
76	0,52 a	0,53 a	0,52 a	0,54 a	0,53 a	0,51 a	0,53
81	0,48 a	0,45 a	0,46 a	0,47 a	0,46 a	0,44 a	0,46
Total	0,49	0,48	0,50	0,51	0,51	0,48	0,49

Valores entre parêntesis representam o desvio padrão. Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente, pelo teste de SNK a 5% de significância

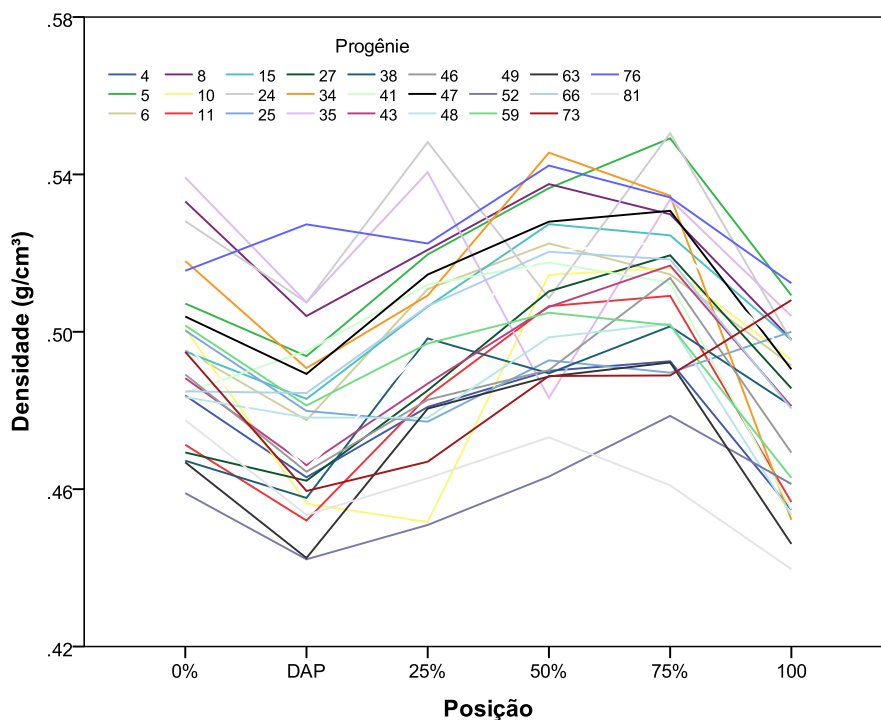


Figura 19 - Densidade básica do lenho no sentido base-topo do tronco das árvores das progênes de *E. urophylla*

**Densidade básica média do lenho do tronco das árvores:** os valores de densidade básica média do lenho (ponderada) são apresentados na Tabela 15, Figura 20. O resultado do teste de comparação múltipla de Scott Knott indicou diferenças significativas entre progênes, com as de No 15, 35 e 66 de densidade básica mais elevada, de 0,52 g/cm<sup>3</sup>; as progênes de No 25, 52 e 73, foram as de menor densidade básica, de 0,46cm<sup>3</sup>, em um intervalos de variação de 0,41 a 0,60, com média de 0,50 g/cm<sup>3</sup>. Essa variação de densidade básica da madeira é relatada para as árvores de algumas espécies de eucalipto, por Brito et al. (1984) e Trugilho (2009), dentre outros, com idade de 4 a 7 anos, sendo indicada a faixa de 0,49-0,51 g/cm<sup>3</sup>. Observa-se, ainda, pelo teste de comparação (Tabela 15) a diferença estatística significativa ( $p \leq 0,05$ ), para a densidade básica ponderada, com as árvores das progênes de No 10, 25, 38, 52, 73 e 81 apresentando valores de densidade similares e estatisticamente diferentes das demais 26 progênes. Ainda, cabe destacar, que os valores médios de densidade básica do lenho das árvores determinados através de média aritmética e ponderada mostraram similaridade.

Tabela 15 - Densidade básica média -ponderação- do lenho das árvores de *E. urophylla*

Progênie (No)	Dens. Lenho Média	Mínimo	Máximo
4	0,49 (0,03) b	0,46	0,53
5	0,50 (0,03) b	0,45	0,53
6	0,51 (0,03) b	0,45	0,58
8	0,51 (0,04) b	0,44	0,57
10	0,48 (0,03) a	0,46	0,54
11	0,49 (0,03) b	0,45	0,55
15	0,52 (0,04) b	0,45	0,60
24	0,51 (0,02) b	0,47	0,54
25	0,46 (0,04) a	0,41	0,53
27	0,50 (0,03) b	0,45	0,55
34	0,49 (0,05) b	0,41	0,56
35	0,52 (0,03) b	0,48	0,58
38	0,48 (0,03) a	0,43	0,52
41	0,50 (0,03) b	0,44	0,55
43	0,51 (0,04) b	0,46	0,57
46	0,50 (0,03) b	0,45	0,54
47	0,49 (0,03) b	0,44	0,54
48	0,50 (0,04) b	0,44	0,58
49	0,49 (0,05) b	0,41	0,55
52	0,46 (0,04) a	0,41	0,53
59	0,51 (0,04) b	0,45	0,57
63	0,49 (0,03) b	0,45	0,54
66	0,52 (0,04) b	0,43	0,60
73	0,46 (0,03) a	0,42	0,51
76	0,51 (0,03) b	0,46	0,55
81	0,48 (0,03) a	0,41	0,53
Total	0,50 (0,04)	0,41	0,60

Valores entre parêntesis representam o desvio padrão. Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente, pelo teste de SNK a 5% de significância

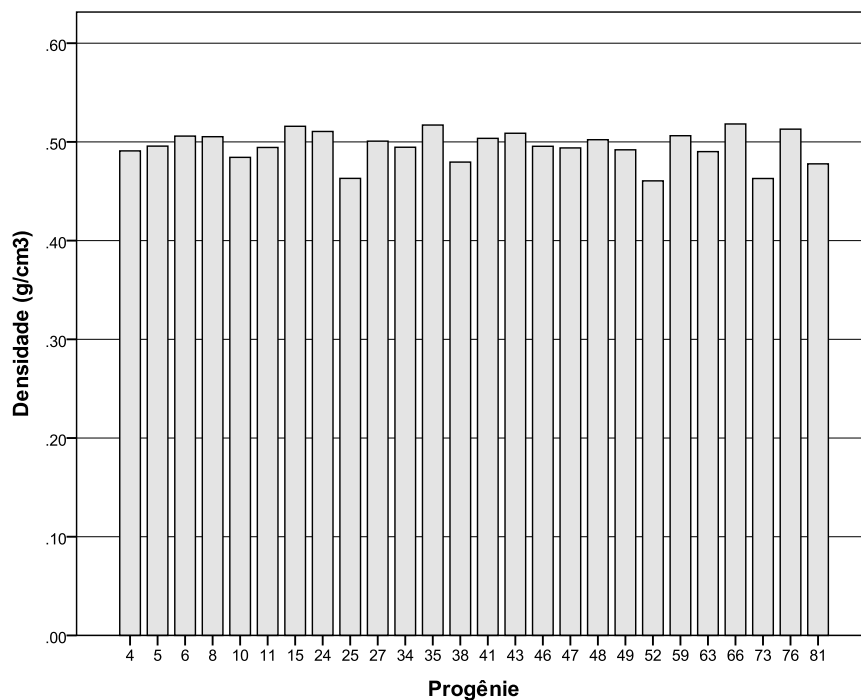


Figura 20 - Densidade básica média – ponderação- do lenho do tronco das árvores das progênies de *Eucalyptus urophylla*

## 5.5 Densidade aparente do lenho do DAP do tronco das árvores de *E. urophylla*

**Perfil radial de densidade aparente do DAP do lenho do tronco das árvores:** os resultados da avaliação do perfil radial da densidade aparente do DAP do lenho, através da metodologia de densitometria de raios X, conforme Castro (2011), nas árvores das progênies de *E. urophylla* são apresentados nas Figuras 21 a 24, Tabela 16, Anexo.

Os modelos de variação radial da densidade aparente do lenho (Figuras 21-24) representam as variações de 9 árvores das progênies de *E. urophylla*, sendo de densidade baixa (progênies 41, 66, 81), média (4, 6, 73) e alta (progênies 27, 43, 49), representativas das 312 amostras do lenho analisadas. Apesar da diferença nos valores da densidade aparente do lenho entre as diferentes progênies, os perfis de densidade indicam um modelo similar de variação medula-casca, caracterizado pela região interna – de madeira juvenil - externa – de madeira adulta - do lenho com menores e maiores valores de densidade média aparente, respectivamente.

No lenho do tronco das árvores das progênies de *E. urophylla* observa-se que o perfil radial de densidade evidencia uma sequência (e alternância) de regiões do lenho de menor e de maior densidade, correspondentes às nítidas camadas de crescimento visualizadas na seção transversal macroscópica do lenho. Essas regiões do lenho são indicativas dos lenhos inicial (menor densidade) e tardio (maior densidade) dos anéis de crescimento anuais, conforme destaca Sette Jr. (2010) e discutidas em detalhe no item 5.3, quando os anéis de crescimento foram aplicados na determinação da idade e da taxa anual de crescimento do tronco das árvores.

Os perfis radiais de densidade aparente do lenho são similares aos apresentados na literatura, por inúmeros autores, como Oliveira (1997); Silva (2002); Alzate (2004); Silva et al. (2004); Tomazello Filho (2006); Arango e Tamayo (2008); Lima e Garcia (2010) e Sette Junior (2010), para as árvores de eucalipto de 3 a 30 anos. Da mesma forma, essa variação radial de densidade aparente do lenho foi reportada por Tomazello Filho (2008) para árvores de *Corymbia citriodora* e por Castro (2011) para árvores de *Tectona grandis*. Segundo Tsoumis (1991), entre as



árvores de uma mesma espécie, a variação da densidade aparente do lenho é resultado da combinação dos fatores ambientais, expressa pela qualidade do sítio e pela variabilidade genética.

A Tabela 16 e Figura 24 indicam progênies de *E. urophylla* com menores (10, 11 e 25, com 0,50 e 0,53 g/cm<sup>3</sup>) e maiores valores de densidade aparente média do DAP do lenho do tronco (66, 76, 59 e 8 com 0,68; 0,69 e 0,66 g/cm<sup>3</sup>); para a densidade máxima, as progênies 10 e 11 mostraram valores mais baixos, de 0,63 e 0,60 g/cm<sup>3</sup>, e as 49, 63 e 76, valores mais altos, de 0,92 e 0,91g/cm<sup>3</sup>; para a densidade mínima, as progênies 35 e 38, mostraram valores mais baixos, de 0,16 e 0,1 g/cm<sup>3</sup>, e as 43 e 76, valores mais altos, de 0,55 g/cm<sup>3</sup>; com uma variação total da densidade de 0,11 a 0,92 g/cm<sup>3</sup>.

O teste de comparação da densidade aparente média (Tabela 6) indica diferença estatística significativa ( $p \leq 0,05$ ), sendo constituídos 4 grupos, sendo o das progênies 10, 11, 15, 25 e 38 com densidade estatisticamente igual e inferior em relação ao das progênies 8, 59, 66 e 76, de maior densidade. A densidade aparente média do lenho das árvores de *E. urophylla* (0,61 g/cm<sup>3</sup>) é superior à indicada para o *E. grandis* por Sette Junior et al. (2010) e para o *E. grandis x urophylla* por Arango e Tamayo (2008) e inferior à de *C. citriodora* relatada por Benjamin (2006) e Tomazello Filho (2006), sendo associada à estrutura anatômica, ao teor de madeira juvenil/adulta e à idade das árvores (HILLIS; BROWN, 1984).

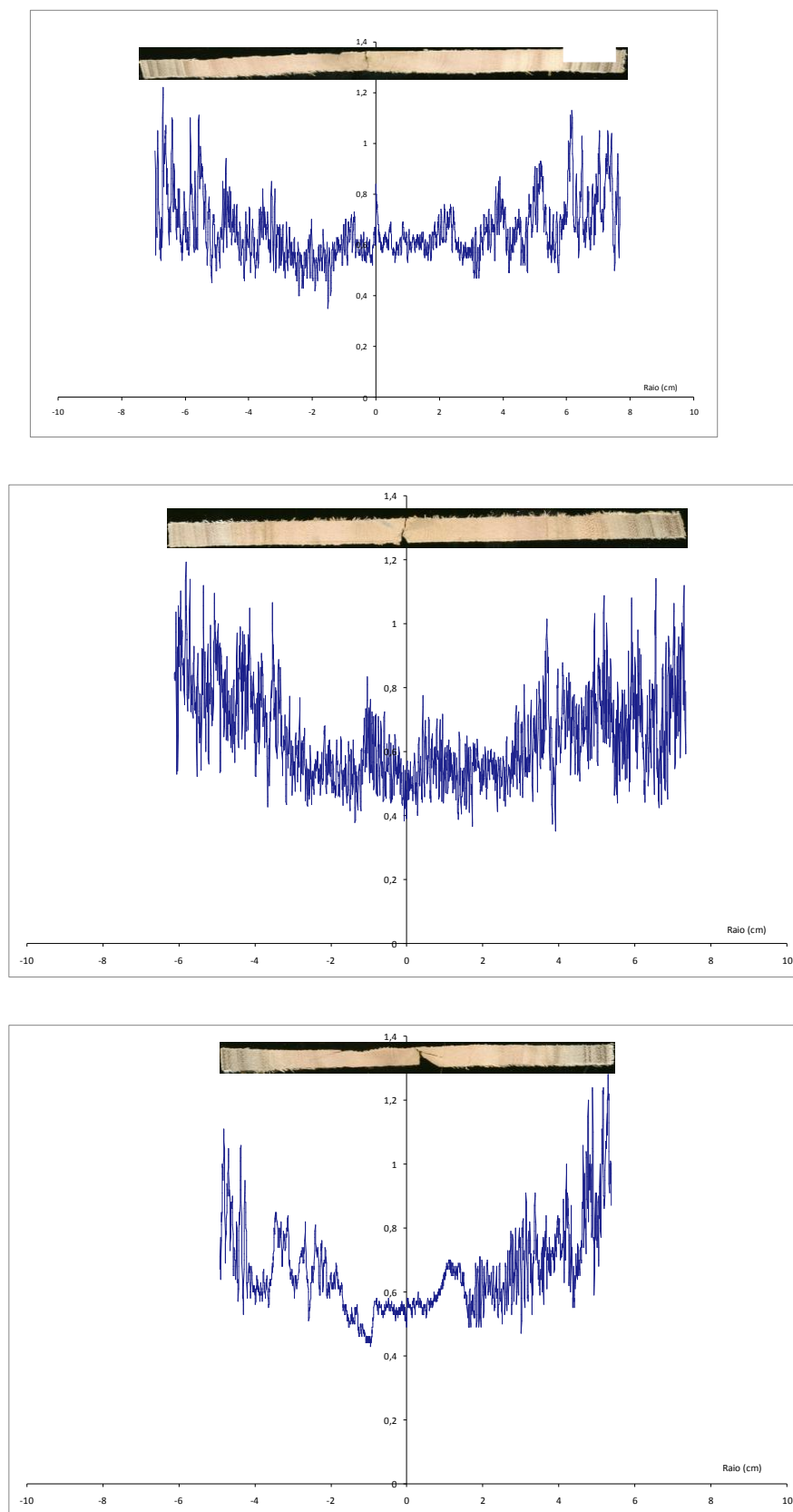


Figura 21 - Perfil radial de densidade aparente (baixa) do DAP do lenho das árvores de *E. urophylla*, direção casca – casca (A: progênie 41, B: progênie 66 e C: progênie 81)

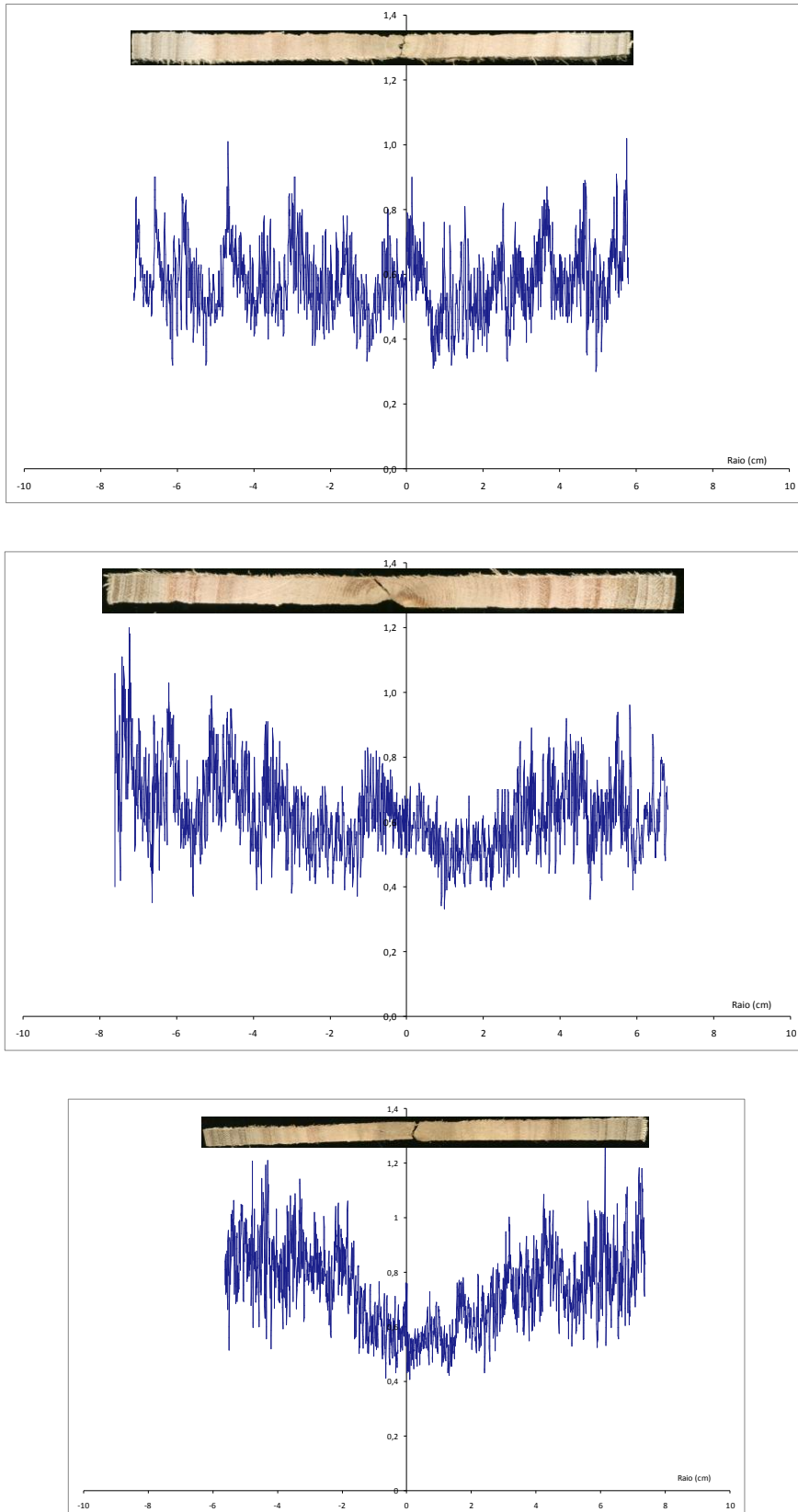


Figura 22 - Perfil radial de densidade aparente (média) do DAP do lenho das árvores de *E. urophylla*, direção casca – casca (A: progênie 4, B: progênie 6 e C: progênie 73)

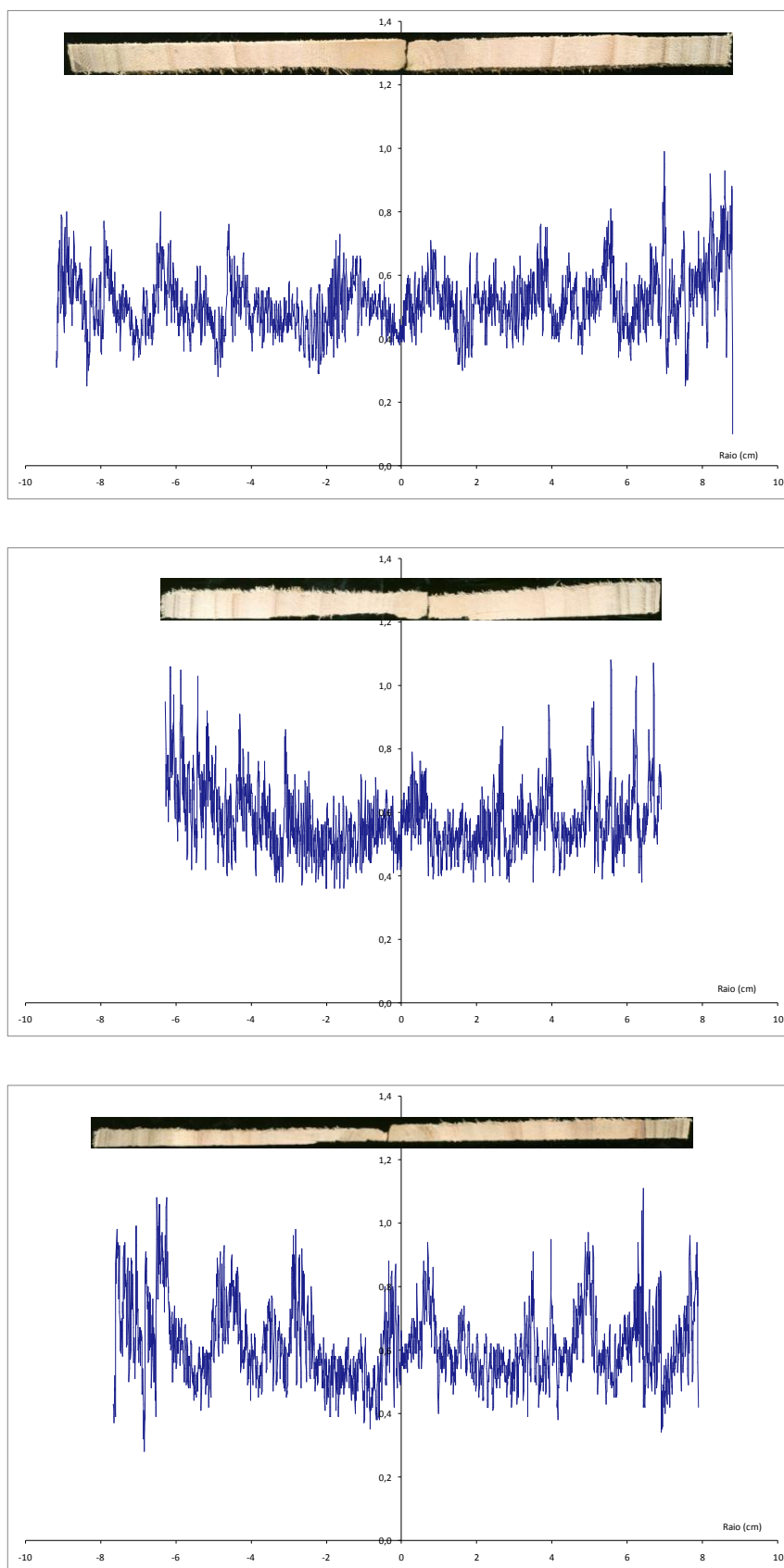
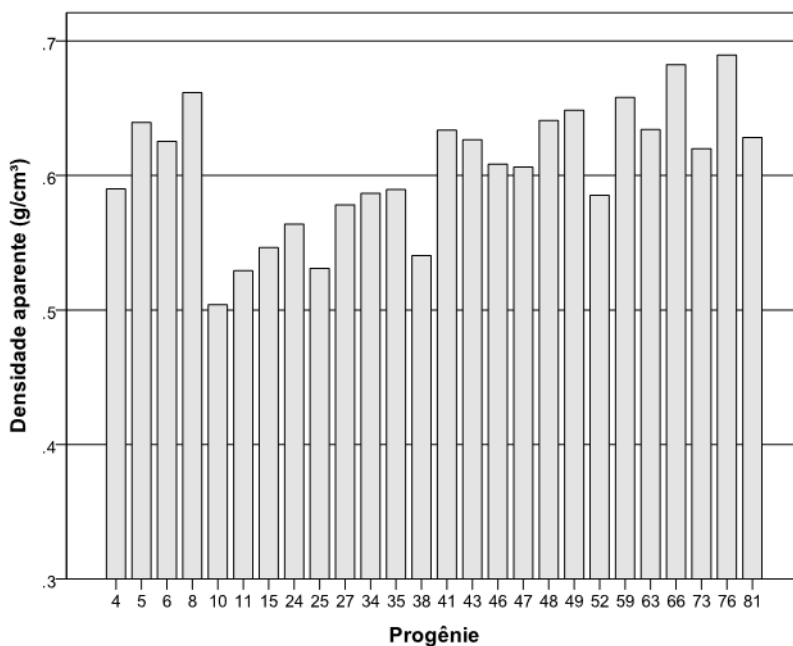


Figura 23 - Perfil radial de densidade aparente (alta) do DAP do lenho das árvores de *E. urophylla*, direção casca – casca (A: progênie 27, B: progênie 43 e C: progênie 49)

Tabela 16 - Densidade aparente média, mínima e máxima do lenho do DAP das árvores das progênes de *E. urophylla*

Progênie (N <sup>o</sup> )	Média	Mínima	Máxima
4	0,59 (0,06) b	0,51	0,72
5	0,64 (0,08) c	0,43	0,77
6	0,63 (0,07) c	0,49	0,77
8	0,66 (0,08) d	0,54	0,87
10	0,50 (0,06) a	0,40	0,63
11	0,53 (0,04) a	0,48	0,60
15	0,55 (0,06) a	0,43	0,67
24	0,56 (0,05) b	0,47	0,65
25	0,53 (0,05) a	0,44	0,64
27	0,58 (0,08) b	0,47	0,86
34	0,59 (0,06) b	0,48	0,76
35	0,59 (0,15) b	0,16	0,73
38	0,54 (0,16) a	0,11	0,83
41	0,63 (0,05) c	0,51	0,74
43	0,63 (0,05) c	0,55	0,73
46	0,61 (0,06) c	0,53	0,75
47	0,61 (0,06) c	0,50	0,77
48	0,64 (0,08) c	0,52	0,81
49	0,65 (0,12) c	0,46	0,92
52	0,59 (0,07) b	0,35	0,65
59	0,66 (0,08) d	0,52	0,80
63	0,63 (0,10) c	0,44	0,91
66	0,68 (0,08) d	0,53	0,84
73	0,62 (0,09) c	0,48	0,77
76	0,69 (0,09) d	0,55	0,91
81	0,63 (0,07) c	0,51	0,75
Total	0,61 (0,09)	0,11	0,92

Valores entre parêntesis representam o desvio padrão. Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente, pelo teste de SNK a 5% de significância

Figura 24 - Densidade aparente média do lenho do DAP das árvores das progênes de *E. urophylla*

**Densidade aparente dos anéis de crescimento anuais do DAP lenho do tronco das árvores (valores acumulados):** os valores de densidade aparente dos anéis de crescimento anuais do DAP do tronco das árvores das progênes de *E. urophylla* são apresentados na Tabela 17 e Figura 25. De modo geral, para todas as progênes verifica-se que um aumento regular e contínuo da densidade dos anéis de crescimento até o 6º ano (de 0,01-0,04), seguido de um significativo aumento no 7º ano (de 0,07), e diminuindo significativamente no último anel de crescimento do 8º ano (de 0,06). Para o primeiro ano teve a densidade aparente variou de 0,46 – 0,61 g/cm<sup>3</sup>, no segundo ano o intervalo foi 0,48 – 0,68 g/cm<sup>3</sup>, para os anos 3, 4, 5, 6, 7 e 8 obtivemos os seguintes intervalos; 0,53 – 0,71; 0,53 – 0,71; 0,54 – 0,72; 0,55 – 0,73; 0,63 – 0,79 e 0,60 - 0,74 g/cm<sup>3</sup> respectivamente.

Para os quatro primeiros anos a progênie 10 teve a densidade aparente mais baixa, a progênie 81 foi para os anos 5 e 6, as progênes 11 e 27 para os anos 7 e 8, a densidade mais alta se deu na progênie 76 para os dois primeiros anos, progênie 5 para o terceiro, quarto, sexto e sétimo ano, para o ano 5 foi a progênie 35 e para o ano 8 foi a progênie 66. A separação dos anéis dos perfis de densidade da madeira de *E. urophylla* entre anéis anuais usando o DAP do conjunto de dados. Observa-se nas figuras (19, 20 e 21) que os picos da densidade do lenho tardio, embora as separações dos pontos não sempre estão sempre no valor máximo de cada pico de densidade do lenho tardio, esta separação de pontos foi considerada uma guia confiável para dividir os perfis da densidade entre os incrementos anuais.

Relacionando o padrão de variação na densidade dentro do contexto da historia de crescimento de um compartimento por médias de medições do DAP, foi possível para corroborar a estimação do crescimento anual dos anéis de crescimento dos perfis de densidade de *E. urophylla*, especialmente mais próxima do final da casca. Enquanto os materiais jovens não seguiram um padrão sazonal, aproximadamente depois dos oito anos de idade, o crescimento dos anéis nos perfis de densidade de estas espécies parece seguir um forte padrão sazonal e representam incrementos anuais de crescimento Naidoo et al. (2012)

A figura 25 mostra as diferenças de tendência da densidade aparente da largura dos anéis de crescimento de *E. urophylla* onde pode-se ver as variações da

densidade aparente por ano e a queda no ano 6. Segundo o teste Scott Knott ( $p \leq 0,05$ ) as variações da densidade aparente dos anéis de crescimento das arvores das progênies de *E. urophylla*, estas diferenças de contraste estão sinalizadas na tabela 17 por letras diferentes. A densitometria de raios X é uma metodologia que permite a determinação do limite exato dos anéis de crescimento e a identificação da presença de anéis de crescimento falsos, formado no lenho das árvores pela resposta da atividade cambial à variabilidade climática, como estresse hídrico (veranico) na estação de chuvas (PRIYA; BHAT, 1998, citados por OLIVEIRA, 2011).

Tabela 17 - Densidade aparente dos anéis de crescimento anuais do DAP do lenho das árvores das progênie de *Eucalyptus urophylla* – valores acumulados

Progênie	Idade (anos)							
	1	2	3	4	5	6	7	8
4	0,49 (0,07) c	0,57 (0,11) h	0,63 (0,12) g	0,63 (0,13) e	0,64 (0,14) d	0,66 (0,13) f	0,71 (0,15) d	0,68 (0,14) d
5	0,55 (0,09) i	0,66 (0,10) m	0,69 (0,11) l	0,71 (0,13) j	0,70 (0,12) f	0,73 (0,13) i	0,79 (0,14) f	0,72 (0,12) e
6	0,54 (0,11) h	0,61 (0,14) j	0,65 (0,16) i	0,67 (0,16) h	0,67 (0,16) e	0,68 (0,15) g	0,71 (0,16) d	0,65 (0,16) c
8	0,54 (0,09) h	0,59 (0,13) i	0,66 (0,11) j	0,67 (0,10) g	0,62 (0,13) d	0,64 (0,13) d	0,69 (0,13) c	0,68 (0,15) d
10	0,46 (0,08) a	0,48 (0,10) a	0,52 (0,13) a	0,53 (0,13) a	0,59 (0,15) c	0,59 (0,14) b	0,68 (0,18) c	0,57 (0,15) a
11	0,50 (0,07) e	0,52 (0,09) c	0,54 (0,09) b	0,54 (0,11) a	0,57 (0,12) b	0,58 (0,12) b	0,63 (0,13) a	0,56 (0,11) a
15	0,49 (0,08) c	0,51 (0,08) c	0,54 (0,10) b	0,54 (0,10) a	0,60 (0,12) c	0,61 (0,11) c	0,68 (0,13) c	0,61 (0,13) b
24	0,49 (0,10) d	0,53 (0,10) d	0,56 (0,11) d	0,56 (0,12) b	0,61 (0,11) c	0,62 (0,10) c	0,66 (0,12) b	0,66 (0,18) c
25	0,51 (0,10) f	0,50 (0,09) b	0,56 (0,10) c	0,57 (0,11) b	0,59 (0,13) c	0,61 (0,15) c	0,63 (0,18) a	0,55 (0,20) a
27	0,48 (0,07) b	0,54 (0,09) e	0,57 (0,10) d	0,57 (0,12) b	0,58 (0,11) b	0,59 (0,13) b	0,71 (0,15) d	0,60 (0,18) b
34	0,50 (0,13) f	0,56 (0,12) g	0,61 (0,13) f	0,63 (0,13) e	0,64 (0,14) d	0,65 (0,14) e	0,75 (0,16) e	0,69 (0,15) d
35	0,59 (0,12) l	0,63 (0,12) k	0,66 (0,12) i	0,68 (0,14) h	0,72 (0,17) f	0,67 (0,15) f	0,75 (0,17) e	0,72 (0,17) e
38	0,53 (0,10) g	0,55 (0,10) f	0,57 (0,11) d	0,60 (0,13) d	0,61 (0,15) c	0,62 (0,14) c	0,73 (0,16) d	0,71 (0,16) e
41	0,55 (0,08) i	0,59 (0,08) i	0,66 (0,10) i	0,69 (0,11) i	0,69 (0,13) f	0,69 (0,13) g	0,77 (0,14) f	0,69 (0,15) d
43	0,55 (0,07) i	0,59 (0,09) i	0,64 (0,11) h	0,67 (0,12) h	0,71 (0,12) f	0,70 (0,13) h	0,78 (0,15) f	0,73 (0,14) e
46	0,50 (0,08) e	0,53 (0,09) d	0,59 (0,10) e	0,60 (0,11) d	0,61 (0,12) c	0,62 (0,14) c	0,70 (0,15) c	0,64 (0,16) c
47	0,53 (0,12) h	0,56 (0,12) g	0,62 (0,13) g	0,64 (0,12) f	0,65 (0,13) d	0,67 (0,14) f	0,76 (0,15) e	0,67 (0,20) d
48	0,56 (0,10) j	0,61 (0,12) j	0,61 (0,11) f	0,63 (0,11) e	0,64 (0,12) d	0,66 (0,12) f	0,76 (0,15) e	0,68 (0,16) d
49	0,58 (0,10) k	0,60 (0,13) j	0,67 (0,12) k	0,68 (0,14) h	0,70 (0,13) f	0,68 (0,14) f	0,78 (0,15) f	0,64 (0,18) c
52	0,55 (0,10) i	0,61 (0,10) j	0,62 (0,10) g	0,64 (0,12) f	0,64 (0,13) d	0,67 (0,13) f	0,72 (0,15) d	0,65 (0,15) c
59	0,50 (0,08) f	0,56 (0,12) g	0,62 (0,13) f	0,65 (0,14) f	0,69 (0,14) e	0,69 (0,16) g	0,78 (0,17) f	0,68 (0,14) d
63	0,54 (0,08) h	0,61 (0,12) j	0,62 (0,15) g	0,63 (0,16) e	0,64 (0,15) d	0,64 (0,15) d	0,70 (0,15) d	0,67 (0,13) d
66	0,53 (0,08) g	0,63 (0,15) k	0,64 (0,13) h	0,64 (0,14) e	0,67 (0,15) e	0,69 (0,17) g	0,79 (0,17) f	0,74 (0,19) e
73	0,55 (0,08) i	0,62 (0,09) j	0,62 (0,11) g	0,63 (0,11) e	0,66 (0,12) e	0,65 (0,11) e	0,70 (0,13) c	0,62 (0,11) b
76	0,61 (0,17) m	0,64 (0,11) l	0,66 (0,11) i	0,67 (0,13) g	0,70 (0,13) f	0,67 (0,13) f	0,72 (0,15) d	0,68 (0,14) d
81	0,49 (0,07) c	0,48 (0,10) a	0,55 (0,12) b	0,57 (0,13) c	0,54 (0,12) a	0,55 (0,14) a	0,67 (0,14) b	0,54 (0,10) a
Total	0,53 (0,10)	0,57 (0,12)	0,61 (0,12)	0,62 (0,14)	0,64 (0,14)	0,65 (0,14)	0,72 (0,16)	0,66 (0,16)

Valores entre parêntesis representam o desvio padrão. Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente, pelo teste de SNK a 5% de significância.



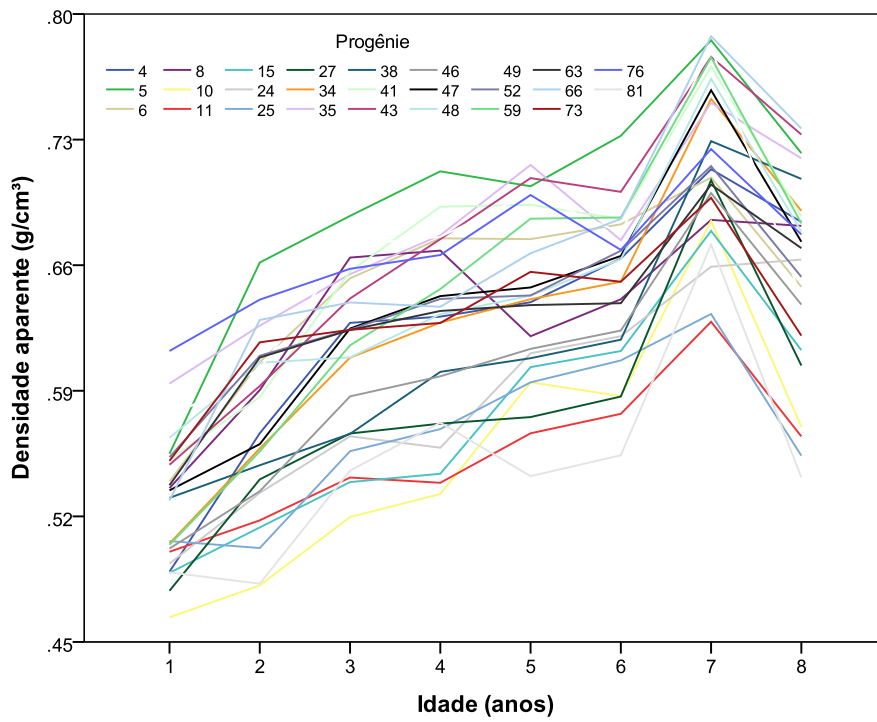


Figura 25 - Densidade aparente dos anéis de crescimento anuais do DAP do lenho das árvores das progênie de *E. urophylla* – valores acumulados

## 6 CONCLUSÕES

Os resultados do presente trabalho permitem concluir que:

**Com relação à avaliação do crescimento das árvores através da mensuração do diâmetro e altura do tronco:** 1. verifica-se um elevado incremento do tronco das árvores até o 38º mês, com posterior redução até o 82º mês, com diferenças significativas entre progênies; 2. análise da dispersão dos valores anuais de incremento do diâmetro do tronco das árvores, em relação às diferentes idades, indica significativas diferenças, explicadas pelo procedimento metodológico na avaliação anual do DAP, quando se utiliza a fita diamétrica; 3. verifica-se um elevado incremento da altura das árvores até o 60º mês, com discreta redução até o 82º mês, com diferenças significativas entre progênies; 4. verifica-se um reduzido incremento do volume do lenho das árvores, do 13º ao 21º mês, com aumento até o 82º mês, com diferenças entre as progênies.

**Com relação à avaliação da qualidade do lenho das árvores em pé:** 1. detectaram-se diferenças significativas entre as progênies, com menores e maiores valores de penetração da agulha, indicativos da maior e menor dureza do lenho; 2. a densidade básica do lenho do DAP do tronco das árvores, no 80º mês de idade, - não indicou diferenças significativas entre as progênies, embora com variações de valores de densidade; 3. a correlação entre a resistência do lenho à penetração da agulha e a densidade do lenho do tronco das árvores indica que maior densidade do lenho corresponde a menor valor da penetração da agulha do equipamento.

**Com relação à avaliação do crescimento do tronco das árvores através dos anéis de crescimento:** 1. análise macroscópica do lenho no DAP do tronco das árvores evidencia as regiões do cerne/alburno, dos anéis de crescimento e de 2 cicatrizes, resultado da cicatrização do lenho às injúrias cambiais da retirada dos painéis de casca para a aplicação da agulha do pilodyn (novembro 2008); 2. as árvores são potenciais para a dendrocronologia, como reconstrução das curvas de crescimento em diâmetro do tronco, correlações das variáveis climáticas, etc.; 3. verifica-se a tendência da redução da largura dos anéis de crescimento anuais do 1º até o 8º ano de crescimento do tronco das árvores; 4. a análise das variações intra- anuais da largura dos anéis de crescimento anuais indica maior redução porcentual

da largura dos anéis de crescimento ocorreu do 1<sup>o</sup>-2<sup>o</sup> ano; menor do 2<sup>o</sup>-3<sup>o</sup>; deste para o 4<sup>o</sup> ano; do 4<sup>o</sup>-5<sup>o</sup> ano ocorre significativa redução; do 5<sup>o</sup>-6<sup>o</sup>; aumento do 6<sup>o</sup>-7<sup>o</sup>; redução do 8<sup>o</sup> ano.

**Com relação à densidade básica do lenho das árvores:** 1. no sentido longitudinal do tronco ocorre uma diminuição da base (0%) ao DAP, seguindo-se um aumento até 75% e posterior diminuição a 100% do tronco das árvores, com diferenças significativas; 2. a densidade básica média do lenho do tronco indicou diferenças significativas entre progênies.

**Com relação à densidade aparente do lenho das árvores:** 1. o perfil radial da densidade aparente do DAP do lenho, por densitometria de raios X, indica variações nos seus valores entre progênies; 2. os perfis de densidade indicam um modelo similar de variação medula-casca, com região interna – de madeira juvenil, menor valor de densidade e - externa – de madeira adulta, maior valor de densidade; 3. o perfil radial de densidade evidencia uma sequencia de regiões do lenho de menor-maior densidade, correspondentes aos anéis de crescimento anuais, aplicados na determinação da idade e da taxa anual de crescimento do tronco das árvores.

**Com relação à densidade aparente dos anéis de crescimento do lenho das árvores:** 1. verifica-se que um aumento regular e contínuo da densidade dos anéis de crescimento até o 6<sup>o</sup> ano; um significativo aumento no 7<sup>o</sup> ano e diminuição do anel de crescimento do 8<sup>o</sup> ano.

## REFERÊNCIAS

- ABDEL-GADIR, A.; KRAHMER, R.; McKIMMY, M. Intra-ring variations in mature *Pseudotsuga menziesii* trees from provenance plantations. **Wood and Fiber Science**, Madison, v.25, n.2, p.170-181, 2007.
- ABRAF - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUÇÃO DE FLORESTAS PLANTADAS. **Anuário Estatístico da ABRAF 2012**:ano base 2011. Brasília: ABRAF, 2012. 140p.
- ABRATES - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DE SEMENTE. **Anuário Abrates**. Brasília: ABRATES, 2007.
- ALZATE, S.B.A. **Caracterização da madeira de árvores de clones de *Eucalyptus grandis*, *E. saligna* e *E. grandis x urophylla***. 2004. 133p. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.
- ALZATE, S.B.A; TAMAYO, L. Densidad de la madera en clones de *Eucalyptus* por densitometría de rayos X. **Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia**, Antioquia, n.45, p. 87-99, 2008.
- AMARAL, A.C.B. **Implantação da metodologia de densitometria de raios X em madeira**. 1994. 143p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1994.
- AMARAL, A.C.B.; TOMAZELLO FILHO, M. Avaliação das características dos anéis de crescimento de *Pinus taeda* pela microdensitometria de raios X. **Revista Ciência e Tecnologia**, Piracicaba, v.6, n.11, p.17-23, 1998.
- ARGENT, R.A. **A dendroclimatological study of river red gum (*Eucalyptus camaldulensis* Denhardt.)**. 1995. 384p. Tese (Thesis PhD) - University of Melbourne, Melbournem 1995.
- ARGENT R.A.; MCMAHON T.A.; BOWLER, J.M.; FINLAYSON, B.L. The dendroecological potential of *Eucalyptus camaldulensis* Denhardt (river red gum) from the Barmah Forest, Victoria, Australia. **Australian Geographical Studies**, Sydney, v.42, n.1, p.89–102, 2004.
- BARRICHELO, L.E.G.; BRITO, J.O. Variabilidade longitudinal e radial da madeira de *Eucalyptus grandis*. In: CONGRESSO NACIONAL ANUAL DE CELULOSE E PAPEL, 17., 1984, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ABCP, 1984. p.403-409
- BARRICHELO, L.E.G.; BRITO, J.O. **A madeira das espécies de eucalipto como matéria prima para a indústria de celulose e papel**. Brasília: PRODEPEF/PNUD/FAO/IBDF/BRA, 1976. 145p. ( PRODEPEF - Projeto de desenvolvimento e pesquisa Florestal, 13)

BARRICHELO, L.E.G.; BRITO, J.O.; MIGLIORINI, A.J. Estudo da variação longitudinal da densidade básica de *Eucalyptus* spp. **Silvicultura**, São Paulo, v.8, n.28, p.726-731, 1983.

BENJAMIN, C.A. **Estudo da estrutura anatômica e das propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Corymbia (Eucalyptus) citriodora* e *Eucalyptus grandis***. 2006. 158p. Tese (Doutorado de Agronomia – Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Julio Mesquita Filho”, Botucatu, 2006.

BERNARDO, A.L.; REIS, M.G.F., REIS, G.G. HARRISON, R.B. , FIRME, D.J. Effect of spacing on growth and biomass distribution in *Eucalyptus camaldulensis*, *E. pellita* and *E. urophylla* plantations in southeastern Brazil. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.104, n.1, p.1-13, 1998.

BERTOLA, A. **Eucalipto - 100 Anos de Brasil** “Falem mal, mas continuem falando de mim!”. Curvelo:V&M Florestal, 2000. 87p.

BISSET, I.J.W.; DADWELL, H.E. The variation of fibre length within one tree of *Eucalyptus regnans*. **Australian Forestry**, Melbourne, v.13, n. 2, p.81-96, 1949.

BOTOSSO, P.C; TOMAZELLO FILHO, M. Aplicação das faixas dendrométricas na dendrocronologia: avaliação da taxa e do ritmo de crescimento do tronco de árvores tropicais e subtropicais. In: MAIA, N.B.; MARTOS, H.L; BARRELLA, W. **Indicadores ambientais: conceitos e aplicações**. São Paulo: EDUC, 2001. p.145-171.

BOTREL, M. **Melhoramento genético do eucalyptus para biomassa florestal e qualidade do carvão vegetal**. 2006. 68p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras 2006.

BOTREL, M.C.; TRUGILHO, P.F.; ROSADO, S.C.; SILVA, J.R. Melhoramento genético das propriedades do carvão vegetal de *Eucalyptus*. **Revista Árvore**, Viçosa, v.31, n.3, p391-398, 2007.

BRASIL, M.A.M; VEIGA, R.A.A. Variação da densidade básica da madeira de progênies de *Eucalyptus urophylla* em dois locais. **Ciências Florestais**, Santa Maria, v.4, n.1, p.167-174, 1994.

BRITO, J.O.; BARRICHELO, L.E.G.; COUTO, H.T.Z.; MENDES, C.J.; REZENDE, G.C. Estudo do comportamento de madeira de eucalipto frente aoprocesso de destilação seca. **Revista Brasil Florestal**, Brasília, n.8, p.5-48, 1984.

BROOKHOUSE, M.T. Eucalypt dendrochronology: past, present and potential. **Australian Journal of Botany**, Victoria, v.54, n.5, p.435-449, 2006.

BROOKHOUSE M.T.; BRACK C. Crossdating and analysis of eucalypt tree rings exhibiting terminal and reverse latewood. **Trees**, Vancouver, v.20, n.6, p.767-781. 2006.

BURGER, L.M.; RICHTER, H.G. **Anatomia da Madeira**. São Paulo: Editora Nobel, 1991. 154p.

CARRERO, O.; JEREZ, M.; MACHIAVELLI, R.; GIAMPAOLO, O.; STOCK, J. Ajuste de curvas de índice de sitio mediante modelos mixtos para plantaciones de *Eucalyptus urophylla* en Venezuela. **Interciencia**, Caracas, v.33, n.4 p.265-272, 2008.

CARVALHO, A.M. **Valorização da madeira do híbrido *Eucalyptus grandis* x *urophylla* através da produção conjunta de madeira serrada em pequenas dimensões, celulose e lenha**. 2000. 128p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.

CASTRO, V.R. **Aplicação de métodos não destrutivos na avaliação de propriedades físicas do lenho de árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barr. et Golf. e *Tectonagrandis* (L.f.)**. 2011. 106p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

CHAW, C.S.; MITLÖHNER, R. ***Eucalyptus urophylla* S.T. Blake Ecology and silviculture in Vietnam**. Bogor: CIFOR, 2011. 26p.

COMBES, J.G.; BOUVET, J.M.; BAILLERES, H. Analyses growth, morphological and wood properties traits in ortet populations of *Eucalyptus* in the Congo. In: IUFRO CONFERENCE ON SILVICULTURE AND IMPROVEMENT OF EUCALYPTS, 1997. Salvador. **Anais...** Colombo: EMBRAPA/CNPQ, 1997. v.3, p.37-42.

CONABIO - COMISIÓN NACIONAL PARA EL CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD. **Obtención de metadatos y cartografía en línea**: Disponível em: <<http://conabioweb.conabio.gob.mx/metacarto/metadatos.pl>> Acesso em: 10 ago. 2012.

COUTO, A.M.; PROTÁSIO, T.P.; DOS REIS, A.A.; TRUGILHO, P.F. Amostragens longitudinais para a determinação da densidade básica em clones de *Eucalyptus* sp. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v.19, n.2, p.184-193, 2012.

COWN, D.; McCONCHIE, M.; Mc CONCHIE, D. Developments in Pilodyn assessment of tree stems and logs. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON NONDESTRUCTIVE TESTING OF WOOD, 11., 1999, Madison. **Proceedings...** Budapest: University of West Hungary, 1999. p.117-122.

COWN, D.; YOUNG, G.; BURDON, R. Variation in wood characteristics of 25-year-old half-sib families of *Pinus radiata*. **New Zealand Journal of forestry Science**, Tasmania, v.22, n.1, p.63-76, 1992.

CRUZ, C.R. **Caracterização da madeira de clones de *Eucalyptus* para utilização na indústria madeireira**. 2000. 79p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2000.

CRUZ, C.D.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 2003. v.2 585p.

DOWNES, G.; HUDSON, I.; RAYMOND, C.; DEAN, G.; MICHELL, A.; SCHMILECK, L.; EVANS, R.; MUNERI, A. **Sampling plantation eucalyptus for wood and fiber properties**. Melbourne: CSIRO, 1997. 132p

EVANGELISTA, W.; SILVA, J.; AGOSTINI, M.E.; XAVIER, B. Caracterização anatômica quantitativa da madeira de clones de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. e *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v.38, n.86, p. 273-284, 2010.

HENRIQUES, E.P. **Variabilidade genética em teste de progênies de *Eucalyptus urophylla*, procedências Timor e Flores, para crescimento e características tecnológicas para obtenção de madeira para produção de carvão vegetal siderúrgico**. 2012. 126p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Botucatu, SP, 2012.

EVANS, R.; STRINGER.; KIBBLEWHITE, P. Variation of microfibril angle, density and fiber orientation in twenty-nine *Eucalyptus nitens* trees. **Appita Journal**, Melbourne, v.53, n.5, p.450-457, 2000.

FERREIRA, A.T.B.; TOMAZELLO FILHO, M. Caracterização dos anéis de crescimento de árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barr. et Golf. por densitometria de raios X. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v.37, n.83, p.287-298, 2009.

FERREIRA, M. Características da madeira de espécies / procedências / árvores superiores e clones de *Eucalyptus*: revisão aplicada ao melhoramento para produção de pasta celulósica. In: REUNIÃO REGIONAL SOBRE CLONAGEM INTENSIVA EM EUCALYPTUS, 1., , 1994. Aracruz. **Anais...** Piracicaba: IPEF, 1994. p.1-18.

FERREIRA, M. Variação da densidade básica da madeira de povoamentos comerciais de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden nas idades 11, 12, 13, 14 e 16 anos. **IPEF**, Piracicaba, v. 4, p. 65-69, 1972.

FLORSHEIM, S.M.B.; COUTO, H.T.Z.; SPEGIORIN, L.; ROCHA, F.T. Variação da estrutura anatômica da madeira de *Eucalyptus saligna* aos 7 anos. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v.12, n.2, p179-191, 2000.

FONSECA, S.M.; OLIVEIRA, R.C.; SILVEIRA, P.N. Seleção da árvore industrial, **Revista Árvore**, Viçosa, v.20, n.1, p.69-85, 1996.

GARCIA, C.B. **Anatomia, composição e propriedades de cinco madeiras paraguaias**. 1995. 126p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1995.

GEA, L.; McCONCHIE, R.; BORRALHO, N. Genetic parameter for growth and Wood density traits in *Eucalyptus nitens* in New Zealand. **New Zealand Journal of Forestry Science**. Tasmania, v.27, n.3, p.237-244,. 1997.

GONÇALVES, F.G.; OLIVEIRA, J.T.; LUCIA, R.M.; NAPPO, M.E.; SARTÓRIO, R.C., Densidade básica e variação dimensional de um híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa, v.33, n.2, p. 277-288, 2009.

GONÇALVEZ, G.F. **Avaliação da qualidade da madeira de híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla* x *grandis* para produtos sólidos**. 2006. 154p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2006.

GONZÁLEZ, E.R.; ANDRADE, A.; BERTOLO, A.L; CARNEIRO, R.T.; LACERDA, G.C.; DEFAVRI, V.A.P.; LABATE, M.T.V.; LABATE, C.A. Transformação genética do eucalipto. **Biotecnologia, Ciência & Desenvolvimento**, Brasília, v.5, n.26, p.18-22, 2002.

GREAVES, B.; BORRALHO, N.; RAYMOND, C.; EVANS, R.; WHITEMAN, PH. Age-age correlation in, and relationships between basic density and growth in *Eucalyptus nitens*. **Silvae Genetica**, Frankfurt, v.46, n.5, p.264-270, 1997.

GUNN, B.V.; Mc DONALD, B.W. **Recolección de semillas de *Eucalyptus urophylla***. 1991. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/006/u5380s/U5380S10.htm>>. Acesso em: 20 set. 2012.

HARDING, K.; KANOWSKI, P.; WOOLASTON, R. Preliminary genetic parameter estimates for wood quality traits of *Pinus caribaea* vr. *hondurensis* in Queensland, Australia. **Silvae Genetica**, Frankfurt, v.40, n.3, p.152-156, 1991.

HAYGREEN, J.; BOWYER, J. **Forest products and wood science**. 3ed. Iowa: Iowa State University Press, 1996. 484p

HAYGREEN, J. G.; BOWYER, J. **Forest products and wood science: an introduction**. Ames: Iowa State University, 1982. 459p.

HEIN, P.R.G; BRANCHERIAU, L. Radial variation of microfibril angle and wood density and their relationships in 14-year-old *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake wood. **Bioresource**, Carolina do Norte, v.3, p.3352-3362, 2011.

HIGGINS, H.G.; YONG, J.; BALODIS, V.; PHILLIPS, F.H.; COLLEY, J. The density and structure of hardwood in relations to paper surface characteristics and other properties. **TAPPI**, Atlanta, v.56, n.8, p.127-131, 1973.

HILLIS, W.E.; BROWN, A.G. **Eucalypts for wood production**. Melbourne: CSIRO, 1978. 434p.

HOSOKAWA, R.T.; MOURA, J.B.; CUNHA, U.S. **Introdução ao manejo economia de florestas**. Curitiba: Editora UFPR, 1998. 162p.

JORGE, F.; PEREIRA, M. Influência da silvicultura na qualidade da madeira. **Revista Florestal**, Lisboa, v.12, n.2, p.27-31, 1998.



KEITH, H. **Investigation of the growth and response of *Eucalyptus pauciflora* to climate and fire, using dendrochronology in the Brindabella.** Kensington: University of New South Wales, Kensington, 1982. 55p.

KIEN ,N.D; JANSSON, G.; HARWOOD, C.; ALMIQVIST, C.; THINH, H. Genetic variation in wood basic density and pilodyn penetration and their relationships with growth, stems straightness and branch size for *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake. **New Zealand Journal of Forestry Science**, Tasmania, v.28, n.1, p.160-175, 2008.

LAMA, G.G. **Atlas del eucalipto.** Sevilla: Ministerio de Agricultura. 1976. v.1 344p.

LIMA, I.L.;GARCIA, J.N. Variação da densidade aparente e resistência à compressão paralela às fibras em função da intensidade de desbaste, adubação e posição radial em *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. **Revista Arvore**, Viçosa, v.34, n.3, p.551-559, 2010.

LOPEZ, J.A. Ajuste preliminar do pilodyn 6J Forest para estimar densidad de La madera de *Eucalyptus grandis*, In: REUNIÓN DE COMUNICACIONES CIENTÍFICAS Y TÉCNICAS, UNNE, 6., 1995, Corrientes, **Resúmenes...** Corrientes: UNNE, 1995. 77p.

LOPEZ, J.A.; STAFFIERI, G.M. **Correlaciones genéticas entre pilodyn y densidad de la madera de *Pinus elliotti* var. *Elliotti* en la mesopotamia Argentina.** Misiones: Novenas Jornadas Técnicas Forestales, 1987. 5p.

LOUZADA, J.L.; GASPAR, M.J.; BENTO, E.M. **Uso do pilodyn para a estimativa da densidade da madeira de *Eucalyptus nitens*.** 2012. Disponível em: <[http://www.cifap.utad.pt/Pilodyn\\_Dens\\_Euc\\_nitens.pdf](http://www.cifap.utad.pt/Pilodyn_Dens_Euc_nitens.pdf)>. Acesso em: 20 set. 2012.

LUCHI, A.E. **Periodicidade de crescimento em *Hymenaea courbaril* L. e anatomia ecológica do lenho de espécies de mata ciliar.** 1998. 236p. (Doutorado em Botânica) - Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo,1998.

MALAN, F.A. Eucalyptus improvement for lumber production. In: SEMINARIO INTERNAACIONAL DE UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE EUCALIPTO PARA SERRARIA, 1995, São Paulo. **Anais...** Piracicaba: IPEF/IPT, 1995. p.1-19.

MAURI, R. **Anatomia e densidade do lenho de clones de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, com variação de altitude e de topografia, no estado de Minas Gerais.** 2010. 100p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2010.

MAZANEC, Z. Influence of defoliation by the phasmatid *Didymuria violescens* on seasonal diameter growth and the pattern of growth rings in alpine ash. **Australian Forestry**, Yarralumla, v.31, n.1, p.3-14, 1968.

MEDRADO, M.J.C. **Cultivo do Eucalipto**: Importância socioeconômica e ambiental. Colombo: Embrapa Florestas, 2003. Disponível em: <[http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Eucalipto/CultivodoEucalipto/01\\_Importancia\\_economica.htm](http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Eucalipto/CultivodoEucalipto/01_Importancia_economica.htm)>. Acesso em: 01 mar. 2012

MEGRAW, R. Stiffness in *Pinus taeda* as a function of ring position and height, and its relationship to microfibril angle and specific gravity. In: WORKSHOP – CONNECTION BETWEEN SILVICULTURE AND WOOD QUALITY THROUGH MODELLING APPROACHES, 3., 1999, Les-Maures. **Proceedings...** La Londe-Les-Maures : IUFRO, 1999. p.324-349.

MIGLIORINI, A.J.; BARRICHELO, L.E.G.; BRITO, J.O.; SILVA, M.G. Avaliação do potencial energético de algumas espécies de *Eucalyptus*. Circular técnica **IPEF**, Piracicaba, n.107, p.44-52, 1980.

MOGLIA J.G.; GIMÉNEZ, A.M.; GONZÁLEZ, D.; GEREZ, R. Caracterización de los anillos de crecimiento y su relación con la densidad básica de la madera en *Eucalyptus camaldulensis*. **Quebracho**, Santiago del Estero, v.18, n.1/2, p.47-57, 2010.

MORRIS, J.; NINGNAN, Z.; ZENGJIANG, Y.; COLLOPY, J., DAPING, X. Water use by fast-growing *Eucalyptus urophylla* plantations in southern China. **Tree Physiology**, Victoria, v.24, n.9, p.1035–1044, 2004.

MORROW P.A.; LAMARCHE VCJ. Tree ring evidence for chronic insect suppression of productivity in subalpine *Eucalyptus*. **Science**, New York, n.201, p.1244–1246, 1978.

MOSCHELER, W.; WINISTORFER, P. Direct scanning densitometry: an effect of sample heterogeneity and aperture area. **Wood and fiber science**, Madison, v.22, n.1, p.31-38, 1990.

MOURA, V.P.G.; BARNES, R.D.; BIRKS, J.S.A. A comparison of three methods of assessing wood density in provenance of *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. And other *Eucalyptus* species in Brazil. **Australian Forest Research**, Melbourne, v.17, n.2, p.83-90, 1987.

MOYA, M.R. TOMAZELLO FILHO, M. Avaliação da densidade da madeira de árvores de *Gmelina arborea* pela aplicação da densitometria de raios X. In: INTERNATIONAL NUCLEAR ATLANTIC CONFERENCE, 2005, Santos. **Anais ... Santos**: Associação Brasileira de Energia Nuclear, 2005. Disponível em: <http://www.ipen.br/biblioteca/cd/inac/2005/full/2508.pdf>. Acesso em: 21 set. 2012

MUCHA, S.B. Estimation of tree ages from growth rings of eucalypts in northern Australia. **Australian Forestry**, Yarralumla, v.42, n.1, p.13-16, 1979.

NAIDOO, S.; AHMED, F. PAMMENTER, N. W.; ZBONAK, A. A technique to identify annual growth rings in *Eucalyptus grandis* using annual measurements of diameter at breast height and gamma ray densitometry. **Southern Forest: Journal of Forest Science**, Pretoria, v.72, n.3, p.191-200, 2010.

NGULUBE, M.R. Provenience variation in *Eucalyptus urophylla* in Malawi. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.26, n.4, p.1-13, 1998.

NIETO, V.M.; RODRIGUEZ, J. *Eucalyptus urophylla* Dehnh. In: VOZZO, J.A. **Tropical Tree Seed Manual**. Washington, D.C.: USDA Forest Service, 2003. v.2, 473p.

OGDEN, J. On the dendrochronological potential of Australian trees. **Australian Journal of Ecology**, Windsor, v.3, n.4, p.339-356, 1978.

OLIVEIRA, B.R.U. **Dendrocronologia de árvores de teça na região de Cáceres, Mato Grosso**. 2011. 97 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2011.

OLIVEIRA, J.T.S. **Caracterização da madeira de eucalipto para a construção civil**. 1997. 429 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

OLIVEIRA J.T.O.; HELLMEISTER J.C.; TOMAZELLO FILHO, M. Variação do teor de umidade e da densidade básica na madeira de sete espécies de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, v.29, n.1, p.115-127, 2005.

OLIVEIRA, L.J.R. **Uso do Pilodyn para a estimativa da densidade básica e propriedades mecânicas da madeira de eucalipto**. 2001. 62p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001.

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN. **El Eucalipto en la repoblación forestal**. Roma: FAO, 1981. 765p.

PANSHIN, A.J.; DE ZEEW, C. **Textbook of wood technology**. 4ed. New York: McGraw-Hill, 1980. 404p

PARKER, M.L.; KENNEDY, W.W. The status of radiation densitometry for measurement of wood specific gravity. In: IUFRO MEETING DIVISION, 5., Pretoria, 1973. **Proceedings...** Pretoria: IUFRO, 1973. v.4, p.1765-1787.

PÁSZTOR, Y.P.C. Estudo comparativo do comportamento das espécies *Eucalyptus alba* Reinw e *Eucalyptus decaisneana* Blume, na região de São Paulo. **IPEF**, Piracicaba, n.11, p.1-16, 1975.

PÁSZTOR, Y.P.C; ETTORI, L.C.; ZANATTO, A.C.S.; MORAIS, E. Teste internacional de procedências de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v.2, n.2, p.207-214, 1990.

PAULA, J.E. Caracterização anatômica da madeira de sete espécies da Amazônia com vistas à produção de energia e papel. **Acta Amazonica**, Manaus, v.33, n.2, p.243-262, 2003.

PÉREZ, S.R. **Características edafológicas y potencial productiva de *Eucalyptus urophylla* e *E. grandis* en Huimanguillo, Tabasco**. 2010. 74p. Tesis (Maestría en Ciencias) - Colegio de Postgraduados, Montecillo, 2010.

PINTO JÚNIOR, J.E. **REML/BLUP para análise de múltiplos experimentos, no melhoramento genético de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden**. 2004. 113p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

PINTO JÚNIOR, J.E.; GARLIPP, R.C.D. Eucalipto. In: ALBUQUERQUE, A.C.S.; SILVA.A.G. **Agricultura tropical: quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas**. Brasília: Embrapa Informações Tecnológica, 2008. p.801-822.

POLGE, H. Fifteen years of Wood radiation densitometry. **Wood Science and Technology**, Heidelberg, v.12, n.3, p.187-196, 1978.

POLGE, H. Établissement des courbes de variation de La densité Du bois para exploration densitometrique de radiographies d'échantillons prélevés a la tarière sur des arbres vivants. Application dans les domaines technologique et physiologique. **Annals Science Forest**, Paris, v.23, n.1, p.1-206, 1966.

PRIYA, P.B.; BHAT, K.M. False ring formation in teak (*Tectona grandis* L.f.) and the influence of environment factors. **Forest Ecology and Management**, Amsterdã, n.108, p.215-222, 1998.

PRYOR, L.D. Los hábitos reproductivos del eucalipto. **UNASYLVA**, Roma, v.30, n.119/120, p.42-46, 1978.

QUILHO, T.; PEREIRA, T. Within and between-tree variation of bark content and wood density of *Eucalyptus globulus* in commercial plantations. **IAWA Journal**, Utrecht, v.22, n.3, p.255–265, 2001.

RAYMOND, C.; MacDONALD, A. Where to shoot your Pilodyn: within tree variation in basic density in plantation *Eucalyptus globulus* and *Eucalyptus nitens* in Tasmania. **New Forest**, Netherlands, v.15, n.3, p.205-221, 1998.

READSHAW, J.L.; MAZANEC, Z. Use of growth rings to determine past phasmatid defoliations of alpine ash forests. **Australian Forestry**, Yarralumla, v.32, n.1, p.29–36, 1968.

REZENDE, M.A.; SAGLIETTI, J.R.; CHAVES, R. Variação da massa específica da madeira de *Eucalyptus grandis* aos 8 anos de idade em função de diferentes níveis de produtividade. **Scientia Florestais**, Piracicaba, n.53, p.71-78, 1998.

RIBEIRO, F.A.; ZANI FILHO, F. Variação da densidade básica da madeira em espécies/procedências de *Eucalyptus* sp. **IPEF**, Piracicaba, n.46, p.76-85, 1993.

ROCHA, M.G.B.; PIRES, I.E.; XAVIER, A.; CRUZ, C.D.; ROCHA, R.B. Avaliação genética de progênies de meios-irmãos de *Eucalyptus urophylla*, utilizando

osprocedimentos REML/BLUP e E(QM). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.16, n.14, p.369-379, 2006.

RODRIGUES, L.F. **Eficiência do Pilodyn para a seleção de materiais genéticos de eucalipto para fins energéticos**. 2011. 20p. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Florestal) - Instituto de Florestas, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

ROZENBERG, P.H.; FRANC, A.; CAHALAN, C.H. Incorporating wood density inbreeding programs for softwood in Europe: a strategy and associated methods. **Silvae Genetica**, Frankfurt, v.50, n.1, p.1-7, 2001.

SÁNCHEZ, E.I.; VARGAS-HERNÁNDEZ, J.; LOPEZ, J.U. DE LA ROSA, A.B. Parámetros genéticos del crecimiento y densidad de madera en edades juveniles de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake. **Agrociencia**, Mexico, v.39, n.4, p.469-479, 2005.

SANQUETTA, C.R. **Fundamentos biométricos dos modelos de simulação florestal**. Curitiba: Universidade Federal de Paraná/FUPEF, 1996. 59p. (Série Didática,8).

SAS. SAS/STAT **User's Guide**: release 8.00. Cary: SAS Institute Inc, 2002. 846p.

SCHWEINGRUBER, F.H. Annual growth rings and growth zones in woody plants in southern Australia. **IAWA Bull**, Leiden, v.13, n.4, p.359-379, 1992.

SCOLFORO, R. **Modelagem do crescimento e da produção de florestas plantadas e nativas**. Lavras: UFLA /FAEPE, 1998. 441p.

SCOTT, A.J.; KNOTT, M. A. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, Texas, v.30, n.3, p.507-512, 1974.

SETTE JUNIOR, C.R. **Aplicação de potássio e sódio no crescimento e na qualidade do lenho de árvores de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden**. 2010. 153 p. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

SETTE JUNIOR, C.R.; TOMAZELLO FILHO, M.; DIAS, C.T.S.; LACLAU, J.P. Crescimento em diâmetro do tronco das árvores de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden e relação com as variáveis climáticas e fertilização mineral. **Revista Árvore**, Viçosa, v.34, n.6, p.979-990, 2010.

SETTE JUNIOR, C.R.; TOMAZELLO FILHO, M.; DIAS, C.T.S.; CHAGAS, M.P.; LACLAU, J.P. Efeito da aplicação de potássio e sódio nas características do lenho de árvores de *Eucalyptus grandis* W. Hill, aos 24 meses de idade. **Revista Floresta**, Curitiba, v.39, n.3, p.535-546, 2009.

SHIMOYAMA, V.R.S. **Variações da densidade básica e características anatômicas e químicas da madeira em *Eucalyptus* spp.** 1990. 93p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia da Madeira) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1990.

SILVA, J.C. **Caracterização da madeira de *Eucalyptus grandis* de diferentes idades visando sua utilização na indústria moveleira.** 2002. 160p. Tese (Doutorado em Tecnologia da Madeira) - Universidade Federal de Paraná, Curitiba, 2002.

SILVA, J.C.; TOMAZELLO FILHO, M.; OLIVEIRA, J.T.S.; CASTRO, V.R. Influência de idade e da posição radial nas dimensões das fibras e dos vasos da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. **Revista Árvore**, Viçosa, v.31, n.6, p.1081-1090, 2007.

SILVA, M.E.C.M.; LOUSADA, J.L.P.C. Utilização da microdensitometria por raios X na avaliação qualitativa da madeira de choupo (*Populus x euroamericana*.cv I.214). In: SIMPÓSIO DEL CHOPA, 2010, Zamora. **Proceedings...** Zamora: CHOPA, 2001. p.469-478.

SILVA, M.M. **Análise comparativa do clima de Araçuaí, Pedra Azul e Itamarandiba, na porção mineira da Bacia do Rio Jequitinhonha.** 2010. 81p. (Trabalho de conclusão do curso – Curso de Geografia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2010.

SILVESTRE, M.M.; TORRES, C.F. **Contribución al conocimiento tecnológico de la madera de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e *Eucalyptus urophylla* S.T Blake proveniente de plantaciones forestales comerciales de 7 años de edad de las Choapas, Veracruz, Mex.** 2003. 119p. Tesis (Mestrado em Engenharia Forestal Industrial) – Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, 2003.

SIMÕES, J.W.; COELHO, A.S.; MELLO, H.A.; COUTO, H.T. Crescimento e produção de madeira de eucalipto. In: SIMPÓSIO IUFRO EM MELHORAMENTO GENÉTICO E PRODUTIVIDADE DE ESPÉCIES FLORESTAIS DE RÁPIDO CRESCIMENTO, 1983, Águas de São Pedro. **Anais...** Águas de São Pedro: SBS, 1983. v.3 p.611-616.

SIRVIÖ, J.; KÄRENLAMPI, P. The effects of maturity and growth rate on the properties of spruce wood tracheids. **Wood Science and Technology**, Heidelberg, v.35, n.6, p.541-554. 2001.

SMITH, D.W.K. **The relationship between ring-width and precipitation in subalpine *Eucalyptus pauciflora*.** 1997. 115p. Tese (Honours Thesis Department of Forestry) - Australian National University, Canberra, 1997.

STOKES, M.A.Y; SMILEY, T.L. **An Introduction to Tree Ring Dating.** Chicago: University of Chicago Press, 1968. 73p.

STURION, J.A.; ALBINO, J.C; MORITA, M. Variação da densidade básica da madeira em 12 espécies de *Eucalyptus* plantadas em Uberaba - MG, **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n.14, p. 28-38, 1987.

TIBBITS, W.; DEAN, G.; FRENCH, J. Wood evaluation and estimation of genetic parameter for 8 year-old *Eucalyptus globulus*. In: APPITA ANNUAL GENERAL CONFERENCE. 44., Rotorua, New Zealand. **Anais....** Rotorua : Appita, 1990. 16p.

TOMAZELLO FILHO, M. **Variação radial dos constituintes anatômicos e da densidade básica da madeira de oito espécies de eucalipto**. Piracicaba: ESALQ/LCF, 1983. 102p. (Relatório final).

TOMAZELLO FILHO, M. **Variação radial da densidade básica e da estrutura anatômica da madeira de *E. saligna* e *E. grandis***. IPEF, Piracicaba, n.29, p.37-45, 1985.

TOMAZELLO FILHO, M. **Efeito da irrigação e fertilização nas propriedades do lenho de árvores de *Eucalyptus grandis* x *urophylla***. 2006. 135p. Tese (Livro-Docência) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

TRUGILHO, P.F. **Densidade básica e estimativa de massa seca e lignina na madeira em espécies de *Eucalyptus***. **Ciências agrotecnologia**. Lavras, v.33, n.5, p.1228-1239.

VALE, A.T.; MOURA, V.P.G.; MARTINS, I.S.; REZENDE, D.C. **Densidade básica média, em função da profundidade de penetração do pino do “Pilodyn” e da classe diamétrica, e variação axial da densidade básica em *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden**. **Revista Árvore**, Viçosa, v.19, n.1, p.80-91, 1995.

VALENTE, C.; DE SOUSA, M.; FURTADO, F.; CARVALHO, A. **Improvement program for *Eucalyptus globulus* at Portucell: technological component**. **Appita Journal**, Australia, v.45, n.6, p. 403-407, 1992.

VILAS BÔAS, O.; MAX, J.C.M.; MELO, A.C.G. **Crescimento comparativo de espécies de *Eucalyptus* e *Corymbia* no Município de Marília, SP**. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v.21, n.1, p.63-72, 2009.

VITAL, B.R.; DELLA LUCIA, R.M. **Effect of tree spacing on wood production and wood quality of *Eucalyptus grandis* and *Eucalyptus urophylla* at 52 months**. **Revista Árvore**, Viçosa, v.11, n.2, p.132-145, 1987.

WEI, X. E BORRALHO, N. **Genetic control of Wood density na bark thickness and their relationships with growth traits of *Eucalyptus urophylla* in south east China**. **Silvae Genetica**, Frankfurt, v.46, n.4, p.245-249, 1997.

WU, S.J.; XU, J.M.; LI, G.; DU, Z.; LU, Z.H.; LI, B.Q. **Age trends and correlations of growth and wood properties in clone of *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* in Guangdong, China**. **Journal of Forestry Research**, Mainland, v.23, n.3, p.467-472, 2012.

WU, S.J.; XU, J.M.; LI, G.Y.; RISTO, V.; LU, Z.H.; LI, B.Q.; WANG, W. **Use of the pilodyn for assessing wood properties in standing trees of *Eucalyptus* clones**. **Journal of Forestry Research**, Mainland, v.21, n.1, p.68-72, 2010.

YASUE, K.; FUNANDA, R.; KOBAYASHI, O.; OHTANI, J. **The effects of tracheid dimensions on variations in maximum density of *Picea glehnii* and relationships to climatic factors**. **Trees**, Vancouver, v.14, n.4, p.223-229, 2000.

ZEIDE, B. Analysis of growth equations. **Forest Science**, Maryland, v.39 n.3, p.594-616, 1993.

ZOBEL, J.B.; BUIJTENEN, J.P. **Wood variations: its causes and control**. Berlin: Springer-Verlag, 1989. 363p

ZOBEL, B.; JETT, J.B. **Genetics of Wood Production**. Berlin: Springer-Verlag, 1995. 336p

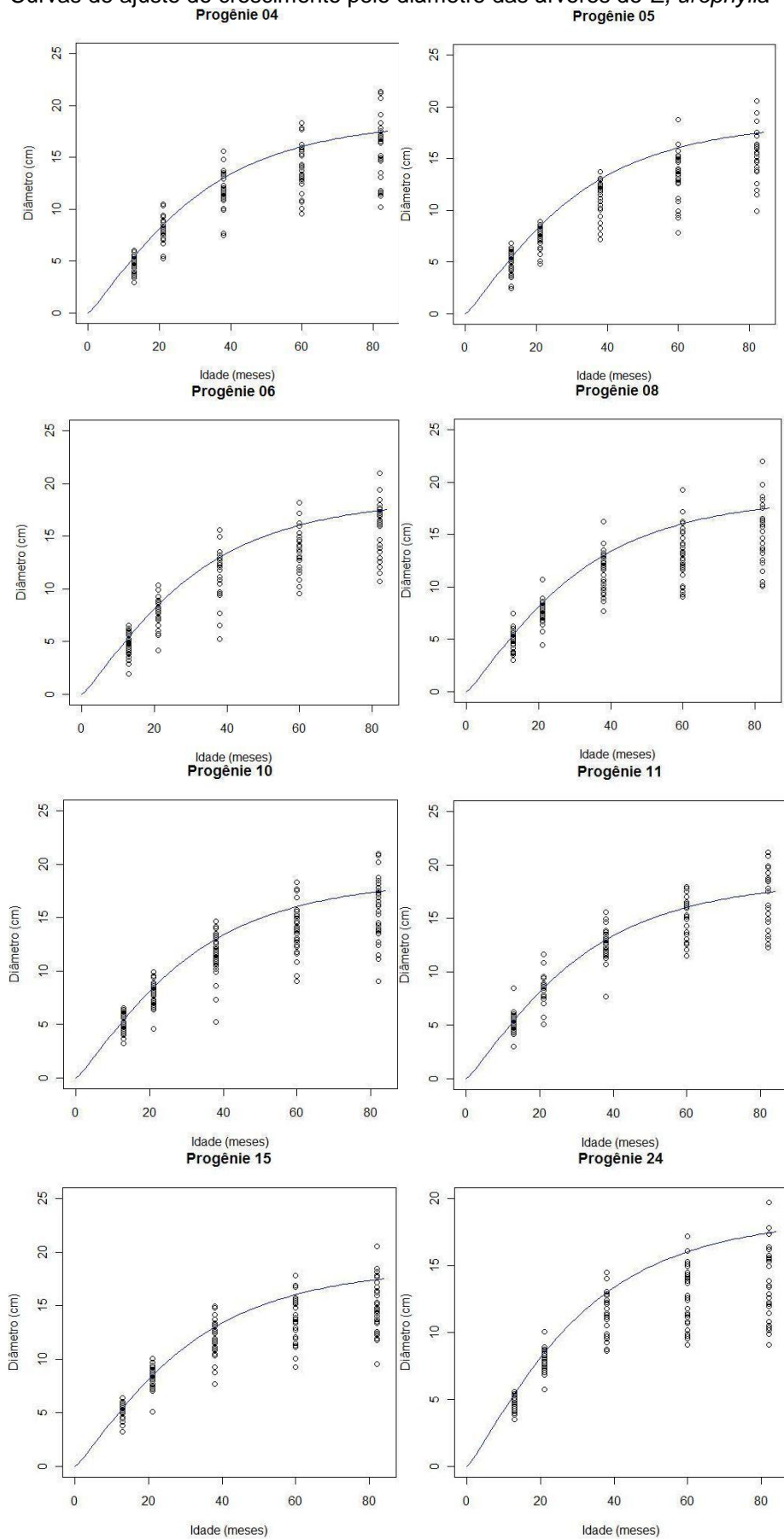
ZOBEL, B.; TALBERT, J. **Applied forest tree improvement**. New York: Wiley, 1984. 511p.



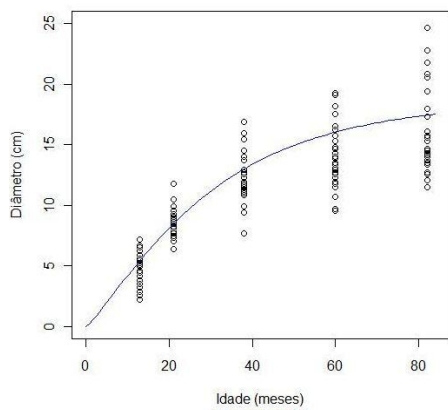


## ANEXOS

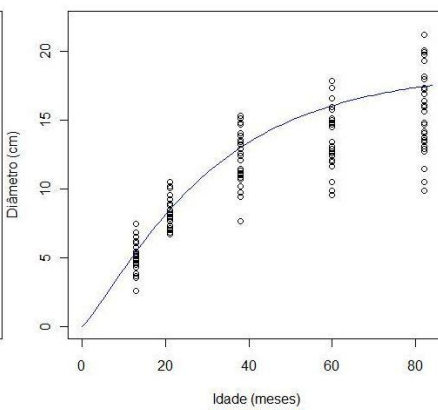
ANEXO A – Curvas de ajuste do crescimento pelo diâmetro das árvores de *E. urophylla*



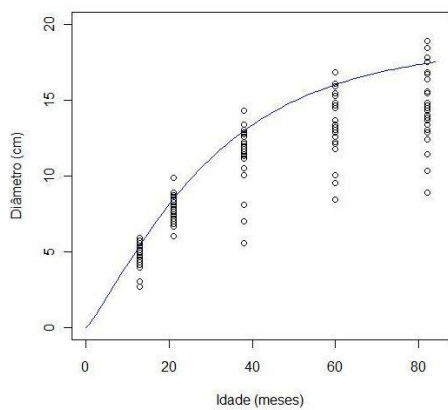
**Progénie 25**



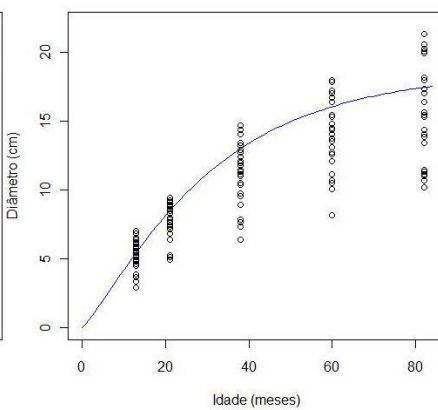
**Progénie 27**



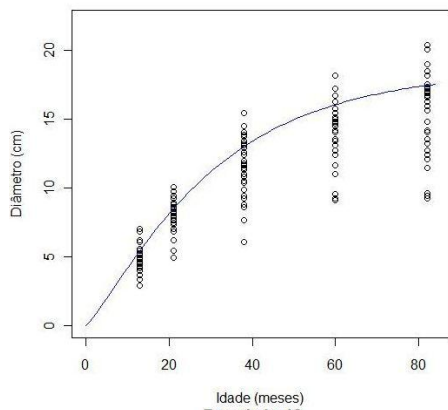
**Progénie 34**



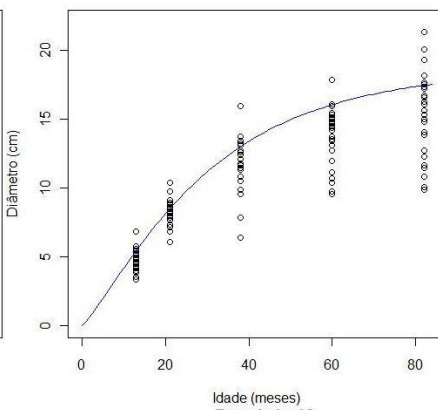
**Progénie 35**



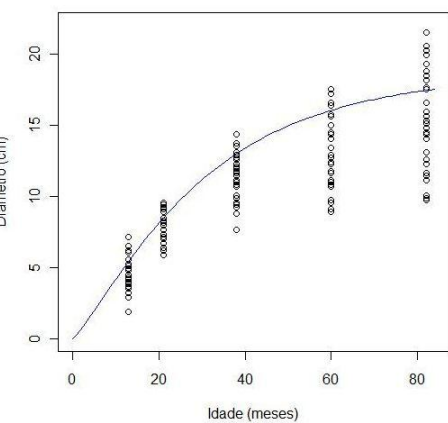
**Progénie 38**



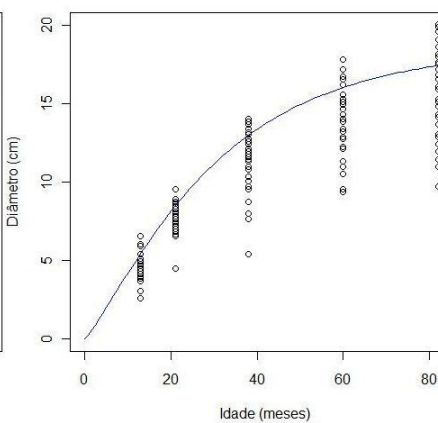
**Progénie 41**



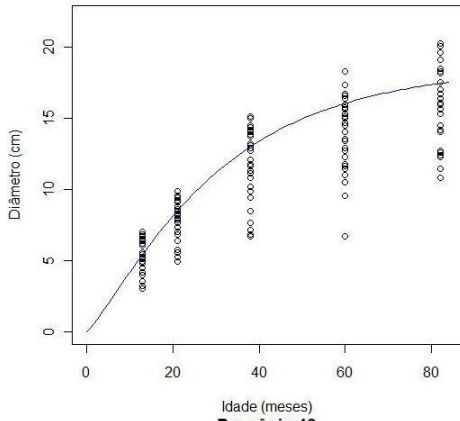
**Progénie 43**



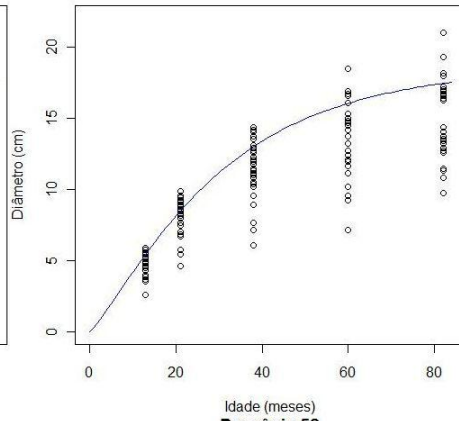
**Progénie 46**



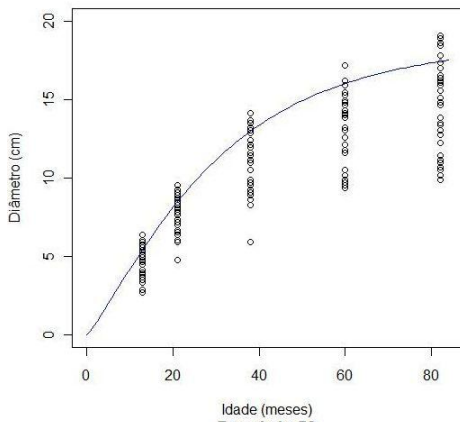
**Progênie 47**



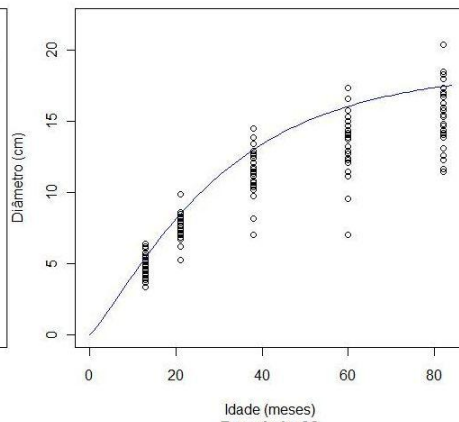
**Progênie 48**



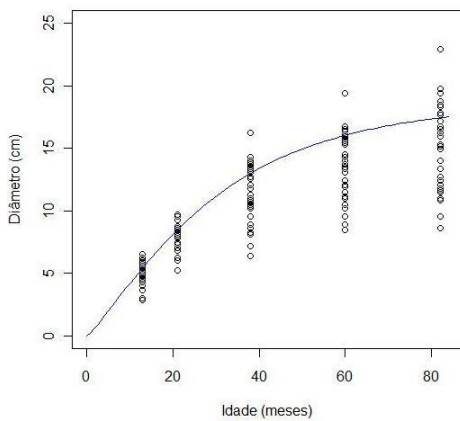
**Progênie 49**



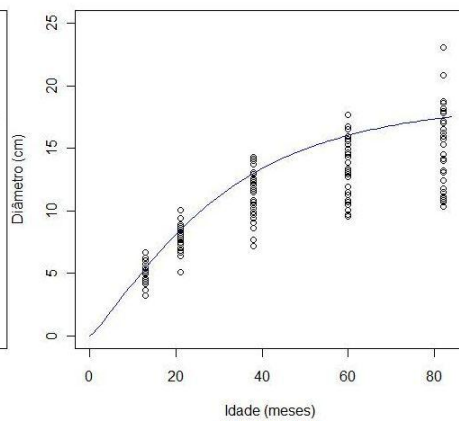
**Progênie 52**



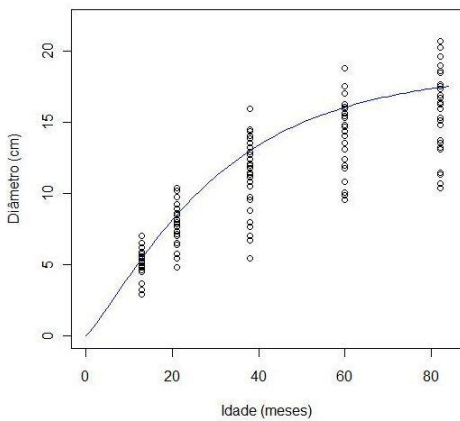
**Progênie 59**



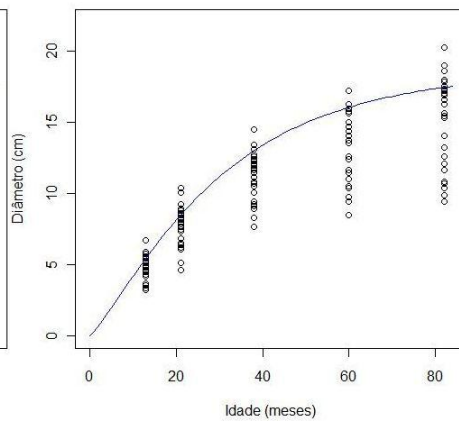
**Progênie 63**



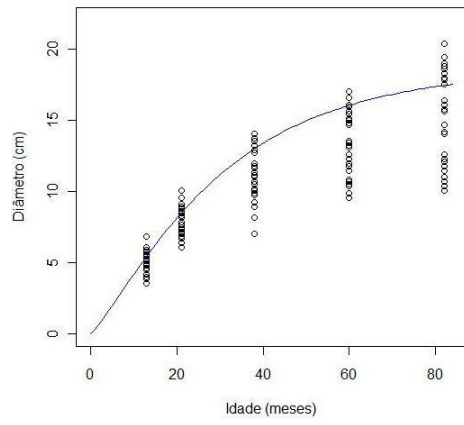
**Progênie 66**



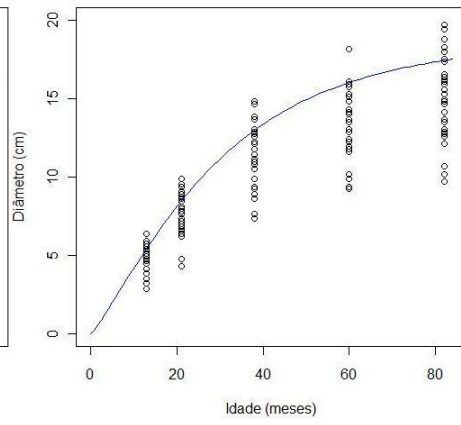
**Progênie 73**



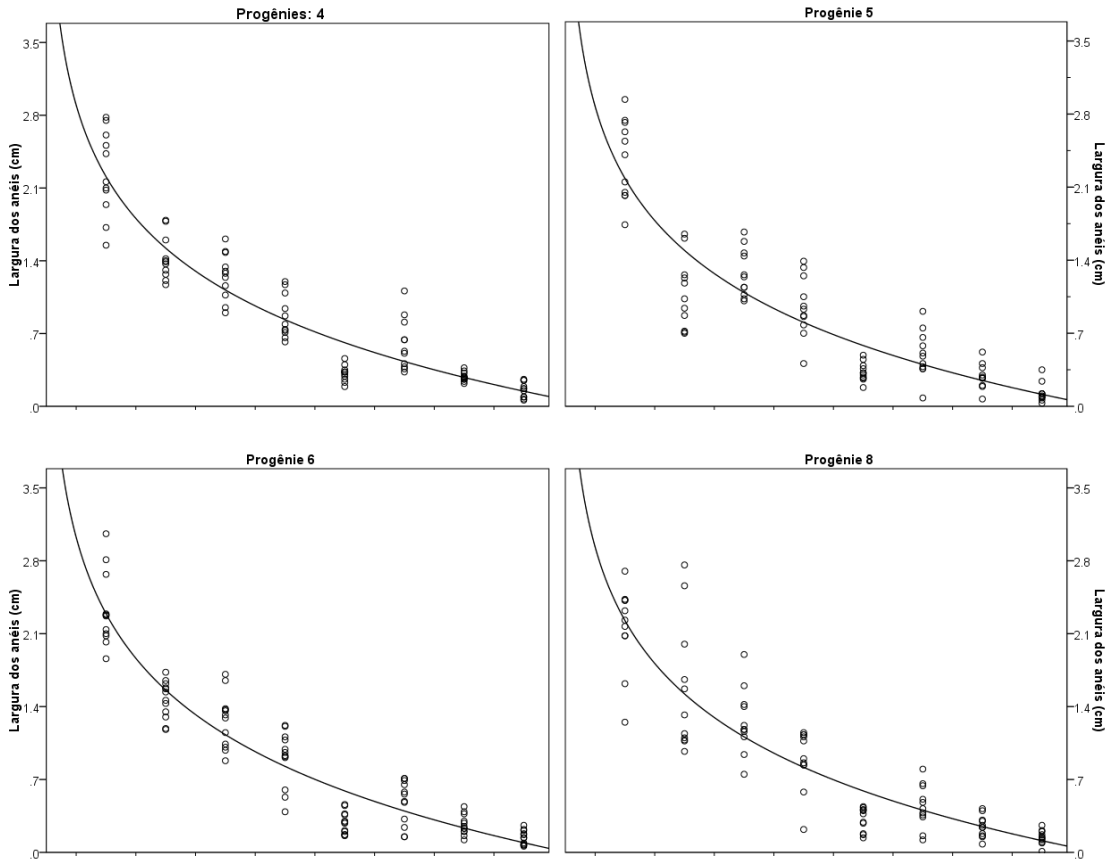
Progênie 76

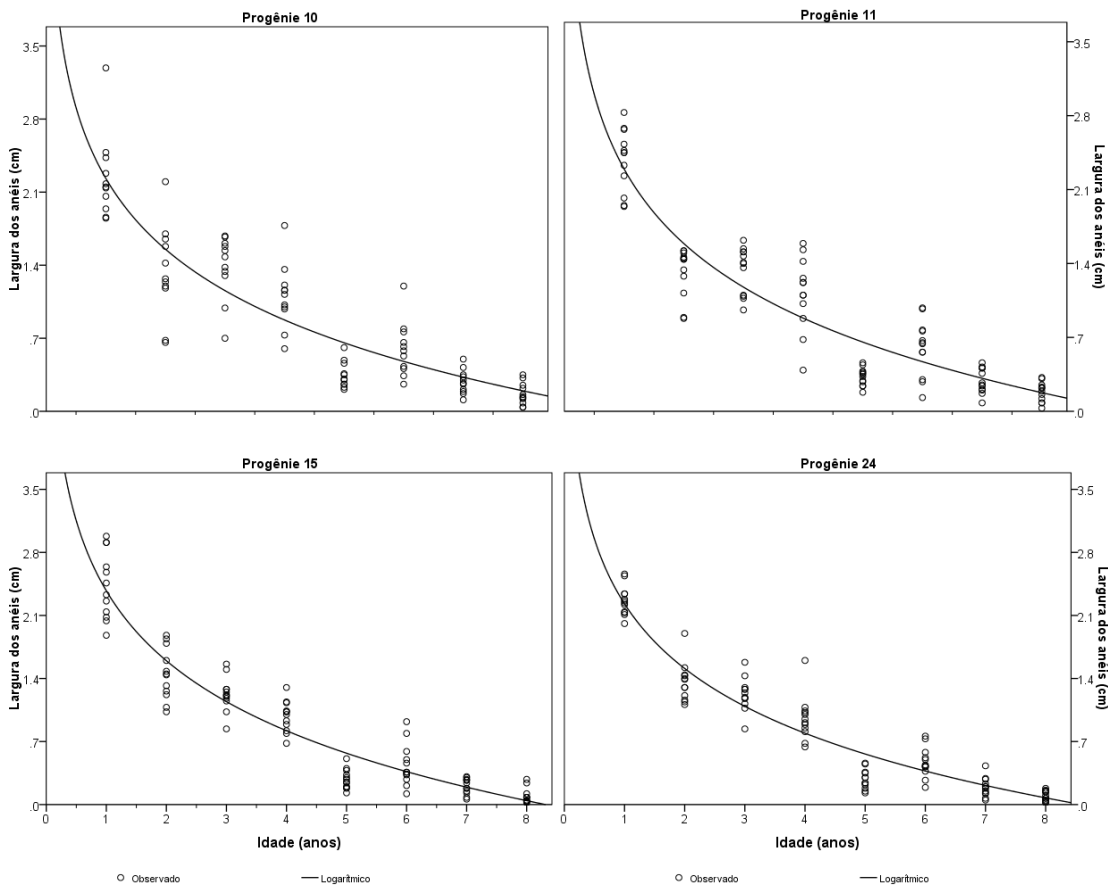


Progênie 81

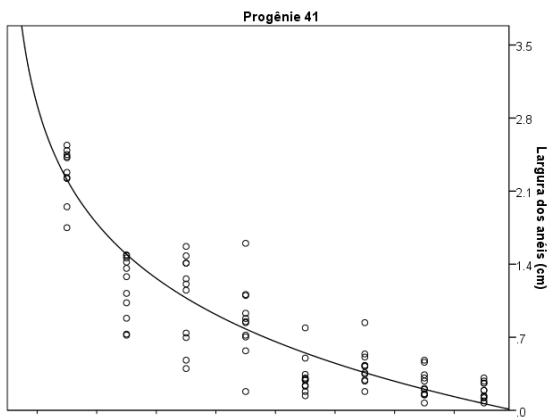
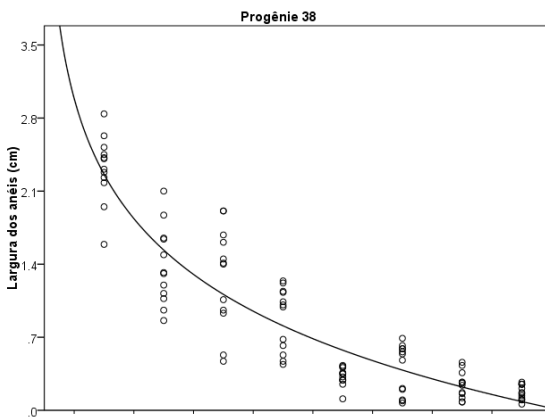
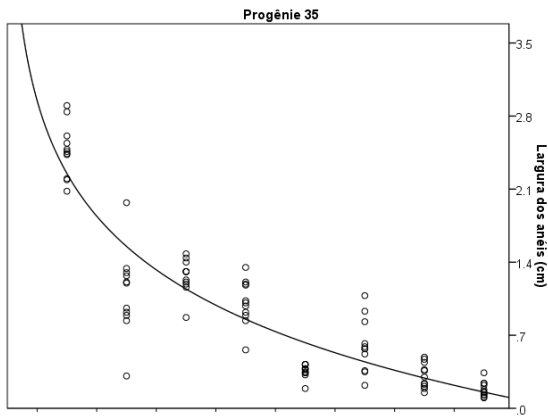
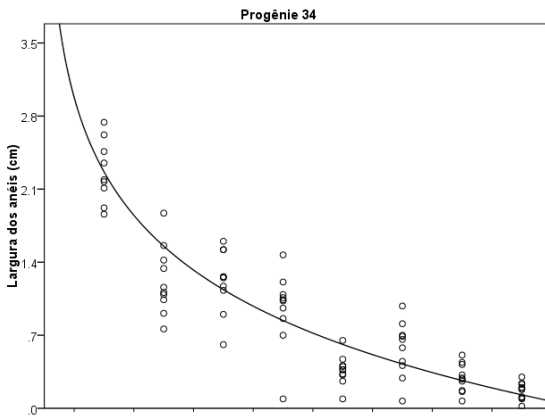
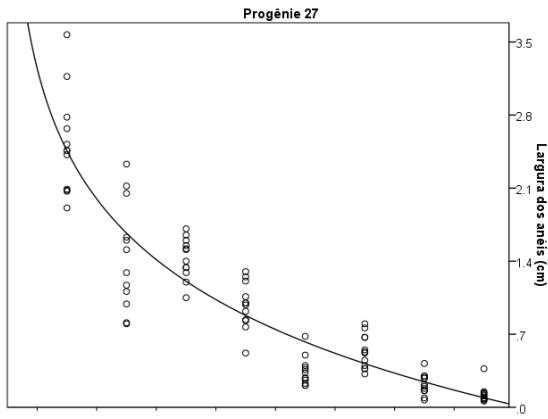
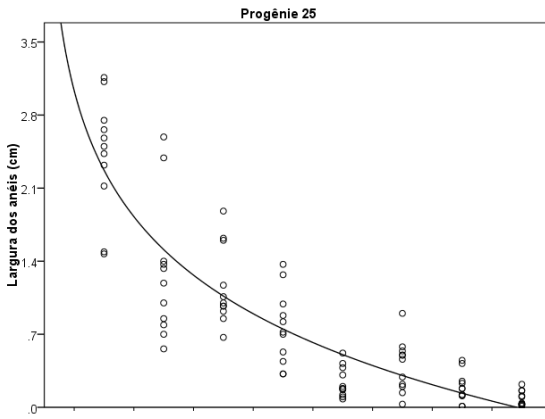


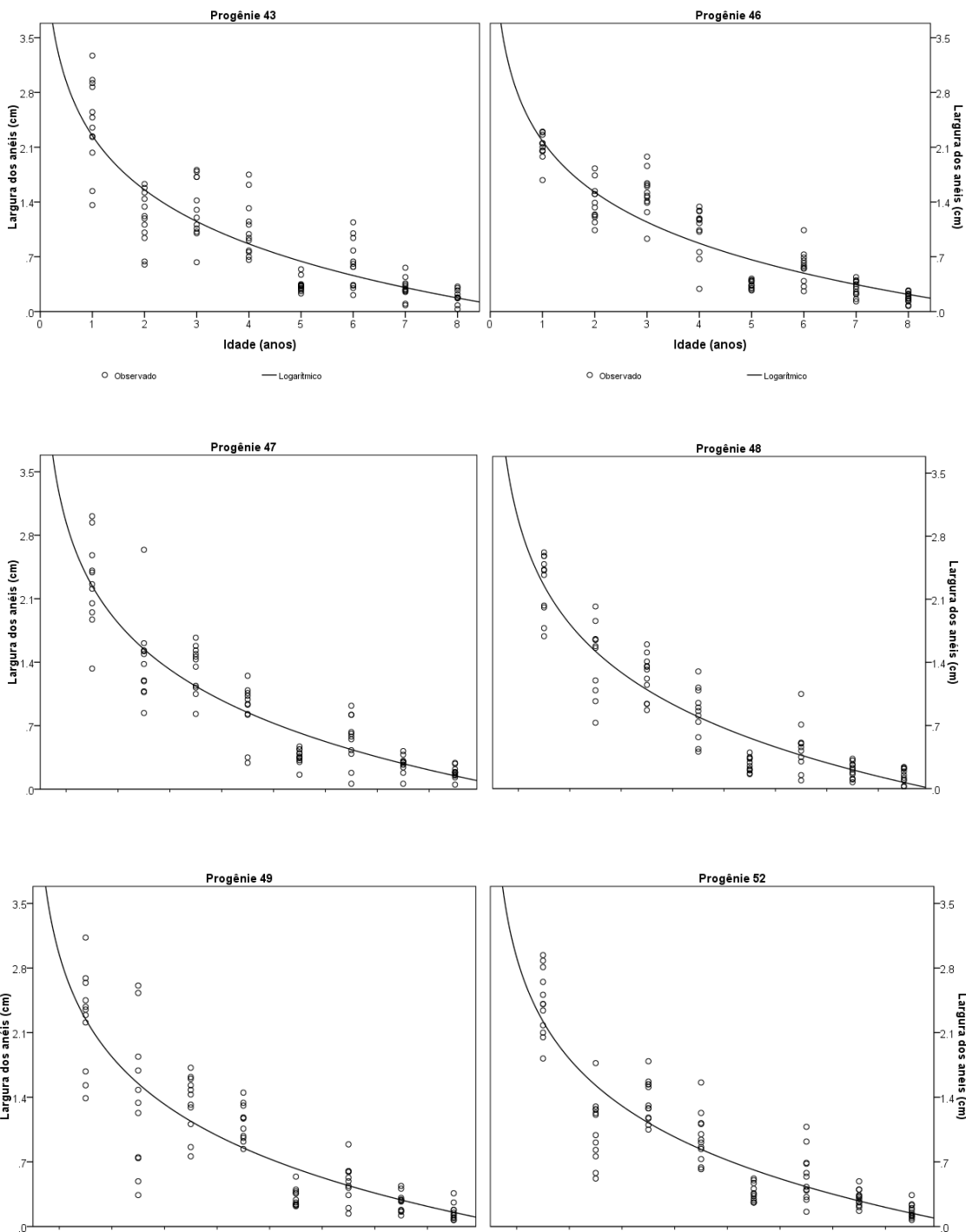
ANEXO B – Curvas de ajuste para largura radial dos anéis de crescimento das árvores de *E. urophylla*

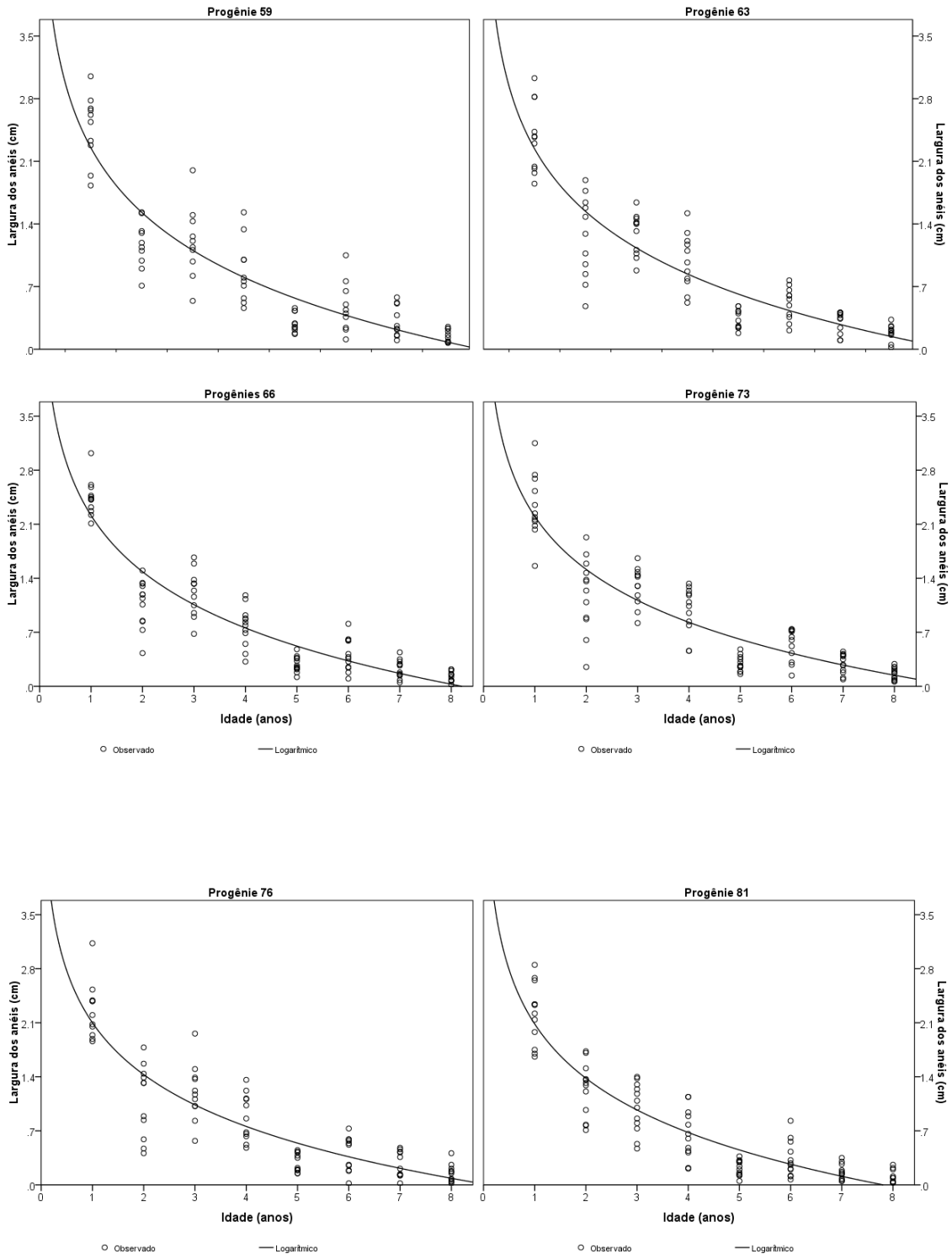




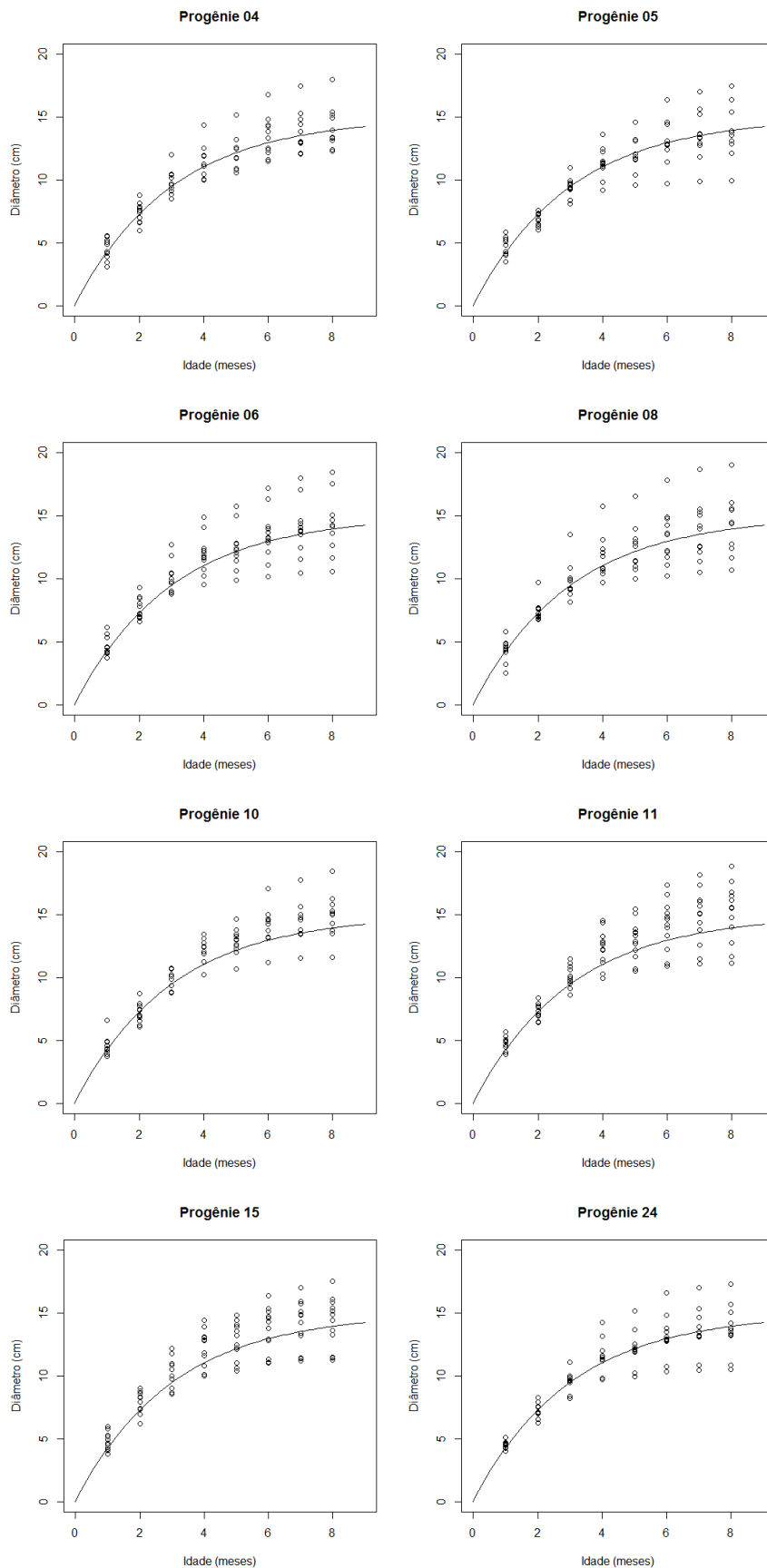


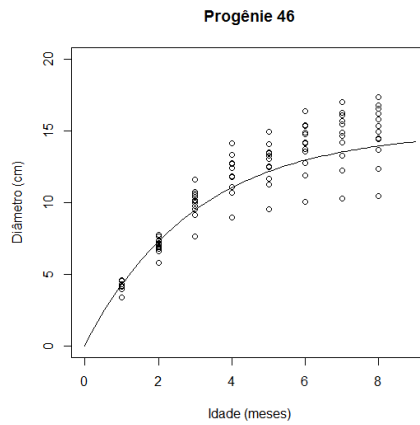
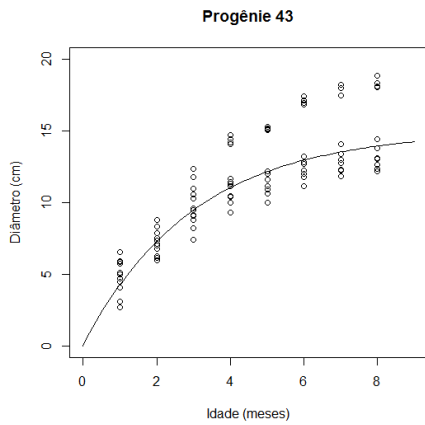
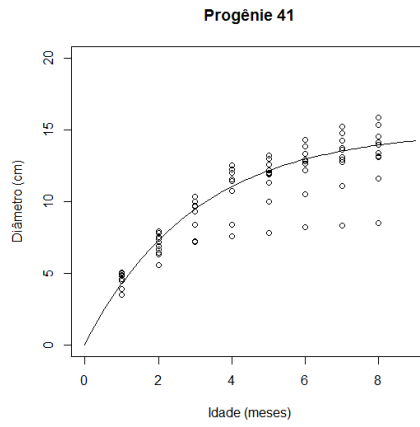
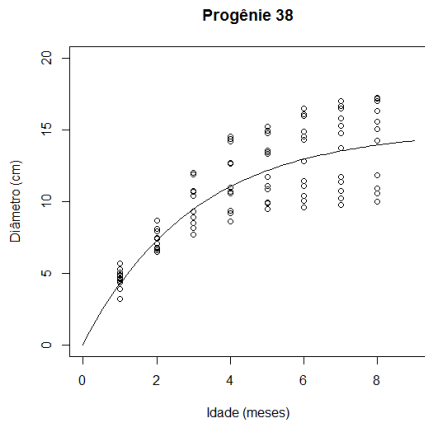
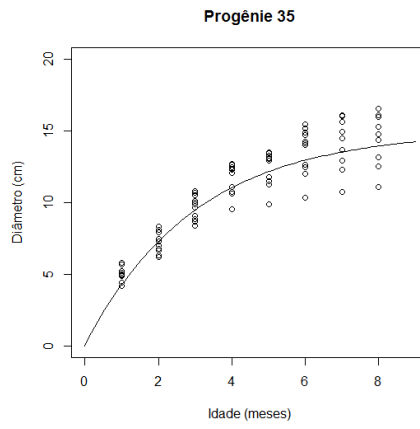
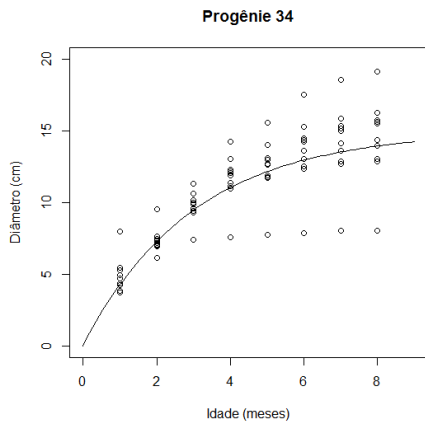
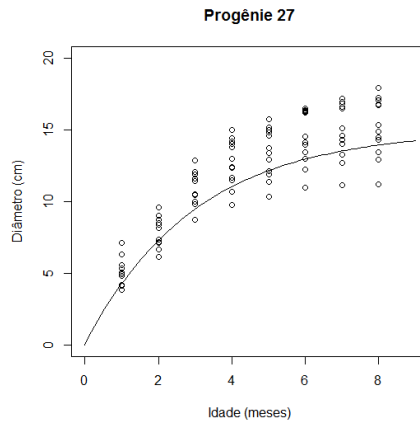
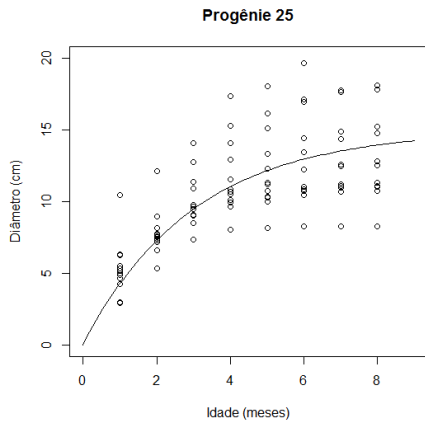


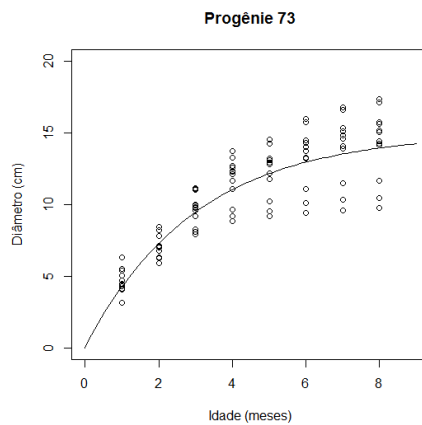
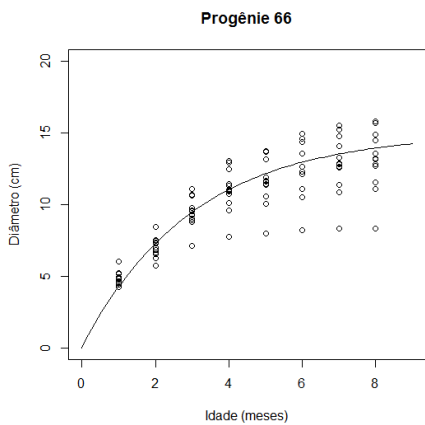
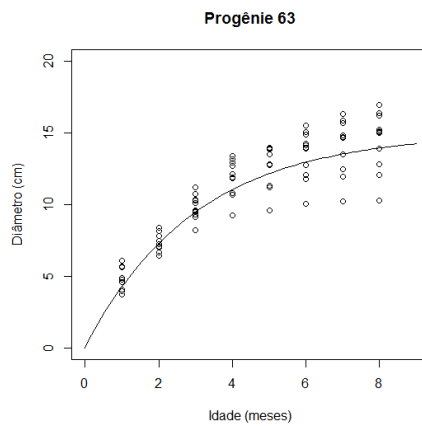
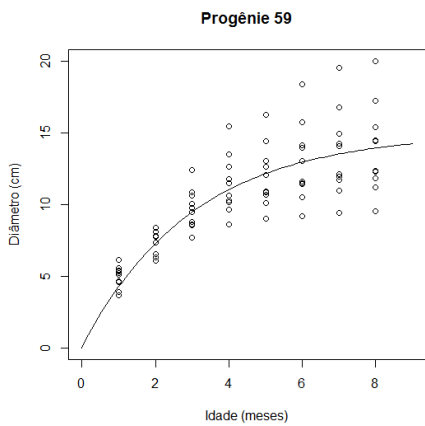
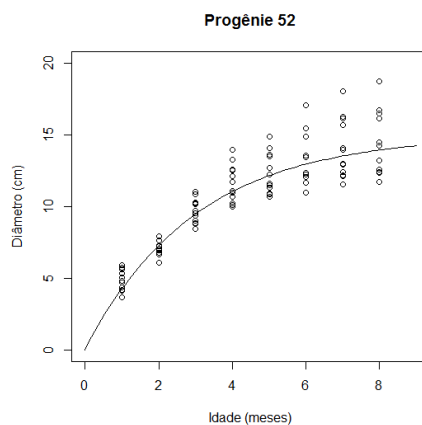
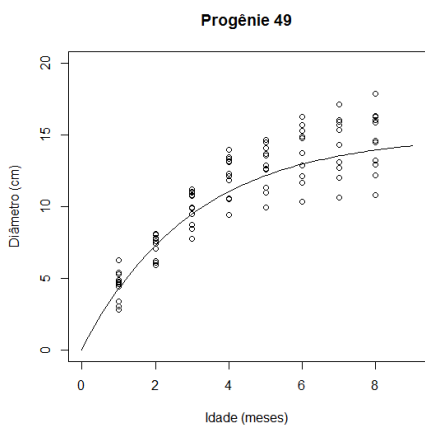
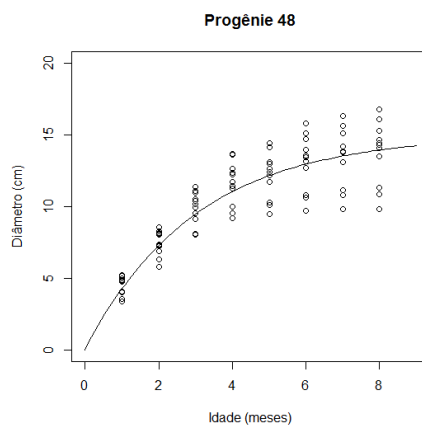
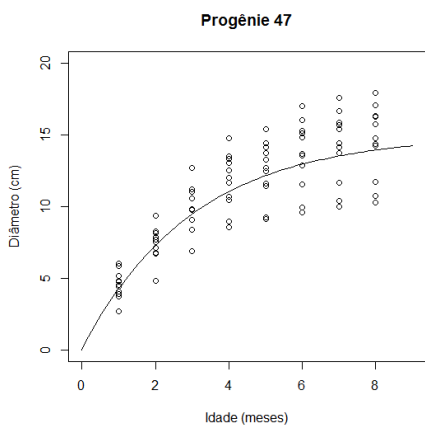


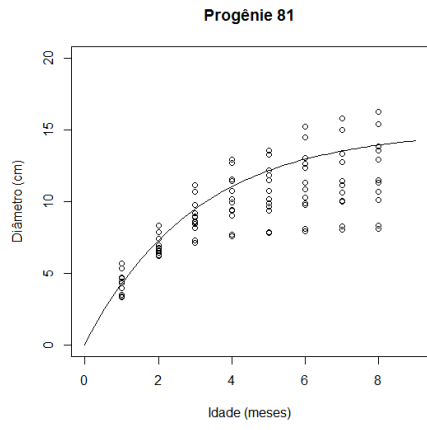
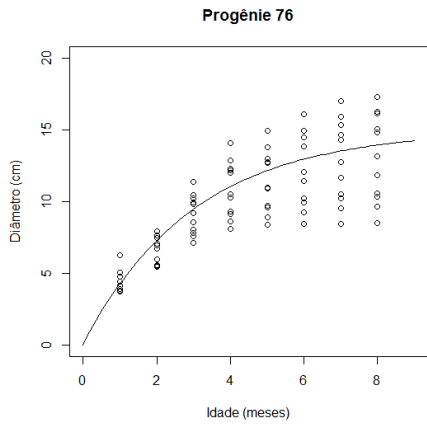


ANEXO C – Curvas de ajusta para diâmetro do tronco acumulado sem casca das árvores de *E. urophylla*, através da mensuração dos anéis de crescimento

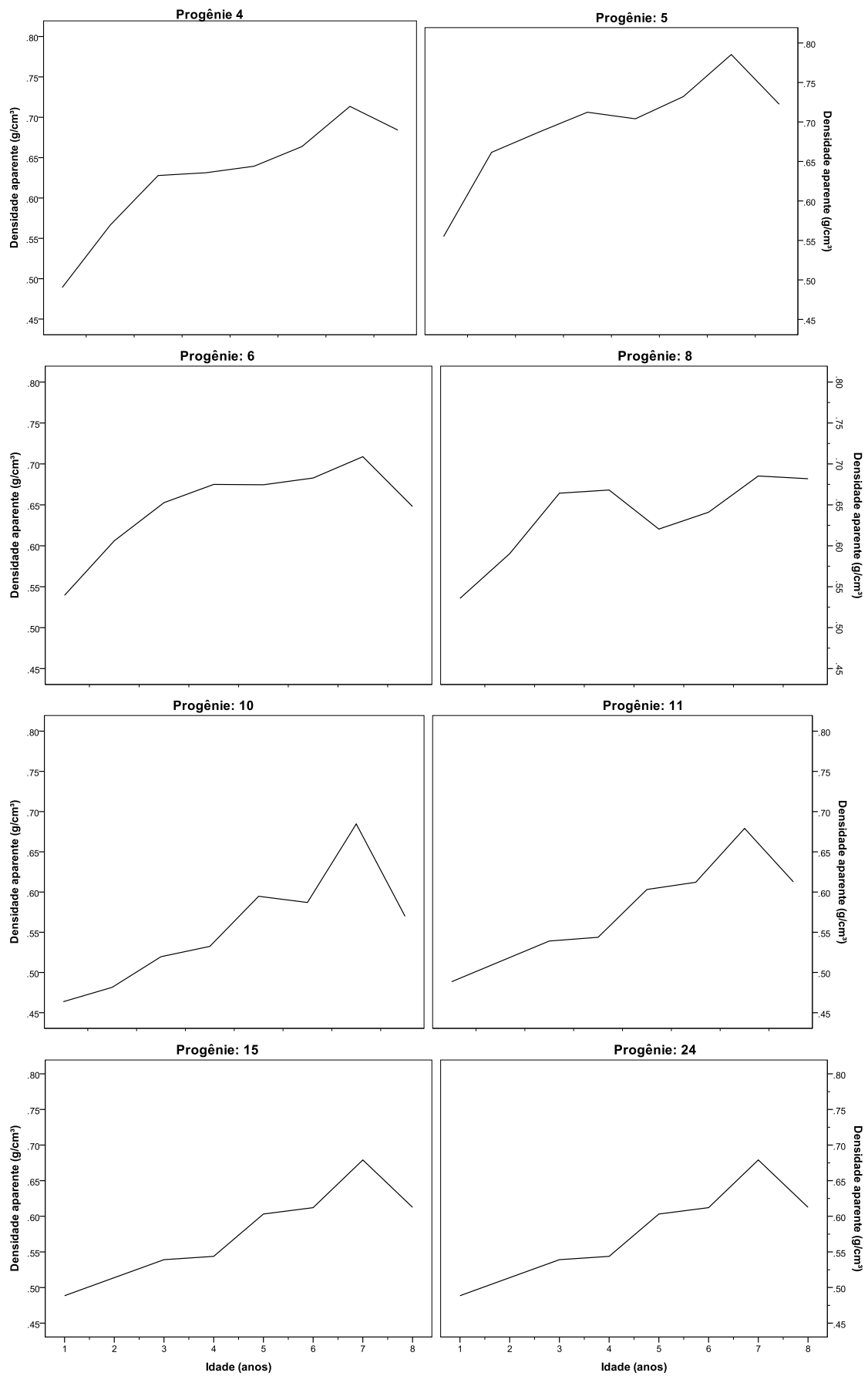




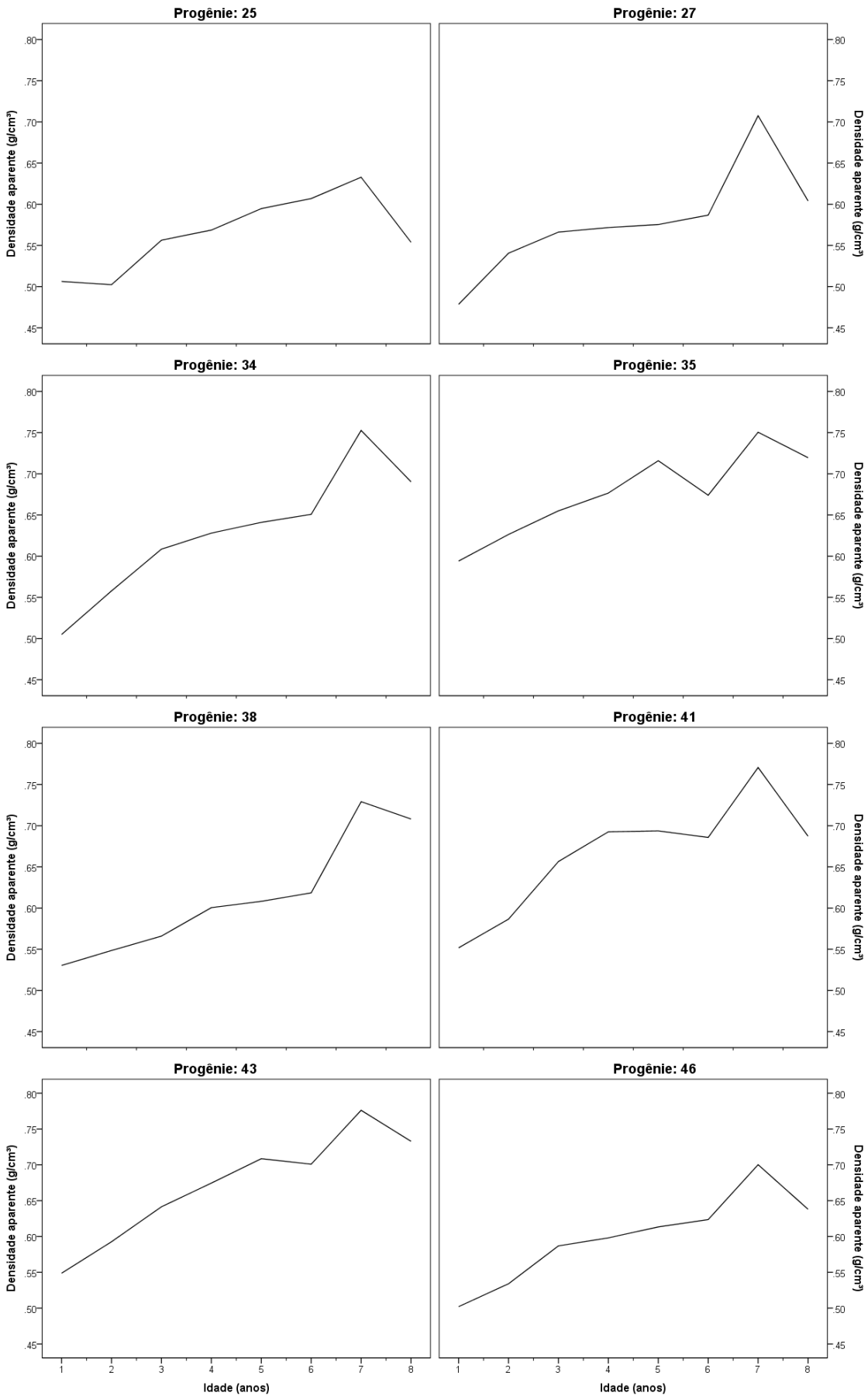


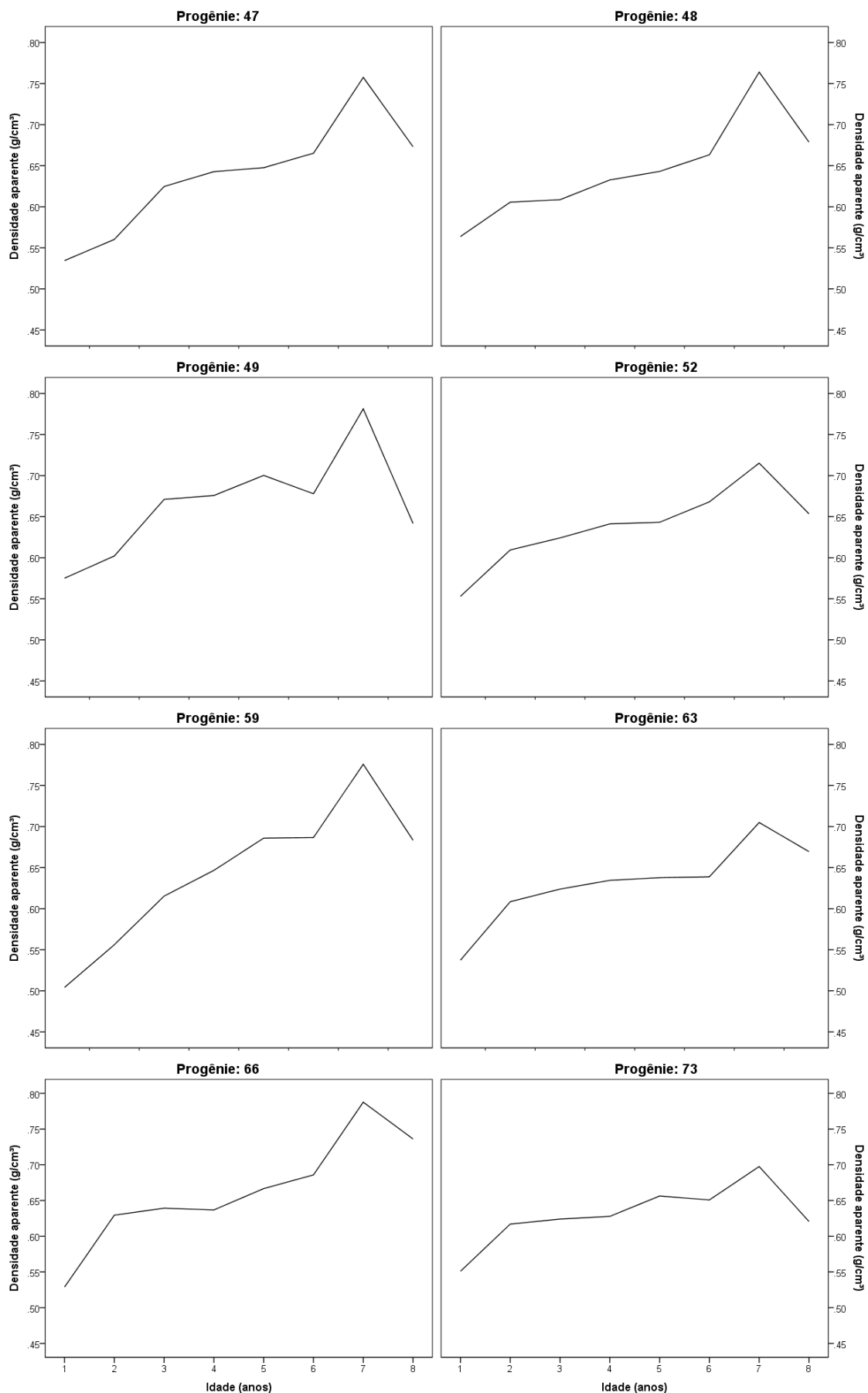


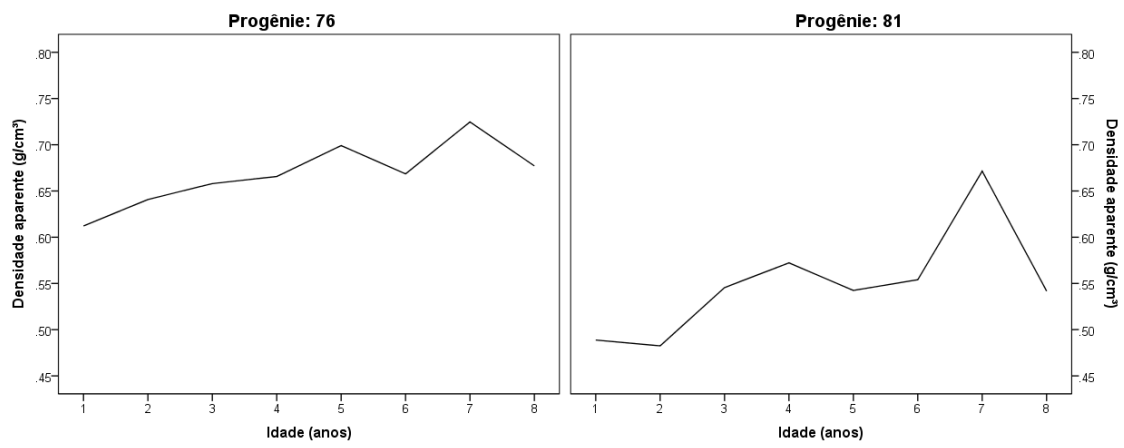
ANEXO D - Densidade radial aparente do lenho das árvores de *E. urophylla*

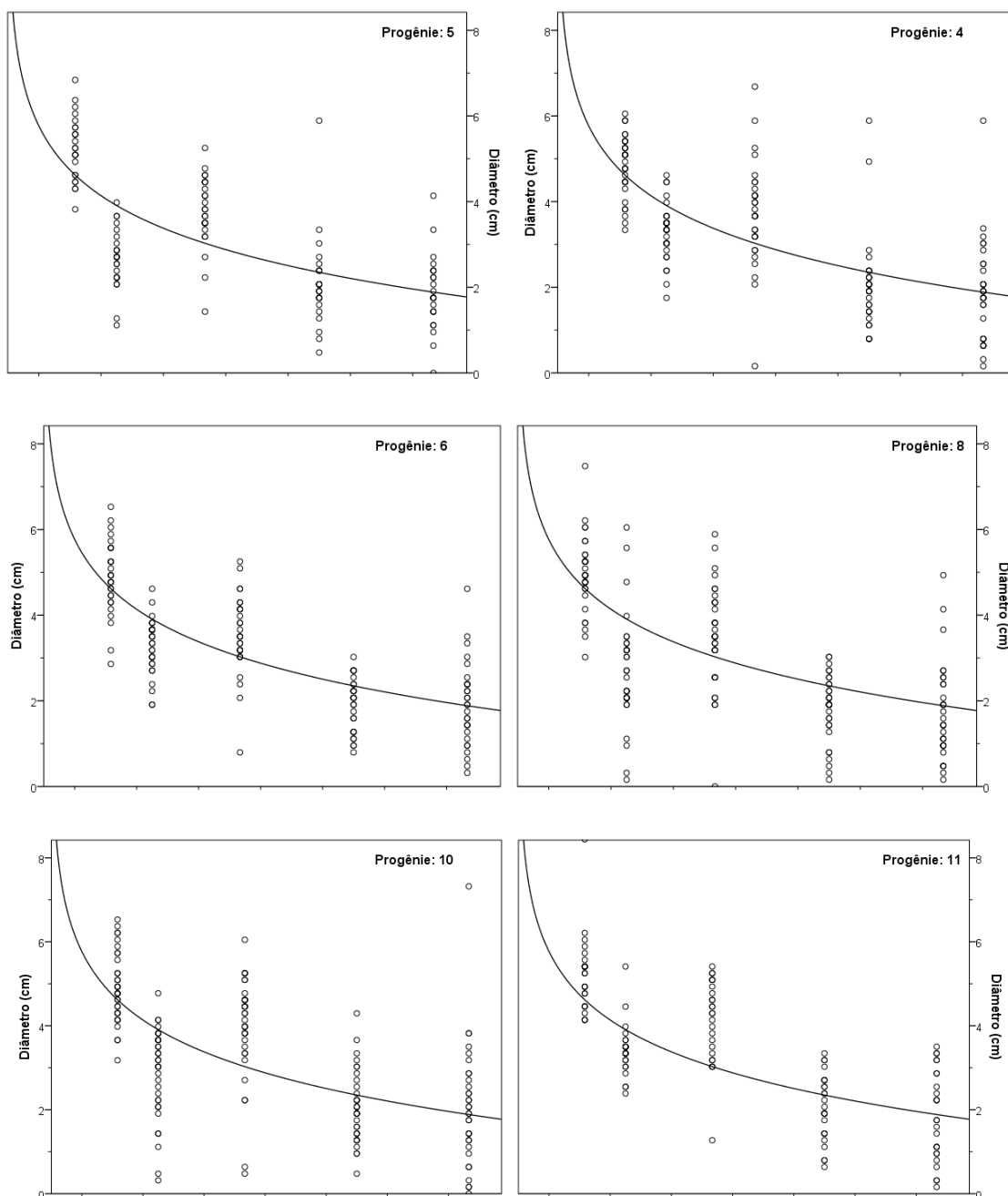


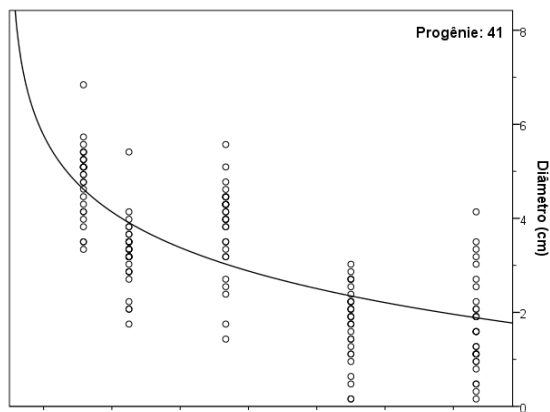
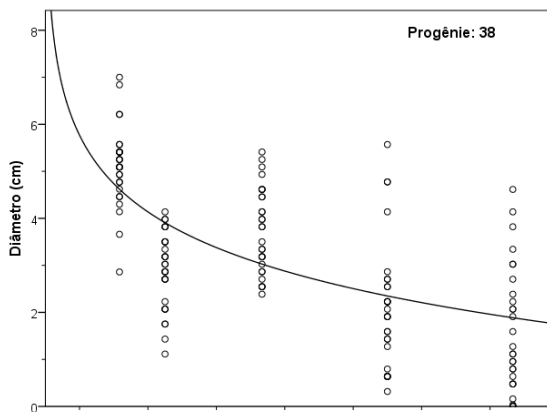
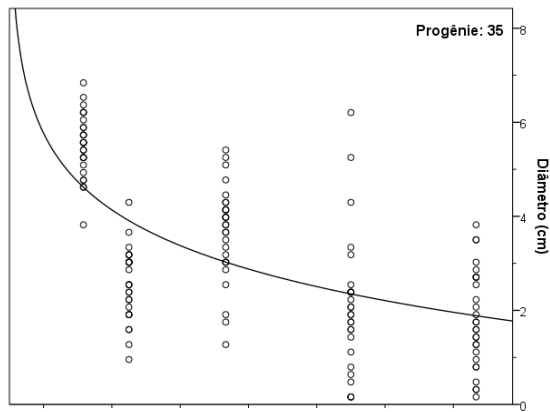
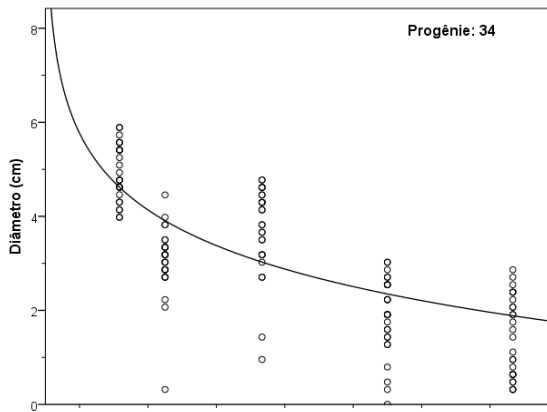
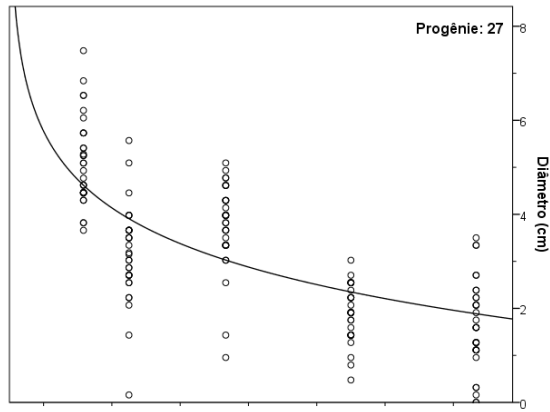
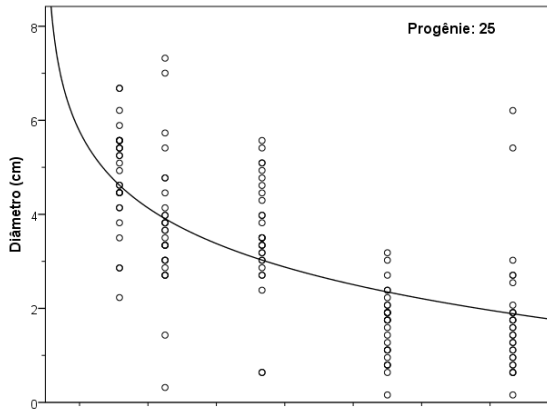
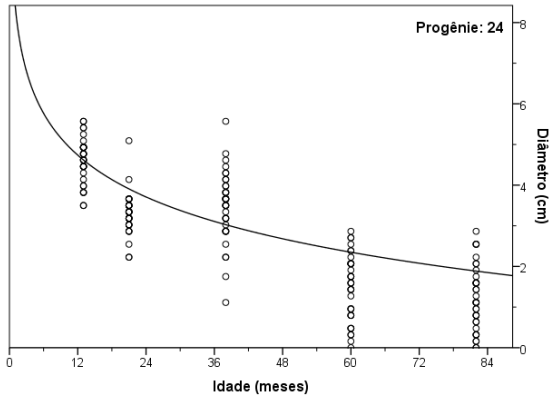
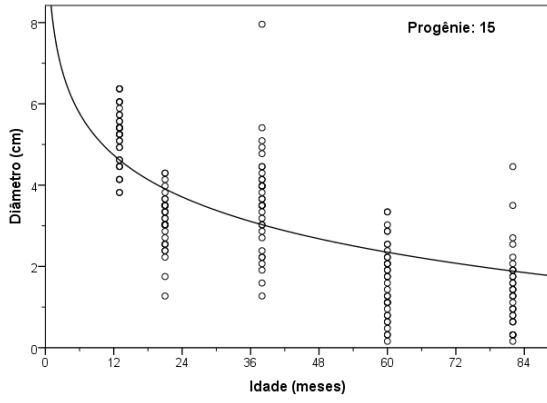


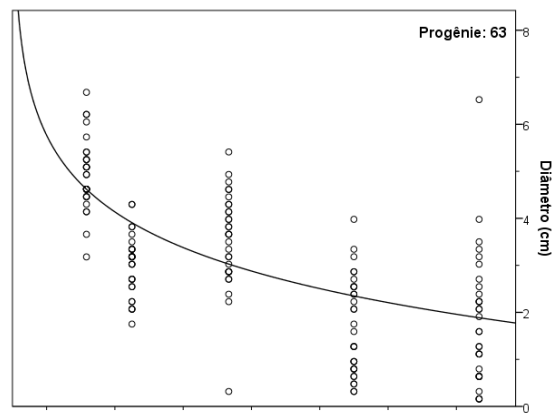
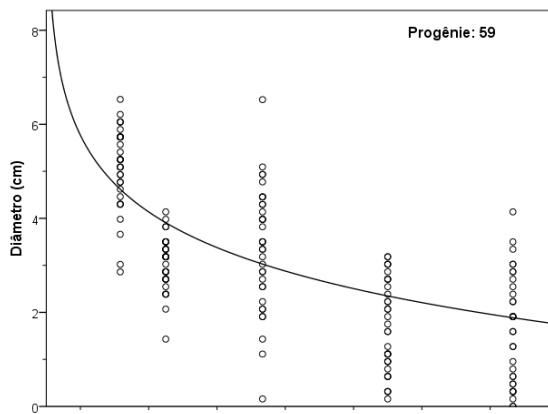
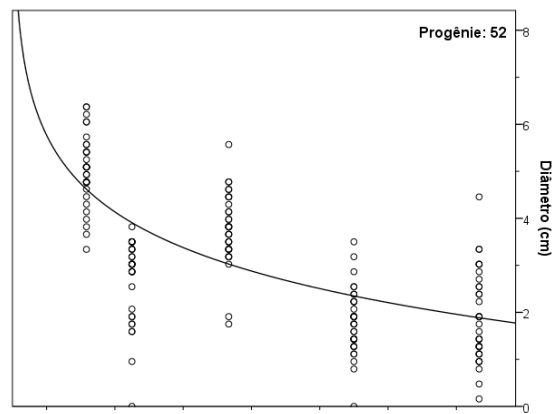
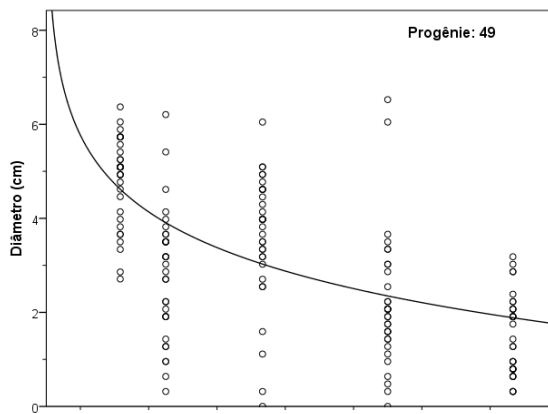
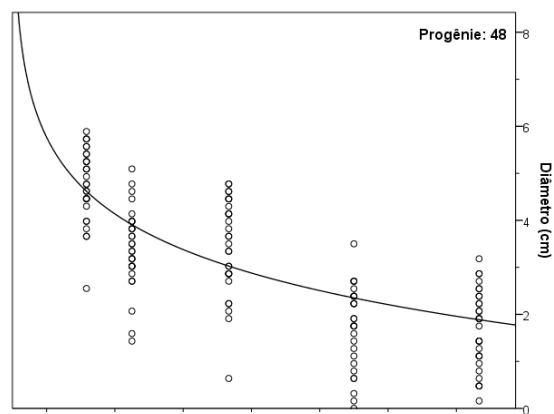
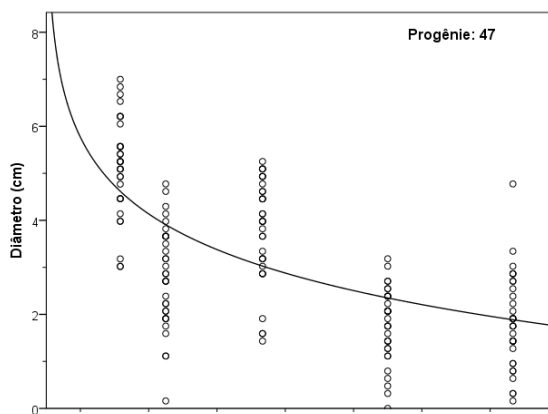
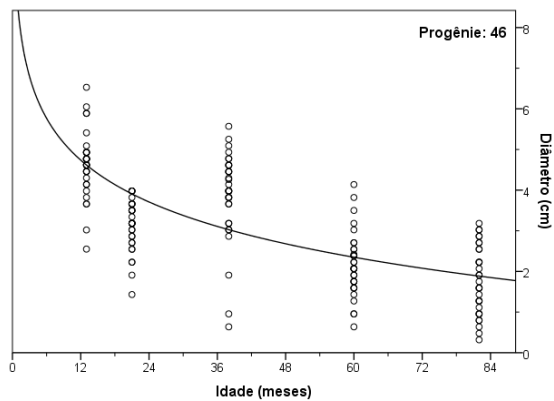
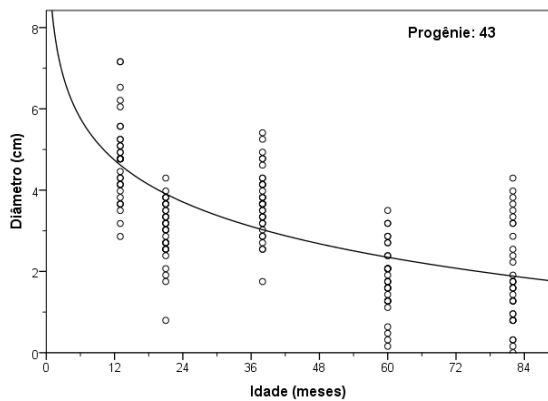


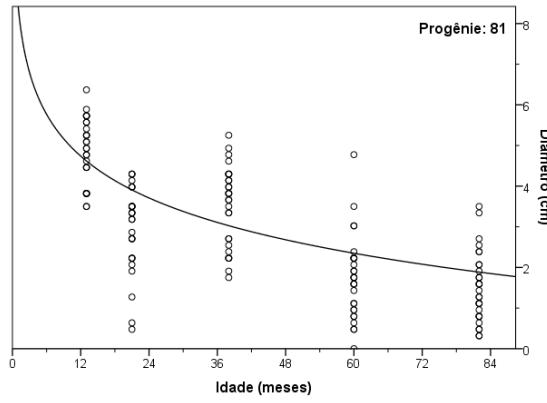
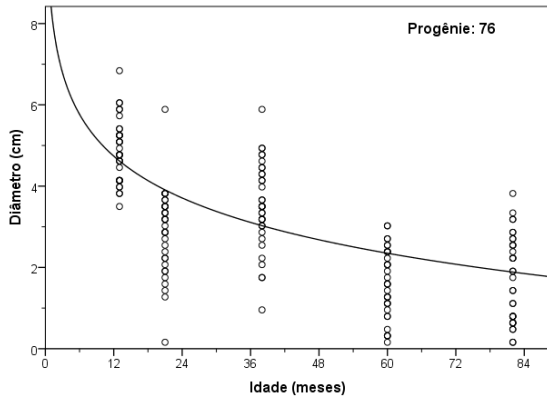
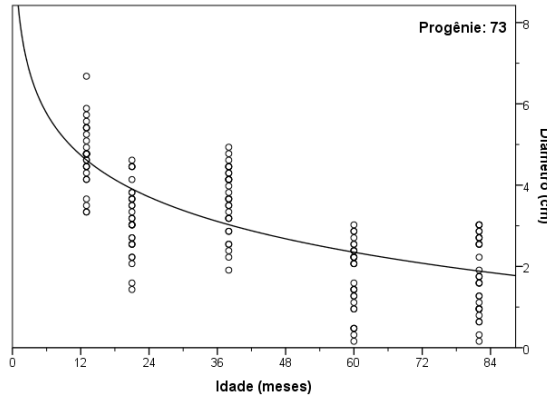
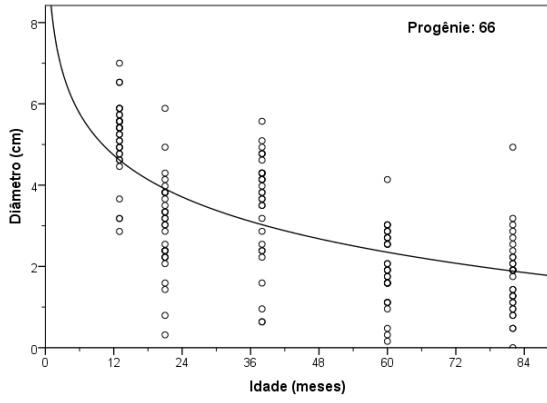




ANEXO E - Incremento corrente do diâmetro do tronco das árvores de *E urophylla*







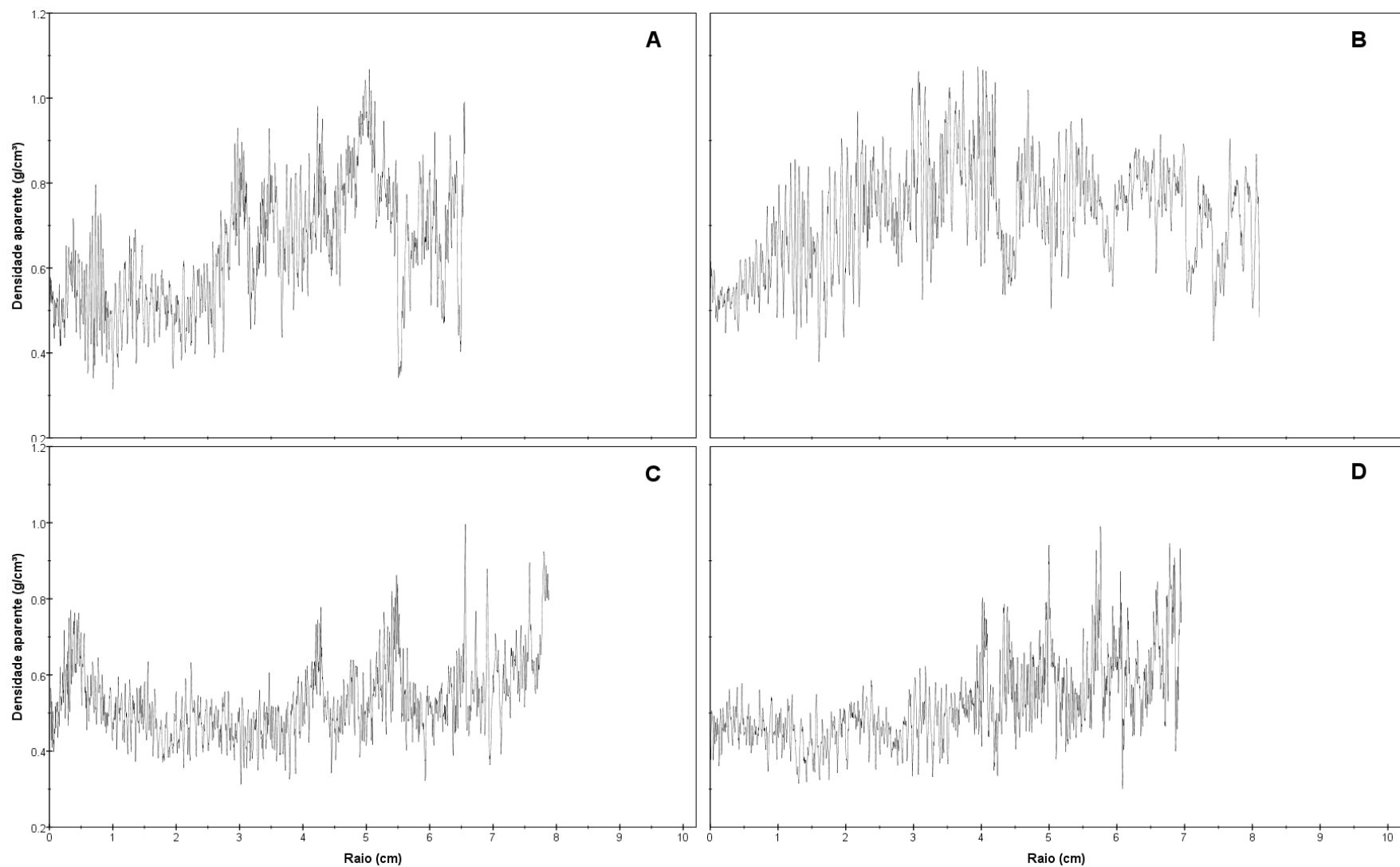


Figura – Perfil radial de densidade aparente do lenho de árvores de *Eucalyptus urophylla*: Progenie 04, árvore 2 (raio 1, A; raio 2, B); árvore 3 (raio 1, C; raio 2, D).



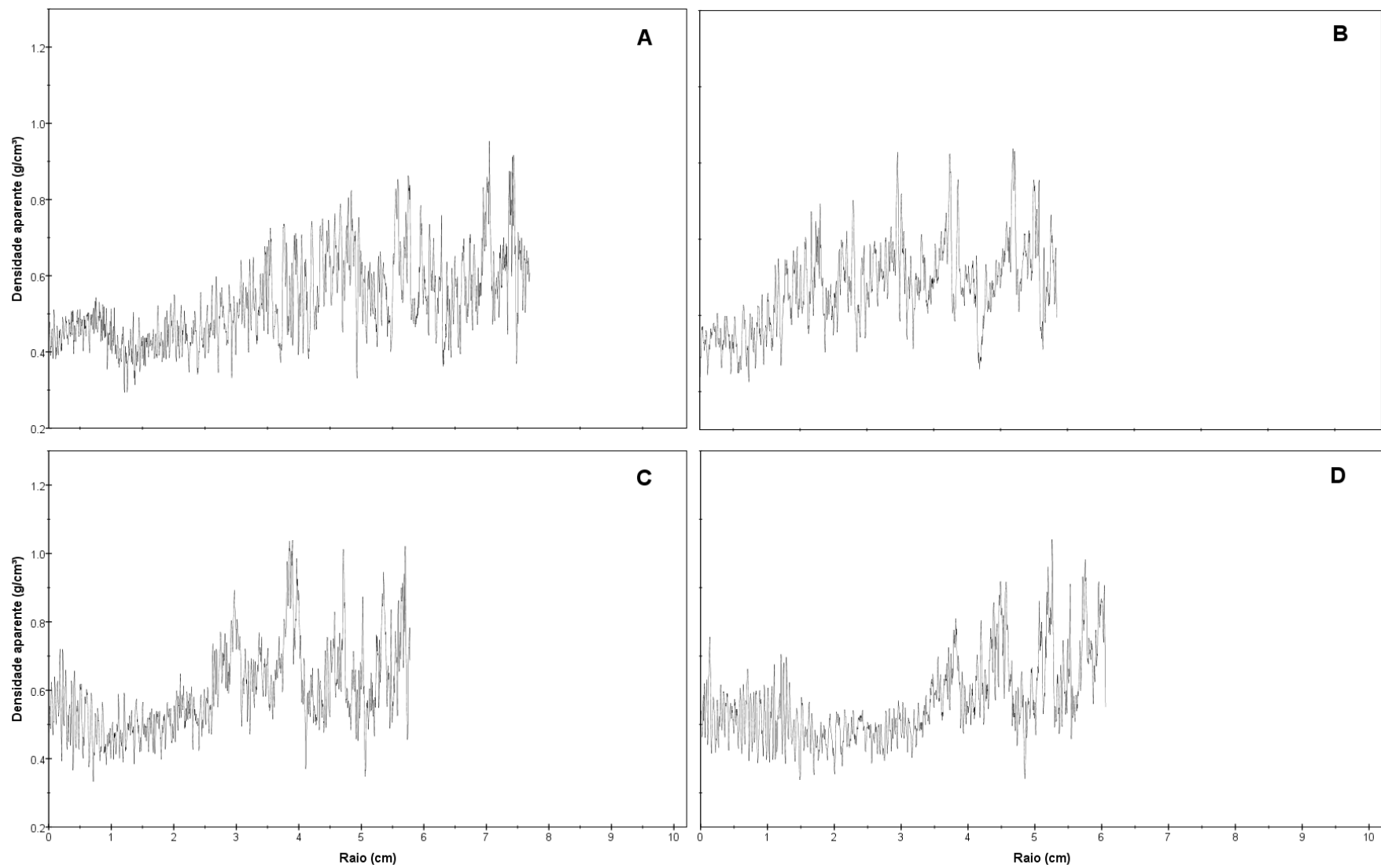


Figura – Perfil radial de densidade aparente do lenho de árvores de *Eucalyptus urophylla*: Progênie 04, árvore 5 (raio 1, A; raio 2, B); árvore 6 (raio 1, C; raio 2, D)

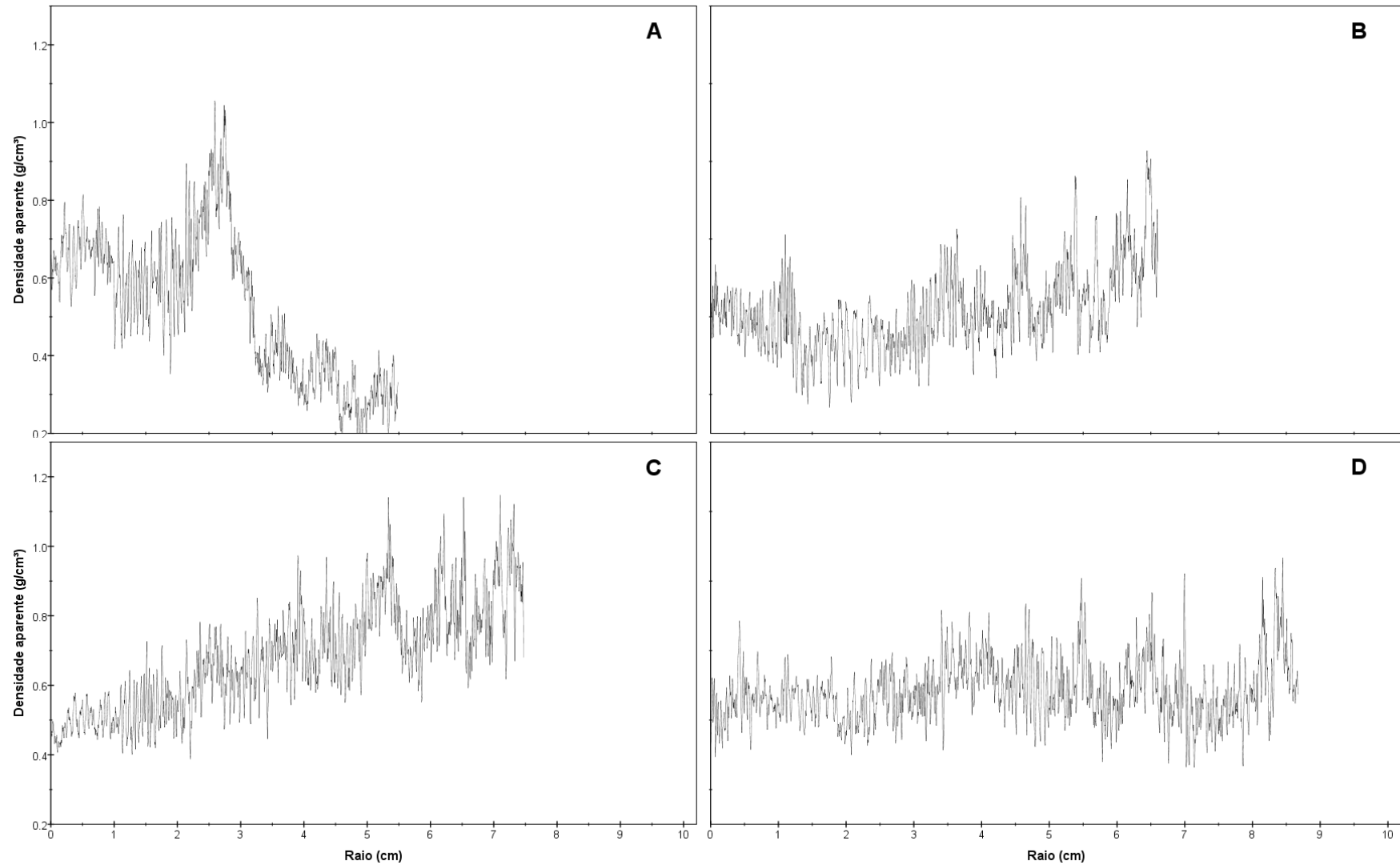


Figura – Perfil radial de densidade aparente do lenho de árvores de *Eucalyptus urophylla*: Progênie 04, árvore 1 (raio 1, A; raio 2, B); árvore 2 (raio 1, C; raio 2, D)

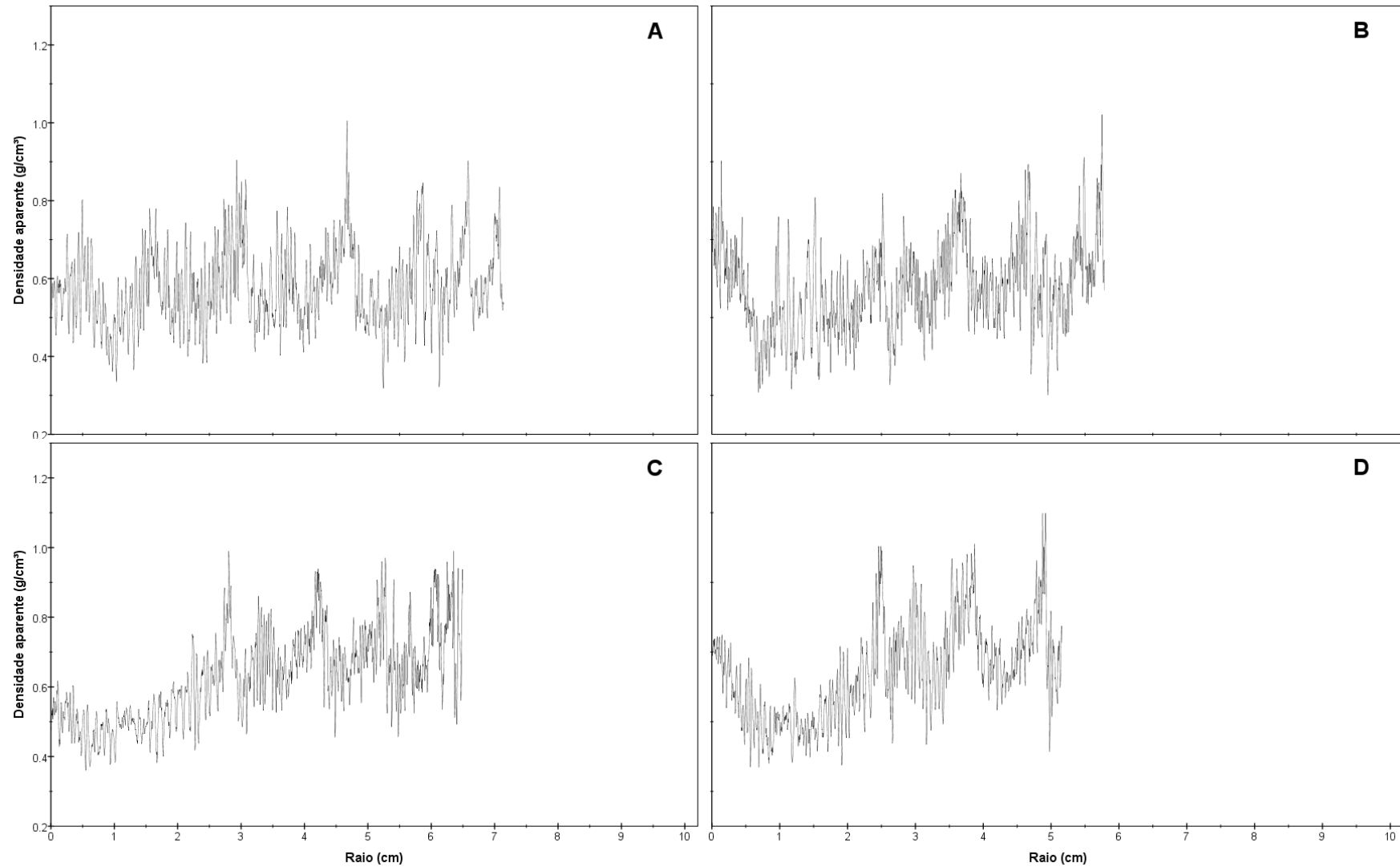


Figura – Perfil radial de densidade aparente do lenho de árvores de *Eucalyptus urophylla*: Progênie 04, árvore 2 (raio 1, A; raio 2, B); árvore 4 (raio 1, C; raio 2, D)

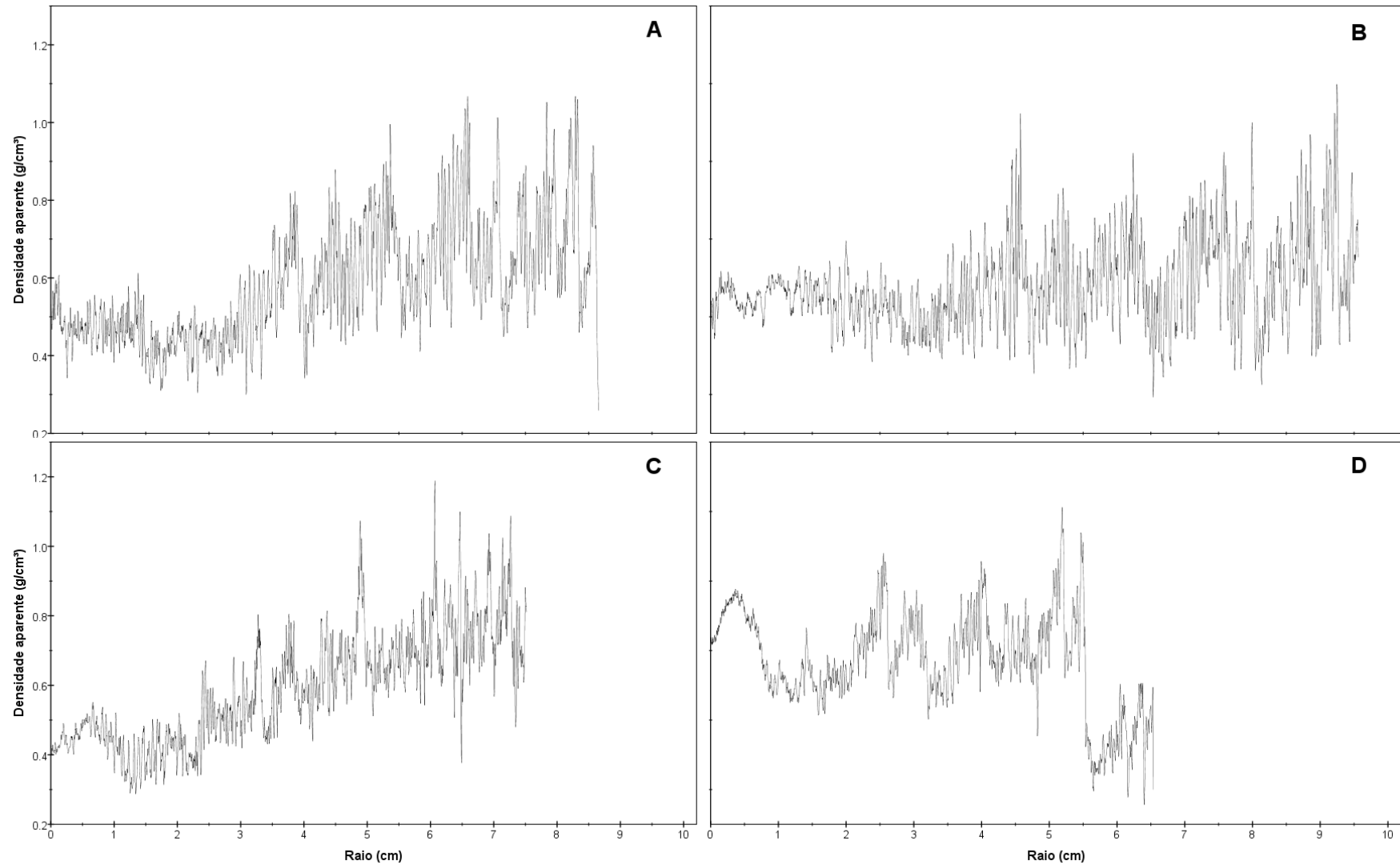


Figura – Perfil radial de densidade aparente do lenho de árvores de *Eucalyptus urophylla*: Progenie 04, árvore 5 (raio 1, A; raio 2, B); árvore 6 (raio 1, C; raio 2, D)

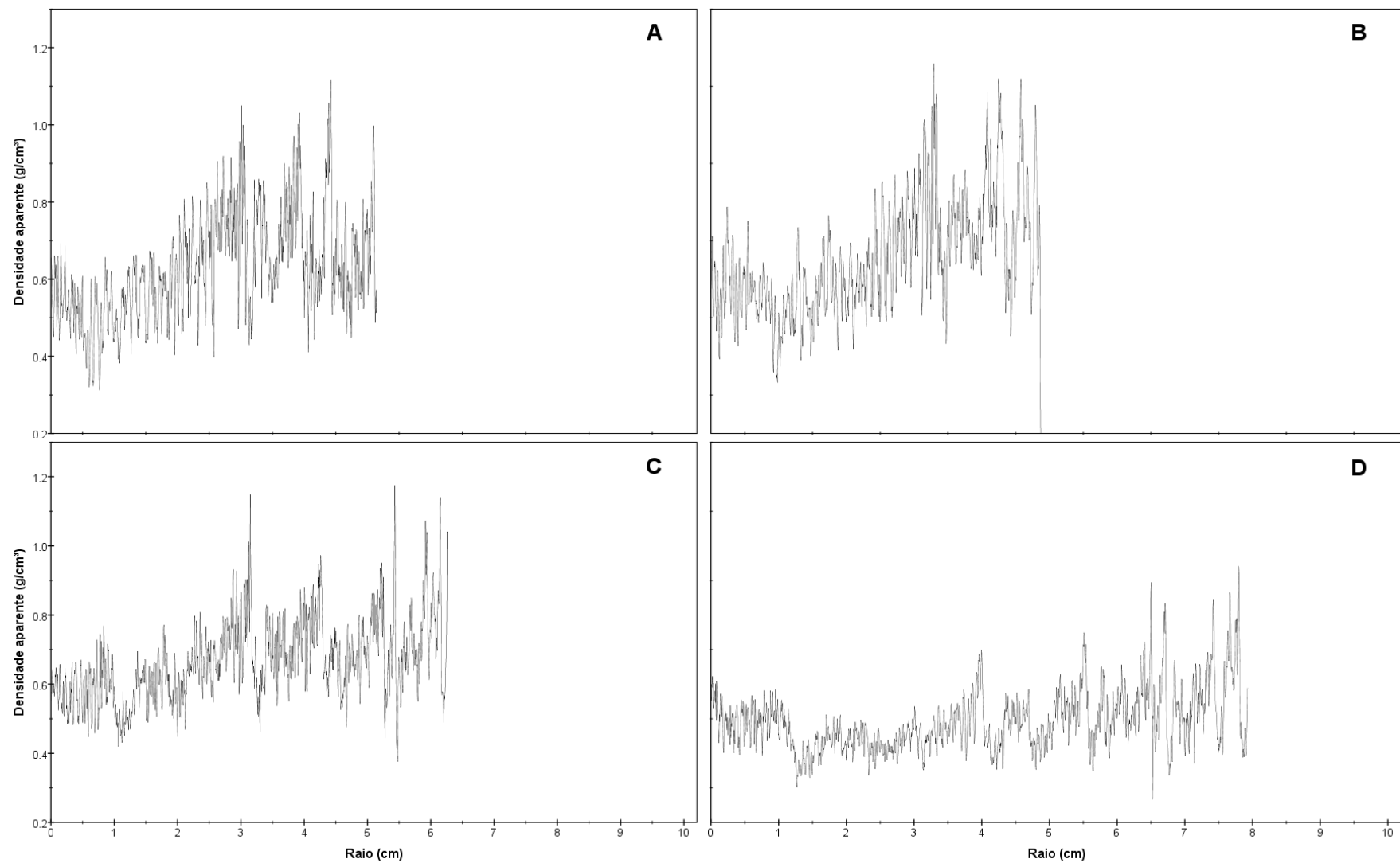


Figura – Perfil radial de densidade aparente do lenho de árvores de *Eucalyptus urophylla*: Progenie 06, árvore 1 (raio 1, A; raio 2, B); árvore 2 (raio 1, C; raio 2, D)

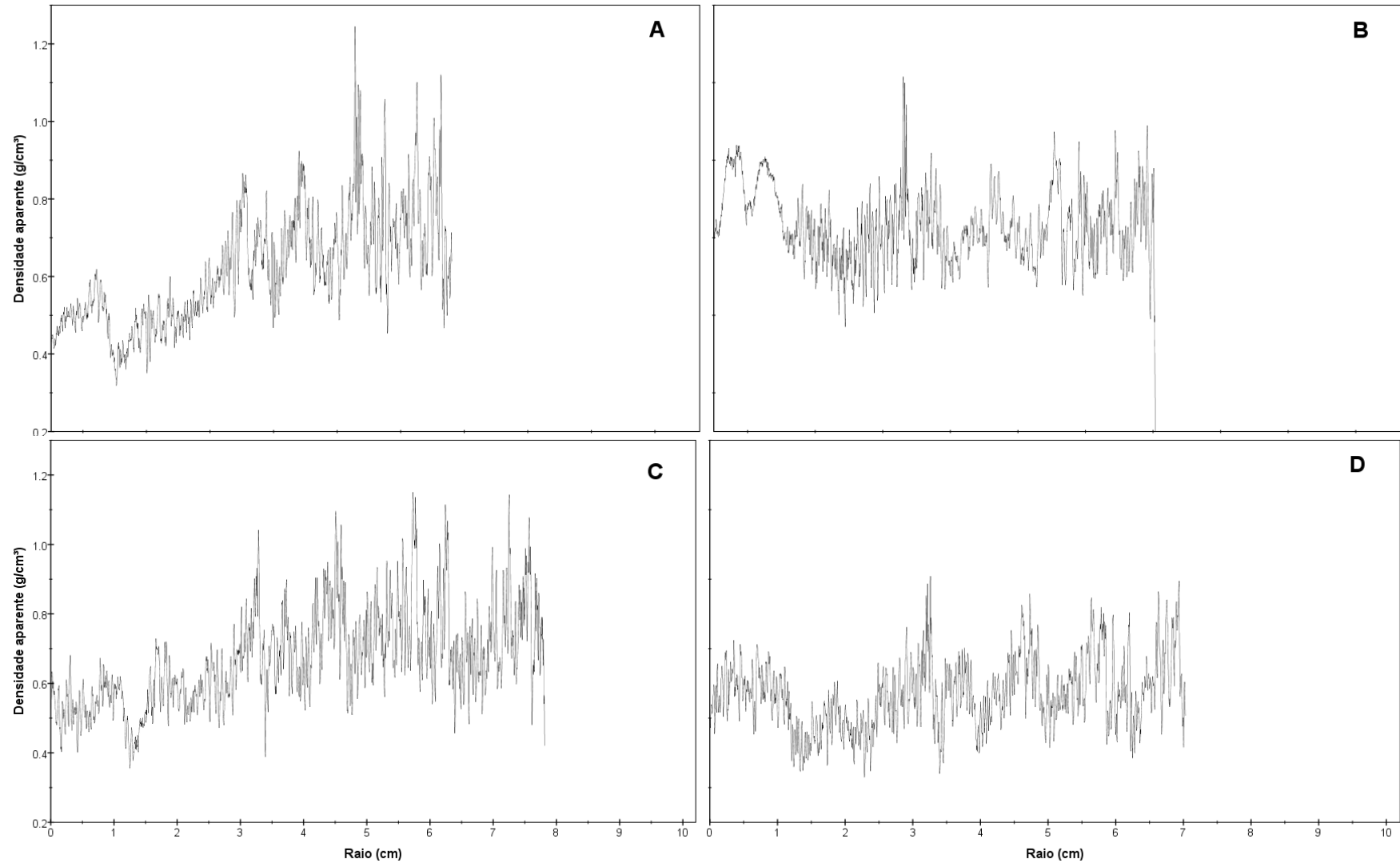


Figura – Perfil radial de densidade aparente do lenho de árvores de *Eucalyptus urophylla*: Progenie 06, árvore 3 (raio 1, A; raio 2, B); árvore 6 (raio 1, C; raio 2, D)

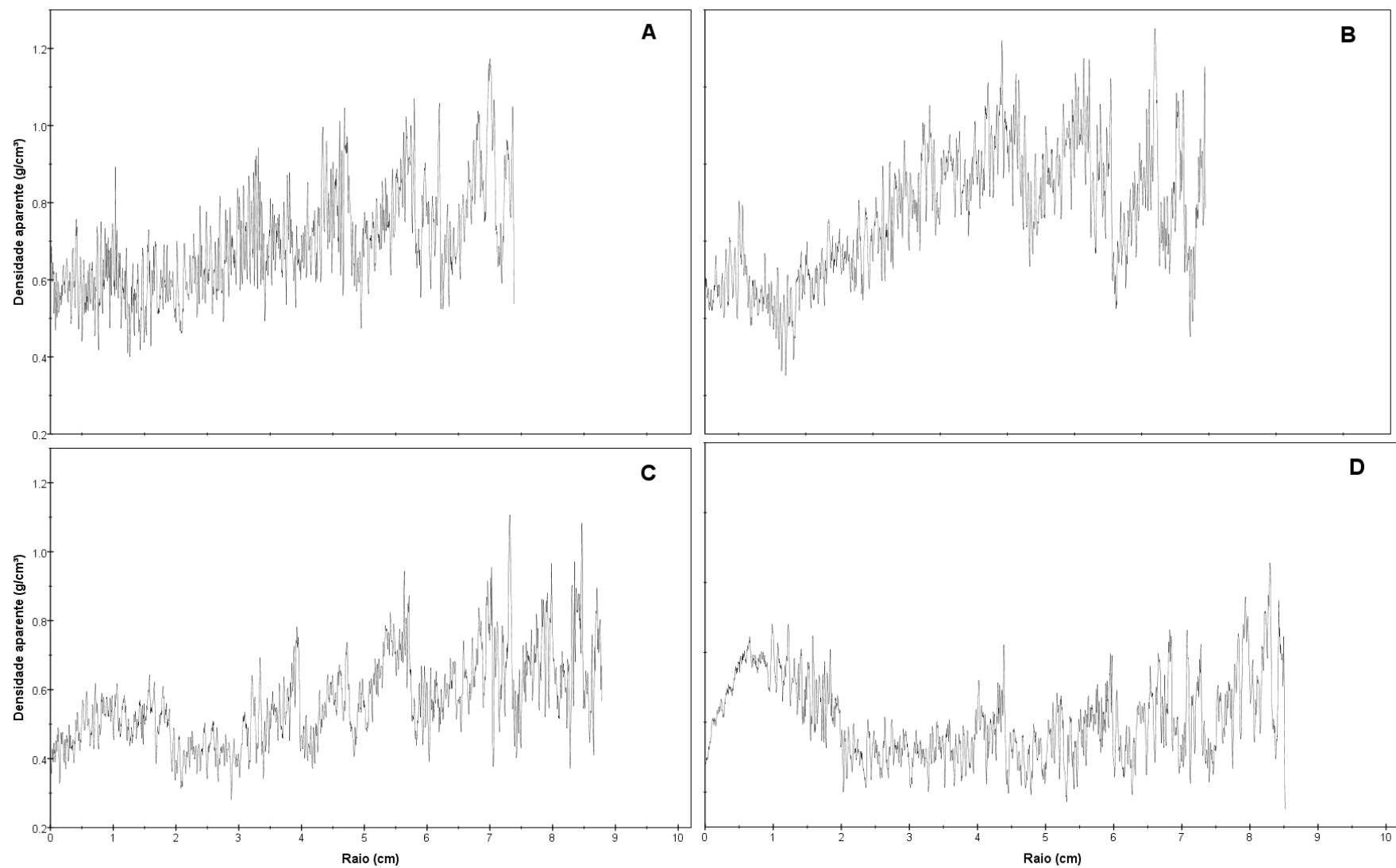


Figura – Perfil radial de densidade aparente do lenho de árvores de *Eucalyptus urophylla*: Progenie 06, árvore 2 (raio 1, A; raio 2, B); árvore 3 (raio 1, C; raio 2, D)

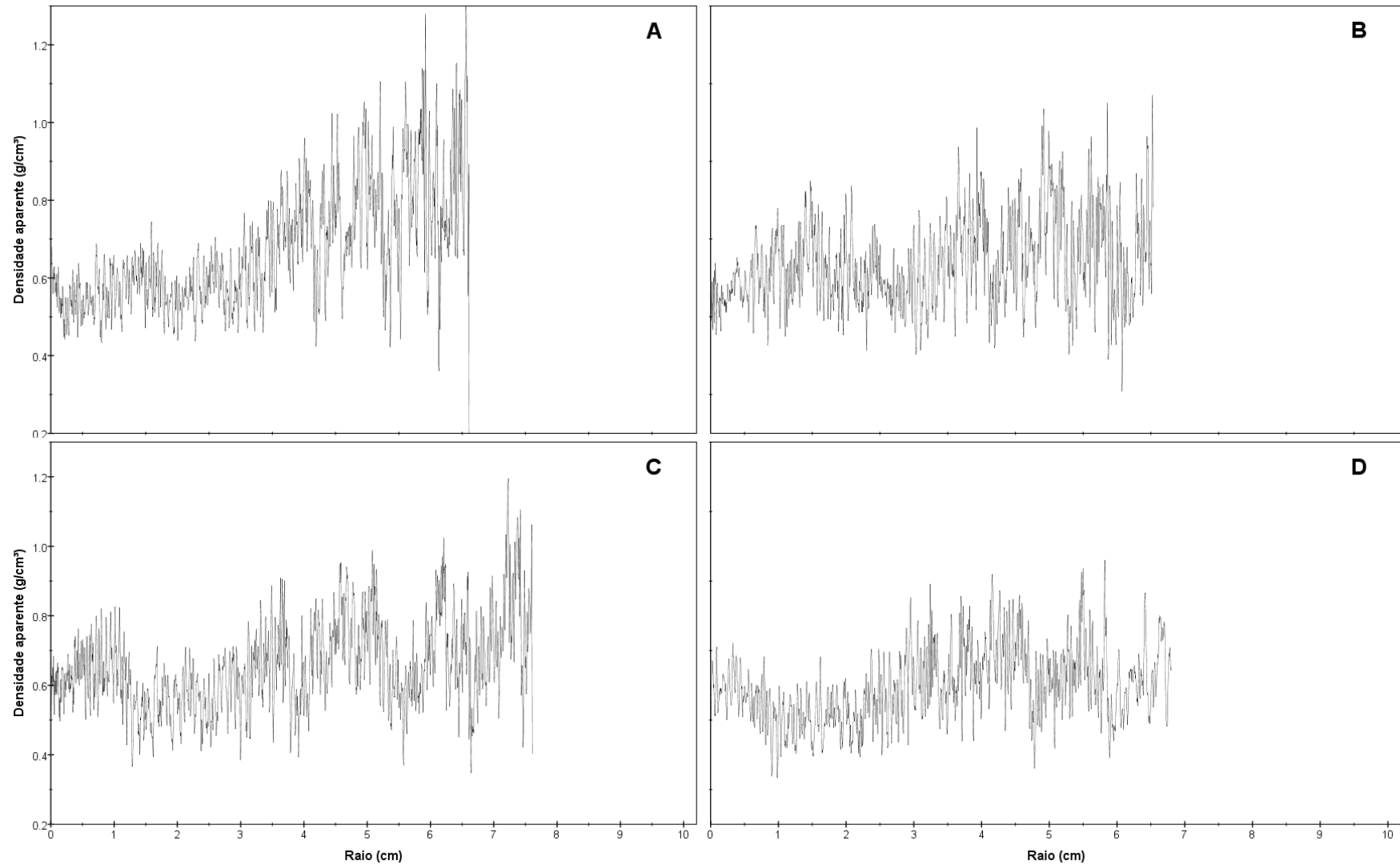


Figura – Perfil radial de densidade aparente do lenho de árvores de *Eucalyptus urophylla*: Progênie 06, árvore 4 (raio 1, A; raio 2, B); árvore 6 (raio 1, C; raio 2, D)



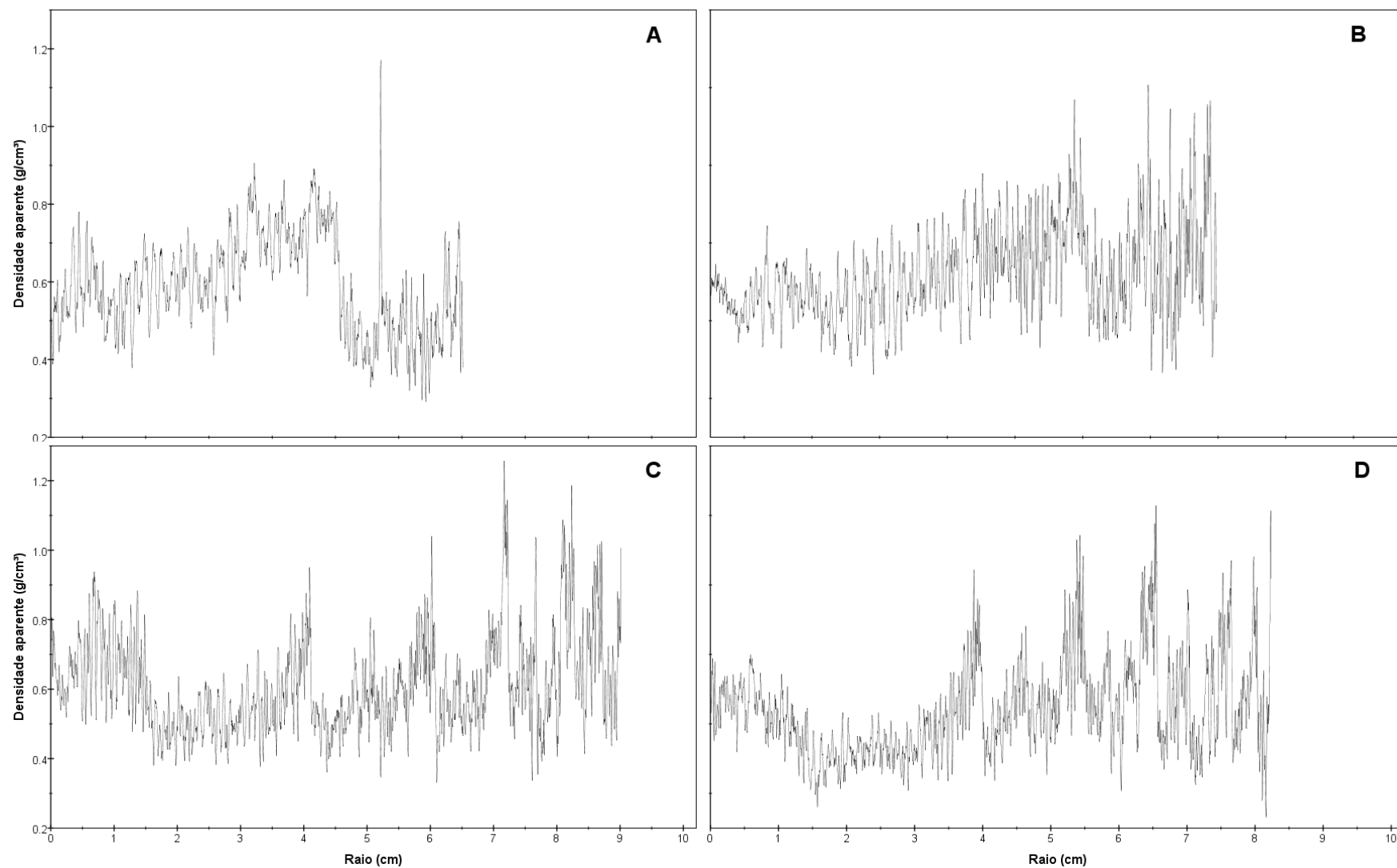


Figura – Perfil radial de densidade aparente do lenho de árvores de *Eucalyptus urophylla*: Progênie 06, árvore 2 (raio 1, A; raio 2, B); árvore 4 (raio 1, C; raio 2, D)

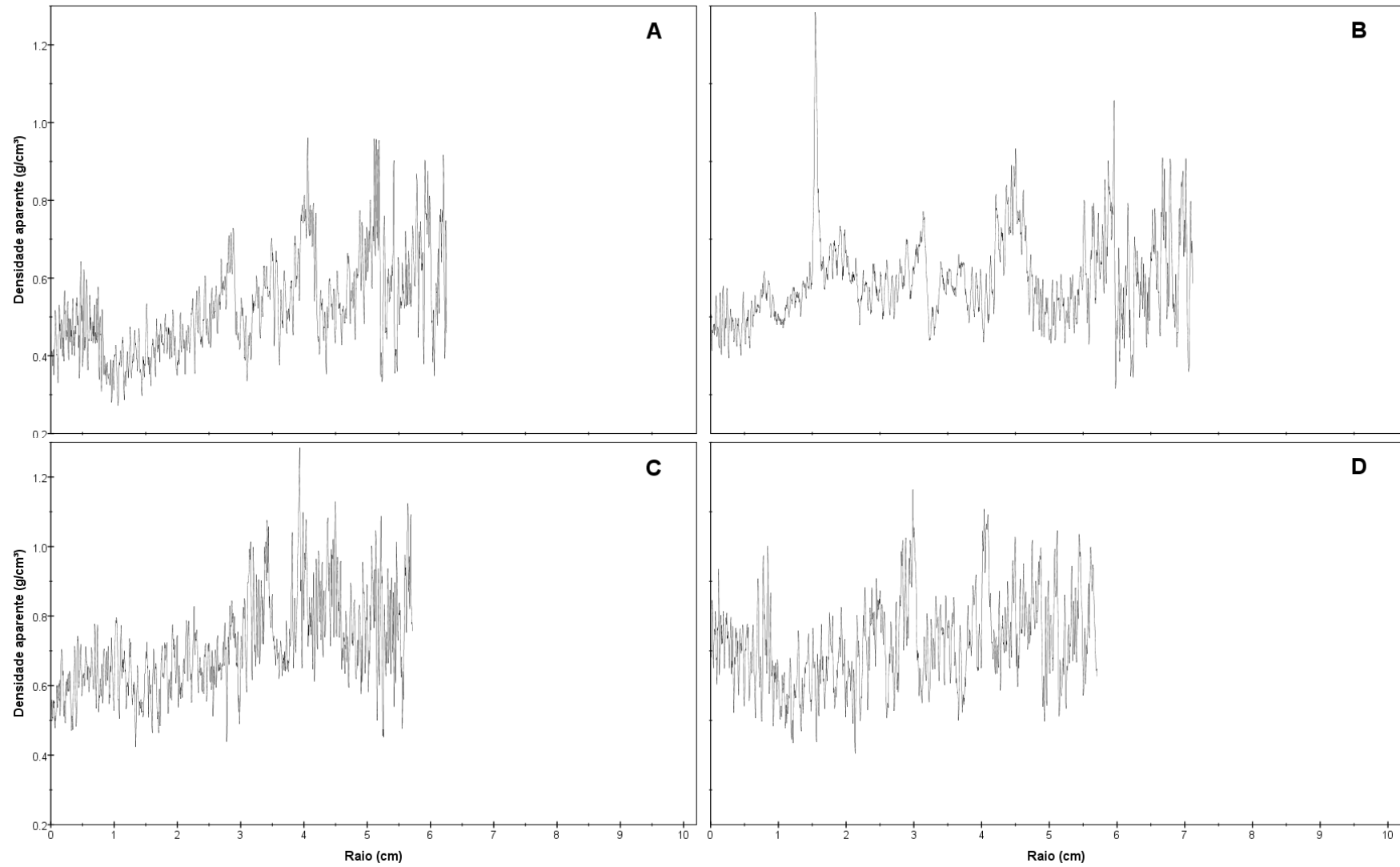


Figura – Perfil radial de densidade aparente do lenho de árvores de *Eucalyptus urophylla*: Progenie 06, árvore 5 (raio 1, A; raio 2, B); árvore 6 (raio 1, C; raio 2, D)

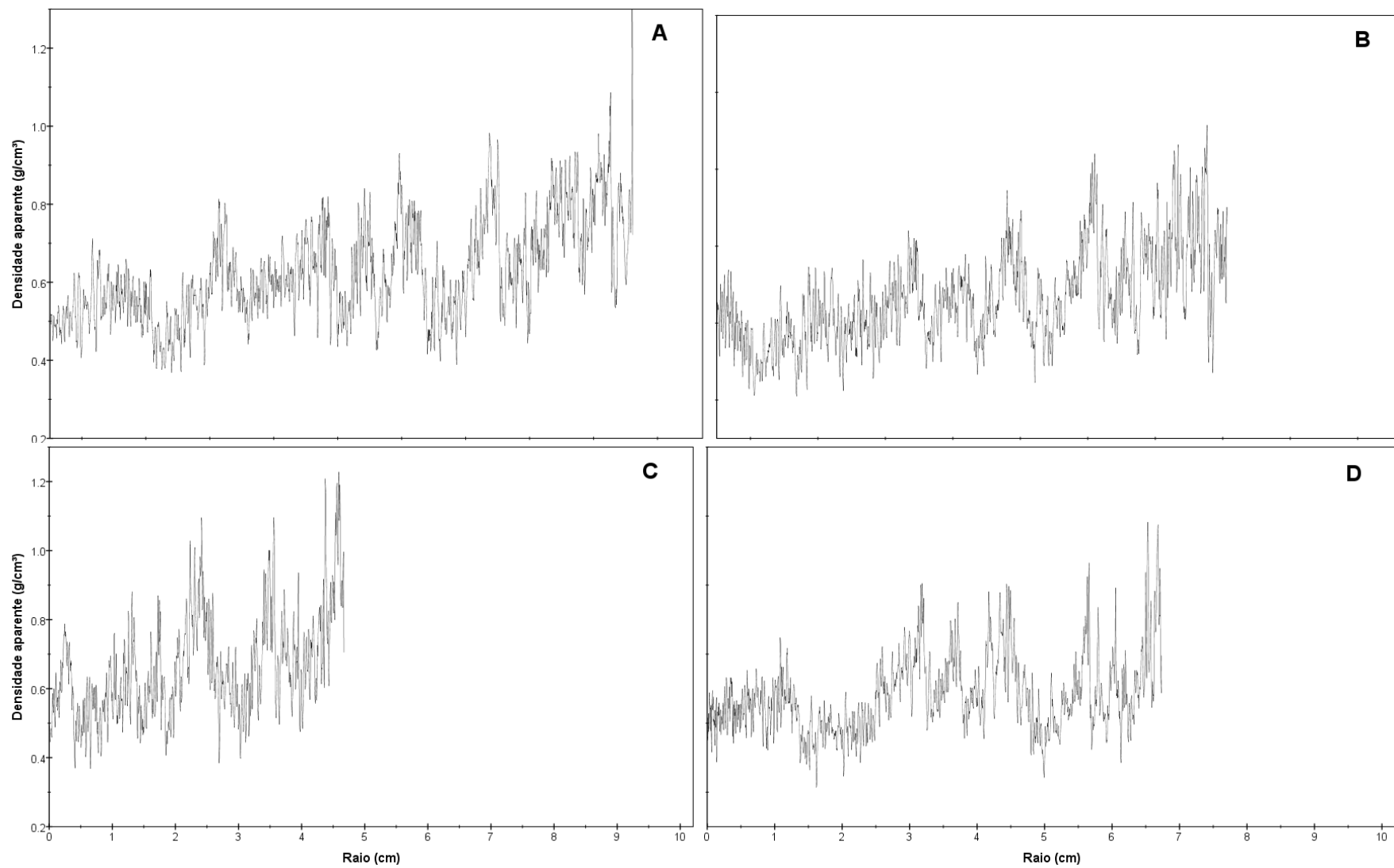


Figura – Perfil radial de densidade aparente do lenho de árvores de *Eucalyptus urophylla*: Progênie 27, árvore 2 (raio 1, A; raio 2, B); árvore 4 (raio 1, C; raio 2, D)

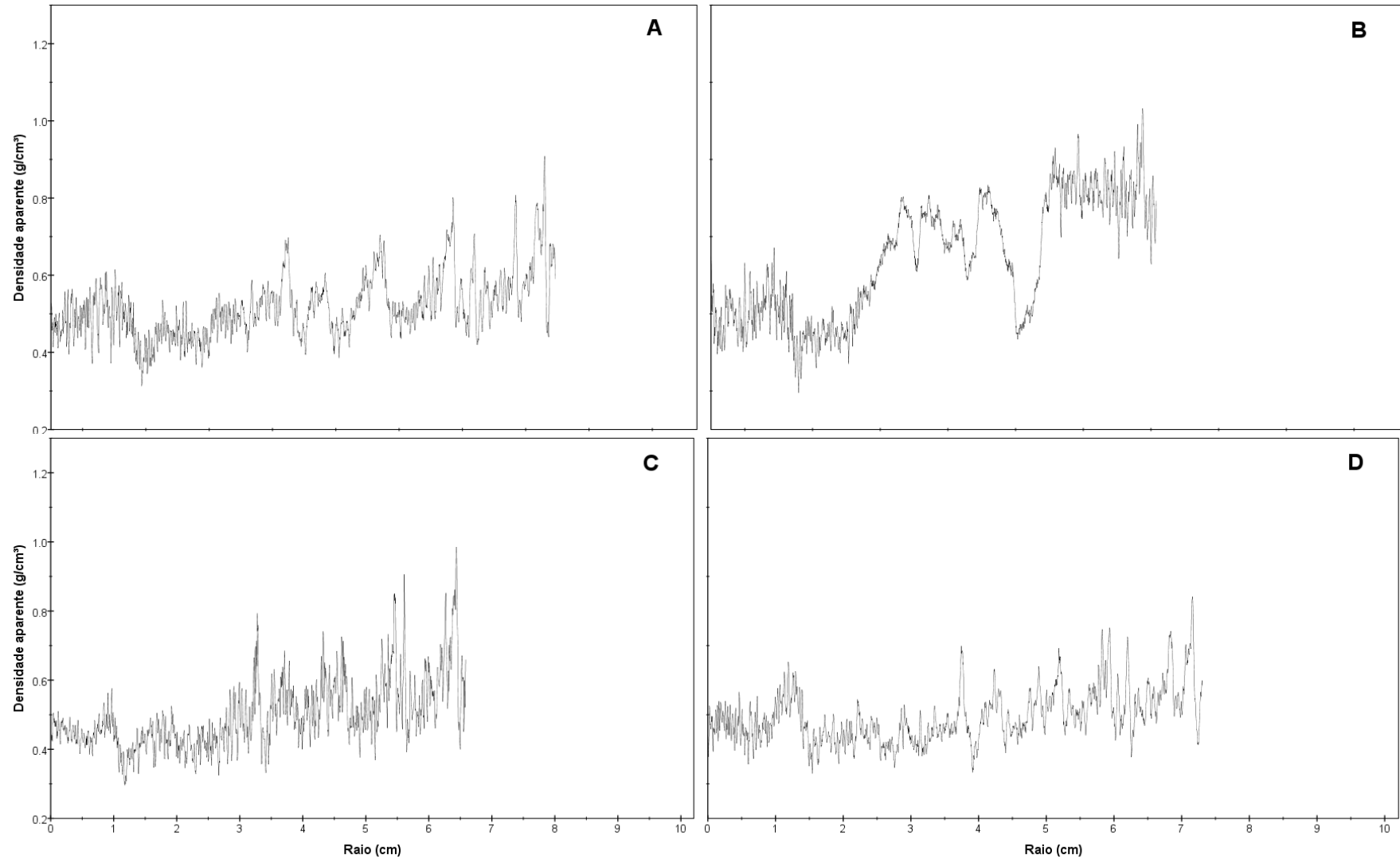


Figura – Perfil radial de densidade aparente do lenho de árvores de *Eucalyptus urophylla*: Progênie 27, árvore 5 (raio 1, A; raio 2, B); árvore 6 (raio 1, C; raio 2, D)

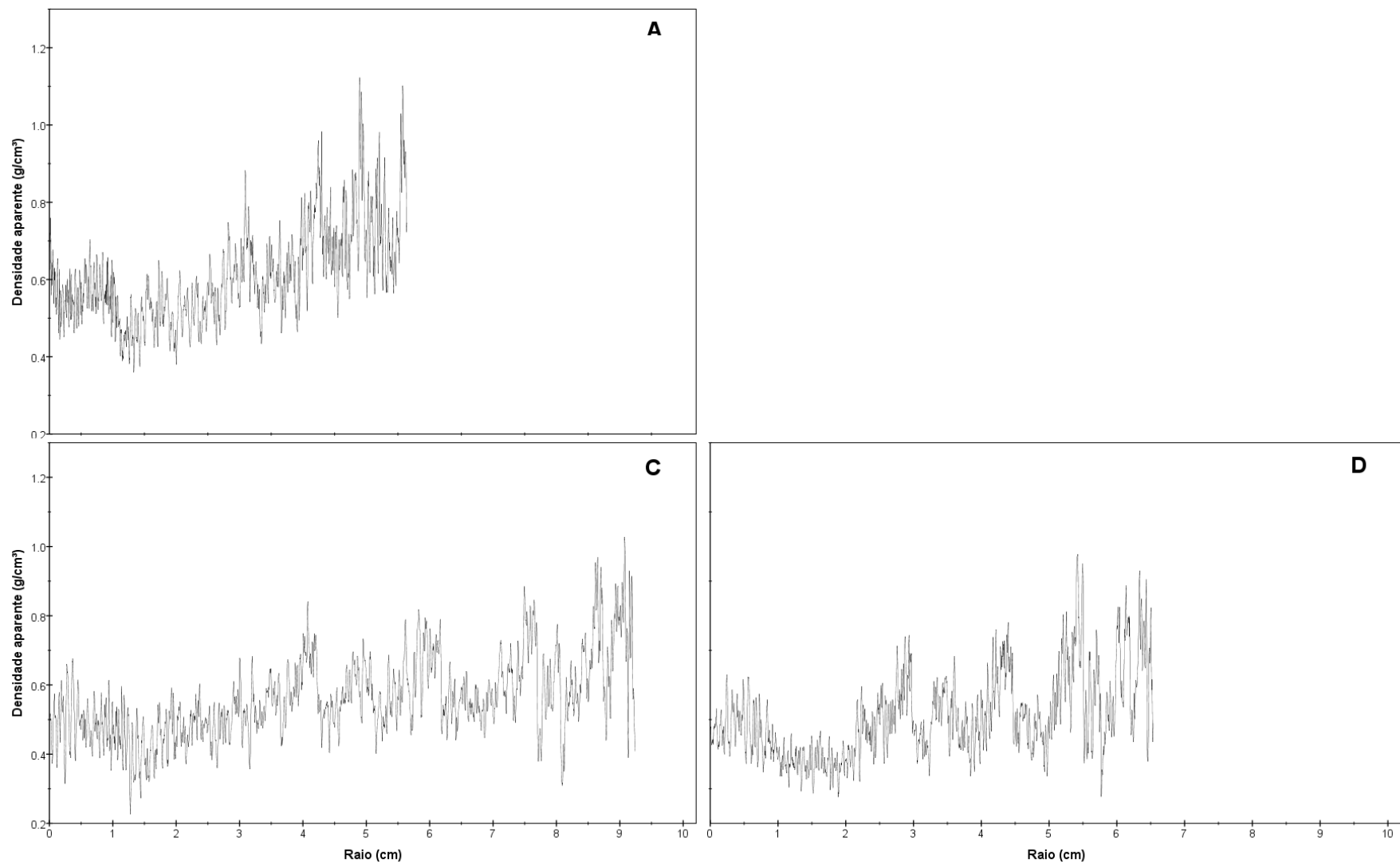


Figura – Perfil radial de densidade aparente do lenho de árvores de *Eucalyptus urophylla*: Progênie 27, árvore 2 (raio 1, A; raio 2, B); árvore 3 (raio 1, C; raio 2, D)

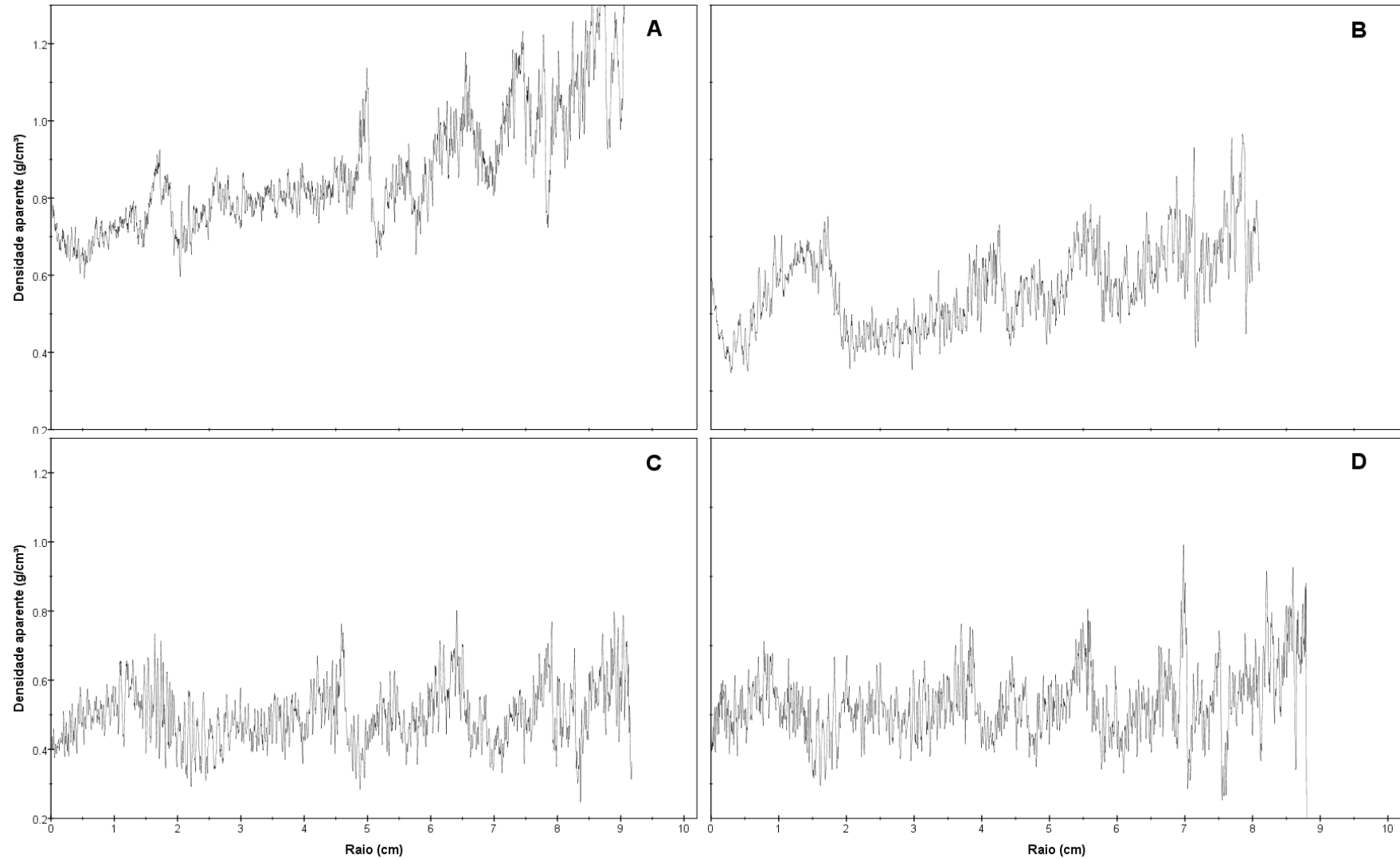


Figura – Perfil radial de densidade aparente do lenho de árvores de *Eucalyptus urophylla*: Progenie 27, árvore 4 (raio 1, A; raio 2, B); árvore 6 (raio 1, C; raio 2, D)

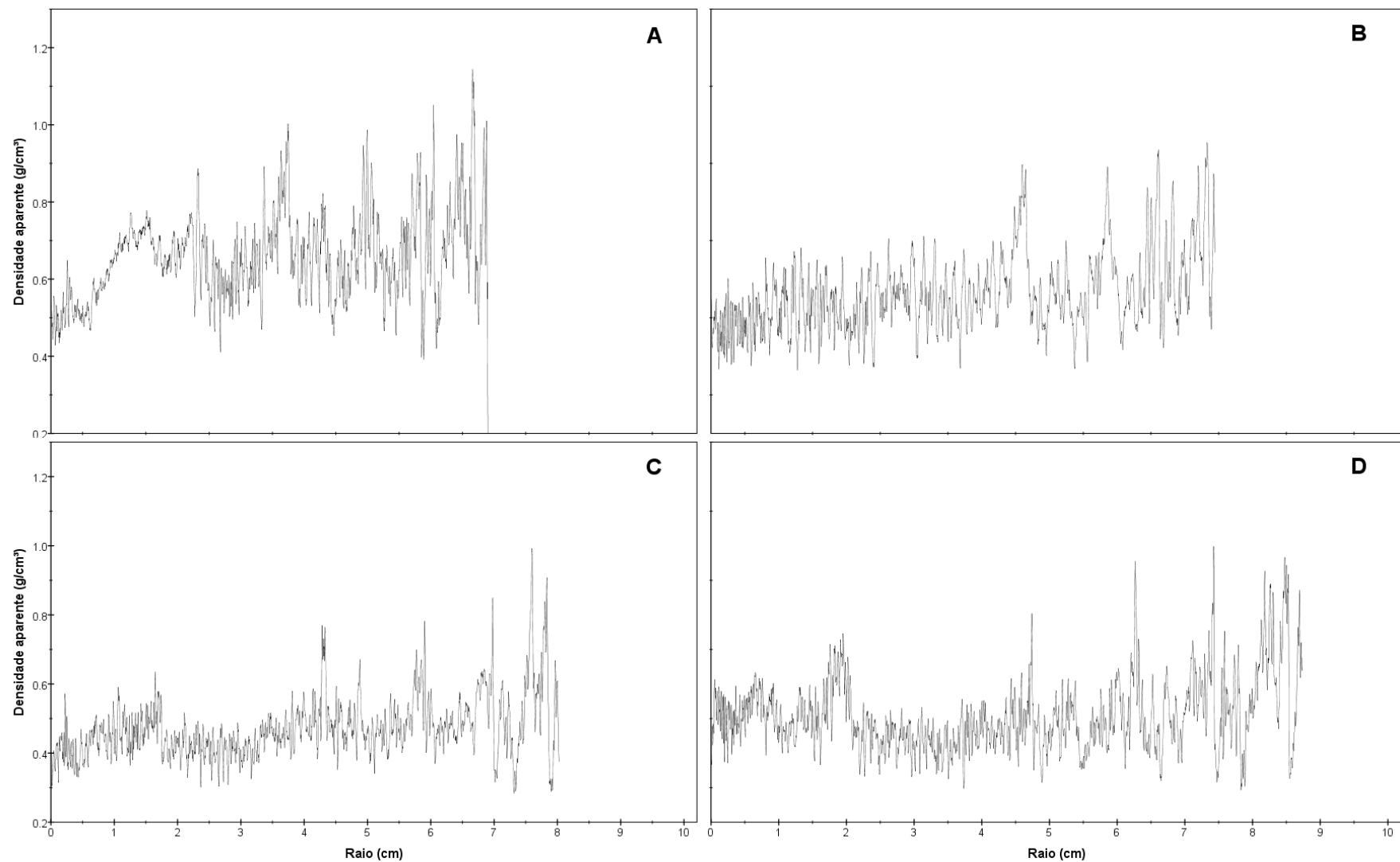


Figura – Perfil radial de densidade aparente do lenho de árvores de *Eucalyptus urophylla*: Progenie 27, árvore 1 (raio 1, A; raio 2, B); árvore 2 (raio 1, C; raio 2, D)

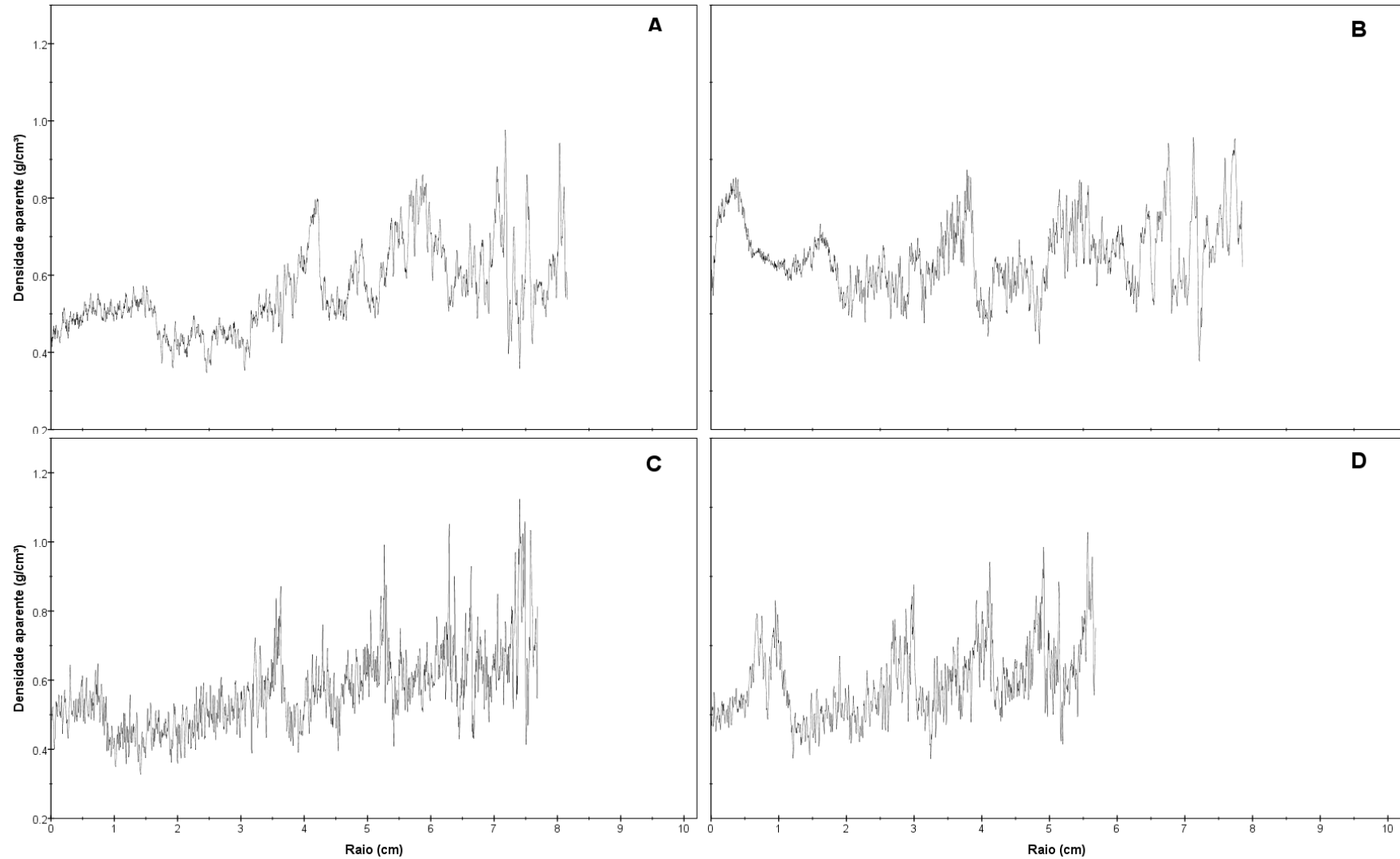


Figura – Perfil radial de densidade aparente do lenho de árvores de *Eucalyptus urophylla*: Progênie 27, árvore 3 (raio 1, A; raio 2, B); árvore 4 (raio 1, C; raio 2, D)



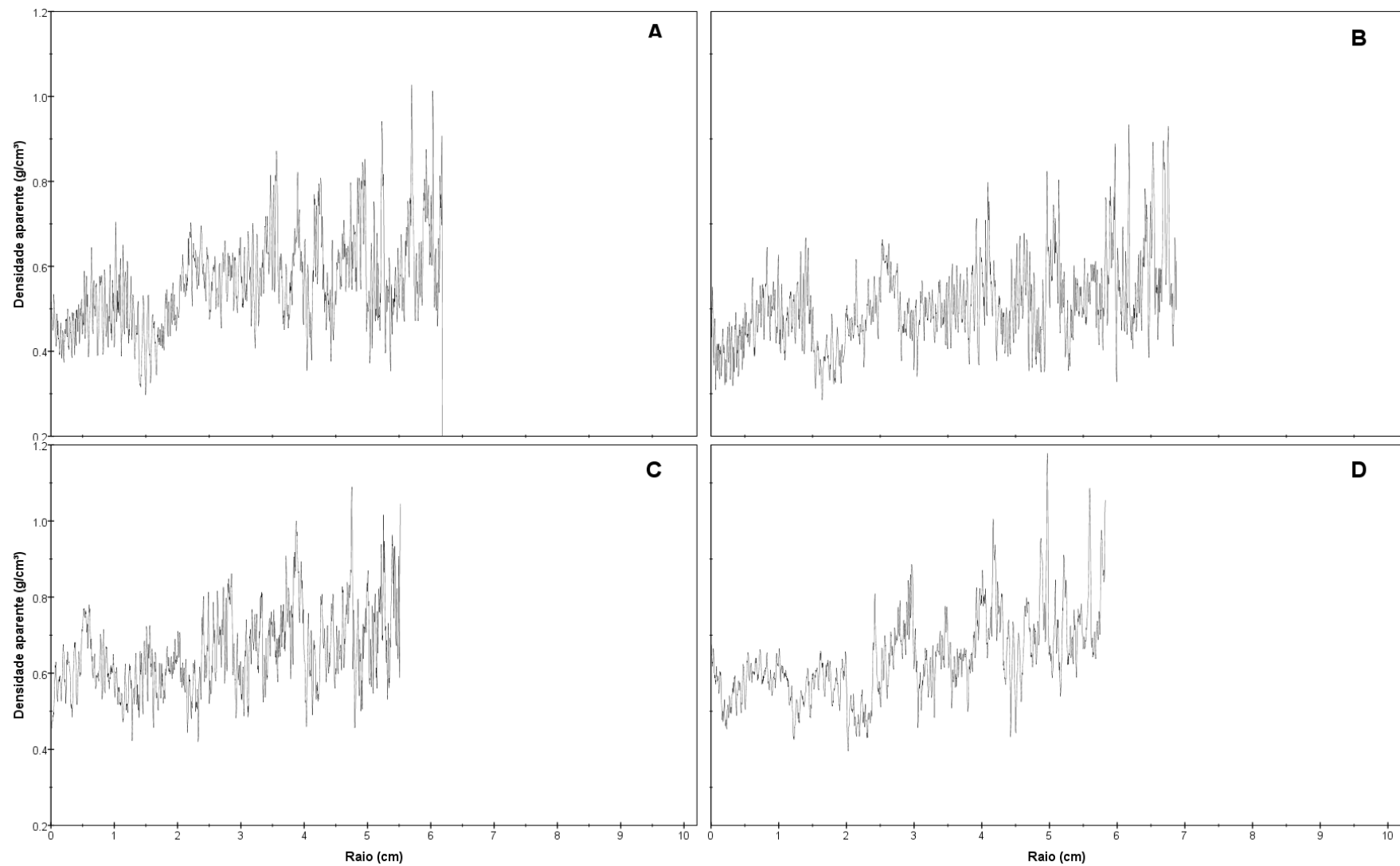


Figura – Perfil radial de densidade aparente do lenho de árvores de *Eucalyptus urophylla*: Progênie 41, árvore 1 (raio 1, A; raio 2, B); árvore 2 (raio 1, C; raio 2, D)

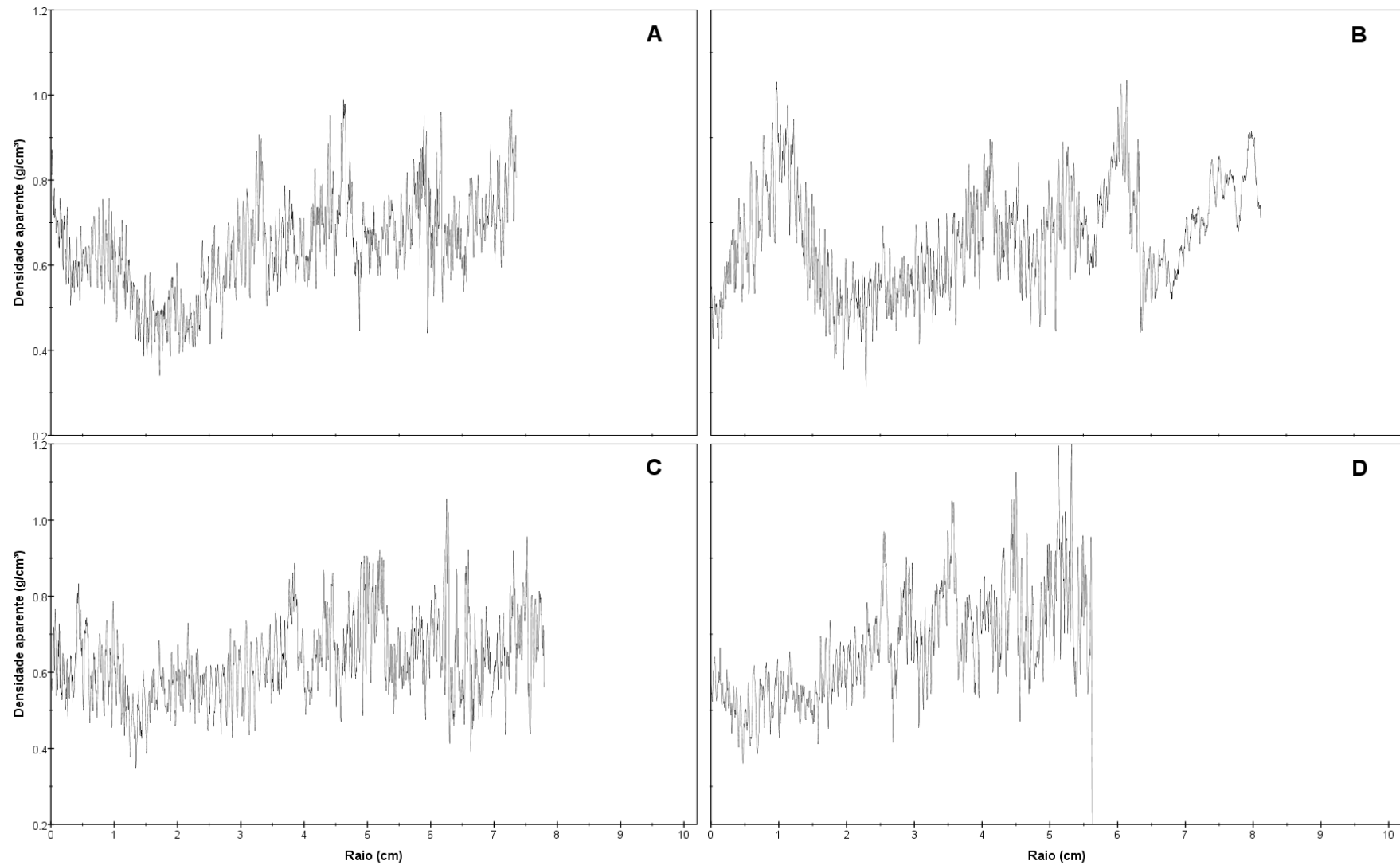


Figura – Perfil radial de densidade aparente do lenho de árvores de *Eucalyptus urophylla*: Progênie 41, árvore 3 (raio 1, A; raio 2, B); árvore 4 (raio 1, C; raio 2, D)

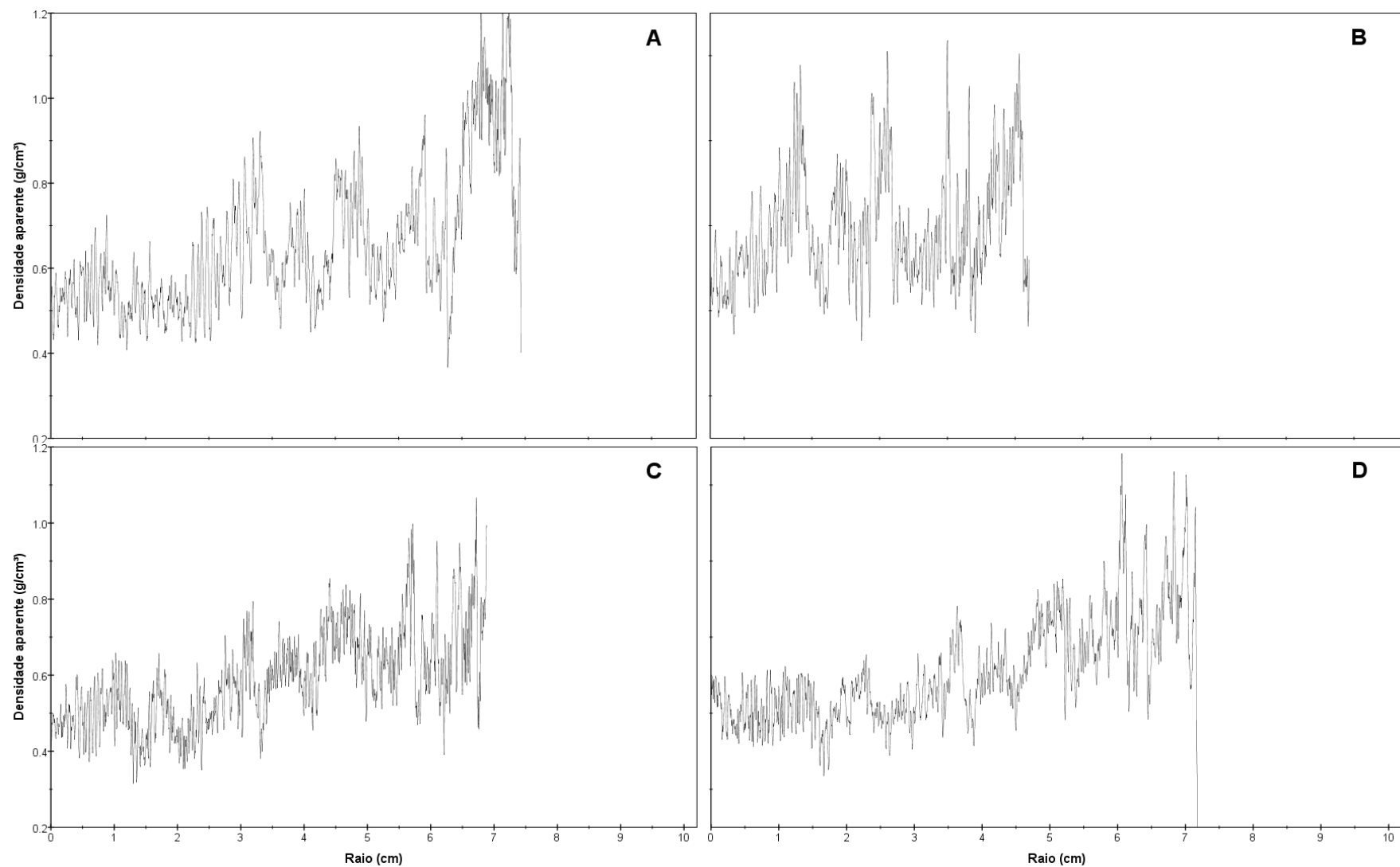


Figura – Perfil radial de densidade aparente do lenho de árvores de *Eucalyptus urophylla*: Progênie 41, árvore 2 (raio 1); árvore 3 (raio 1); árvore 4 (raio 1, C; raio 2, D)

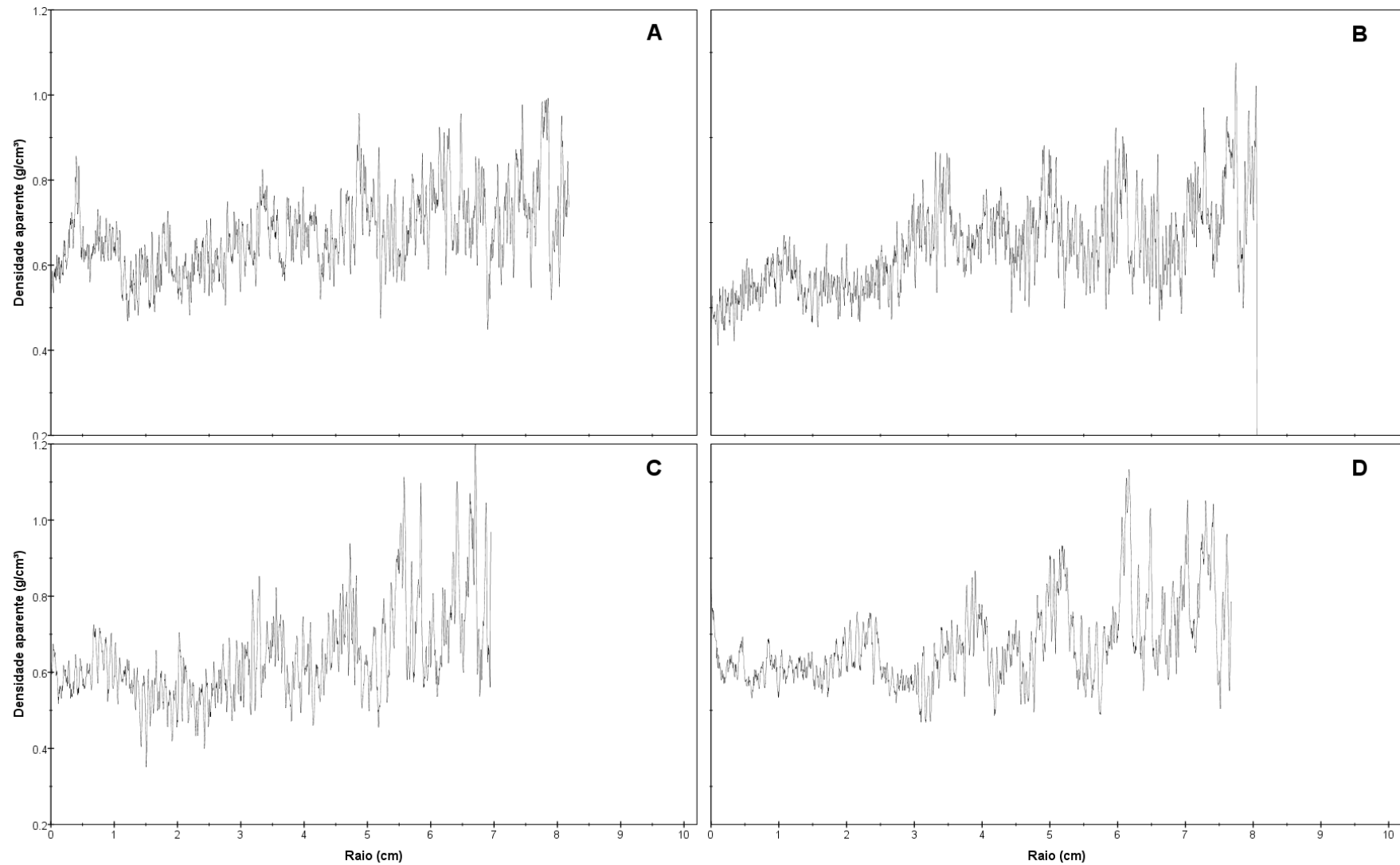


Figura – Perfil radial de densidade aparente do lenho de árvores de *Eucalyptus urophylla*: Progenie 41, árvore 5 (raio 1, A; raio 2, B); árvore 6 (raio 1, C; raio 2, D)

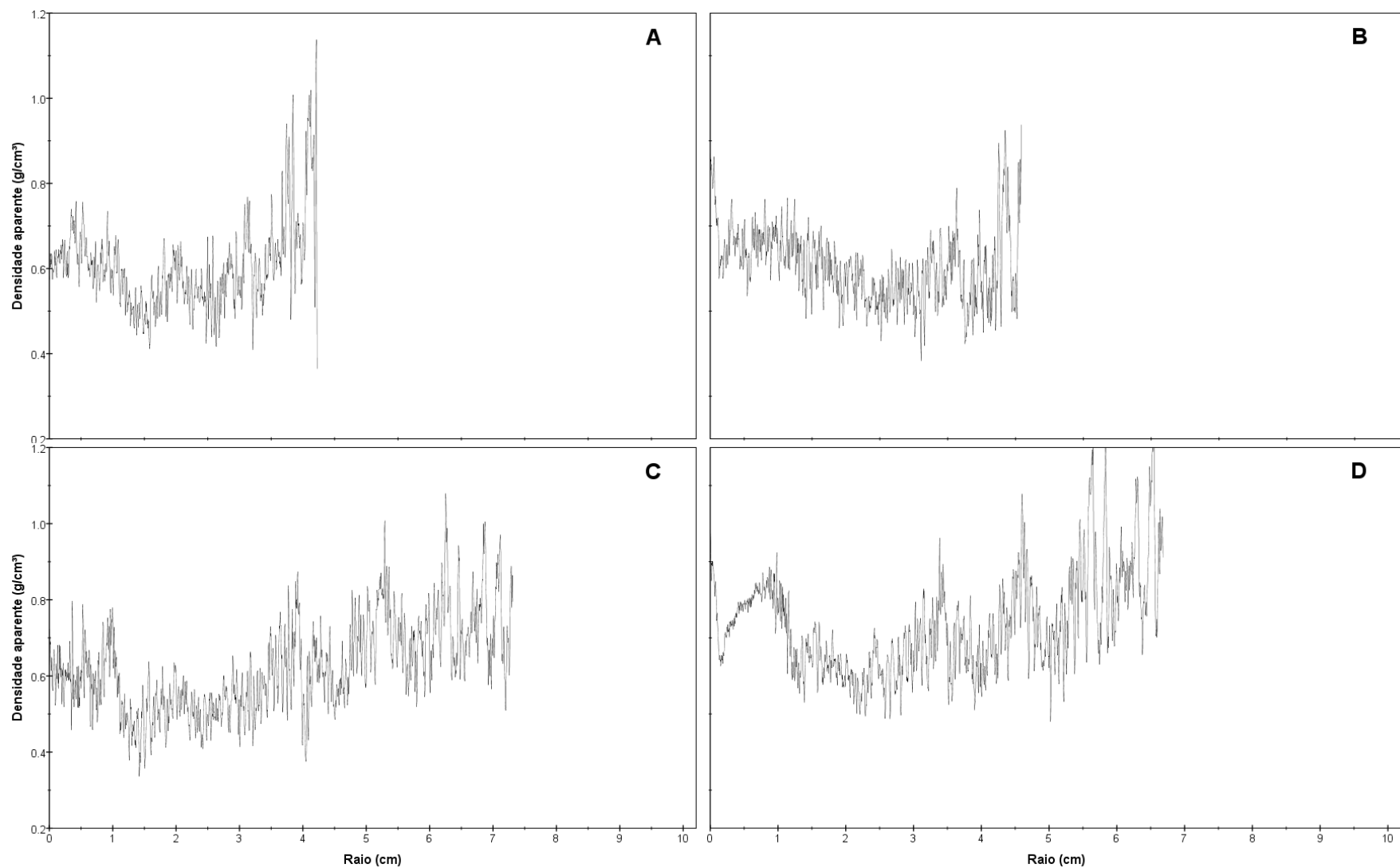


Figura – Perfil radial de densidade aparente do lenho de árvores de *Eucalyptus urophylla*: Progênie 41, árvore 1 (raio 1, A; raio 2, B); árvore 3 (raio 1, C; raio 2, D)

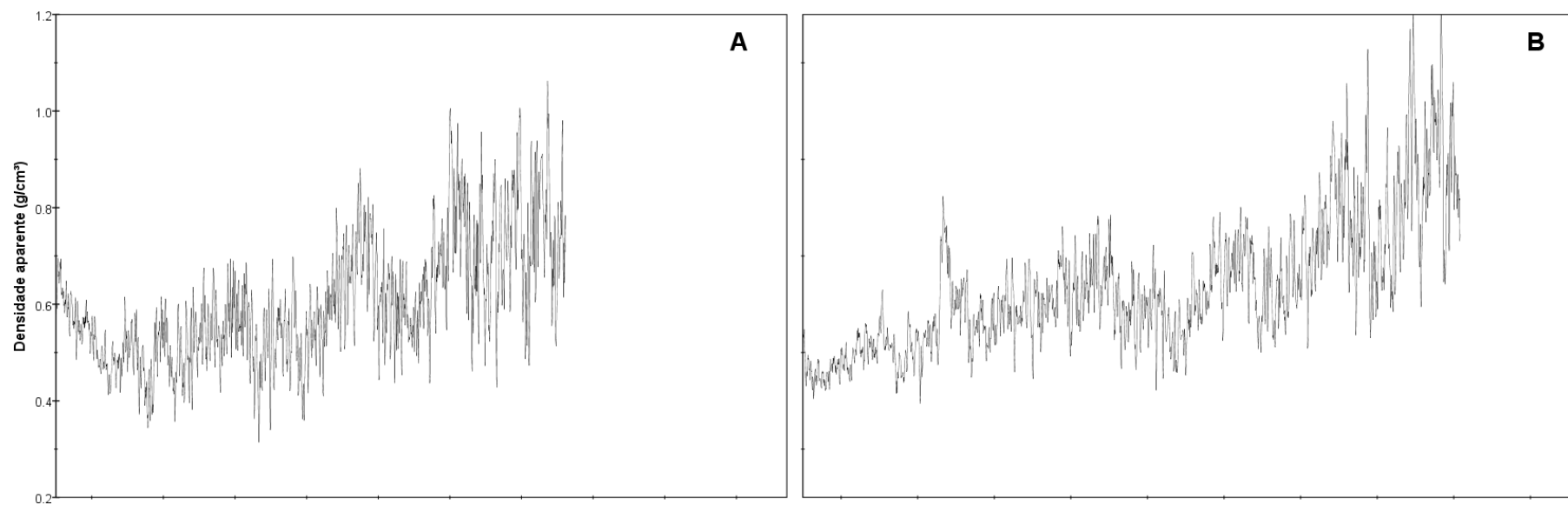


Figura – Perfil radial de densidade aparente do lenho de árvores de *Eucalyptus urophylla*: Progênie 41, árvore 4 (raio 1, A; raio 2, B)

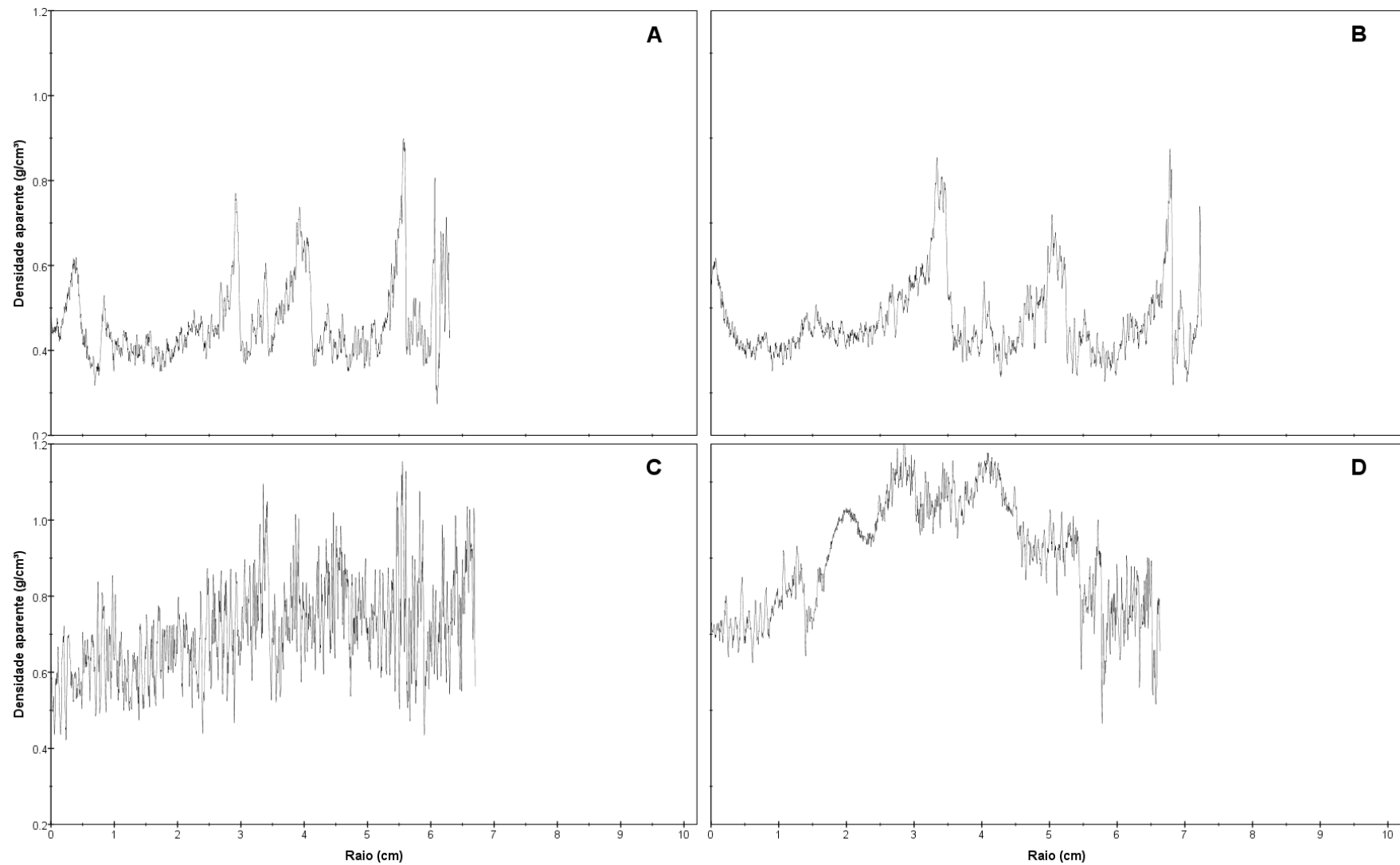


Figura – Perfil radial de densidade aparente do lenho de árvores de *Eucalyptus urophylla*: Progenie 49, árvore 3 (raio 1, A; raio 2, B); árvore 4 (raio 1, C; raio 2, D)

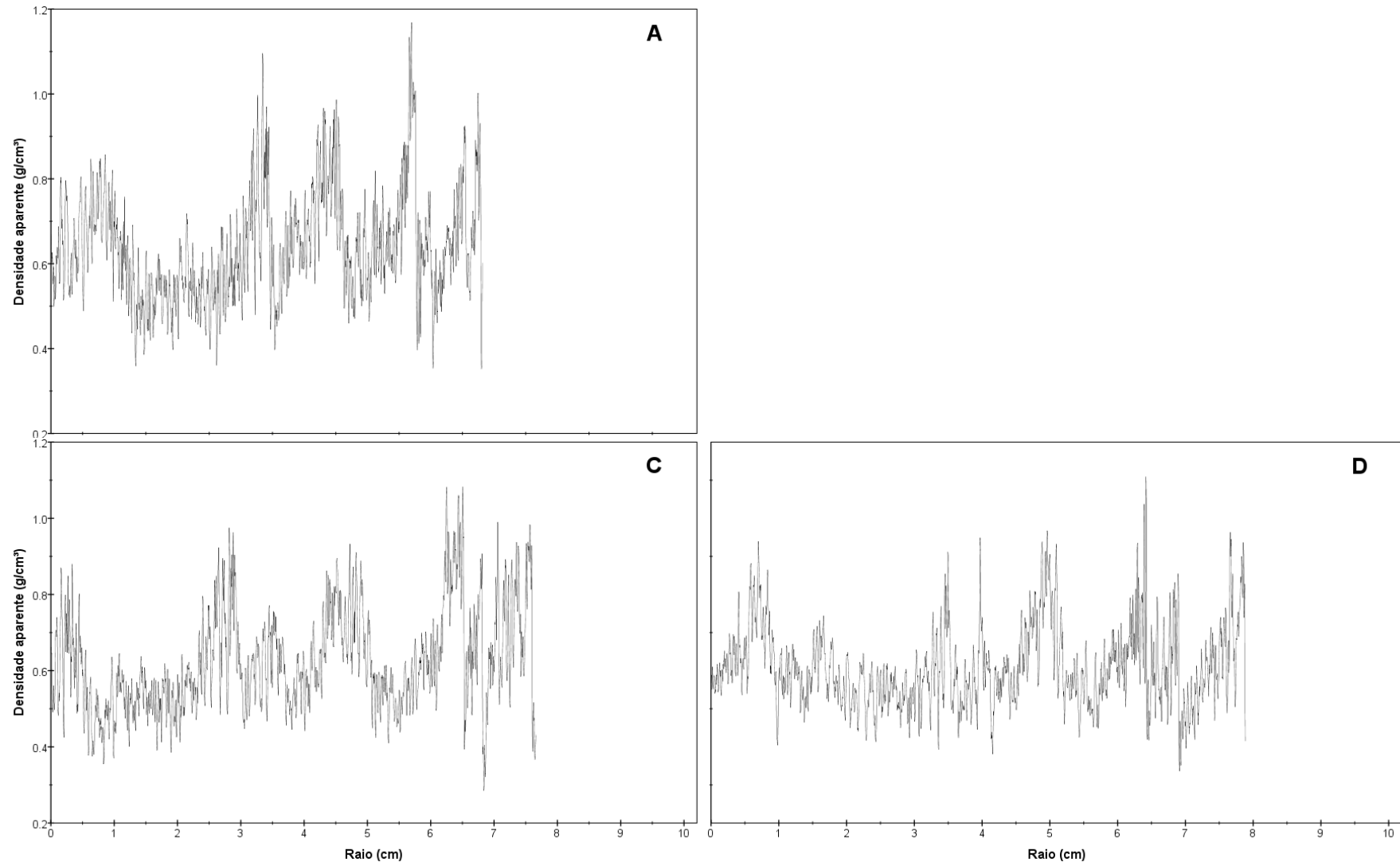


Figura – Perfil radial de densidade aparente do lenho de árvores de *Eucalyptus urophylla*: Progênie 49, árvore 5 (raio 1, A); árvore 6 (raio 1, C; raio 2, D)



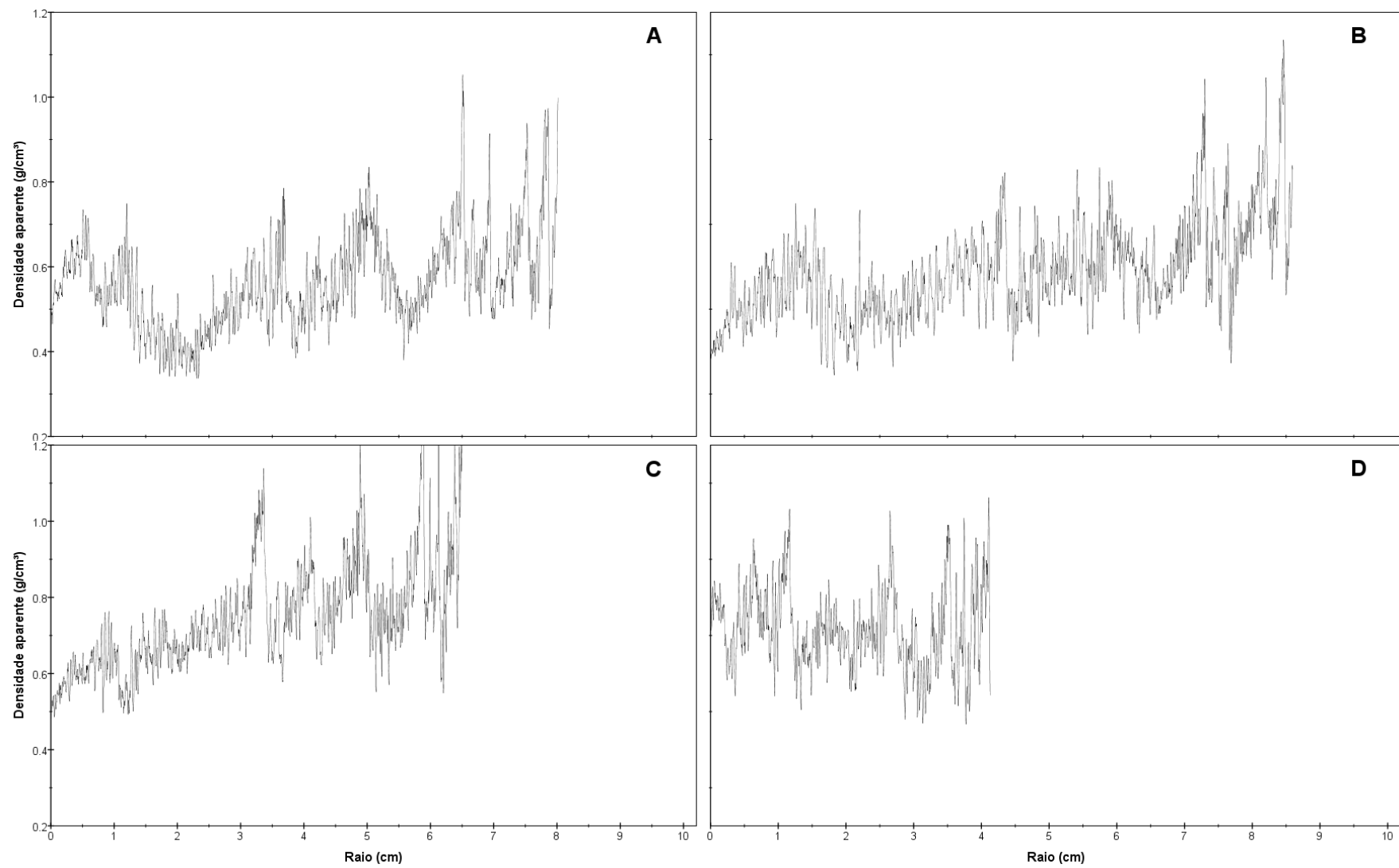


Figura – Perfil radial de densidade aparente do lenho de árvores de *Eucalyptus urophylla*: Progênie 49, árvore 1 (raio 1, A; raio 2, B); árvore 4 (raio 1, C; raio 2, D)

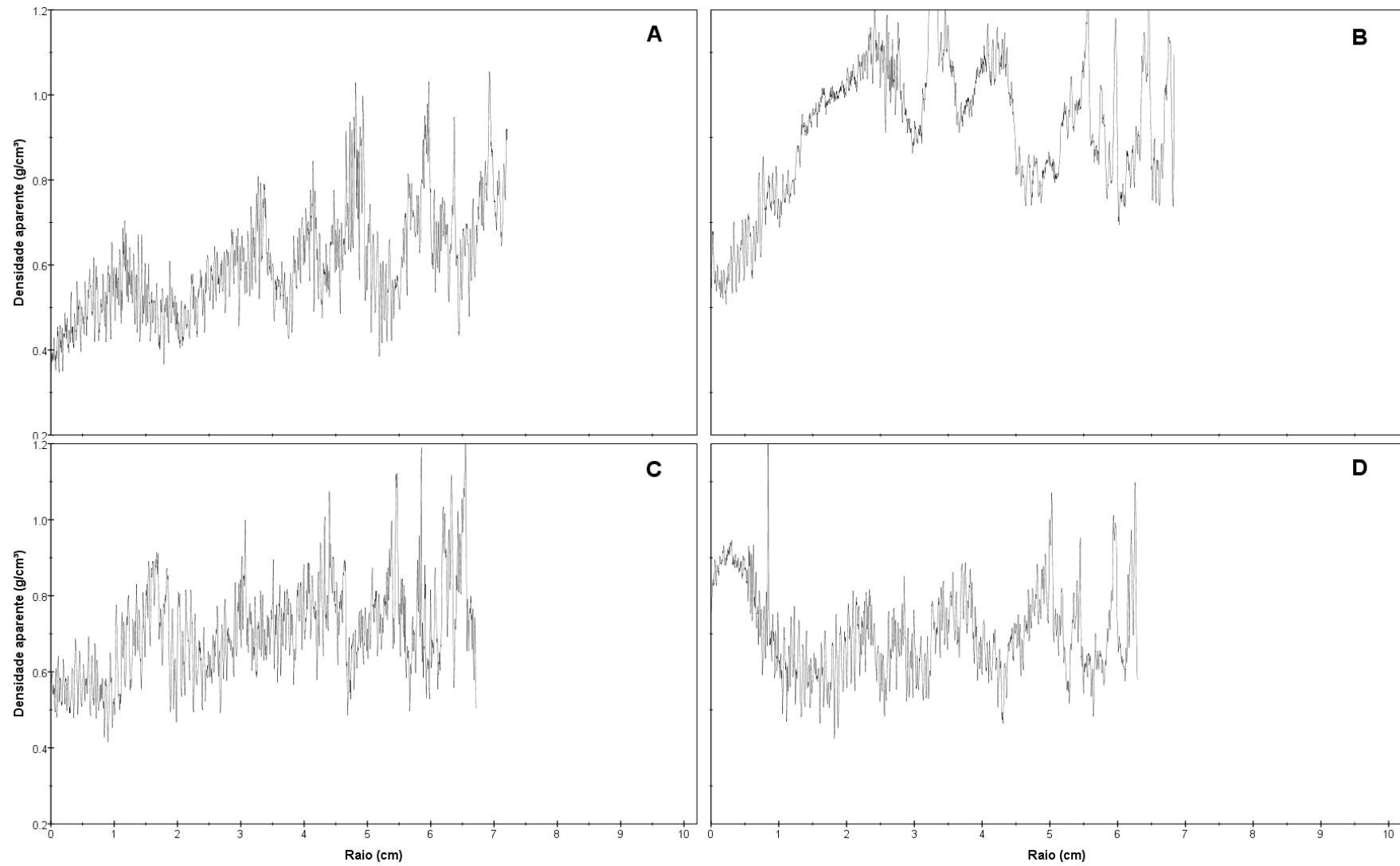


Figura – Perfil radial de densidade aparente do lenho de árvores de *Eucalyptus urophylla*: Progenie 49, árvore 5 (raio 1, A; raio 2, B); árvore 1 (raio 1, C; raio 2, D)

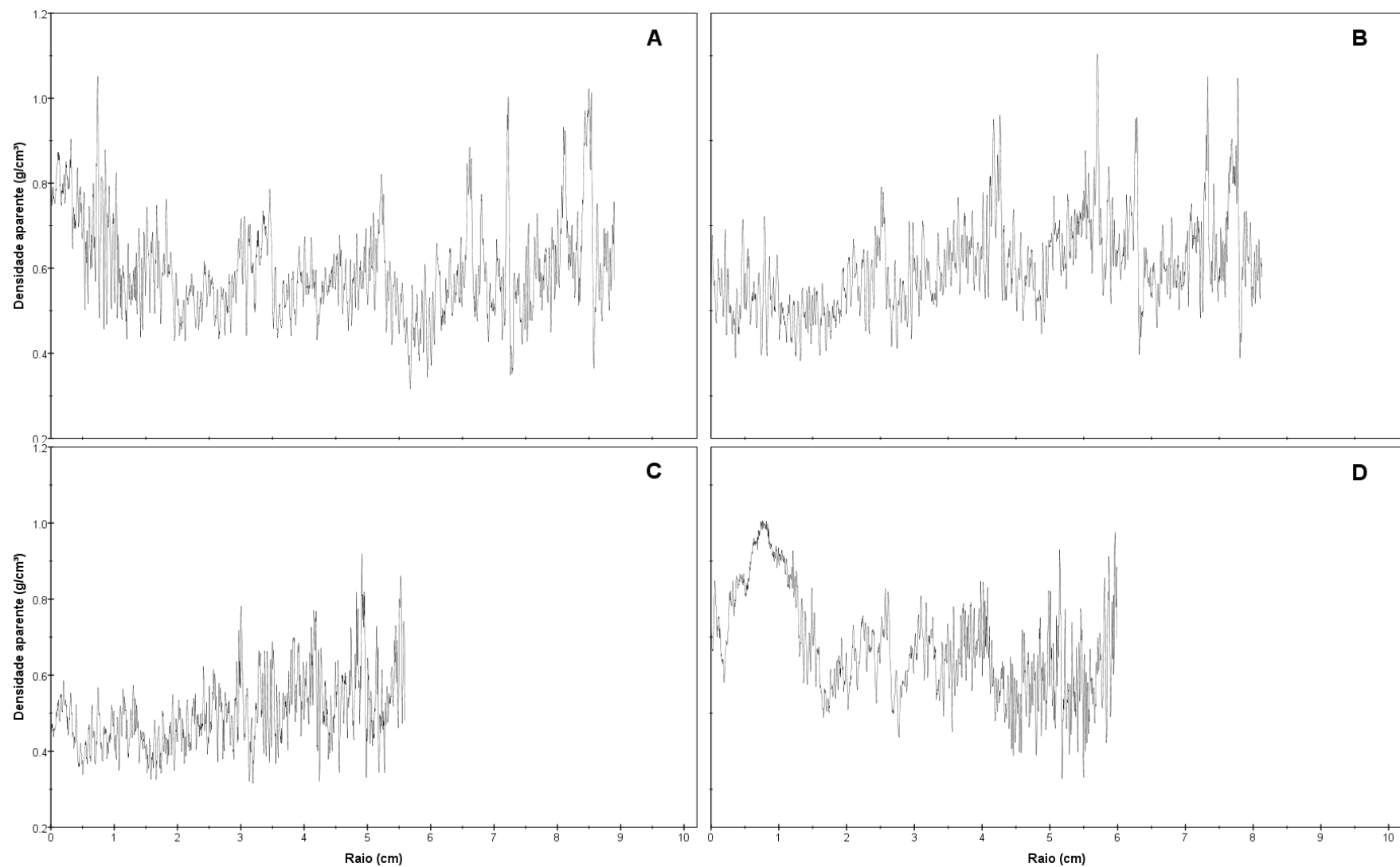


Figura – Perfil radial de densidade aparente do lenho de árvores de *Eucalyptus urophylla*: Progênie 49, árvore 3 (raio 1, A; raio 5, B); árvore 5 (raio 1, C; raio 2, D)

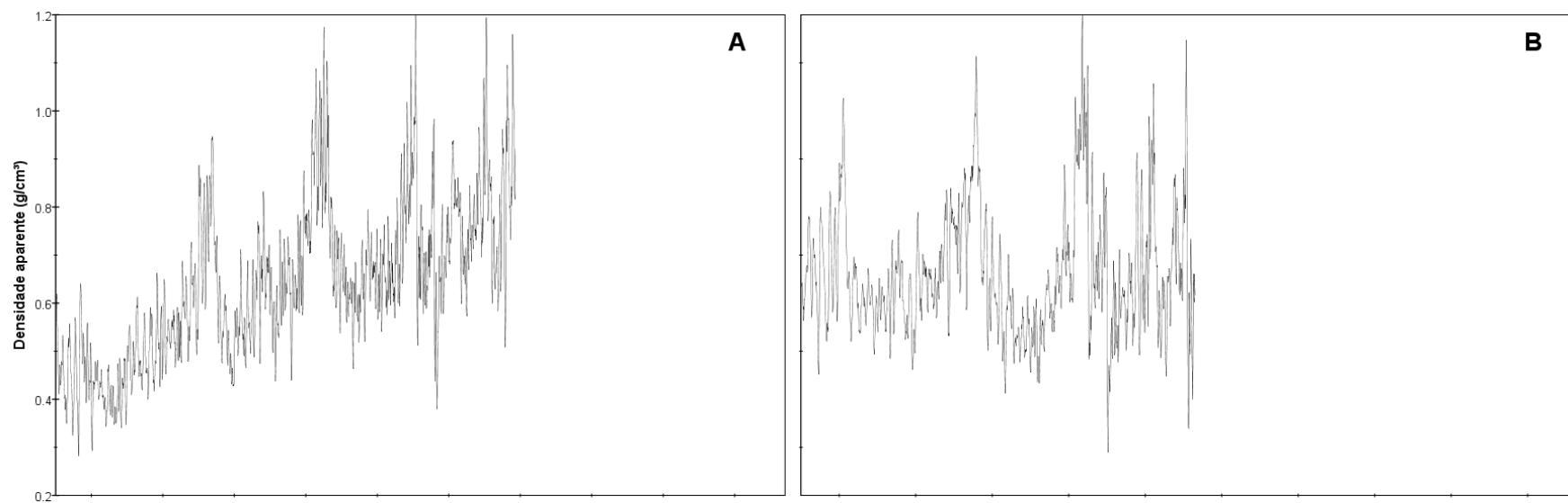


Figura – Perfil radial de densidade aparente do lenho de árvores de *Eucalyptus urophylla*: Progênie 49, árvore 6 (raio 1, A; raio 5, B)

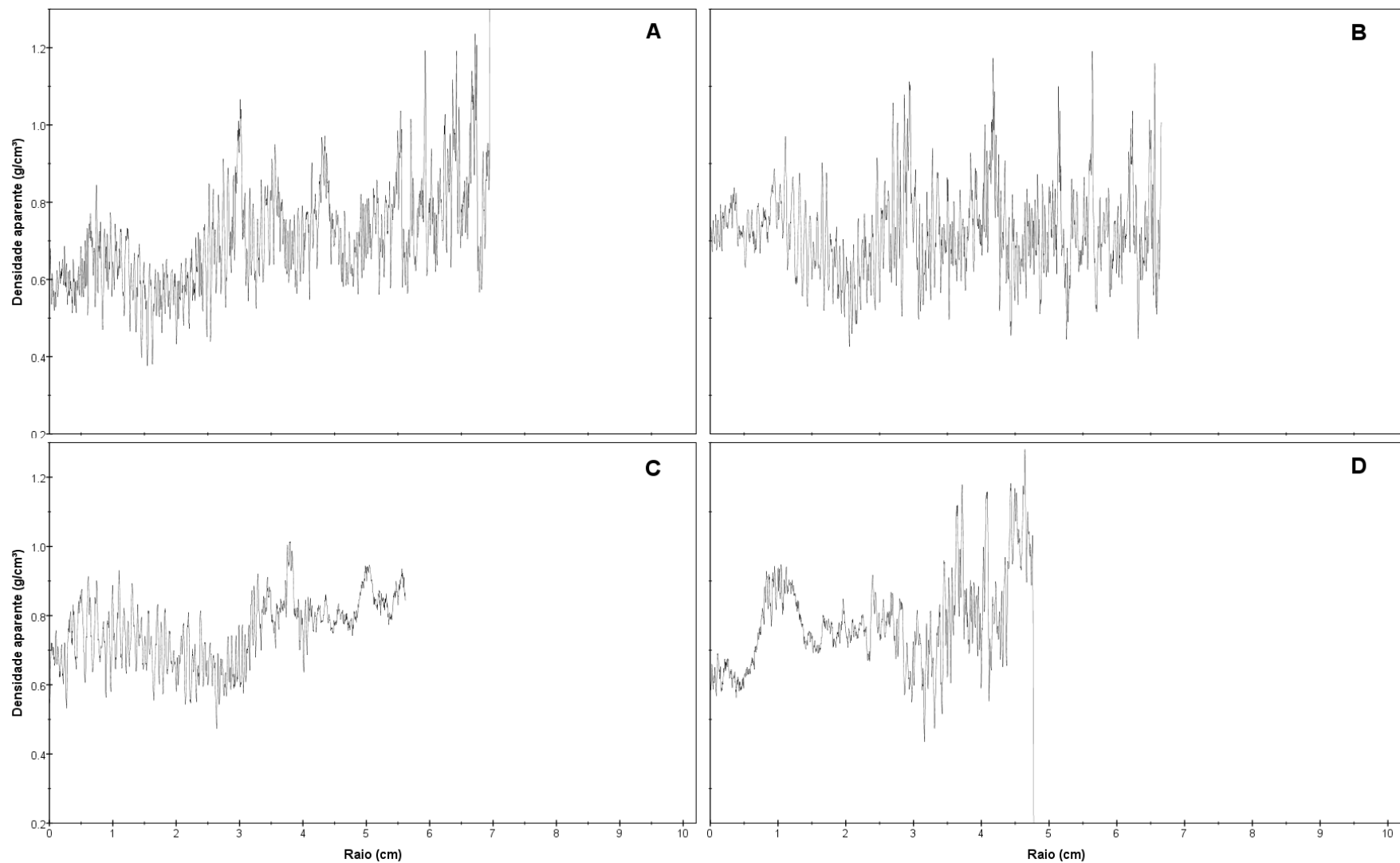


Figura – Perfil radial de densidade aparente do lenho de árvores de *Eucalyptus urophylla*: Progênie 66, árvore 1 (raio 1, A; raio 2, B); árvore 3 (raio 1, C; raio 2, D)

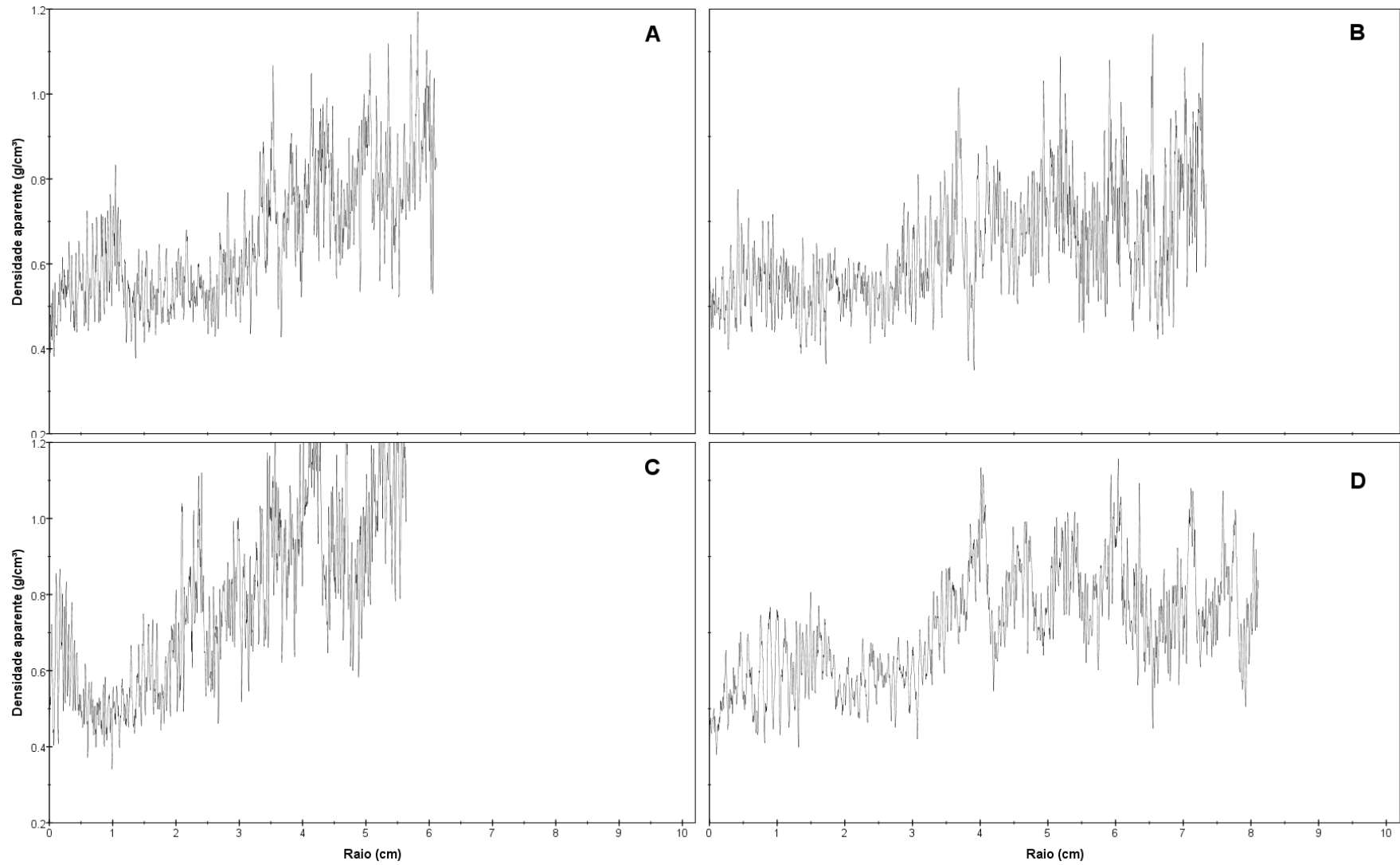


Figura – Perfil radial de densidade aparente do lenho de árvores de *Eucalyptus urophylla*: Progenie 66, árvore 5 (raio 1, A; raio 2, B); árvore 6 (raio 1, C; raio 2, D)

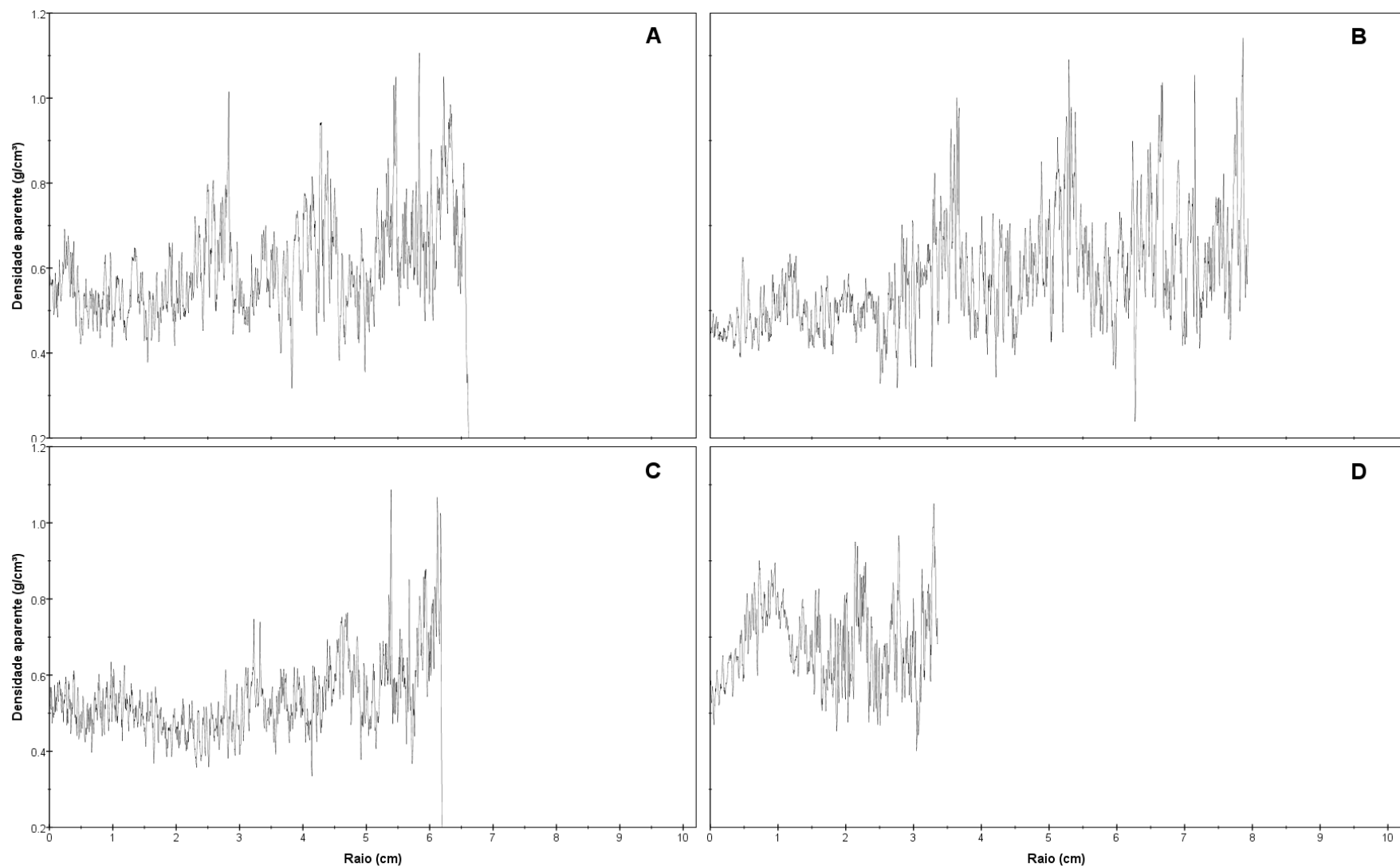


Figura – Perfil radial de densidade aparente do lenho de árvores de *Eucalyptus urophylla*: Progenie 66, árvore 3 (raio 1, A; raio 2, B); árvore 4 (raio 1, C; raio 2, D)

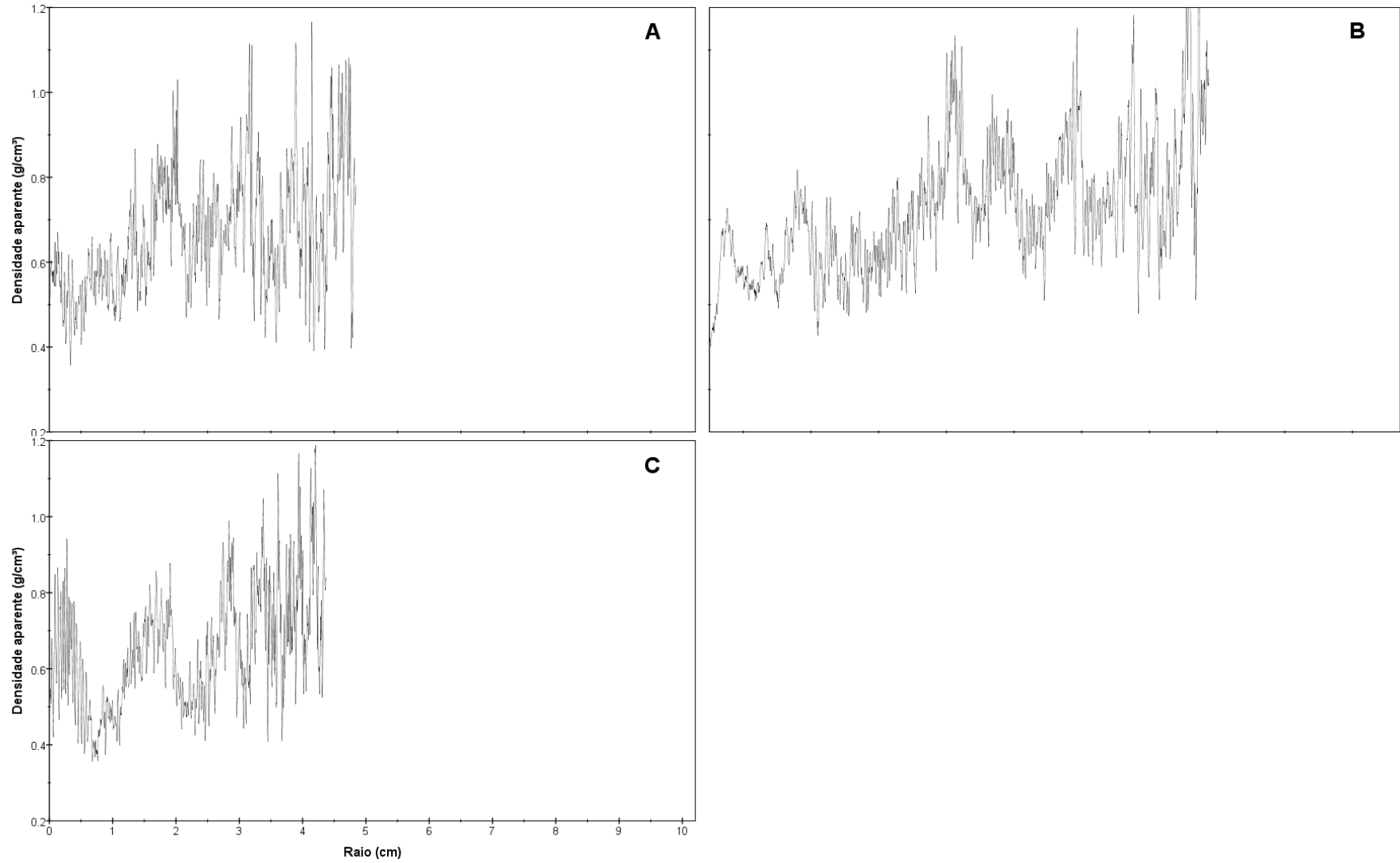


Figura – Perfil radial de densidade aparente do lenho de árvores de *Eucalyptus urophylla*: Progênie 66, árvore 5 (raio 1, A; raio 2, B); árvore 1 (raio 1, C)



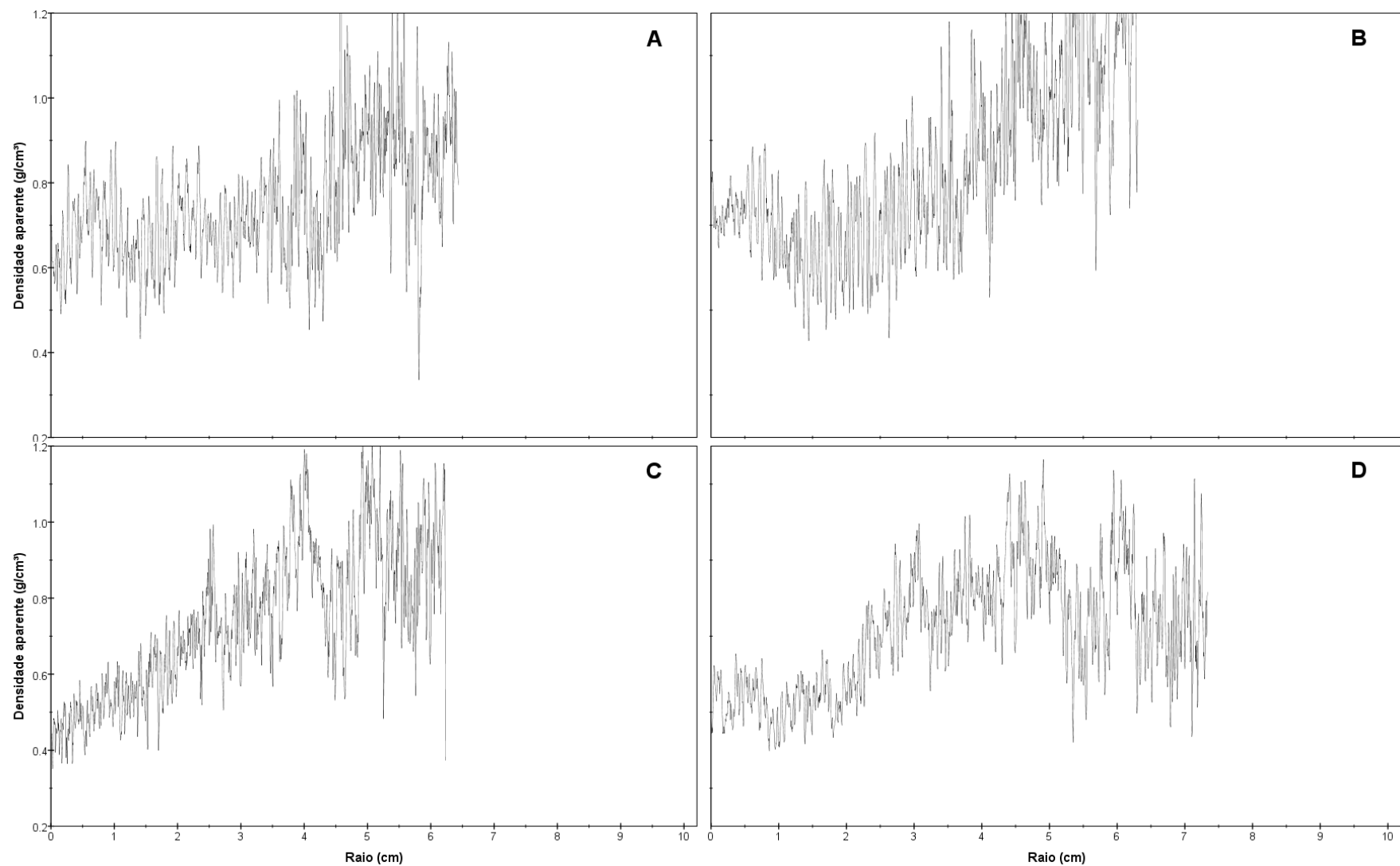


Figura – Perfil radial de densidade aparente do lenho de árvores de *Eucalyptus urophylla*: Progênie 66, árvore 2 (raio 1, A; raio 2, B); árvore 5 (raio 1, C; raio 2, D)

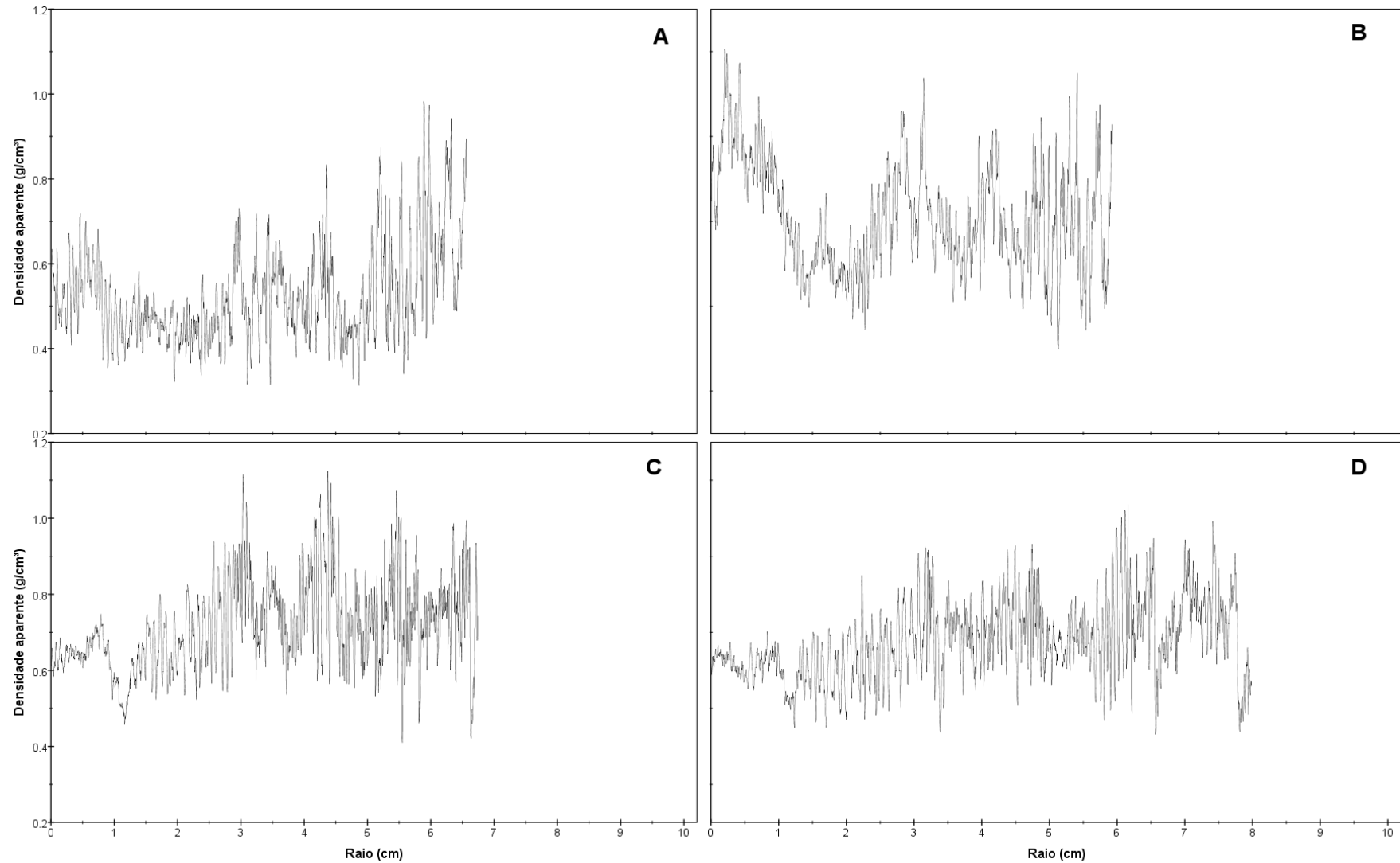


Figura – Perfil radial de densidade aparente do lenho de árvores de *Eucalyptus urophylla*: Progenie 66, árvore 6 (raio 1, A; raio 2, B); Progenie 73, árvore 5 (raio 1, C; raio 2, D)

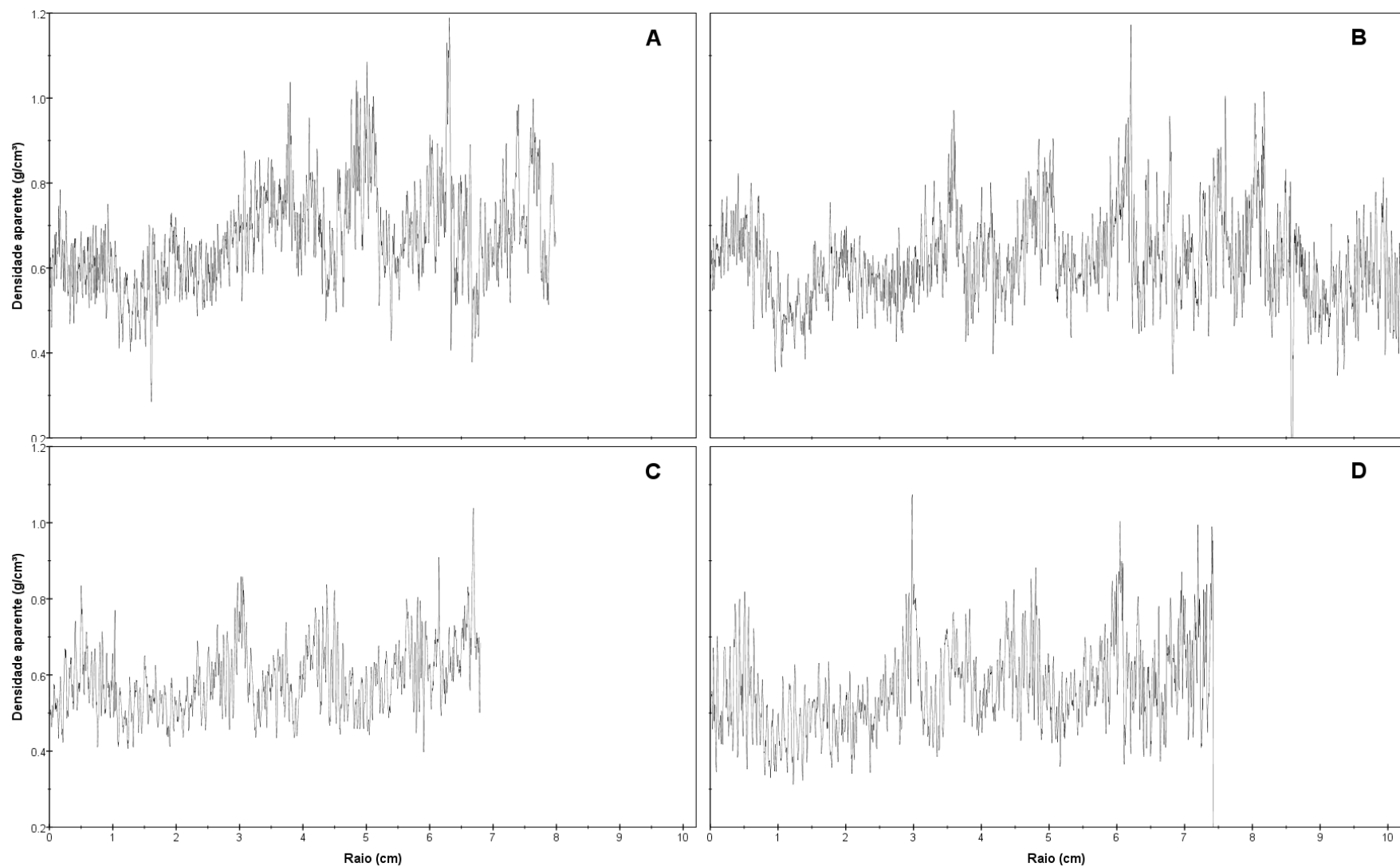


Figura – Perfil radial de densidade aparente do lenho de árvores de *Eucalyptus urophylla*: Progenie 73, árvore 3 (raio 1, A; raio 2, B); árvore 1 (raio 1, C; raio 2, D)

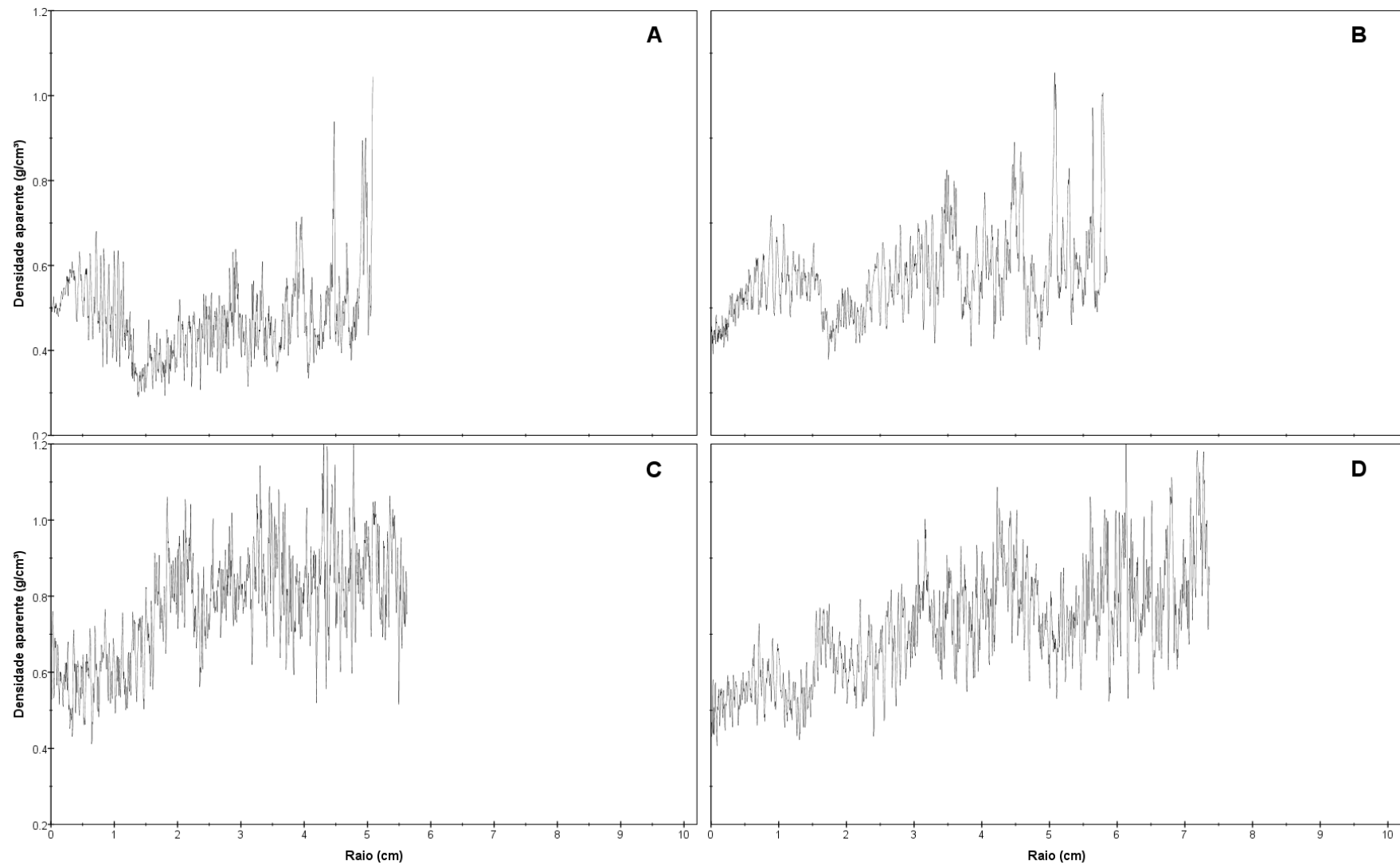


Figura – Perfil radial de densidade aparente do lenho de árvores de *Eucalyptus urophylla*: Progênie 73, árvore 4 (raio 1, A; raio 2, B); árvore 5 (raio 1, C; raio 2, D)

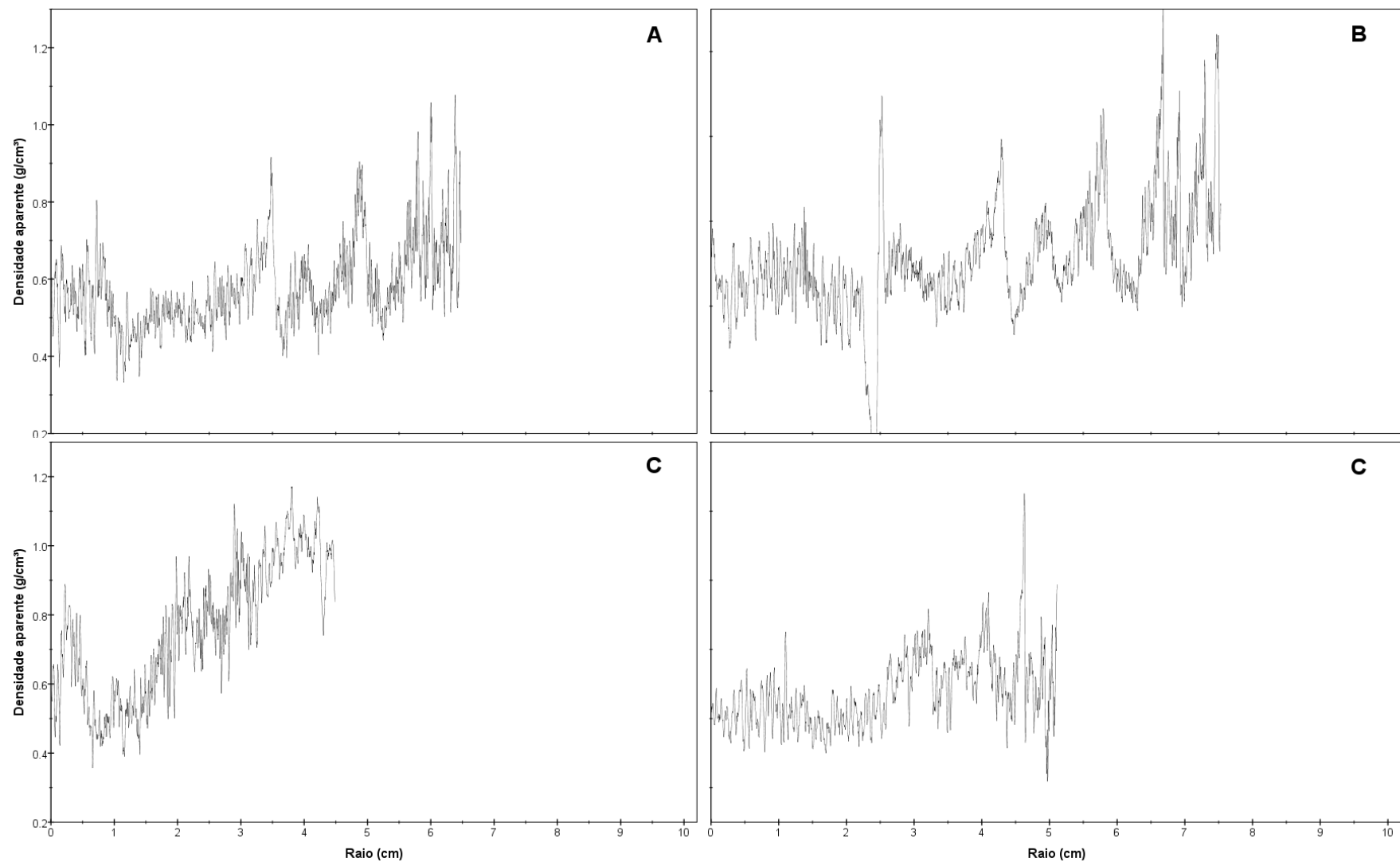


Figura – Perfil radial de densidade aparente do lenho de árvores de *Eucalyptus urophylla*: Progênie 73, árvore 3 (raio 1, A; raio 2, B); árvore 4 (raio 1, C; raio 2, D)

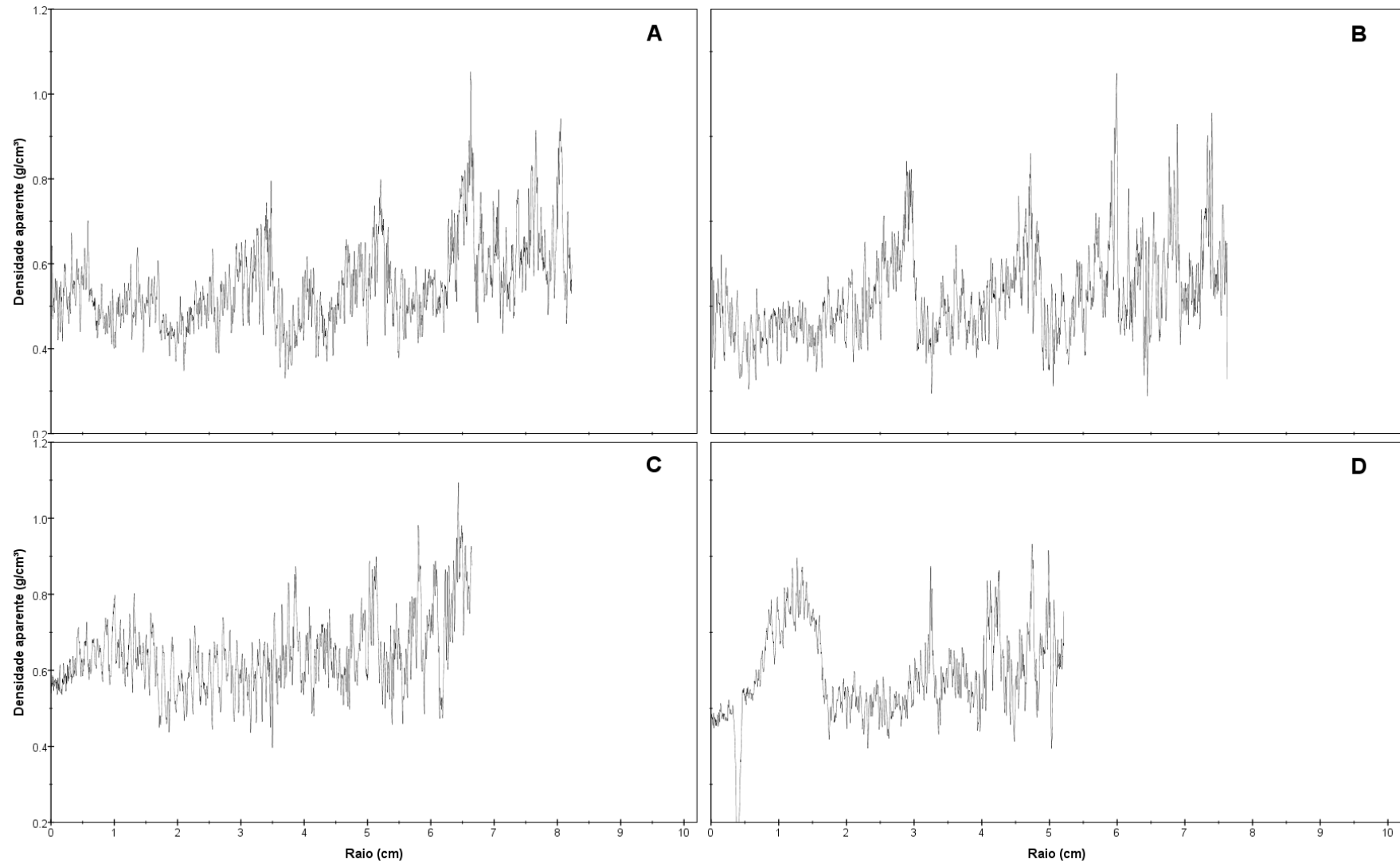


Figura – Perfil radial de densidade aparente do lenho de árvores de *Eucalyptus urophylla*: Progênie 73, árvore 6 (raio 1, A; raio 2, B); Progênie 81, árvore 1 (raio 1, C; raio 2, D)

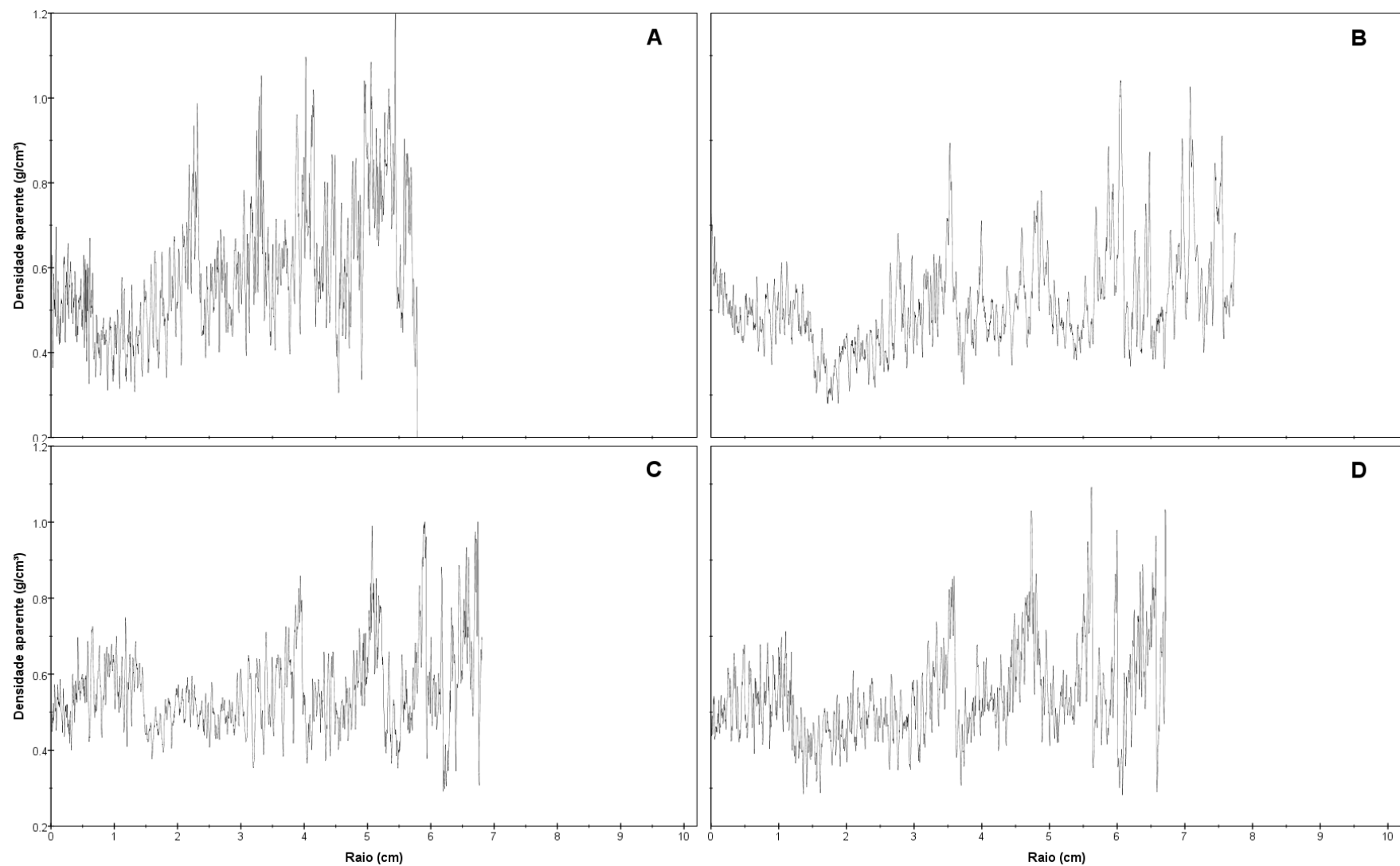


Figura – Perfil radial de densidade aparente do lenho de árvores de *Eucalyptus urophylla*: Progênie 81, árvore 3 (raio 1, A; raio 2, B); árvore 4 (raio 1, C; raio 2, D)

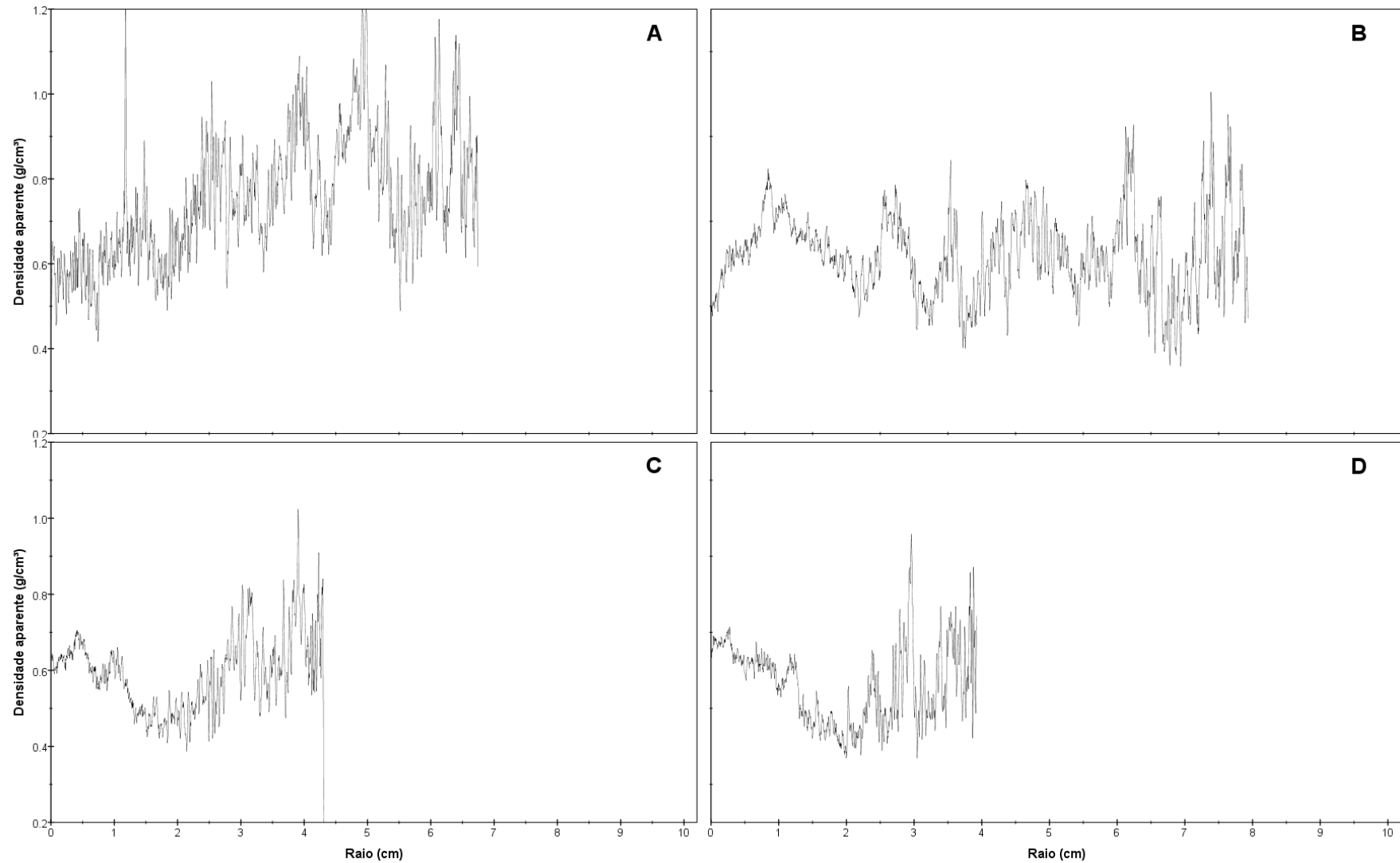


Figura – Perfil radial de densidade aparente do lenho de árvores de *Eucalyptus urophylla*: Progenie 81, árvore 2 (raio 1, A; raio 2, B); árvore 5 (raio 1, C; raio 2, D)



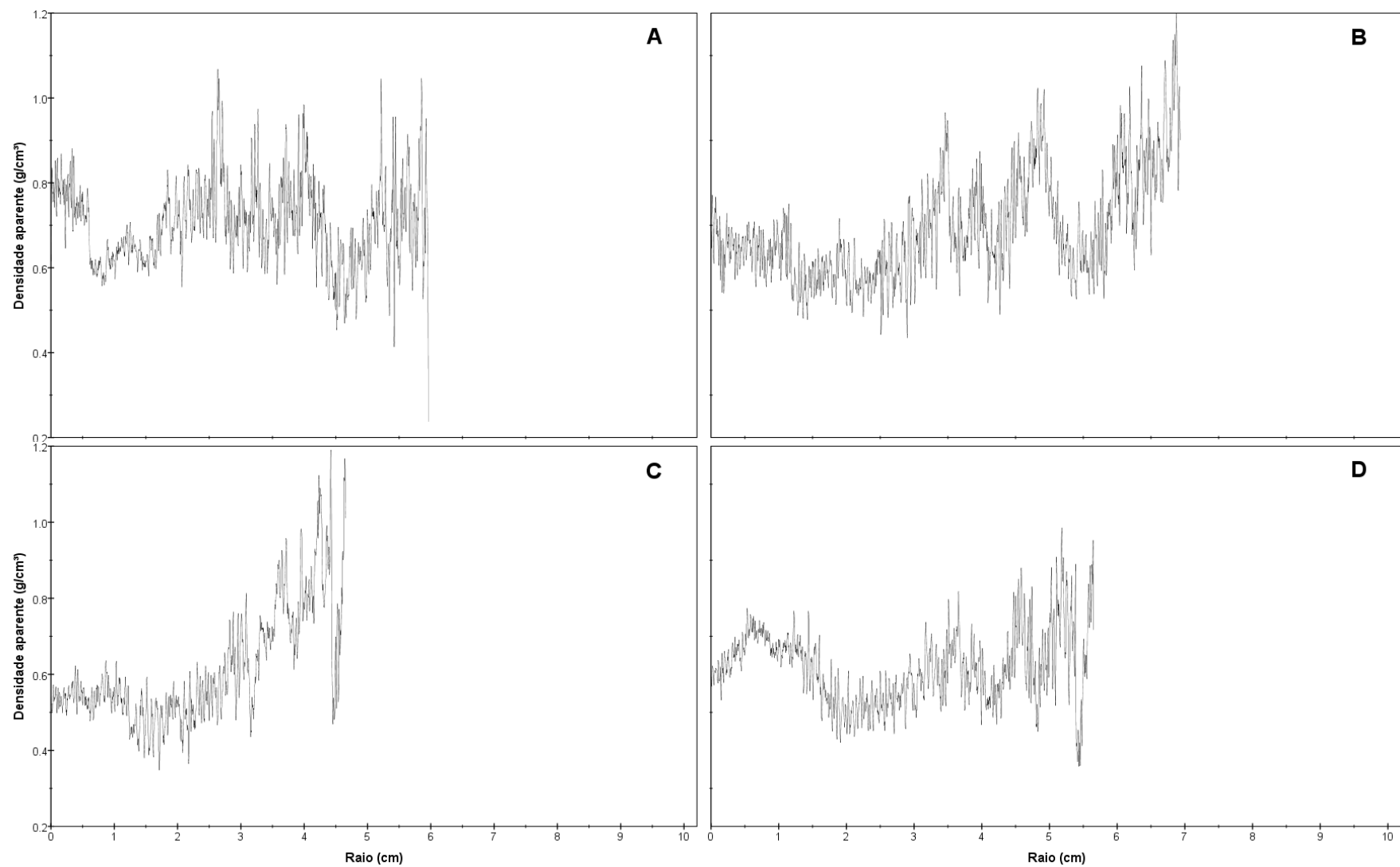


Figura – Perfil radial de densidade aparente do lenho de árvores de *Eucalyptus urophylla*: Progenie 81, árvore 6 (raio 1, A; raio 2, B); árvore 3 (raio 1, C; raio 2, D)

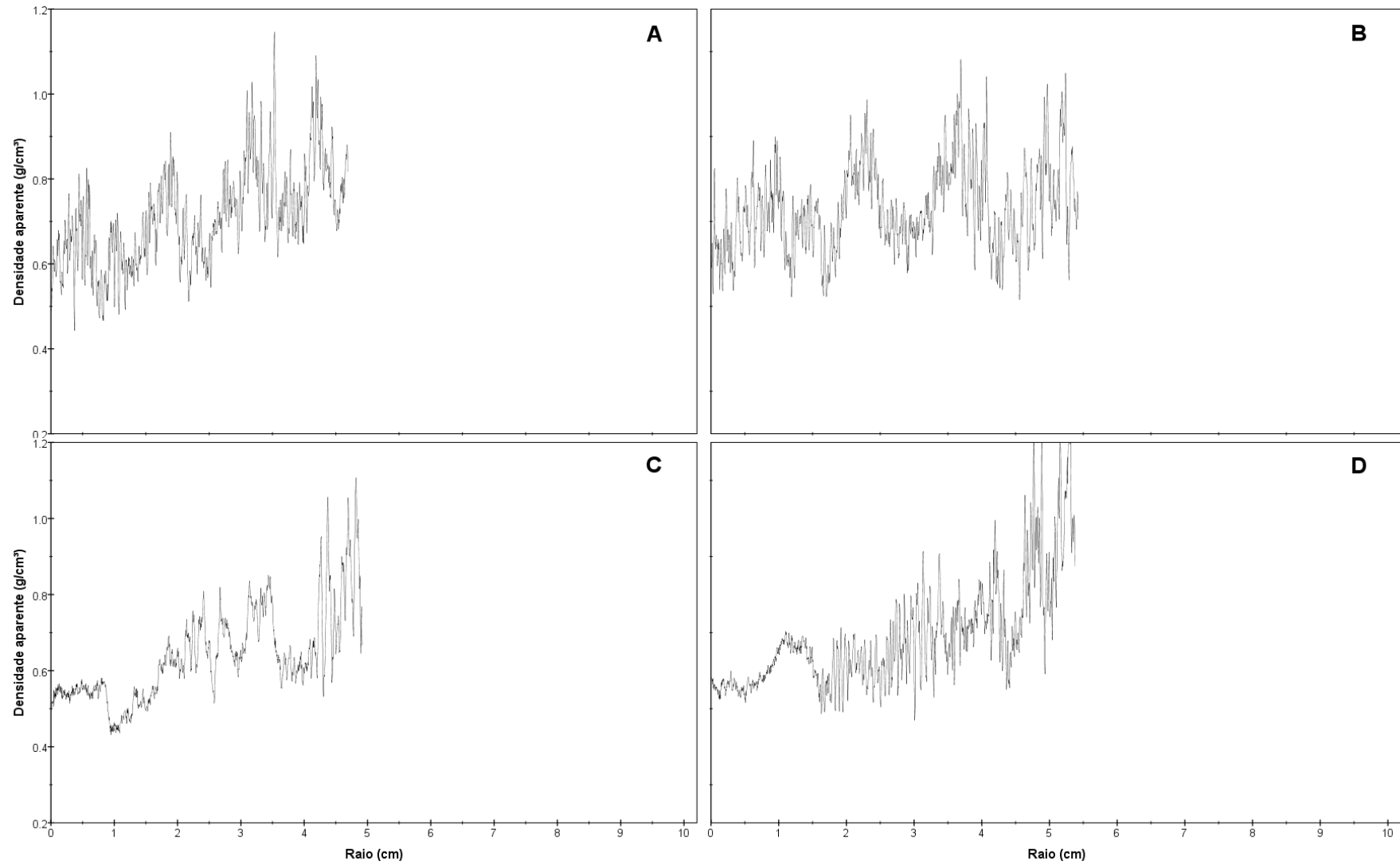


Figura – Perfil radial de densidade aparente do lenho de árvores de *Eucalyptus urophylla*: Progenie 81, árvore 4 (raio 1, A; raio 2, B); árvore 5 (raio 1, C; raio 2, D)