



## Comparação dos incrementos em altura estimados através da análise do tronco pelo método digital e manual em *Eucalyptus* spp.

Marcos Cardoso Silva<sup>a\*</sup>, Jehssyciah da Silva Martins<sup>a</sup>, Maria Cristina Bueno Coelho<sup>a</sup>, Marcos Giongo<sup>a</sup>, José Fernando Pereira<sup>a</sup>, André Ferreira dos Santos<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Universidade Federal do Tocantins (UFT), Brasil

\* Autor correspondente ([markuz@uft.edu.br](mailto:markuz@uft.edu.br))

### INFO

#### Keywords

ANATRO  
conventional  
digital method  
ArcMap

#### Palavras-chaves

ANATRO  
convencional  
método digital  
ArcMap

### ABSTRACT

*Comparison of height increment through trunk analysis by digital and manual method in Eucalyptus spp.* Growth rings are a database that allows us to quantify and evaluate their interaction with the environment. The most commonly used method for performing complete stem analysis (ANATRO) is the so-called conventional one, such methodology allows tracking the past growth of a tree. The objective of this work was to compare conventional and digital ANATRO using ArcMap software in order to facilitate and accelerate data collection. The study was conducted on a private property in the municipality of Aliança do Tocantins. Data were collected from a 7-year-old Eucalyptus plantation with 2.5 x 4.0 m spacing (1,000 trees / ha). The selection of the trees used was made from the diametric frequency distribution. Three clones of VM-58 were selected. The results were satisfactory when comparing the data obtained from the ANATRO manual method with the digital one, allowing us possible alternatives when there is no possibility of manual.

### RESUMO

Os anéis de crescimento são banco de dados que nos permite quantificar e avaliar sua interação com o meio. O método mais utilizado para realização de análise de tronco (ANATRO) completa é o chamado convencional, tal metodologia permite acompanhar o crescimento passado de uma árvore. O objetivo desse trabalho foi comparar ANATRO convencional e digital utilizando *software* ArcMap, a fim de facilitar e acelerar a obtenção de dados. O estudo foi realizado em uma propriedade particular no município de Aliança do Tocantins. Os dados foram coletados em plantio de Eucalyptus, com 7 anos de idade com espaçamentos de 2,5 x 4,0 m (1.000 árvores/ha). A seleção das arvores utilizadas foi realizada a partir de distribuição diamétrica de frequência. Foram selecionados 3 clones de VM-58. Os resultados demonstraram satisfatórios quando comparamos a obtenção de dados a partir do método de ANATRO manual com a digital, nos permitindo possíveis alternativas quando não há possibilidade de manual.

## INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior plantador mundial do gênero *Eucalyptus*, principalmente de *Eucalyptus grandis*, espécie que se destaca por suas potencialidades e diversidades de uso, entre outros fatores (Martins, 1999). O país destaca-se pela grande produtividade de florestas plantadas e ocupa a 4ª posição mundial entre os maiores produtores de celulose em função das condições edafoclimáticas propícias para adaptação e desenvolvimento de plantios florestais, que no ano de 2015 ocuparam cerca de 7,8 milhões de hectares, sendo 5,6 milhões ocupados com eucalipto.

Quando se pensa em espécies de rápido crescimento, como alternativa para a produção de madeira, o eucalipto se apresenta como um gênero potencial dos mais interessantes, não somente por sua capacidade produtiva e adaptação aos mais diversos tipos de clima e solo, mas principalmente pela grande diversidade de espécies, tornando possível atender aos requisitos tecnológicos dos mais diferentes segmentos da atividade industrial, tais como lenha, carvão, celulose, painéis, postes, construções, móveis, embalagens e muitos outros usos (Silva e Xavier, 2006).

O conhecimento de distribuições de diâmetro, altura, área basal e volume é um requisito primordial para garantir um bom manejo florestal (Machado et al., 2010). A idade da árvore também possui influência direta na determinação qualitativa e quantitativa da madeira. Segundo o processo de desenvolvimento da planta interfere nos valores de lignina, densidade básica, volume, material seco, entre outras variáveis que são de suma importância na determinação do material de qualidade.

Os anéis de crescimento consistem na formação de deposição sucessiva de camadas de tecidos lenhosos no fuste, em ação da atividade cambial periódica, a atividade do cambium vascular vai acrescentando ano a ano camadas que estruturam a madeira, formando anéis de crescimento. São resultantes de atividades cambiais das árvores em dois distintos períodos, a vegetativa e a de repouso fisiológico da planta. Em locais com estações bem definidas de inverno e verão, ou de chuva e tempo de estiagem, o crescimento das árvores está condicionado a esses fatores, onde apresentam crescimento rápido ou quase nulo (Imaña et al., 2005).

A análise de tronco (ANATRO) é uma técnica que possibilita "o registro do crescimento passado de uma árvore" (Husch et al., 1982), mediante a contagem e medição dos anéis de crescimento de seções transversais tomadas a diversas alturas no tronco. Nagel e Athari (1982), consideram a análise de tronco uma importante fonte de dados para in-

vestigação sobre a reação do crescimento em relação a fatores ambientais (bióticos, abióticos) e ao manejo do povoamento (adubação, desrama e desbaste); avaliação das alterações de forma das árvores; sincronização das medidas dos anéis de crescimento e determinação do número de anéis ausentes como indicadores do grau de danos sofridos pelas árvores e elaboração de modelos de produção.

No setor florestal, análise de tronco tem sido alternativa para atividades como verificação de taxas de incremento médio da floresta, avaliação do crescimento de acordo com tratamentos culturais ou práticas de manejo e para desenvolver equações de índice de sítio (Rosot et al., 2013).

## MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi desenvolvido em uma fazenda de propriedade privada, localizada no município de Aliança na região sul do estado do Tocantins (Figura 1).

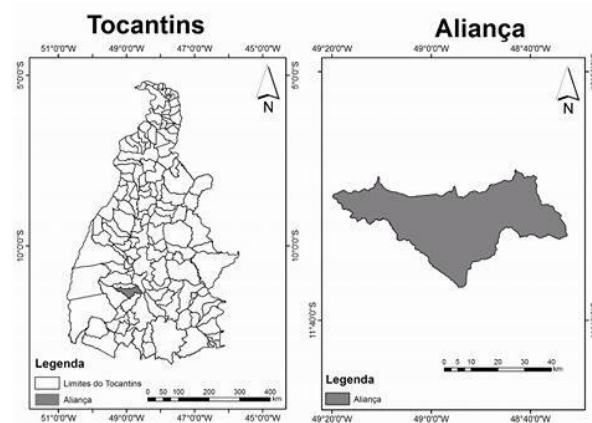


Figura 1 - Localização geográfica da área de estudo destacando o estado do Tocantins e o município de Aliança do Tocantins.

A fazenda do plantio comercial de *Eucalyptus* spp. está situada a 280 m de altitude, sob as coordenadas geográficas 11°21'43,00" Sul e longitude 49°03'37,00" Oeste, distante 167 km da capital Palmas (TO).

A caracterização climática local consiste em C2wa'a'', clima úmido sub-úmido com moderada deficiência hídrica no inverno, evapotranspiração potencial média anual de 1.500 mm, distribuindo-se no verão em torno de 420 mm ao longo dos três meses consecutivos com temperatura mais elevada. A temperatura média anual situa-se entre 25 e 26 °C. O solo predominante na área de estudo é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo (SEPLAN, 2012).

Os dados são provenientes de uma área corresponde a 109 ha plantados em abril de 2009, onde

encontram-se híbridos provenientes de estaquia VM58 (*E. urophylla* x *E. camaldulensis*), GG100 (*E. urophylla* x *E. grandis*) e Semente Urograndis (*E. urophylla* x *E. grandis*). Plantados no espaçamento 2,5 x 4,0 m, totalizando em média 1000 árvores por hectare.

A base de dados foi obtida a partir do inventário florestal contínuo, com parcelas permanentes, a forma das unidades amostrais utilizadas foi retangular 24 x 25 m (600 m<sup>2</sup>) cada, distribuídas sistematicamente em áreas estratificadas, situadas em linhas equidistantes 125 metros uma das outras e 80 m entre parcelas. Instaladas no ano de 2011, quando o plantio tinha em média 25 meses de idade. Em cada parcela foram medidos 11 colunas e 7 linhas, totalizando 77 árvores úteis em cada unidade amostral.

As variáveis biométricas avaliadas foram: altura total (medida em metros com clinômetro) e CAP (circunferência a altura do peito a 1,30 m do solo, medida em centímetros com fita métrica e após convertida em DAP).

Foram cubadas 16 árvores de VM58 e dentre elas foi feita a seleção de 3 árvores, com objetivo da obtenção da altura comercial, estimativa do volume real e análise de tronco do povoamento florestal. Foram mensurados os diâmetros de 3 árvores de diferentes classes diamétricas com fita, nas posições 0,1; 0,5; 1,0; 1,3; 3,3; 5,3; 7,3; 9,3; 11,3; 13,3; 15,3; 17,3; 19,3; 21,3 metros e assim sucessivamente, até a altura total.

O número de árvores cubadas foi definido através da seguinte fórmula estatística descrita por Mello (2004):

$$n = \frac{t^2 \cdot (CV\%)^2}{E^2\%}$$

Em que: t = valor tabelado (*Student*) conforme o “n” e o nível de precisão requerido de 95% de probabilidade de confiança sendo 1,67; CV% = coeficiente de variação de uma amostra piloto composta de árvores cubadas rigorosamente em percentagem e E = erro pré-estabelecido, neste caso utilizado 10%, n = número de árvores a serem cubadas rigorosamente.

Foram selecionadas 3 árvores de *Eucalyptus* VM58 (Figura 2) dentre as 16 cubadas na área experimental para obtenção de ANATRO convencional e digital.

Em seguida a face de medição foi lixada em máquina, inicialmente com lixas mais grossas (número 80) e, depois, progressivamente, com lixas mais finas até a lixa número 200. Os tratamentos nas fatias intensificam o contraste entre os anéis e facilitam

na identificação da delimitação (Figura 3).



Figura 2 - Fatias das árvores de VM58 utilizadas para a análise de tronco.



Figura 3 - Anéis de crescimento das fatias após serem lixadas.

As fatias foram digitalizadas com resolução de 600 DPI que possibilitou uma melhor qualidade na imagem, facilitando a identificação da região de crescimento (anéis) das fatias.

Utilizou-se o programa ArcMap para obtenção de valores das regiões de crescimento, pois o mesmo nos permite visualização através das fotos digitalizadas processadas pelo programa e manipulação de dados com referência geográfica, o programa é aplicado a qualquer projeto que contém entidades gráficas que possuem localização espacial, como o caso de anéis de crescimento.

A metodologia para obtenção dos diâmetros de cada anel de crescimento foi a delimitação de maior raio partindo do ponto zero (medula) em sentido a casca e contagem dos anéis a partir desse maior raio, como adotada na ANATRO convencional.

As fatias foram etiquetadas com número da seção e árvore que pertence a fatia para evitar qualquer erro de reprodução da obtenção do volume através do ANATRO. Trabalhamos com imagens sem qualquer edição, porem quando nos deparamos com a dificuldade de distinguir a região de início e término dos anéis de crescimento, utilizamos a ferramenta de aproximação (*zoom*) e realce na imagem para melhorar obtenção dos dados.

Então, após a determinação do maior raio de cada fatia e suas áreas transversais de cada anel, foram realizados os seguintes procedimentos:



- Criação de arquivo vetorial do tipo polyline para contagem dessas seções e determinação do limite da região de crescimento dos anéis.
- Edição da tabela de atributos, onde foram adicionadas colunas de identificação e cálculo de limite de cada anel. Dessa forma cada “Tema” (fatia) era composto por tantas feições quanto o número de anéis;
- Por meio de escala, estimada com uso de régua convencional reconhecida por sistema de medições transparente e digitalizada nas imagens das fatias, foi feita a conversão das medias no software para as medidas reais;
- Exportação dos dados em formato de planilha eletrônica que foi utilizada para obtenção dos valores médios e organização dos dados para realização dos cálculos através de Software ANATRO Livre (Figura 4).

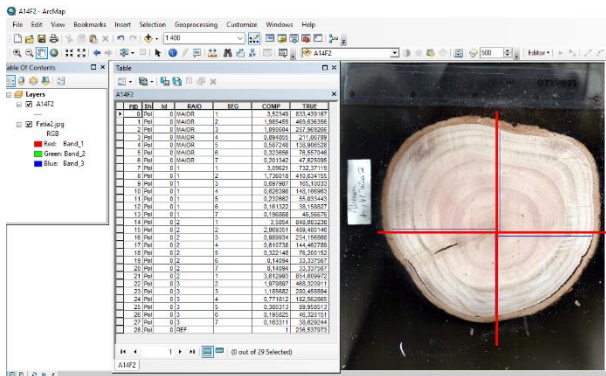


Figura 4 - Medição dos anéis de crescimento pelo software ArcMap.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A diferença entre o método convencional e o digital de ANATRO é a facilidade em obter os dados através da digitalização das fatias, tornando dispensável o transporte das fatias para o laboratório e a realização da contagem manual, facilitando a realização da metodologia e acelerando o processo.

Rosot et al. (2003) comparou o método convencional de ANATRO completa que consiste na medição da área de crescimento das fatias seccionadas manualmente com auxílio de régua transparente, com uso do processamento digital de imagens das fatias ainda em seu estado verde, obteve-se a diferença de 7% de volumes estimados por medição do software em relação ao uso convencional. Com isso, o uso de técnicas digitais é uma alternativa para obtenção da ANATRO.

Na obtenção das alturas de cada idade foram utilizados raios médios para estimá-las com base no método do paralelismo ao anel anterior (Baruso, 1977), cujo desenho diagramático é apresentado na figura 5.

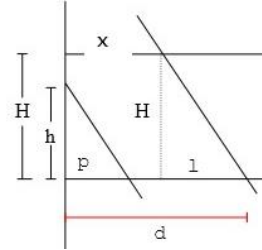


Figura 5 - Diagrama do método do paralelismo.

Segundo o método de paralelismo foram obtidas as alturas de cada idade para cada um dos diâmetros médios em relação as três árvores, o resultado está expresso nos gráficos de perfil das árvores 1, 2 e 3, sendo um comparativo entre o método manual (referência) e digital, como pode ser observado nas figuras 6, 7 e 8.

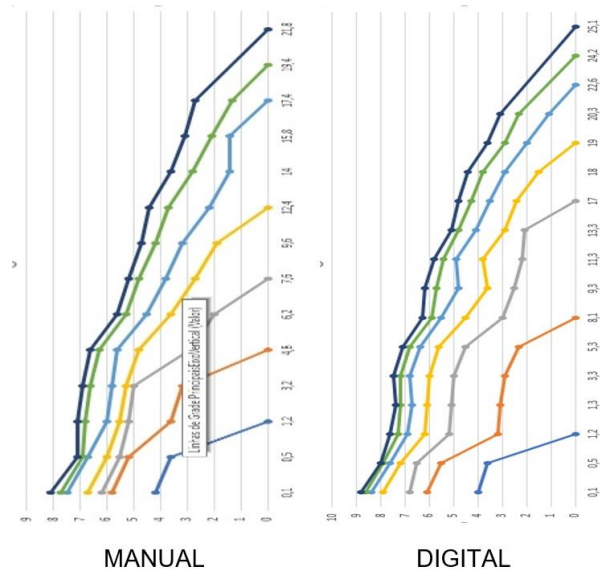


Figura 6 - Perfil manual e digital da árvore 1.

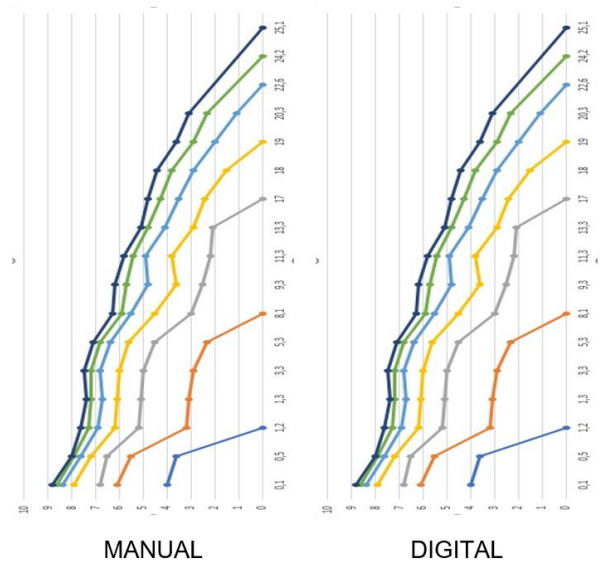


Figura 7 - Perfil manual e digital da árvore 2.

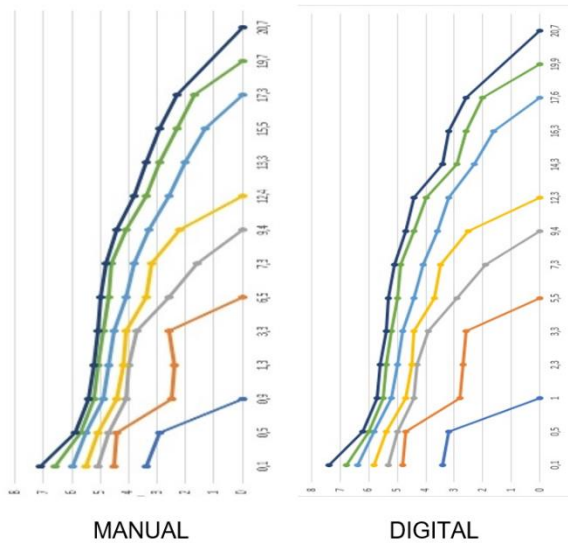


Figura 8 - Perfil manual e digital da árvore 3.

Tabela 1 - Altura e incremento obtido através de ANATRO manual e digital para as árvores 1, 2 e 3.

Árvore 1				
Idade (anos)	Altura total (m)		Incremento em altura (m)	
	Manual	Digital	Manual	Digital
0	-	-	-	-
1	1,4	1,2	0,9	0,9
2	3,8	4,8	2,4	3,6
3	7,5	7,6	3,7	2,8
4	12,2	12,4	4,7	4,8
5	17,4	17,4	5,2	5
6	19,4	19,4	2	2
7	21,8	21,8	2,4	2,4
Árvore 2				
Idade (anos)	Altura total (m)		Incremento em altura (m)	
	Manual	Digital	Manual	Digital
0	-	-	-	-
1	1,2	1,1	0,9	1,1
2	8,1	7,6	6,9	6,5
3	17	16,3	8,9	8,7
4	19	19,1	2	2,8
5	22,6	22,5	3,6	3,4
6	24,2	24	1,6	1,5
7	25,1	25,1	0,9	1,1
Árvore 3				
Idade (anos)	Altura total (m)		Incremento em altura (m)	
	Manual	Digital	Manual	Digital
0	-	-	-	-
1	1,2	1,1	0,9	1,1
2	8,1	7,6	6,9	6,5
3	17	16,3	8,9	8,7
4	19	19,1	2	2,8
5	22,6	22,5	3,6	3,4
6	24,2	24	1,6	1,5
7	25,1	25,1	0,9	1,1

Para melhorar a compreensão foram produzidos gráficos que demonstram a altura e o incremento da mesma (Figuras 9, 10 e 11), sendo feito para cada uma das árvores estudadas.

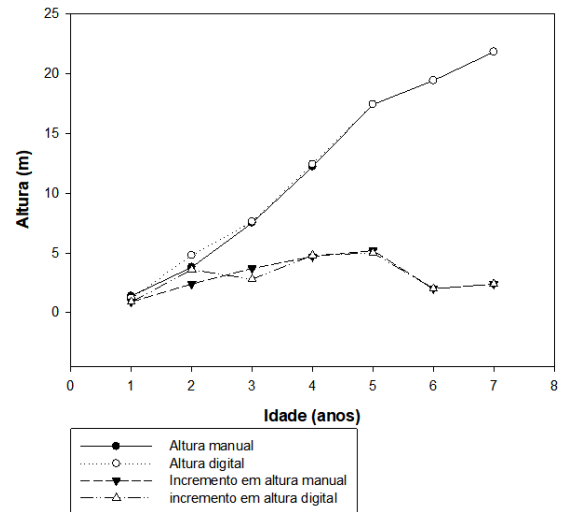


Figura 9 - Comparação do método manual e digital, relacionados a altura e ao incremento da árvore 1.

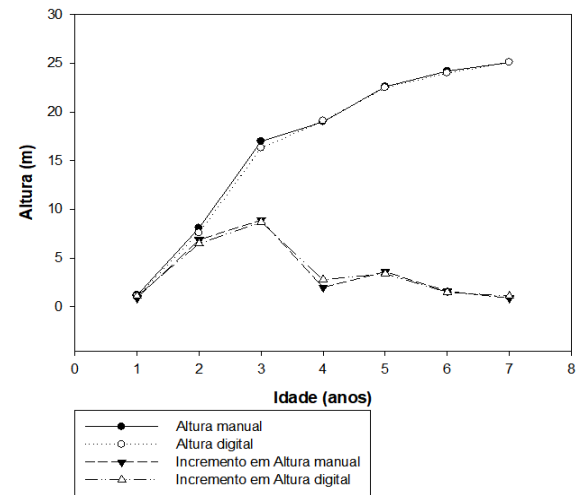


Figura 10 - Comparação do método manual e digital, relacionados a altura e ao incremento da árvore 2.

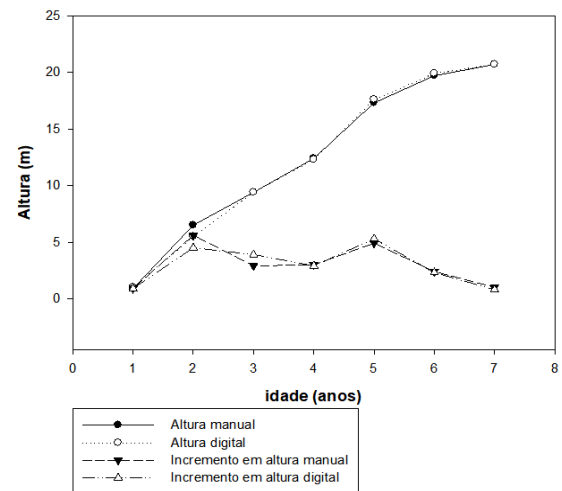


Figura 11 - Comparação do método manual e digital, relacionados a altura e ao incremento da árvore 3.

Em relação à tabela 1 pode-se notar que os valores de altura de cada ano em relação aos métodos digital e convencional, não apresentaram variação discrepante. Analisando os gráficos apresentados acima, nota-se o quão próximos estão os valores de obtenção de altura e incremento em altura de cada árvore, dessa forma é possível à utilização do método digital para ANATRO.

## CONCLUSÕES

A análise de tronco digital por meio do software ArcMap foi eficiente para realizar a leitura dos anéis de crescimento das toras de *Eucalyptus* e calcular seu incremento em altura.

Esse trabalho resulta na facilidade de se obter informações através do processamento digital de imagens e a partir do ANATRO conclui os resultados. Porém não podemos deixar de observar as limitações, quando em diferentes espécies, que por sua vez se comportam de diferentes modos, com isso uma metodologia deve ser criada para essas espécies que apresentam uma maior dificuldade de reconhecer as regiões de crescimento.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARUSO, A.P. A determinação de funções de crescimento mediante análise do tronco. Tese (defendida) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1977.
- HUSCH, B. et al. Forest mensuration. John Wiley & Sons, Inc., 1982.
- IMAÑA ENCINAS, J.; SILVA, G. F. da; PINTO, J.R.R. Idade e crescimento das árvores. 2005.
- LAMPRECHT, H. Silvicultura nos trópicos. Eschborn: GTZ, 1990.
- MACHADO, S.A.M.; NASCIMENTO, R.G. M.; MIGUEL, E.P.; TÊO, S.J.; AUGUSTYNCZIK, A.L.D. Distribution of total height, transverse area and individual volume for *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze. Revista Cerne, v.16, n.1, p.12-21, jan./mar. 2010.
- MARTINS, I.S. Comparação entre métodos uni e multivariados aplicados na seleção em *Eucalyptus grandis*. 1999. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Viçosa.
- NAGEL, J.; ATHARI, S. Stammanalyse und ihre Durchführung. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung, Frankfurt am Main, v.153, n.9/10, p.179-182, 1982.
- ROSOT, M.A.D. et al. Análise de tronco digital: uma nova metodologia para a medição de anéis de crescimento. Floresta, v.33, n.3, p.235-255, 2003.
- ROSOT, M.A.D. Processamento digital de imagens aplicado à medição de anéis de crescimento na análise de tronco. 2013
- SEPLAN - Secretaria do Planejamento e da Modernização da Gestão Pública. Atlas do Tocantins: subsídios ao planejamento da gestão territorial. Palmas, TO. 6. ed. 80. 16-31p. 2012.

SILVA, J. de C.; XAVIER, B.A. Eucalipto: manual prático do fazendeiro florestal, produzindo madeira com qualidade. Viçosa, MG, 2006.

VIEIRA, E.L. et al. Manual de fisiologia vegetal. Edufma, 2010.