



**Universidade Federal do Tocantins
Campus Universitário de Gurupi
Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais**

ANA CAROLINA CAIXETA DIAS

**QUALIDADE DA MADEIRA E DIVERGÊNCIA GENÉTICA DE
Araucaria angustifolia (Bertoni) O. Ktze**

**GURUPI - TO
2017**



**Universidade Federal do Tocantins
Campus Universitário de Gurupi
Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais**

ANA CAROLINA CAIXETA DIAS

**QUALIDADE DA MADEIRA E DIVERGÊNCIA GENÉTICA DE
Araucaria angustifolia (Bertoni) O. Ktze**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais do setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Tocantins, como parte dos requisitos para a obtenção do título de mestre em Ciências Florestais e Ambientais.

Orientador: Prof. Dr. Cristiano Bueno de Moraes

Co-orientadora: Prof^a. Dr^a. Vanessa Coelho Almeida

**GURUPI - TO
2017**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins**

D541q Dias, Ana Carolina Caixeta.
Qualidade da madeira e divergência genética de Araucária
angustifolia (Bertoni) O. ktze. / Ana Carolina Caixeta Dias. – Gurupi,
TO, 2017.
84 f.

Dissertação (Mestrado Acadêmico) - Universidade Federal do
Tocantins – Câmpus Universitário de Gurupi - Curso de Pós-
Graduação (Mestrado) em Ciências Florestais e Ambientais, 2017.

Orientador: Cristiano Bueno de Moraes

Coorientadora : Vanessa Coelho Almeida

1. Tecnologia da Madeira. 2. Dissimilaridade Genética. 3. Pinheiro
do Paraná. 4. Painéis laminados. I. Título

CDD 628

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de
qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde
que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime
estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

**Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica
da UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).**



Defesa nº 044/2017

ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE ANA CAROLINA CAIXETA DIAS, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS E AMBIENTAIS DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS.

Aos 27 dias do mês de abril do ano de 2017, às 08 horas, na sala 15, do edifício BALA II, do Campus de Gurupi, da Universidade Federal do Tocantins - UFT, reuniu-se a Comissão Examinadora da Defesa Pública, composta pelos seguintes membros: Prof. Orientador Dr. CRISTIANO BUENO DE MORAES da Universidade Federal do Tocantins, Profª. Drª. VANESSA COELHO ALMEIDA da Universidade Federal do Tocantins e Prof. Dr. ILDON RODRIGUES DO NASCIMENTO, da Universidade Federal do Tocantins, sob a presidência do primeiro, a fim de proceder a arguição pública da DISSERTAÇÃO DE MESTRADO de ANA CAROLINA CAIXETA DIAS, intitulada "**Qualidade da madeira e divergência genética de *Araucária angustifolia* (Bertoni) O. Ktze**". Após a exposição, a discente foi arguida oralmente pelos membros da Comissão Examinadora, tendo parecer favorável à aprovação, com as devidas ressalvas e correções apontadas pela banca examinadora, habilitando-a ao título de Mestre em Ciências Florestais e Ambientais. Nada mais havendo a tratar, foi lavrada a presente ata, que, após lida e aprovada, foi assinada pelos membros da Comissão Examinadora.

Dr. Cristiano Bueno de Moraes
Universidade Federal do Tocantins
Orientador e presidente da banca examinadora

Drª. Vanessa Coelho Almeida
Universidade Federal do Tocantins
Primeira examinadora

Dr. Ildon Rodrigues do Nascimento
Universidade Federal do Tocantins
Segundo examinador

Gurupi, 27 de abril de 2017.

Dr. Marcos Giongo
Coordenador do Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais e Ambientais

DEDICO

Aos meus pais Ronaldo Dias Neto e Vânia Caixeta.

À meu irmão Pedro Henrique Caixeta Dias.

À minha avó Gasparina Caixeta (in memorian) e minha madrinha Jussara Stival Rosa (in memorian).

AGRADECIMENTO

À Deus, por sempre guiar meu caminho e me dar força para prosseguir nessa longa e difícil jornada.

Aos meus pais, Vânia Caixeta e Ronaldo Dias Neto, e meu irmão Pedro Henrique Caixeta Dias por sempre acreditarem em mim e ser meu alicerce a todo o momento e em todas as decisões tomadas nessa trajetória.

À minha avó Gasparina Caixeta (in memorian) e minha madrinha Jussara Stival Rosa (in memorian) duas mulheres que sempre se orgulharam de mim e que me deram exemplo do que é ser uma mulher forte e não desistir de lutar.

Ao meu avô Agnaldo Caixeta, tios e primos, que torceram para que em vencesse mais esta etapa.

Ao professor Dr. Cristiano Bueno de Moraes pela orientação no Mestrado, pelas contribuições para este trabalho, pela dedicação e paciência.

Às professoras Dr.^a Vanessa Coelho Almeida e Dr.^a Raquel Marchesan pelas contribuições e amizade ao longo dos últimos meses, além do exemplo de profissionais o qual vou levar ao longo de minha carreira.

Aos Professores Augustos Caesar Franke Portela e Fernando Machado Haesbaert e ao amigo Brenno Cunha que me ajudaram com as estatísticas.

Aos professores Renato Silva Vieira e Thiago Campos Monteiro pelas orientações no trabalho.

Aos demais membros do colegiado e à coordenação do Mestrado, Prof. Dr. Marcos Gingo.

Ao secretário Jediel Fernandes Oliveira que nos acolhe com todo carinho e sempre tão prestativo e alegre.

À empresa Palmasola pela disponibilização do material, ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais, pela oportunidade, e à CAPES pelo apoio financeiro.

Aos amigos que conquistei nesta cidade nos últimos anos, em especial à minha avó de coração Maria Araciene e os amigos Cláudio Longatti, Silvia Longatti, Flávia Silva, Patrícia Barroso, Henrique e tia Leninha.

Aos amigos Ana Beatriz Marques Honório, Rhonan Martins de Sousa e Adryelle Moreira Miranda pelo trabalho árduo nas medições de cada amostra e ao André Oranthes pela ajuda com os desenhos.

Ao grupo de pesquisa filhos de Abraão, em especial Antônio Higo Moreira de Sousa, Rafael Araújo dos Santos, Bonfim Alves Souza, Pedro Henrique Oliveira Dias e Thiago Gomes Andrade que tanto me ajudaram com as imensas caixas intermináveis de discos de madeira.

Aos meus amigos Paulo Ricardo, Magno Peccin, Ronnie Pinto e Fabiano da Silva Fernandes, colegas desde a época da graduação, pelos quais tenho grande carinho.

E a todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

QUALIDADE DA MADEIRA E DIVERGÊNCIA GENÉTICA DE *Araucaria angustifolia* (Bertoni) O. Ktze

RESUMO - O objetivo deste estudo foi avaliar a qualidade da madeira para laminação e a divergência genética entre 25 matrizes de *Araucaria angustifolia* provenientes de um plantio seminal de 39 anos de idade, localizado no município de Palma Sola, SC. Foram avaliadas as seguintes características: silviculturais: altura, diâmetro à altura do peito e volume de madeira com casca e sem casca; morfométricas: conicidade e achatamento e as propriedades físicas: densidade básica no sentido radial e longitudinal, retração linear e volumétrica e o colapso. Foram realizadas análises utilizando a técnica de agrupamento através do método de otimização de Tocher, com uso da dissimilaridade baseada na distância euclidiana, adotando-se, como parâmetro, a dispersão gráfica por meio dos componentes principais e realizando o agrupamento através do Método de Agrupamento de Ligação Médio Entre Grupos (UPGMA). Com base nos resultados observados, os baixos valores de conicidade, achatamento e variação dimensional apresentaram como características favoráveis à produção de lâminas homogêneas, o que qualifica a madeira de *A. angustifolia* para a produção de painéis laminados. A variação da densidade básica na direção radial e longitudinal apresentaram diferenças estatísticas entre as posições. O estudo da dissimilaridade permitiu a formação de quatro grupos de matrizes. Genótipos destinados à madeira para laminação devem possuir maiores DAP e altura com menores valores de achatamento e de retração tangencial. As matrizes que mais se destacaram com potencial para um programa de melhoramentos foram M1e M21.

Palavras-chave: Tecnologia da madeira; Melhoramento florestal; pinheiro-do-Paraná

WOOD QUALITY AND GENETIC DIVERGENCE OF *Araucaria angustifolia* (Bertoni) O. Ktze

ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate the quality of wood for lamination and a genetic divergence among 25 matrices of *Araucaria angustifolia* coming from a seminal planting of 39 years old, located in the municipality of Palma Sola, SC. Were been evaluated the following characteristics: silvicultural: height, diameter at breast height and volume of wood with bark and without bark; Morphometric: conicity and flatness and physical properties: basic density in the radial and longitudinal direction, linear retraction and volumetric and the collapse. Analysis were performed using the grouping technique through Tocher optimization method, use of dissimilarity based on Euclidean distance adopting, as parameter, the graphic dispersion by the main components and performing the grouping Through the Unweighted Pair Group Method using Arithmetic averages (UPGMA). Based on the observed results, the low values of conicity, flattening and dimensional variation presented favorable characteristics for the production of homogeneous sheets that qualifies *A. angustifolia* wood for the production of laminated panels. The variation of the basic density in the radial and longitudinal direction presented statistical differences between the positions. The study of dissimilarity allowed the formation of four groups of matrices. Genotypes intended for wood for lamination must have higher DBH and height with lower values of flattening and tangential retraction. The most prominent matrices with potential for an improvement program were M1e M21.

Keywords: Wood technology; Forest improvement; Paraná pine.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	OBJETIVOS	15
2.1	OBJETIVO GERAL	15
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA ARAUCÁRIA	16
3.2	QUALIDADE DA MADEIRA PARA LAMINAÇÃO	17
3.2.1	<i>Conicidade</i>	17
3.2.2	<i>Achatamento</i>	19
3.2.3	<i>Densidade básica</i>	20
3.2.4	<i>Colapso</i>	21
3.2.5	<i>Retratibilidade</i>	22
3.2.6	<i>Lenho juvenil e adulto</i>	24
3.3	MELHORAMENTO GENÉTICO	25
3.3.1	<i>Análise multivariada</i>	26
3.3.2	<i>Dissimilaridade genética</i>	28
4	MATERIAL E MÉTODOS	30
4.1	MATERIAL GENÉTICO E LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA.....	30
4.2	AMOSTRAGEM	31
4.3	CARACTERÍSTICAS SILVICULTURAIS.....	31
4.4	CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS	32
4.4.1	<i>Conicidade (C%)</i>	32
4.4.2	<i>Achatamento (A%)</i>	33
4.5	PROPRIEDADES FÍSICAS DA MADEIRA	34
4.5.1	<i>Determinação da densidade básica</i>	34
4.5.2	<i>Colapso</i>	35
4.5.3	<i>Retratibilidade (Rt)</i>	36
4.5.4	<i>Coefficiente de anisotropia (Ca)</i>	37
4.6	ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS	37
4.6.1	<i>Qualidade da madeira</i>	37
4.6.2	<i>Dissimilaridade Genética</i>	37
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
5.1	CARACTERÍSTICAS SILVICULTURAIS.....	40
5.2	PROPRIEDADES MORFOMÉTRICAS.....	42
5.3	PROPRIEDADES FÍSICAS	43
5.3.1	<i>Densidade básica na direção longitudinal</i>	43
5.3.2	<i>Densidade básica na direção radial</i>	45
5.3.3	<i>Colapso e retratibilidade da madeira</i>	46
5.3.4	<i>Correlação de Pearson</i>	49
5.4	DISSIMILARIDADE GENÉTICA.....	51
6	CONCLUSÕES	65
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	66
	ANEXO I	76
	ANEXO II	77
	ANEXO III	78
	ANEXO IV	79

ANEXO V	80
ANEXO VI	81
ANEXO VII	82
ANEXO VIII	83

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Classificação do grau de colapso de madeira, Welling (1994).	36
Tabela 2. Diâmetros médios com e sem casca das secções para estimar o rendimento de madeira de <i>Araucaria angustifolia</i>	40
Tabela 3. Conicidade e achatamento para a <i>Araucaria angustifolia</i>	42
Tabela 4. Variação da densidade básica na direção longitudinal expressa em g.cm ⁻³ em árvores de <i>Araucaria angustifolia</i>	44
Tabela 5. Variação da densidade básica na direção radial expressa em g.cm ⁻³ em árvores de <i>Araucaria angustifolia</i>	45
Tabela 6. Parâmetros físicos avaliados para a madeira de <i>Araucaria angustifolia</i>	46
Tabela 7. Coeficiente de correlação de Pearson (r) entre a densidade básica e parâmetros avaliados para a madeira de <i>Araucaria angustifolia</i>	50
Tabela 8. Medidas de dissimilaridade entre matrizes de <i>Araucaria angustifolia</i> em relação a 12 características, com base na distância Euclidiana (dii) através do método de Ligação Média Entre Grupos (UPGMA).	54
Tabela 9. Agrupamento das 25 árvores-matrizes de <i>Araucaria angustifolia</i> para as 12 características da madeira através da distância euclidiana média e o método de otimização de Tocher.	55
Tabela 10. Estimativas das variâncias (autovalores) associadas aos componentes principais das características ALT, DAP, VOL CC, CONIC, ACHAT, DB RAD, DB LONG, COL, RETRAT Tg, RETRAT Rd, RETRAT Vol, CA.	56
Tabela 11. Valores de correlações de Pearson entre 12 características avaliadas em 25 matrizes de <i>Araucaria angustifolia</i>	59
Tabela 12. Contribuição relativa das características para dissimilaridade genética com base no cálculo feito com médias não padronizadas para as 25 matrizes de <i>Araucaria angustifolia</i>	61
Tabela 13. Ranking das 25 matrizes de <i>Araucaria angustifolia</i> de acordo com as características de maior contribuição para os dados de divergência e maior importância para qualidade da madeira laminada.	63

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Plantio de <i>Araucaria angustifolia</i> (Fonte: DIAS, 2017).....	17
Figura 2. Indicação do município de Palma Sola no mapa do Estado de Santa Catarina (Fonte: Google mapa) ..	30
Figura 3. Amostras dos discos de <i>Araucaria angustifolia</i> coletadas e ensacadas para transporte (Fonte: DIAS, 2017)	31
Figura 4. Esquema representativo da tora para cálculo da conicidade	33
Figura 5. Esquema representativo da tora para cálculo do achatamento	33
Figura 6. Discos de <i>Araucaria angustifolia</i> retirados a 0, 25, 50, 75 e 100% da altura do fuste para avaliar a densidade básica na direção longitudinal (Fonte: DIAS, 2017).....	34
Figura 7. Esquema representativo dos discos e ambos para a determinação da densidade básica (Fonte: DIAS, 2017)	34
Figura 8. Esquema representativo da coleta dos discos e corpos de prova na direção radial (Fonte: DIAS, 2017).	35
Figura 9. Esquema da medição do colapso.	36
Figura 10. Dendrograma de dissimilaridade genética entre 25 genótipos de <i>Araucaria angustifolia</i> , obtidas pelo método de agrupamento de Ligação Média entre Grupo – UPGMA, utilizando a distância euclidiana como medida de dissimilaridade, para seleção de árvores matrizes.	52
Figura 11. Dispersão de scores das 25 árvores de <i>Araucaria angustifolia</i> em relação aos dois primeiros componentes principais (CP1 e CP2) formados pelo método de Tocher, tendo como base as características ALT, DAP, VOL CC, CONIC, ACHAT; DB RAD; DB LONG; COL; RETRAT TG; RETRAT RD; RETRAT VOL E CA. * Os números dentro dos balões são referentes às matrizes de M1 à M25.....	58

1 INTRODUÇÃO

As indústrias de base florestal, dentre elas a de painéis laminados, foram atraídas pela madeira de araucária por proporcionar menor geração de resíduos de processamento, quando comparada com espécies mais usuais (VALÉRIO et al., 2007), e em razão das características favoráveis à produção de lâminas, destacando a baixa conicidade, boa estabilidade dimensional e média densidade básica. O painel compensado possui aplicações como móveis, pisos, e na construção civil. Suas características físicas e mecânicas e as grandes dimensões estabelecem os principais atributos para justificar a vasta utilização deste material.

Para Vieira et al. (2012), a indústria de painéis de madeira é de suma importância para a economia brasileira, sobretudo pela dinâmica de novas tecnologias associada à geração de renda e emprego nos setores moveleiro e da construção civil, sendo este o de maior crescimento atualmente no País. Segundo dados da Indústria brasileira de árvores (IBÁ, 2016), as exportações cresceram 65,2% no ano de 2016 em comparação com 2015. Atualmente O Brasil é o quinto produtor mundial, com pouco mais de 5% do volume fabricado (VIEIRA et al., 2012).

A madeira considerada de boa qualidade para painéis laminados é aquela que apresenta menor quantidade de defeitos, podendo ser intrínsecos (genéticos) ou resultantes do processo de corte, desdobro e/ou secagem da madeira. Segundo Iwakiri (2005), uma lâmina para ser considerada ideal deve apresentar características como uniformidade de espessura, superfície lisa, sem ondulações ou torções, ausência de fendas em ambas as faces e ocorrência de figuras desejáveis.

Apesar de a densidade básica ser o principal parâmetro indicativo de qualidade da madeira, essa característica por si só não assegura a qualidade da árvore selecionada com o intuito de fornecer matéria-prima adequada para produção de lâminas. A definição de outras características, tais como retratibilidade, percentual de colapso, achatamento e conicidade também são de grande importância para atender a demanda das indústrias de laminação, principalmente no aspecto do rendimento em madeira laminada.

Para que se possa empregar a madeira de araucária para a produção de laminados, e a condução de programas de melhoramento genético da qualidade de sua madeira, torna-se necessário estudar suas características morfométricas e seu

comportamento físico, podendo estabelecer padrões e propor os melhores parâmetros para obtenção de um produto de qualidade.

Técnicas de análises multivariadas tem sido uma boa alternativa ao melhoramento genético, pois fornecem mais informações que possibilitam melhor distinção quanto à heterogeneidade do material, dependendo, sobretudo, da divergência genética (CRUZ, 1990). Estas técnicas permitem realizar o estudo da divergência com melhor planejamento dos cruzamentos, sendo necessário conhecer o grau de dissimilaridade entre os indivíduos.

O estudo de dissimilaridade tem a finalidade de reunir, por algum critério de classificação, os progenitores em vários grupos, de tal modo que haja maior homogeneidade dentro do grupo e maiores níveis de heterogeneidade entre os grupos (CRUZ et al., 2003), possibilitando a escolha de genótipos uma vez que estes são agrupados quanto ao seu grau de dissimilaridade, gerando grupos dissimilares entre si.

A partir da criação dos grupos quanto ao grau de dissimilaridade se torna possível à análise dos melhores indivíduos dos grupos para serem utilizados nos programas de melhoramento. Segundo Carvalho et al. (2003), a estimativa da distância euclidiana é viável para este propósito, uma vez que podem ser utilizados dados sem repetições.

Assim, com o conhecimento da divergência genética, espera-se obter uma melhor escolha de matrizes que proporcionem elevada qualidade da madeira de araucária associada ao maior rendimento.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a qualidade da madeira e estimar a divergência genética entre matrizes de *Araucaria angustifolia*.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar as características silviculturais, morfométricas e físicas das matrizes de araucária.
- Realizar a correlação de Pearson entre as 12 características avaliadas.
- Realizar análises através dos métodos de otimização de Tocher associado ao dendrograma e o método UPGMA.
- Determinar qual das características mais contribuem para atribuir a dissimilaridade genética e selecionar as matrizes que melhor apresentam potencial para serem utilizadas no programa de melhoramento para madeira laminada.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ARAUCÁRIA

A *Araucaria angustifolia* (Bertoni) O. Ktze foi descrita pela primeira vez em 1819, por Bertoni, sob o nome de *Colymbea angustifolia*. O gênero consta de 19 espécies, e destas a *Araucaria angustifolia* é a única espécie do gênero encontrada no Brasil (SETOGUCHI et al., 1998; MANTOVANI et al., 2004).

Sua ocorrência é comum em áreas com clima pluvial subtropical, com limitações pelas latitudes 19°15' S e 31°30' S e longitudes 41°30' W e 54°30'W, e altitudes variando de 500 à 1.200m nos estados do sul do Brasil (Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul), além de pequenos povoamentos encontrados em São Paulo, Minas Gerais e Espírito Santo (MANTOVANI et al., 2004; BALBINOT et al., 2008).

A araucária é uma espécie perenifólia, conífera, de tronco retilíneo com ramificações formando-se apenas na copa. É uma árvore que pode chegar até 50 m de altura com 2,50 m de diâmetro na idade adulta (MATTOS et al., 2006). É classificada como dióica, com dispersão pelo vento e produção de sementes entre 15 e 20 anos. Quando adulta, é heliófila e tolerante a temperaturas baixas. A árvore tem seu desenvolvimento em potencial até em torno de 50 anos, com expectativa de vida de aproximadamente 200 à 300 anos (CARVALHO, 2006).

Destaca-se pela beleza e imponência de seu porte, pela qualidade de sua madeira e por apresentar semente como fonte de recurso alimentar para fauna e para o homem (VALENTE et al., 2010).



Figura 1. Plantio de *Araucaria angustifolia* (Fonte: DIAS, 2017).

Comumente, árvores adultas sofrem uma desrama natural (MATTOS, 2011) podendo ser utilizados como material combustível (BRAINE et al., 2011) e em painéis reconstituídos (RIOS et al., 2015). A casca da araucária atinge até 18 cm de espessura (MATTOS, 1994), possui alto poder calorífico e pode ser empregada como material combustível, no entanto, geralmente é descartada pelas indústrias de laminação (CARVALHO, 1994).

A araucária é tida como uma espécie importante no Brasil por apresentar características favoráveis para laminação como densidade de baixa a média, estabilidade dimensional e retidão do fuste (VALÉRIO et al., 2007). A densidade é em torno de $0,55\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$, com coeficiente de retratibilidade médio em torno de 0,52% (MAINIERI; CHIMELO, 1989). São reconhecidas por apresentarem boas características físicas e mecânicas em relação à densidade básica (CARVALHO, 1994; BEUTLING, 2013).

3.2 QUALIDADE DA MADEIRA PARA LAMINAÇÃO

3.2.1 Conicidade

De acordo com Nassur et al. (2013), a conicidade é a forma do tronco quando há afilamento do diâmetro no sentido base-topo. Segundo a Norma brasileira de

classificação de toras (IBDF, 1984) para ser considerado defeito o fator conicidade, precisa apresentar “C(%)” superior a 3%.

Segundo Junior (2008) madeiras com conicidade acentuada ocasionam um menor rendimento em produção de lâminas, oriundas do processo de arredondamento da peça de madeira. O autor afirma que é um dos processos de laminação que ocasionam maior perda decorre da etapa de arredondamento, no entanto, além de evitar danos no gume da faca, melhora a qualidade das lâminas, apresentando superfície mais lisa.

Para o processo de produção de lâminas, as toras devem estar com o mesmo diâmetro em seu comprimento, sendo necessário que sejam submetidas ao processo de arredondamento, até que a tora apresente forma cilíndrica. Toras com conicidade acentuada geram muito resíduo na extremidade de maior diâmetro, até que se iguale a tora por completo, tendo baixo rendimento no produto laminado.

Bonduelle et al. (2006) observaram que a maior produção de lâminas são em toras que apresentaram maior diâmetro e volume, e a menor produção de volume de lâminas para toras que apresentaram maior fator de conicidade. Segundo Tsoumis (1991) uma das principais características tecnológicas da madeira adequada para laminação são as características do fuste como diâmetro e forma.

A circularidade das toras apresenta forte influência na qualidade das lâminas, uma vez que toras com alta conicidade apresentam características anatômicas desuniformes. Esta afirmação é embasada na teoria de que, as madeiras apresentam maior proporção de madeira juvenil no topo do que na base e, portanto, grande variação na densidade e retração em uma lâmina.

O nível de conicidade varia entre as espécies, diminui ao longo dos anos e sofre pouca influência genética (NASSUR et al., 2013). Recentemente a araucária voltou a despertar interesse das indústrias (HILLIG, 2012), pois apresenta no processamento da madeira menor geração de resíduos (27%) quando comparadas com outras espécies, como o *Eucalyptus spp.* (36%) e o *Pinus spp.* (37%) (VALÉRIO et al., 2007).

A araucária apresenta fuste comprido e normalmente cilíndrico, e em indivíduos bem desenvolvidos, pode possuir tronco com espessura muito semelhante da base ao topo. Friedl (1989) realizou um estudo sobre a dinâmica da forma dos fustes de árvores de *Araucaria angustifolia*. Notou uma forte influência da idade sobre a forma, sendo que a conicidade reduz com a idade.

Burger; Ritcher (1991) relataram que árvores isoladas ou na periferia de povoamentos apresentam, normalmente, maior conicidade, conseqüentemente, menor produção de lâminas. Para Shepherd (1986), árvores plantadas com espaçamento reduzido tem restrição de luminosidade que, por sua vez, limita a fotossíntese e conseqüentemente reduz o crescimento do tronco em altura, se apresentando menos cônico. Segundo Burger e Ritcher (1991) este defeito pode ser ocasionado por diversos fatores como características peculiares da espécie, idade e influências externas de ventos e geadas.

3.2.2 *Achatamento*

O achatamento também classificado como circularidade das toras, é característico por apresentar diâmetros de diferentes tamanhos em uma mesma seção do fuste, e deve ser analisado nas duas extremidades (IBDF, 1984). Para o achatamento (A) ser considerado defeito, de acordo com a norma brasileira de classificação de madeira serrada (IBDF, 1984), precisa apresentar valor de “A (%)” menor que 90 %. De modo geral, as madeiras de araucária não apresentam este defeito de forma acentuada, por se tratar de toras retilíneas.

Assim como a conicidade, o achatamento também é considerado um agravante quando se deseja obter alto rendimento em laminação. Quando a madeira apresenta alto grau de achatamento necessita passar pelo processo de arredondamento, responsável por tornar a tora cilíndrica para originar lâminas de mesma espessura, entretanto, causa redução do seu diâmetro inicial. Durante esta etapa, a produção de resíduos varia conforme grau, e quanto maior, menor será o rendimento por tora.

O achatamento não influencia apenas no rendimento, mas também na qualidade, pois está associada com a formação da medula. Isto ocorre quando há um acentuado deslocamento do centro do tronco, ocasionando rachaduras oblíquas em suas paredes, que afetam a resistência mecânica. Ou seja, quando há formação de medula excêntrica tem-se comportamento desigual ao longo do fuste e a formação de lâminas com anatomia desuniforme (COSTA, 2001). A formação da medula excêntrica pode estar relacionada com o relevo do terreno (terreno inclinado), e como forma de sobrevivência a árvore faz o encurvamento do seu caule, no entanto, mesmo em terrenos planos pode haver o achatamento recorrente de ventos fortes (FERREIRA, 2008).

3.2.3 Densidade básica

A densidade básica da madeira é a relação da massa seca (até peso constante) seca na estufa a $103 \pm 2^\circ\text{C}$ pelo respectivo volume da madeira acima do ponto de saturação das fibras (ABNT, 2003). Resultante da combinação de diversos fatores internos como proporção de cerne e alborno, localização no tronco, idade, vigor e fatores externos à árvore como condições climáticas, tratos silviculturais e local de crescimento, esta propriedade é considerada uma das mais importantes no estudo da madeira (ROIG et al., 2008; BENJAMIM; BALLARIN, 2009).

Comumente, a densidade é influenciada pelo tamanho e quantidade de células de variados tipos em detrimento do tamanho e da espessura da parede celular. Para sua determinação, o destaque são os traqueóides, podendo ser em pequenas e grandes quantidades, e os espaços vazios nas seções transversais que permitem maior compressão em pequenos espaços. No caso em que os traqueóides possuem lúmenes pequenos e parede espessa, há menor espaço vazio e a massa tende a ser maior (PANSIN; DE ZEEW, 1970).

Segundo Miranda et al. (2012) a densidade sofre variação entre as espécies, dentro de uma mesma espécie e até dentro de uma mesma árvore, tanto no sentido base-topo, quanto no sentido medula-casca. De acordo com Rolim e Ferreira (1974) e Mattos et al. (2006) a densidade aumenta na direção radial (medula-casca), atingindo um valor constante após certa idade. Estas variações, geralmente encontradas dentro de uma mesma árvore, dão-se, possivelmente, pelas alterações recorrentes do câmbio durante o envelhecimento e transformações impostas pelas condições ambientais (OLIVEIRA; CASTRO, 2003).

A influência das propriedades físico-mecânicas determina a qualidade final de produto (BATISTA, 2011). Rezende (2003), afirma que o estudo da densidade básica e as relações entre as variações dimensionais, umidade e retrações são essenciais para um melhor aproveitamento e qualidade da laminação para produção de painéis.

A madeira mais homogênea, no que diz respeito à sua densidade no interior do tronco, poderá se comportar melhor nas operações de processamento e refletir maior uniformidade nas demais propriedades tecnológicas. As peças de madeira que sofrem grande variação de densidade apresentam lâminas com espessuras

desuniformes, aumentando as chances de fendas e rachaduras oriundas da resistência mecânica (OLIVEIRA et al., 2005).

Segundo Jankowsky (1979) a variação na espessura das lâminas afeta a colagem e outras operações na fabricação do compensado; a aspereza excessiva provoca um aumento no consumo de adesivos, prejudicando a linha de cola e conseqüentemente alterando a quantidade de madeira retirada das faces do compensado durante o lixamento.

Madeiras que apresentam menor densidade básica produzem lâminas com menor resistência mecânica e uma maior aderência do adesivo, entretanto, aquelas muito densas acarretam em melhor resistência mecânica, porém, aumentam as chances de defeitos como fendas e rachaduras (TSOUMIS, 1991).

As limitações relacionadas à baixa densidade podem ser minimizadas com uso de tecnologias de colagem para fabricação de produtos de madeira reconstituída, como painéis laminados de madeira. Para atenuar os efeitos em madeiras com alta densidade é usualmente recomendado tratamento térmico minimizando as rachaduras decorrentes das tensões de crescimento para produzir lâminas resistentes e com menor taxa de defeitos (PIO, 1996).

Mattos et al. (2009) obtiveram para a araucária com 19 anos de idade, variação de densidades decrescentes no sentido base topo e segundo Cruz (2003) tanto as propriedades físicas quanto as propriedades mecânicas apresentam maiores variações na direção radial da medula - casca quando relacionadas com as variações apresentadas no sentido da base - topo.

Rolim e Ferreira (1974) avaliando a variação da densidade básica em função dos anéis de crescimento da madeira de araucária com 15 anos de idade obtiveram densidade de $0,371 \text{ g.cm}^{-3}$ para o 1º anel e de $0,521 \text{ g.cm}^{-3}$ para o 15º anel. Mattos et al. (2006) estudando a caracterização da madeira de *Araucaria angustifolia* com 38 anos de idade, amostrada em Rio Negro- PR, verificaram que a densidade foi crescente no sentido medula-casca, sendo menor e tendendo a se tornar constante próximo à casca.

3.2.4 Colapso

O colapso ocorre na primeira etapa da perda de água, provocado pela sua movimentação no interior das células da madeira e se expressa em forma de esmagamento ou enrugamento da peça de acordo com a severidade (SKAAR,

1972). É frequente nas espécies de eucalipto, chegando a ser considerado o principal defeito decorrente do processo de secagem, no entanto, mesmo que em pequena quantidade, madeiras em geral sofrem este dano (FIGUEROA, 2012).

Simpson (1991) relata que o colapso pode ocorrer por tensões compressivas nas partes internas da madeira durante o processo de secagem, que excedem a sua resistência. Lâminas de madeira de maior densidade, normalmente, apresentam-se com superfície irregular. Este defeito pode ser minimizado com alterações do ambiente de secagem (temperatura e umidade relativa) (KLITZKE, 2007). Quanto menor a densidade e a temperatura de secagem, menor o grau de colapso (ZEN, 2016).

Dentre os fatores relacionados ao ambiente, o de maior influência é a temperatura interna da madeira (BRANDÃO, 1989), e segundo Keey et al. (2000) durante a etapa de secagem a temperatura deve ser menor que 50°C até que atinja o ponto de saturação das fibras (PSF), permitindo a rigidez da parede celular. As lâminas produzidas a partir destas condições tendem a apresentar mais resistência às forças capilares reduzindo a tendência ao colapso.

3.2.5 *Retratibilidade*

A retração da madeira é outra propriedade de grande importância, principalmente para se avaliar o potencial e utilização para indústria madeireira (CRUZ et al., 2003). Todos os materiais higroscópicos, como a madeira e vários outros materiais celulósicos, apresentam retração quando o seu teor de umidade do PSF é reduzido até à condição absolutamente seca ou anidra (SILVEIRA et al., 1999; OLIVEIRA et al., 2003), expressando o encolhimento da madeira durante a secagem (PONCE, 1995).

Essa característica representa um dos mais importantes problemas práticos que ocorrem durante o seu uso, e alguns fatores tais como mudança de umidade associados à direção dos eixos (radial, tangencial ou longitudinal), a posição dentro da árvore, a densidade da madeira, a temperatura e o grau de estresse de secagem podem contribuir para o aumento da variação dimensional (OLIVEIRA et al., 2010).

Quando as moléculas de água se desprendem da parede celular, as microfibrilas se aproximam, causando a retração da madeira (OLIVEIRA et al., 2010) sendo que os valores mais expressivos de retração ocorrem abaixo do ponto de saturação das fibras. Para o uso industrial da madeira, o estudo do comportamento

da mesma quanto às suas variações dimensionais é essencial, pois, quaisquer alterações que possam ocorrer na madeira e no ambiente de secagem, podem ser os responsáveis pelos principais defeitos na secagem como empenamentos e rachaduras.

A amplitude das variações dimensionais da madeira é normalmente maior em espécies de alta densidade, em função da maior quantidade de madeira por volume (TSOUMIS, 1991; ROCHA, 2000; VIDAURRE, 2011). Estas variações nas dimensões se diferem em comprimento, espessura e largura da peça de madeira (SIMPSON, 1991) sendo que as coníferas sofrem menor retração que as folhosas, devido às estruturas anatômicas mais simples.

A retração é afetada por uma série de fatores combinados ou isolados, variando em cada espécie, dentre estes fatores estão as diferenças angulares das microfibrilas, lenho inicial e tardio, efeito restrito dos raios, teor de extrativos e a porcentagem de lignina (ALIPON; TAMAYO, 1997). Segundo Schroeder, (1972) a lignina é o principal responsável pela retração, portanto, quanto mais, maior será a porcentagem de retração da madeira.

Para Serpa et al. (2003) um dos fatores mais importantes para obter lâminas mais estáveis é a utilização de árvores mais velhas, por possuírem madeira com maior resistência à flexão e a compressão paralela dos traqueóides, justificando a teoria de Almeida (2006) ao inferir que é o diâmetro do lume dos traqueóides que mais influi na sua resistência e o de menor importância é a dimensão dos vasos.

A partir da retração volumétrica é possível determinar o coeficiente de anisotropia para avaliar a estabilidade dimensional da madeira, definido pela relação entre as retrações tangencial e radial (OLIVEIRA et al., 2005). Em função da elevada anisotropia dimensional, decorrente em muitas madeiras, torna-se imprescindível o conhecimento dos mecanismos físicos que imperam os elementos de retratibilidade.

A anisotropia de inchamento e retração nas direções tangencial e radial ocasiona defeitos como deformações e fendas nas lâminas, que estão relacionadas à localização da parte do fuste. Geralmente varia de 1,5 a 2,5, e tornou-se um índice muito importante nos estudos de retração de madeira, pois, quanto maior essa relação, maior será a tendência ao fendilhamento e empenamento. Em geral, a retração na direção tangencial é, aproximadamente, duas vezes maior do que na direção radial (MIRANDA et al., 2012) devido ao efeito restrito dos raios, maior

distribuição de lignina entre as fibras, distribuição de pontuações no raio e maior ângulo no sentido radial.

Segundo Oliveira et al. (2005) este índice é indicado para classificar o grau de estabilidade da madeira, sendo de 1,3 para madeiras muito estáveis e acima de 3,0 para extremamente instáveis. Para Moreschi (2010) a classificação da anisotropia é considerada excelente até 1,5; de 1,6 a 1,9 normal e acima de 1,9 a madeira é de baixa qualidade. Quanto maior a relação entre a direção tangencial e radial, maior será a magnitude do problema no processo de laminação.

3.2.6 Lenho juvenil e adulto

O estudo das propriedades físicas da madeira deve levar em consideração a existência dos parâmetros relacionados ao crescimento da árvore, em especial a proporção de madeira adulta e juvenil (ROSA et al., 2014). A madeira proveniente de árvores jovens difere daquela de árvores mais velhas, devido a maior porcentagem de lenho juvenil. Segundo Koga (1988), o lenho juvenil é formado nos primeiros anos na região central da madeira (próximo à medula), sua duração é variável, podendo ocupar em árvores com 15 e 30 anos cerca de 85 e 10% do tronco respectivamente.

As diferenças que ocorrem entre as madeiras juvenis e adultas estão relacionadas especialmente com as dimensões celulares, do arranjo da parede celular além das características físico-químicas (TRUGILHO, 2009). A porção da madeira juvenil e adulta difere, também, conforme a distância entre os anéis formados. Em anéis sucessivos, a partir do centro da árvore verifica-se o aumento da densidade básica e da espessura da parede celular. Os anéis de crescimento sofrem grande variação quanto à maioria das propriedades, em que, anéis sucessivos assumem as características da madeira adulta (LATORRACA; ALBUQUERQUE, 2000).

O lenho adulto e juvenil também possuem forte influência na variação da densidade básica, sendo que o último se difere por apresentar menor densidade básica, maior ângulo microfibrilar, traqueídes mais curtos, maior retração longitudinal, maior proporção de lenho de reação, paredes celulares mais finas, dentre outros. A proporção de madeira juvenil na direção longitudinal do caule tende a aumentar da base ao topo (TRUGILHO, 2009), conseqüentemente, a baixa densidade básica e retração mais acentuada são problemas recorrentes que incidem na qualidade da madeira.

Quando o intuito é destinar a madeira à laminação, normalmente não são indicadas toras com lenho juvenil. As largas faixas de lenho inicial ou primaveril tendem a causar trepidação no torno laminador, acarretando em lâminas com variação em sua espessura, além de defeitos na secagem. Como consequência, será necessário maior quantidade de cola, elevando os custos e aumentando a variação da espessura do painel (LATORRACA; ALBUQUERQUE, 2000). Bao et al. (2001), em um trabalho com dez espécies florestais com ocorrência na China, constataram que, em comparação com as folhosas estudadas, as madeiras de coníferas parecem ter maior diferença entre lenho juvenil e adulto.

A madeira juvenil formada por anéis de crescimento mais largos apresentam menor resistência mecânica e maior contração e inchamento no sentido longitudinal, podendo gerar tensões na linha de cola. Normalmente, as madeiras de coníferas apresentam mais facilidade de colagem que as folhosas, visto que sua estrutura é menos complexa (VITAL et al., 2006).

3.3 MELHORAMENTO GENÉTICO

O melhoramento florestal é uma das atividades mais antigas da humanidade, sendo considerada uma das mais importantes para a silvicultura mundial (ZOBEL; TALBERT, 1984; FONSECA et al., 2010). No Brasil, o avanço do melhoramento florestal se deu a partir de 1967 com a criação dos incentivos fiscais ao reflorestamento tornando-os mais atrativos. Hoje, o Brasil encontra-se entre os líderes em melhoramento genético florestal, sendo referência mundial.

O melhoramento genético consiste basicamente em uma forma de aumentar a qualidade das espécies cultivadas, resultando no aumento da produtividade e qualidade deste material a cada ciclo de seleção, mantendo as características da população original (ODA et al., 1989). Já atingiu excelentes resultados quando se trata do aumento da produtividade, fato comprovado pela utilização de madeira de florestas jovens.

Nahuz (2000) afirma que, atualmente, madeiras provenientes de plantações florestais já trazem uma carga significativa de desenvolvimento científico e tecnológico, na forma de melhoramento, classificação, velocidade de crescimento, resistência ao ataque de pragas, comprimento das fibras/ traqueóides, propriedades físico-mecânicas e a reduzida incidência de defeitos, entre outras, mas que ainda requerem aprimoramento continuado.

O pré-melhoramento é o responsável por definir as características de interesse em se tratando das propriedades físico-mecânicas e morfológicas da árvore, e agregar o maior número de “combinações”. Em se tratando de matéria prima para a produção de madeira laminas, merece destaque o diâmetro, retidão, circularidade e ausência de nós na tora, além das propriedades físico-mecânicas como densidade básica, resistência mecânica e a estabilidade dimensional, sendo estes, os responsáveis por agregar qualidade no produto final.

3.3.1 Análise multivariada

As análises multivariadas têm sido usadas no ramo da pesquisa, sobretudo quanto o pesquisador está inseguro sobre quanto à seleção de material superior para clonagem. Estas análises são utilizadas a fim de reduzir os erros de medidas e de reunir maior número de variáveis em uma medida para representar um conceito. Com isto, permite que o pesquisador especifique com maior precisão as respostas desejadas (CEOLIN et al., 2007).

Análise multivariada compreende um conjunto de técnicas que engloba vasto domínio de situações de pesquisa, evidenciada em forma de esquema de classificação. Estas análises objetivam medir, explicar e prever o grau de relação entre as variáveis.

Para isso todas as variáveis devem ser aleatórias e inter-relacionadas de maneira que se alguma das variáveis for desconsiderada, não se pode fazer interpretação dos dados. Assim, ao invés de uma única variável aleatória para representar uma só característica de uma unidade experimental (ou observacional), tem-se um conjunto de características que são utilizadas na seleção (HAIR, 2009).

Dentre as técnicas mais comuns estão: análise dos fatores comuns, regressão múltipla e correlação múltipla, análise de correlação canônica, análise multivariada de variância e covariância, análise de agrupamento, análise de componentes principais, dentre outras.

A análise de componentes principais pode ser utilizada para analisar um maior número de variáveis através da inter-relação e explicar as variáveis em suas dimensões inerentes comuns. As análises de agrupamento utilizam de técnicas para separar os indivíduos em subgrupos, classificando-os em menor número de grupos mutuamente excludentes, baseado no grau de similaridade (HAIR, 2009).

Segundo Cruz et al. (2011), os principais métodos de agrupamento obedecendo uma hierarquia são: o método do vizinho mais próximo, o método do vizinho mais distante, UPGMA (Unweighted Pair-Group Method using Arithmetic Averages) mais conhecido por “ligação média entre grupos”, o método do centróide, da mediana (WPGMC) e o da variância mínima de Ward, dispensando os dados originais e operando, portanto, sobre a matriz de distâncias.

Entre as técnicas estatísticas multivariadas, encontram-se os métodos agrupamento de Tocher e o Tocher modificado (CRUZ; REGAZZI, 2004). Segundo Vasconcelos et al., (2007) o método de otimização de Tocher é caracterizado por apresentar uma desvantagem no agrupamento dos genótipos com maior dissimilaridade: em sua grande maioria, cada genótipo é responsável por formar um grupo específico, contendo apenas um genótipo, decorrente do agrupamento sofrer influência da distância dos genótipos já agrupados.

Em contrapartida, o método de Tocher modificado difere do original por adotar uma aglomeração inversa, sendo capaz de agrupar sequencialmente, não sofrendo influência dos genótipos previamente agrupados, como ocorre no método original (simultâneo). Logo, o agrupamento de genótipos com maior dissimilaridade é mais eficiente quando realizado pelo método modificado (VASCONCELOS et al., 2007).

Conforme Johnson e Wichern (1992), os objetos agrupados em clusters representam uma medida de “proximidade” através de algum tipo de distância, na maioria dos casos. Esquarcini (2005) descreve que o agrupamento pode ser feito com base nos coeficientes de similaridade, que representam a maior semelhança entre os objetos, como o coeficiente de correlação, ou então com base nos coeficientes de dissimilaridade, os quais apresentam a menor semelhança entre os objetos. Assim, os coeficientes de similaridade indicam que quanto maior o valor, maior a semelhança entre os objetos.

Quando se trata de métodos com variáveis quantitativas, comumente são empregadas são as distâncias Euclidiana e de Mahalanobis (CRUZ; REGAZZI, 2001). Estes métodos são embasadas nas diferenças entre as características com comportamento quantitativo (RAO, 1952). Apesar de a análise de Mahalanobis ser mais precisa, a análise da distância Euclidiana tem sido muito utilizada em dados que não possuem delineamento estatístico.

3.3.2 *Dissimilaridade genética*

No melhoramento genético, o estudo da diversidade genética tem propiciado significativas contribuições, salientando a predição de híbridos heteróticos, com base no cruzamento de populações de maior grau de divergência genética relativa (DUDLEY et al., 1992).

Estas populações são em geral oriundas do cruzamento de indivíduos geneticamente superiores, pretendendo, o maior grau de distância genética para fins de novas recombinações de alelos com genes favoráveis (MORAIS, 1992).

A seleção do material de interesse para fins de cruzamento de genótipos deve ser realizada baseada nas características de interesse. Para direcionar o cruzamento em dialelos para obtenção de híbridos intraespecíficos, o estudo da divergência genética torna-se necessária, para excluir cruzamentos que venham a acarretar pequenas chances de híbridos heteróticos.

Para identificar as melhores combinações, fator primordial é o reconhecimento do grau de semelhança entre o material, através de técnicas biométricas pertinentes. Estas possibilitam melhor elaboração de cruzamentos a serem analisados no programa de melhoramento (SILVA, 2012), propiciando a remoção de duplicatas e a análise de pureza dos diferentes genótipos (CRUZ et al., 2011).

A diversidade genética pode ser obtida por medidas preditivas e quantitativas (CRUZ; CARNEIRO, 2003). Os métodos preditivos têm sido muito utilizados, uma vez que, são baseados em diferenças fisiológicas e morfométricas das matrizes, dispensando combinações híbridas entre elas (CRUZ; REGAZZI, 2001). Este método é responsável por quantificar a diversidade genética por meio de medidas de dissimilaridade.

Segundo Cruz et al., (2011) as medidas de dissimilaridade são muito importantes nos estudos de variedade genética em que se almeja identificar genitores superiores utilizados em programas de hibridação. Visa à identificação das melhores combinações de híbridas que propiciarão efeito heterótico, de maneira que, as futuras gerações, tenham maior probabilidade de recuperar de genótipos com características superiores (CRUZ; REGAZZI, 2001).

A importância dos trabalhos de melhoramento que envolve a divergência genética constitui no fato de que cruzamentos que envolvem diferentes tipos de

genitores devem ser os prioritários na hora da seleção, para produzir efeito heterótico elevado, além de aumentar a variabilidade genética futuras gerações (RAO et al., 1981).

Dentre os métodos preditivos das medidas de dissimilaridade comumente utilizada para características quantitativas, encontra-se a distância Euclidiana, a distância Euclidiana média e a distância generalizada de Mahalanobis (1936). É a partir das medidas de dissimilaridade que é possível averiguar o grau de semelhança entre os indivíduos, sendo mais similares quanto menor forem os valores.

Nesse sentido, a análise da divergência genética perfaz uma etapa importante no melhoramento genético, visto que, auxilia a escolha de parentais em que cruzados geram ampla variabilidade genética passível de seleção (CRUZ; REGAZZI, 2001).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 MATERIAL GENÉTICO E LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA

Foram utilizadas, neste trabalho, árvores de *Araucaria angustifolia* de 39 anos de idade, provenientes de um plantio seminal comercial da empresa Palmasola S/A. Foram selecionadas 25 árvores matriz, obtidas de único talhão contendo 30 ha, considerando as características silviculturais altura total, altura comercial, forma do fuste, volume de madeira e ausência de pragas e doenças. A área localiza-se no Município de Palma Sola, Santa Catarina, latitude 26°20' S, longitude 53°16' W e altitude aproximada de 870 metros (Figura 2).



Figura 2. Indicação do município de Palma Sola no mapa do Estado de Santa Catarina (Fonte: Google mapa)

O clima do local é caracterizado como mesotérmico úmido segundo a classificação de Köppen, com verões quentes e invernos rigorosos. Com temperatura média anual de 17,4 °C e pluviosidade média de 2200 mm. O solo do local é classificado como Latossolo Bruno Distrófico de textura argilosa. Os dados climáticos foram obtidos por meio da Estação Meteorológica Municipal de Palma Sola/SC.

4.2 AMOSTRAGEM

No momento da seleção das matrizes foram determinadas as características silviculturais: altura total (m), altura comercial (m) e diâmetro à altura do peito (DAP) (cm).

Os discos foram retirados após o abate das árvores e acondicionados em sacos plásticos para transporte (Figura 3) e posteriormente armazenados no laboratório de Tecnologia de Produtos Florestais da Universidade Federal do Tocantins (UFT) Campus de Gurupi, onde foram realizadas as análises das propriedades morfométricas e físicas da madeira



Figura 3. Amostras dos discos de *Araucaria angustifolia* coletadas e ensacadas para transporte (Fonte: DIAS, 2017)

4.3 CARACTERÍSTICAS SILVICULTURAIS

Para obtenção do volume de madeira, foi utilizada a fórmula de Smalian obtida através das medições dos discos nas alturas de 0, 25, 50, 75 e 100% do fuste.

O volume sem casca foi obtido a partir das medições dos diâmetros sem casca em cada disco, e posteriormente, transformados em circunferência (Equações 1 e 2). Para calcular a porcentagem de casca, utilizou-se a razão entre o volume de casca e o volume total do fuste (Equação 2).

$$V = \frac{g1+g2}{2} * L \quad (1)$$

$$g = \frac{\pi * d^2}{40000} * L \quad (2)$$

em que:

V: volume de madeira (m³)

g: área transversal (m²)

L: comprimento do fuste (m)

d: diâmetro do fuste

$$C\% = \frac{V.casca}{v.total} \times 100 \quad (3)$$

em que:

C(%): porcentagem de casca (%)

V. casca: volume de casca (m³)

V. total: volume de madeira (m³)

4.4 CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS

Para avaliação das características morfométricas foram consideradas os parâmetros conicidade e achatamento. Cada defeito foi medido e classificado conforme a Norma para medição e classificação de toras de madeiras IBDF (1984).

4.4.1 Conicidade (C%)

A conicidade (cm/m) foi determinada pela diferença entre o diâmetro da base e o diâmetro do topo da tora dividido pelo comprimento da mesma (Equação 4).

$$C(\%) = \frac{\frac{d_1+d_2}{2} - \frac{d_3+d_4}{2}}{L_t} \quad (4)$$

em que:

C(%): conicidade

d1 e d2: diâmetros da base (cm)

d3 e d4: diâmetros do topo (cm)

L_t: comprimento da tora(m)

Os diâmetros foram mensurados com o auxílio de uma fita, tomando-se duas medidas em cada extremidade e calculando-se a média destas medidas, conforme a Figura 4.

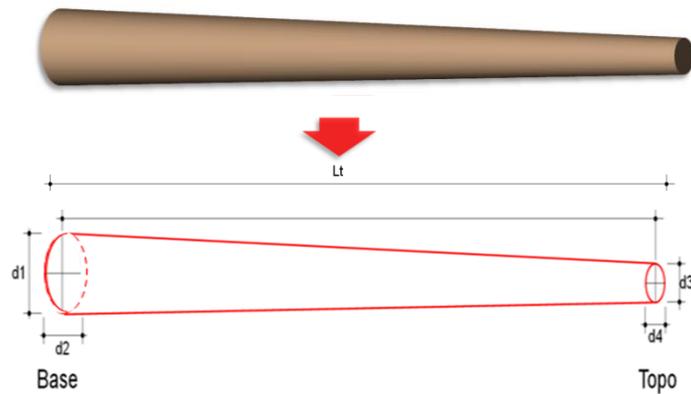


Figura 4. Esquema representativo da tora para cálculo da conicidade

4.4.2 Achatamento (A%)

O achatamento das toras foi determinado por meio de medições dos diâmetros da base e do topo, tomando-se duas medidas em cada extremidade e calculando-se a média destas medidas, segundo a fórmula a seguir (Equação 5).

$$A(\%) = \frac{\frac{d1+d2}{2}}{\frac{d3+d4}{2}} * 100 \quad (5)$$

em que:

A: achatamento (%);

d1 e d2: menores diâmetros da extremidade da tora na base e no topo.

d3 e d4: maiores diâmetros da extremidade da tora na base e no topo.

Foram medidos os diâmetros perpendiculares de menor e maior comprimento na base e do topo, calculando-se a média destas medidas, conforme a Figura 4.

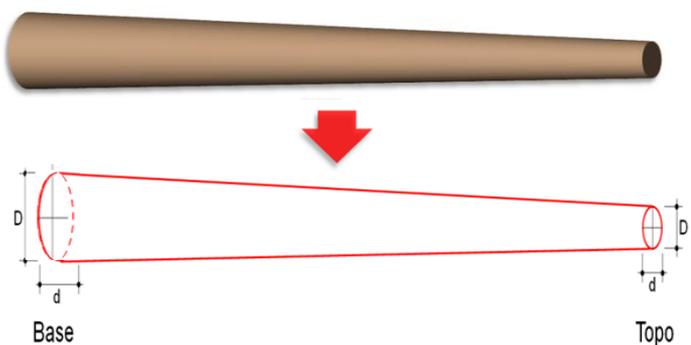


Figura 5. Esquema representativo da tora para cálculo do achatamento

4.5 PROPRIEDADES FÍSICAS DA MADEIRA

4.5.1 Determinação da densidade básica

A densidade básica da madeira foi determinada de acordo com as normas NBR 11941 (ABNT, 2003) e NBR 7190 (ABNT, 1997) nas direções longitudinal e radial. Para a variação na direção longitudinal, utilizando-se cinco discos por árvore, obtidos nas alturas de 0%, 25%, 50%, 75% e 100% da altura do fuste (Figura 6).



Figura 6. Discos de *Araucaria angustifolia* retirados a 0, 25, 50, 75 e 100% da altura do fuste para avaliar a densidade básica na direção longitudinal (Fonte: DIAS, 2017).

Os discos foram seccionados em cunhas, e duas cunhas opostas foram utilizadas para a determinação da densidade básica (Figura 7).

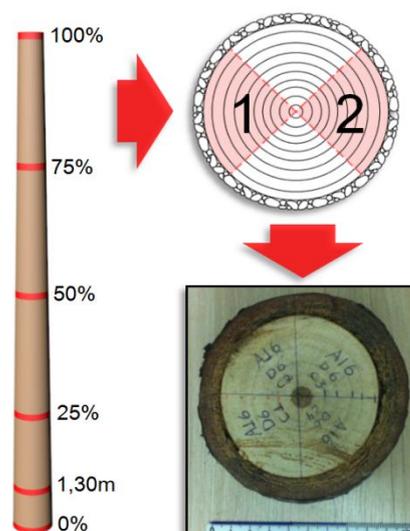


Figura 7. Esquema representativo dos discos e ambos para a determinação da densidade básica (Fonte: DIAS, 2017)

Para determinar a variação radial da densidade básica de cada árvore, utilizou-se o disco retirado a 1,3 metros do solo (DAP). Foi retirada uma bagueta do meio de cada disco. De cada bagueta (Figura 8) foram obtidos corpos de prova com as seguintes dimensões: 200 x 300 x 500 mm nas direções lineares tangenciais, radiais e longitudinais respectivamente, conforme norma NBR 7190 (ABNT, 1997).

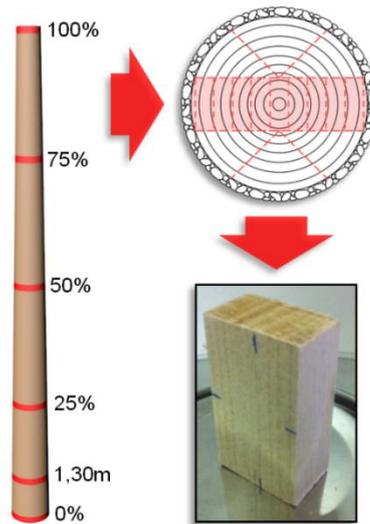


Figura 8. Esquema representativo da coleta dos discos e corpos de prova na direção radial (Fonte: DIAS, 2017).

A densidade básica média foi calculada de acordo com a Equação 6.

$$DBm = \frac{ms}{vv} \quad (6)$$

em que:

Db: densidade básica da madeira (g.cm^{-3})

ms: massa seca da amostra de madeira (g)

vv: volume verde da amostra de madeira (cm^3)

4.5.2 Colapso

A determinação do grau de colapso foi realizada de acordo com Welling (1994). O grau de colapso foi medido pela diferença entre a maior e menor espessura da seção transversal dos corpos de prova, nas condições de saturação máxima da madeira e no ponto de saturação das fibras, respectivamente (Figura 9).

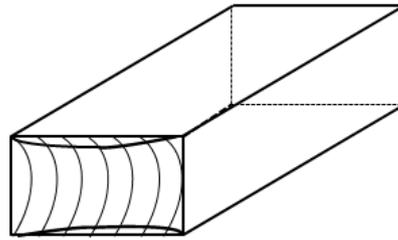


Figura 9. Esquema da medição do colapso.

O grau de colapso foi calculado de acordo com a Equação 7.

$$C = e_i - e_f \quad (7)$$

em que:

C : grau de Colapso (%);

e_i : espessura da madeira saturada (mm);

e_f : espessura da madeira no PSF (mm).

O grau de colapso foi classificado de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1. Classificação do grau de colapso de madeira, Welling (1994).

Grau do colapso	Redução na espessura
Baixo	0 a 2 mm
Moderado	2,1 a 3 mm
Forte	3,1 a 6 mm

4.5.3 Retratibilidade (β_t)

Foram utilizados os corpos de prova previamente utilizados na determinação da densidade básica na direção radial. Para medir a retração radial, tangencial, longitudinal e volumétrica, foram tomadas com auxílio de paquímetro digital com precisão de 0,01 mm. A primeira medição foi realizada com as amostras saturadas e a seguinte com as amostras secas em estufa a 103°C (± 2) (Equação 8).

$$\beta_t = \frac{(D_{Sat} - D_{Seca})}{D_{Sat}} \times 100 \quad (8)$$

em que:

β_T : coeficiente de retração máxima, em uma dada direção estrutural (%);

D_{sat} : dimensão no máximo teor de umidade, em uma dada direção estrutural (mm);

D_{Seca} : dimensão absolutamente seca, em uma dada direção estrutural (mm).

4.5.4 Coeficiente de anisotropia ($C\alpha$)

Seguindo o mesmo preceito, o coeficiente de anisotropia foi obtido a partir da relação das direções tangenciais e radiais (Equação 9).

$$C\alpha = \frac{\beta_t}{\beta_r} \quad (9)$$

em que:

$C\alpha$: coeficiente de anisotropia (adimensional);

β_t : coeficiente de retração tangencial (%)

β_r : coeficiente de retração radial (%)

4.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS

4.6.1 Qualidade da madeira

Foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado (DIC), considerando cada árvore como sendo uma repetição, em que foram realizados testes de normalidade (Shapiro- Wilk) e o teste de homogeneidade (*Bartlett*), para realizar a análise estatística paramétrica a partir das análises de variância (ANOVA). Quando a hipótese de nulidade da ANOVA foi rejeitada, foi realizado o teste *Tukey*. Também foi determinado o coeficiente de correlação de Pearson (r) para verificar a relação entre a densidade básica e os demais parâmetros.

4.6.2 Dissimilaridade Genética

Com os dados das 25 matrizes selecionadas em campo, foram realizadas análises multivariadas através do método de agrupamento por meio dos componentes principais e calculado a dissimilaridade através da distância Euclidiana (RAO, 1952; CRUZ; REGAZZI, 2001).

O procedimento inicial é a conversão da matriz $Y_{p=[\bar{Y}_{ir}]}$ de médias amostrais em uma matriz $D_{I=[d_{ii}]}$ de dissimilaridade entre pares de genótipos (JOHNSON; WICHERN, 1992).

Após a coletas dos dados foram realizadas análises multivariada através do método de agrupamento por meio dos componentes principais e calculado a dissimilaridade entre as árvores matrizes (RAO, 1952; CRUZ; REGAZZI, 2001), por meio da distância Euclidiana padronizada:

$$d_{ii} = \left[\frac{1}{n} \sum_j (X_{ij} - X_{ij})^2 \right]^{1/2}$$

em que :

$X_{ij} = X_{ij}/S(X_j)$ como medida de dissimilaridade.

Foram realizadas as análises de agrupamento pelo método de otimização de Tocher por meio da UPGMA (Unweighted Pair-Group Method using Arithmetic Averages) segundo Vasconcelos et al.(2007) conhecido como “ligação média entre grupos, que é indicado para estudar o grau de dissimilaridade existente entre genótipos, sendo utilizado na formação dos conjuntos de genótipos com maior dissimilaridade entre si. O critério adotado pelo método de Tocher é que a média dos valores das distâncias intragrupos deve ser menor que as distâncias intergrupos (CRUZ, 1990).

A distância média intragrupos foi estimada por: $d_g = \frac{\sum_{i,i=1}^1 d_{ii}}{c_n^2}$

em que:

d_g é a distância média dentro do grupo I;

$\sum_{i,i=1}^1 d_{ii}$ é a soma de todas as possíveis combinações dos n genótipos incluídos no grupo;

c_n^2 é número de combinações possíveis.

A distância média intergrupos é dada por: $d_{g,h} = \frac{\sum_{i,j=1}^1 d_{ii}}{n_g n_h}$

em que:

$d_{g,h}$ é a distância média entre os grupos g e h;

$\sum_{i,j=1}^1 d_{ii}$ é a soma de todas as possíveis combinações $n_g \times n_h$ dos genótipos incluídos nos grupos g e h, respectivamente;

$n_g \times n_h$ é o número total de combinações possíveis.

Foi utilizado, também, o critério de Singh (1981) para quantificar a contribuição relativa dessas características na divergência genética.

As análises estatísticas dos dados de dissimilaridade foram realizadas utilizando o Programa Computacional GENES (CRUZ, 2013). Em seguida foi realizado o ranking dos genótipos de acordo com as características que mais contribuíram para dissimilaridade genética.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 CARACTERÍSTICAS SILVICULTURAIS

Os diâmetros com e sem casca aferidos para cada posição em relação à altura do fuste e seus respectivos volumes e porcentagem de casca estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Diâmetros médios com e sem casca das secções para estimar o rendimento de madeira de *Araucaria angustifolia*.

	Tora 1	Tora 2	Tora 3	Tora 4	
	(0-25%)	(25-50%)	(50-75%)	(75-100%)	Total
Diâmetro CC (cm)	32,2	28,6	24,8	19,1	-
Diâmetro SC (cm)	31,1	26,0	22,4	17,0	-
Volume SC (m ³)	0,40	0,32	0,24	0,13	1,10
Volume de Casca (%)	6,17	17,37	18,42	21,00	15,74

Diâmetro CC (com casca) e SC (sem casca). Diâmetros e volume tomados nas alturas 0%, 25%, 50%, 75% e 100% da altura do fuste.

De acordo com a ICMBIO (2012) o diâmetro mínimo na ponta fina para o uso fins de laminação deve ser acima de 31,0cm. Apenas a tora da base (0-25%) se enquadra nos padrões de diâmetro mínimo recomendado, apresentando alto rendimento quando comparado com aquelas de menores diâmetros. As demais toras apresentam diâmetros abaixo do sugerido pela norma, devendo ser empregadas para outras finalidades como carvão e postes. Por se tratar de toras superiores a cinco metros, as toras da base poderão ser convertidas em duas de menor comprimento conforme o recomendado pela ICMBIO (2012) com comprimento de toras de 2,6 m para aumentar o rendimento e reduzir a variação da densidade básica recorrente ao longo do fuste.

A média dos diâmetros entre as toras um e dois encontra-se superior ao obtido por Hillig et al. (2012) para a araucária com 38 anos apresentando diâmetro no DAP de 25,50 cm. Valério et al. (2007) estudaram a classe de diâmetros para rendimento em madeira serrada e obtiveram o menor rendimento na menor classe de diâmetro até 28 cm, com 37,7% em toras com casca e 53,1% em toras sem casca. Estes autores constataram que a araucária apresenta rendimento superior quando comparado com outras espécies.

O volume médio de madeira neste estudo apresentou resultado superior a outros estudos realizados para a espécie. Como este plantio foi realizado em Latossolos Vermelhos, justifica as médias acima do intervalo obtido por diversos autores, embasado na afirmação de Hoogh (1981) ao dizer que os solos adequados para o cultivo da araucária são os Latossolos Vermelhos. No entanto, algumas árvores apresentaram volume inferior à média geral, em que, certamente, a diferença entre o volume está associado ao vigor das sementes, pois o espaçamento e o tipo de solo do plantio são semelhantes.

Figueredo Filho et al. (2014) estudando araucárias de plantio com 50 anos obtiveram a média do volume de 1,20 m³, e segundo eles, as toras para laminação só surgiram, a partir dos 35 anos, com cerca de uma tora por árvore. Figueredo Filho et al. (2015) obteve sortimentos para laminação apenas nas árvores com idades superiores a 23 anos, com valor de 0,063 m³.

A porcentagem de casca é fator negativo ao relacionar com rendimento, uma vez que são removidas antes do processo de torneamento, reduzindo o diâmetro da árvore. Segundo Miranda et al. (2002a), a casca quando agregada com a madeira frequentemente apresenta danos econômicos as empresas, já que seu volume implica nos custos de colheita e transporte. A porcentagem de casca média foi 15,74%, valor próximo ao relatado por Tomé (1995) ao inferir que o rendimento de um pinheiro de porte grande, apresenta a produção de casca em torno de 14,17%, não apresentando grandes perdas em diâmetro do fuste após o processo de descascamento.

É errôneo afirmar que próximo à base tem-se maior proporção de casca devido à conicidade das árvores. No topo, a espessura da casca tende a ser menor em relação à base, mas apresenta atividade biológica intensa, responsável pela translocação de grande quantidade de seiva elaborada, resultando em grande porcentagem de casca em relação ao lenho.

Sendo assim, apenas a tora da base se adequa conforme os requisitos necessários para produção de lâminas, apresentando diâmetros e comprimento acima do mínimo indicado pela ICMBIO (2012), maior volume e menor porcentagem de casca.

5.2 PROPRIEDADES MORFOMÉTRICAS

Na Tabela 3 estão apresentados os valores de conicidade e achatamento para a *Araucaria angustifolia*.

Tabela 3. Conicidade e achatamento para a *Araucaria angustifolia*.

Árvore	Conicidade (C%)	Achatamento (A%)
Mínimo	0,40	88,29
Médio	0,53	95,08
Máximo	0,65	99,07
DP	0,06	3,06
CV	12,11	3,22

DP (desvio padrão); CV (coeficiente de variação).

Segundo IBDF (1984) para a conicidade ser considerada defeito, precisa apresentar “C(%)” superior a 3%. Ao analisar a Tabela 3, os valores permitem averiguar a baixa conicidade (0,52%) segundo IBDF (1984). Neste trabalho, os resultados estão abaixo do considerado defeito. De acordo com Reitz e Klein (1966) o tronco de araucária é bastante cilíndrico.

Segundo Burger e Ritcher (1991) este defeito pode estar associado a características peculiares da espécie, idade e influências ambientais. De acordo com os autores, em casos de plantios com espaçamento reduzido, normalmente, apresentam forma mais cilíndrica, como verificado neste estudo. Árvores com baixo grau de conicidade são indicadas para o uso na laminação devido à maior homogeneidade da densidade básica, recorrente da disposição das células juvenis e adultas ao longo do fuste.

Ao relacionar a o grau de conicidade com a idade das árvores, Figueredo Filho et al. (2014) estabeleceram um gráfico com a forma do tronco da araucária e observaram que a conicidade tende a diminuir com a idade, e até os 4 anos, a conicidade é normalmente maior que 1, tendendo a se estabilizar a partir dos 35 anos de idade com fator de conicidade em torno de 0,6. Estes autores verificaram que em plantios com sítios mais produtivos de araucária as árvores com 35 anos apresentam formato cilíndrico recomendado para produção de lâminas, e nos plantios com menor sítio de produção, apenas aos 50 anos as árvores podem ser laminadas.

Ainda de acordo com a Tabela 3, o valor médio do achatamento foi considerado satisfatório para este estudo. Para o achatamento (A) ser considerado defeito (IBDF, 1984) precisa apresentar valores inferiores a 90 %. Em se tratando de madeiras destinadas à laminação, árvores que tem um achatamento considerado alto apresentam o crescimento excêntrico da medula. Como consequência, a madeira fica propensa a empenamentos, alta instabilidade dimensional e menor resistência mecânica.

A escassez de trabalhos a respeito da conicidade e, principalmente, do achatamento da madeira de araucária, reforça a importância de se realizar trabalhos nesta área a fim adequar técnicas que possam atenuar tais defeitos e proporcionar melhor aproveitamento da madeira.

O coeficiente de variação reflete o comportamento da dispersão dos dados entre mínima e máxima, e quanto menor for à variação, maior será a precisão dos dados (FILHO; STORCK, 2007). Neste trabalho, o coeficiente apresentou resultados satisfatórios para as características avaliadas na Tabela 3, indicando alta precisão dos dados, conforme Pimentel Gomes (2000).

Portanto, pode-se afirmar que a espécie *Araucária angustifolia* possui boa característica de forma do fuste para esta idade, pois apresenta baixa conicidade e achatamento, o que acarretaria alto rendimento, pois é aproveitado maior volume de madeira.

5.3 PROPRIEDADES FÍSICAS

5.3.1 Densidade básica na direção longitudinal

Na Tabela 4, estão apresentados os dados de densidade básica obtida a partir dos discos retirados nas alturas de 0, 25, 50, 75 e 100% da altura do fuste.

Tabela 4. Variação da densidade básica na direção longitudinal expressa em g.cm⁻³ em árvores de *Araucaria angustifolia*.

Tratamento	DB longitudinal (g.cm ⁻³)	CV (%)
100%	0,35 d	7,65
75%	0,37 cd	7,16
50%	0,38 c	6,63
25%	0,42 b	8,59
0%	0,47 a	6,38
DBmP	0,41	
F	64,26 **	

DBm = densidade básica média. As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. **significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$) ($p < 0,007$). Valores entre parêntese indicam o coeficiente de variação.

A variação no sentido base-topo apresentou variação decrescente significativa da base (0,47g.cm⁻³) para o topo (0,35g.cm⁻³). Os valores médios obtidos para a densidade da madeira das secções transversais retiradas ao longo do fuste mostram uma tendência da densidade diminuir conforme o aumento da altura das árvores.

A maior densidade básica se encontra na base das árvores com células que apresentam lumes pequenos e parede celular espessa. Truguilho et al. (1996) atribui este comportamento à maior proporção de madeira adulta localizada na base do fuste, com tendência a diminuir quanto mais próximo do topo. Amaral et al. (1977) relata que além da proporção de madeira adulta, a maior quantidade de anéis de crescimento influi fortemente na alta densidade básica.

A densidade encontrada na altura a 75% não apresentou diferença significativa em relacionadas às densidades a 50% e 100%, demonstrando uma tendência de se tornar mais constante próximo ao topo. Mattos et al. (2011) obtiveram para a araucária com 19 anos de idade, densidades de 0,47; 0,45; 0,42; 0,39; 0,36 e 0,33 g.cm⁻³ para alturas no DAP e 0, 25, 50, 75 e 100% respectivamente, diferindo estatisticamente entre as alturas. Curto et al. (2016) em pesquisa realizada com araucária de 65 anos de idade, observou que disco a 60% da altura do fuste apresentou maior densidade em relação ao de 40% demonstrando seu indicativo de efeito de competição na área, ocasionado por falta de manejo.

Dessa forma, pode-se afirmar que a variação da densidade na direção longitudinal é expressiva e afeta a qualidade da madeira quando se deseja matéria prima para laminação. Para reduzir a heterogeneidade ao longo do fuste, o

recomendado é seccionar as toras em menor comprimento, conforme recomendação da ICMBIO (2012) com comprimento de toras de 2,6 m, para reduzir a variação da densidade básica presente ao longo do fuste.

5.3.2 Densidade básica na direção radial

Na Tabela 5 está apresentada a variação da densidade básica da madeira na direção radial. O Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA (2015) classifica as madeiras conforme suas densidades como leves ($<0,50 \text{ g.cm}^{-3}$), moderadas ($>0,51 > 0,72 \text{ g.cm}^{-3}$) e pesadas ($>0,73 \text{ g.cm}^{-3}$).

Tabela 5. Variação da densidade básica na direção radial expressa em g.cm^{-3} em árvores de *Araucaria angustifolia*.

Posição	DB radial (g.cm^{-3})	CV (%)
Medula	0,36 c	7,01
Meio	0,42 b	6,33
Casca	0,45 a	5,5
Média	0,42	6,93
F	59,61**	

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 01$). ($p: 0,001$) Valores entre parêntese indicam o coeficiente de variação.

A densidade básica média da madeira ($0,42 \text{ g.cm}^{-3}$) está compatível com os resultados encontrados por outros autores para a espécie *A. angustifolia* proveniente de plantios florestais, que segundo Jankowsky (1990) deve estar compreendida entre $0,42$ a $0,48 \text{ g.cm}^{-3}$.

Esta madeira se enquadra na classificação de madeiras leves, indicada para usos na construção civil leve interna, onde não requer resistência mecânica, utilizadas basicamente na produção de lâminas para a fabricação de compensados e aglomerados de diversos tipos (IPT, 2013).

Mattos et al. (2006) estudando a araucária com 38 anos de idade, obtiveram média de densidade básica de $0,42 \text{ g.cm}^{-3}$ valor igual ao encontrado neste estudo. Entretanto, Curto et al. (2016) avaliando a densidade básica na direção radial em araucária com 65 anos na altura do DAP, encontraram resultados acima do obtido neste estudo, com média da densidade básica de $0,48 \text{ g.cm}^{-3}$.

Observa-se na tabela 5 diferença estatística significativa da densidade básica aumentando no sentido medula-casca, decorrente da formação das células juvenis e

adultas. Este comportamento é mais acentuado na madeira próxima a medula, e quanto mais próximo à casca reduz a intensidade de crescimento, tendendo a se tornar constante (AMARAL et al., 1971). A madeira próxima à medula anéis de crescimento mais largos, portanto com grande concentração de traqueídes de parede mais fina e maior diâmetro do lume, o que resulta em menor densidade. Já na região próxima à casca, os anéis de crescimento se dispõem com mais proximidade, resultando em levada concentração de lenho tardio que apresenta traqueídes com maior espessura da parede celular e lumes pequenos, resultando, portanto, em maior densidade básica.

De maneira geral, os valores encontrados para a densidade na direção radial caracterizaram a madeira como de baixa densidade, definindo-a como de baixa propensão a empenamentos, rachaduras e colapso.

5.3.3 Colapso e retratibilidade da madeira

Na Tabela 6, estão apresentados os resultados de colapso, retrações e coeficiente de anisotropia da madeira de araucária.

Tabela 6. Parâmetros físicos avaliados para a madeira de *Araucaria angustifolia*.

Posição	Colapso	Retração			CA
		tg	rd	vol	
Medula	2,69 b (12,09)	4,21 (16,55)	2,75 (15,45)	7,03 (14,01)	1,54 (11,38)
Meio	3,00 a (8,20)	4,62 (15,08)	3,16 (17,07)	7,81 (13,79)	1,46 (10,62)
Casca	2,87 ab (18,48)	4,30 (20,11)	3,05 (26,27)	7,35 (20,11)	1,46 (19,50)
Média	2,86 (13,54)	4,38 (17,24)	3,00 (20,29)	7,40 (16,18)	1,49 (14,31)
F	4,16*	2,02 ns	3,00 ns	2,69 ns	1,15 ns

Retração tangencial (tg), retração radial (rd), retração volumétrica (vol) coeficiente de anisotropia (CA). As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. * significativo ao nível de 5% de probabilidade **significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 01$). Valores entre parêntese indicam o coeficiente de variação.

Em relação ao colapso, observa-se que houve diferença significativa entre a madeira próxima à medula e a da posição intermediária ao nível de significância de 5%. Entretanto, não houve diferença significativa para o colapso entre a madeira próxima à casca e as madeiras nas demais posições. Em geral, a madeira de

araucária apresenta valores de colapso moderados entre 2,1 e 3mm, conforme a Classificação de Welling (1994) tendo a madeira de cerne o menor colapso.

Frequentemente, a madeira próxima à medula e à casca apresentam diferentes teores de umidade, sendo que próximo à casca seca mais rapidamente que a medula, pois na parte central da madeira são depositadas resinas, taninos carboidratos, dentre outros, responsáveis pela redução do teor de umidade ocupado nos espaços vazios que são os responsáveis pelo colapso. Além deste, apenas nas camadas externas do lenho possuem atividades fisiológicas ativas, com fluxo de líquidos no sentido ascendente, saturados por água capilar que pode ser facilmente retirada, excedendo a resistência às forças capilares, aumentando a tendência o colapso.

Quando se trata de secagem forçada a altas temperaturas, as tensões capilares excedem a resistência das paredes celulares e causar o colapso. O comportamento é explicado em virtude de que o colapso esta diretamente relacionado com a permeabilidade da madeira, a qual é influenciada pela densidade, diâmetro dos capilares, dentre outros fatores. Barbosa et al. (2005) avaliaram clones de híbridos de *Eucalyptus* plantados no noroeste de Minas Gerais e obtiveram a média para o colapso de 4,04mm. Zen (2016) estudando o *Eucalyptus* spp. na secagem convencional, obteve colapso 6,66mm considerado severo.

A classificação da estabilidade da madeira é obtida a partir das retrações lineares e volumétricas. Klitzke (2007) classificou a estabilidade quanto à retração volumétrica em quatro níveis sendo: alta estabilidade quando apresentar retração inferior a 8%, estabilidade média para retração entre 8 e 10%, baixa estabilidade para aquelas entre 12 e 15 e instáveis quando acima de 15%. Portanto, de acordo com este autor, a madeira de araucária considerada estável. Entretanto, Rosa et al. (2013) verificou que a madeira de araucária obtida próxima à casca apresentou maior contração volumétrica quando comparada com o lenho próximo da medula.

Kollmann e Coté (1968), afirmam que, quanto maior a densidade básica da madeira, maior sua retração. Entretanto, este fato não foi observado neste estudo, pois, embora seja notada diferença entre os valores do lenho juvenil quando comparado com lenho adulto, ao se tratar das retrações lineares e volumétricas e do fator anisotrópico, nenhuma diferença significativa entre elas foi observada. A estabilidade do lenho, em geral, pode ser atribuída à existência de grande parte de

lenho adulto, apresentando menor ângulo das microfibrilas e raios mais próximos, proporcionando menor retração (DURLO; MARCHIORI, 1992).

Os resultados das retrações lineares médias tangencial e radial são considerados baixos. O lenho próximo à casca (lenho adulto) apresentou-se mais estável que o lenho próximo à medula (lenho juvenil).

Hillig et al. (2012) encontraram retrações radial e tangencial de 3,51; 5,92 para araucária com 38 anos, valores maiores que os apresentados neste estudo também para araucária com 38 anos. No estudo realizado por Santini et al. (2000) para araucária com 19 anos de idade os valores médios encontrados foram de 4,4 e 6,1 para as direções lineares radial e tangencial respectivamente. Marchesan et al. (2006) em seu trabalho atribuíram a provável causa das baixas retrações à existência de grande percentual lenho adulto para árvores com 38 anos de idade. Estas diferenças encontradas nas retrações neste estudo com os demais provavelmente ocorre pela diferença anatômica do fuste, proporções de traqueóides, ângulo microfibrilar, distância entre os anéis de crescimento, além da constituição química, influenciadas pela idade da árvore.

Para Durlo e Marchiori (1992) o principal fator para se avaliar a estabilidade da madeira é o coeficiente anisotrópico. A média encontrada para o coeficiente de anisotropia, segundo a classificação de Moreschi (2010) e Oliveira et al. (2005) é caracterizada como de excelente estabilidade. Para o presente trabalho o coeficiente anisotrópico não apresentou diferença estatística na direção radial à altura do DAP ao nível de 5% de probabilidade, indicando retração homogênea entre as amostras, apresentando baixa tendência ao fendilhamento e empenamento.

Segundo Tsoumis (1991) o baixo coeficiente de anisotropia é atribuído à menor densidade básica da madeira. Entretanto, este coeficiente pode ser influenciado por outros fatores, como alto teor de extrativos, elevados coeficientes de retração tangencial e radial, e histerese. O material utilizado nesta pesquisa passou por um processo de secagem natural, portanto, é possível que os bons resultados encontrados nesta pesquisa possam ter sofrido a influência do fenômeno histerese.

Os valores médios foram inferiores à média relatada por outros autores para a espécie. Melo et al. (2010) obtiveram o valor médio de 1,41 para o lenho juvenil e, de 1,64 para o lenho adulto. Mattos et al. (2009) em estudo realizado com madeira de araucária, encontrou valor médio de coeficiente de anisotropia de 1,41, semelhante ao encontrado neste. Os autores concluíram que a estabilidade da

madeira apresentou menor variação com o aumento da densidade básica quando comparada com *Pinus elliottii* e *Pinus taeda*. Importante salientar que, estas variações ocorridas entre trabalhos de mesma espécie, podem ser explicadas por fatores como ritmo de crescimento, porcentagem de lenho tardio e inicial, assim como pela posição no tronco entre outros.

No entanto, não é recomendado fazer a análise do fator anisotrópico de forma isolada para caracterizar uma madeira, pois assim pode-se obter uma falsa impressão de estabilidade, o que é justificado pelos coeficientes anisotrópicos de retração baixos, oriundos de retrações tangencial e radial elevados, mascarando uma madeira com alta instabilidade dimensional (ROCHA, 2000). Este exemplo é muito recorrente especialmente para o *Eucalyptus grandis*, que frequentemente apresenta valores bem baixos de coeficiente anisotrópico, mas de conhecida instabilidade dimensional (SILVA et al., 2010). Assim, o indicado é relacionar o coeficiente anisotrópico com as retrações lineares e volumétrica.

Portanto, por se tratar de uma madeira que apresentou baixos valores de retração volumétrica e coeficiente anisotrópico, pode-se afirmar que a araucária possui alta estabilidade dimensional, sendo uma madeira que acarretará em poucos defeitos durante a secagem, fator positivo para qualidade em laminação, o que justifica a ampla utilização desta madeira.

5.3.4 Correlação de Pearson

O coeficiente de correlação de Pearson quantifica a direção e o grau da relação linear entre duas variáveis quantitativas (MOORE, 2007). Quando há correlação perfeita (-1 a 1), a partir do escore de uma variável é possível definir precisamente o escore da outra. Cohen (1988) classifica quanto ao grau de relação valores entre 0,10 e 0,29 como pequenos, entre 0,30 e 0,49 médios e valores entre 0,50 e 1 podem ser interpretados como grandes.

A tabela a seguir apresenta o coeficiente de correlação (r) obtido entre a densidade básica e os parâmetros físicos avaliados para a madeira de araucária.

Tabela 7. Coeficiente de correlação de Pearson (r) entre a densidade básica e parâmetros avaliados para a madeira de *Araucaria angustifolia*.

	Colapso	Retração			Ca
		Tg	Rd	Vol	
Medula	0,19 ^{ns}	0,23 ^{ns}	0,37 ^{ns}	0,28 ^{ns}	0,24 ^{ns}
Meio	0,18 ^{ns}	0,37 ^{ns}	0,16 ^{ns}	0,26 ^{ns}	0,28 ^{ns}
Casca	0,27 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,22 ^{ns}	0,29 ^{ns}	0,11 ^{ns}

Colapso, Retração tangencial (Tg), retração radial (Rd), retração volumétrica (Vol) coeficiente de anisotropia (Ca). *, ** significativo a nível de 1 e 5% de probabilidade pelo teste Tukey, respectivamente. ns: não significativo.

De acordo com a tabela 7, notamos a partir do coeficiente de correlação (r) que a relação da densidade básica com as demais propriedades físicas variam entre baixa e média, explicando proporção semelhante da densidade básica para cada uma das características.

Segundo Zhang e Zhong (1991) a característica que mais influi nas retrações não é a densidade básica, mas sim o diâmetro dos traqueídes. Oliveira et al., (2010) julgam ser errôneo generalizar a relação entre retratibilidade e densidade básica da madeira, podendo ocorrer que em madeiras densas, a presença de elevados teores de extrativos hidrófobos nas paredes celulares pode resultar em baixa retração volumétrica. Para Glass e Zelinka (2010) a contração está associada à densidade básica da madeira, entretanto, o tamanho e a geometria da madeira, assim como a velocidade de secagem também podem influenciar na retração.

Resultado similar a este estudo foi obtido por Mattos et al. (2009) e segundo estes autores, a equação de regressão da contração volumétrica em função da densidade básica apresentou coeficiente de determinação igual a 0,07 e que, na maior parte das árvores (ou idades), a densidade básica explica pouco mais de 40% somando as contrações radial e tangencial. Conclusões opostas foram a este foram obtidas por Melo et al. (2010) ao dizer que as densidades obtiveram correlações significativas com todos os coeficientes, exceto com o fator anisotrópico.

Deste modo, notamos que apenas a densidade não explica a ocorrência destas propriedades, demonstrando o quanto as propriedades físico-químicas e anatômicas estão interligadas. Assim, compreendemos a importância de relacionar o maior número de parâmetros avaliados quando se deseja avaliar a qualidade da madeira, inclusive àquelas destinadas para painéis laminados, pois, apenas a densidade não

é capaz de inferir se a madeira apresentará boa estabilidade dimensional e ausência de colapso.

5.4 DISSIMILARIDADE GENÉTICA

De posse do conjunto das informações referentes as 25 matrizes, realizou-se o estudo de divergência visando à identificação de progenitoras promissoras para o programa de melhoramento de *Araucaria angustifolia* baseado em 12 características de interesse para a produção de madeira para laminação.

Na Figura 10 estão representadas as dissimilaridades genéticas entre as 25 matrizes de *Araucaria angustifolia*, obtidas pelo método de agrupamento Ligação Médio Entre Grupo – UPGMA, utilizando a distância Euclidiana.

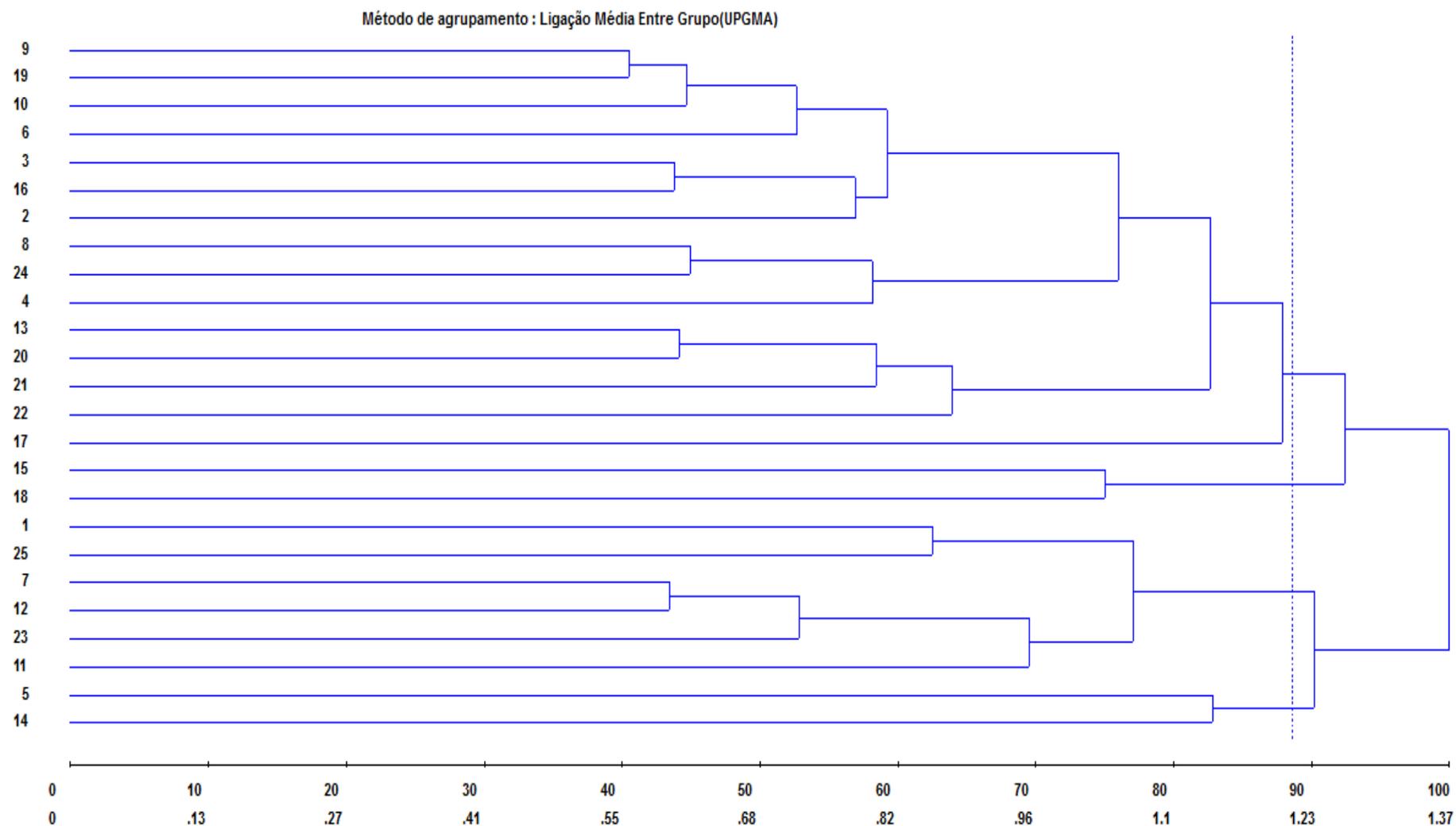


Figura 10. Dendrograma de dissimilaridade genética entre 25 genótipos de *Araucaria angustifolia*, obtidas pelo método de agrupamento de Ligação Média entre Grupo – UPGMA, utilizando a distância euclidiana como medida de dissimilaridade, para seleção de árvores matrizes.

Constata-se que, para as 25 matrizes avaliadas, a menor distância ficou entre as matrizes 9 e 19 com a medida de dissimilaridade estimada sendo estas consideradas semelhantes geneticamente, o que significa não recomendá-las para cruzamentos. A maior distância foi entre as matrizes 14 e 21 consideradas distintas geneticamente, indicadas para seleção visando hibridação (Figura 10).

Assim, cruzamentos, envolvendo as matrizes de maiores distâncias para as 12 características avaliadas, considerando suas estimativas de distâncias, são promissores, para geração de genótipos superiores.

Luz (2014) estudou 100 indivíduos de *Corymbia citriodora* subsp. *citriodora* para produção de madeira e óleo e obteve a maior distância entre as matrizes 34 e 91, entretanto, ressalva que, não constituem um possível cruzamento, pois ambos apresentaram baixos valores de média das características avaliadas.

Para a melhor descrição das medidas de dissimilaridade estimadas a partir da distância Euclidiana, a Tabela 8 apresenta a distância entre as matrizes a partir de suas medidas de dissimilaridade.

Tabela 8. Medidas de dissimilaridade entre matrizes de *Araucaria angustifolia* em relação a 12 características, com base na distância Euclidiana (dii) através do método de Ligação Média Entre Grupos (UPGMA).

	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M16	M17	M18	M19	M20	M21	M22	M23	M24	M25
M1	0,0																								
M2	1,6	0,0																							
M3	1,4	0,7	0,0																						
M4	1,0	0,9	1,1	0,0																					
M5	1,1	1,2	1,0	1,1	0,0																				
M6	1,2	0,8	0,8	0,8	0,9	0,0																			
M7	1,3	1,2	0,9	1,0	1,3	1,0	0,0																		
M8	1,2	1,2	1,2	0,9	1,1	1,0	1,5	0,0																	
M9	1,5	0,8	0,8	1,0	1,2	0,7	1,0	1,1	0,0																
M10	1,8	0,9	1,0	1,2	1,5	0,8	1,3	1,1	0,6	0,0															
M11	0,9	1,5	1,5	1,0	1,2	1,2	1,1	1,4	1,4	1,8	0,0														
M12	1,0	1,0	0,9	0,7	1,2	0,8	0,6	1,2	1,1	1,3	0,9	0,0													
M13	1,8	1,1	1,2	1,1	1,7	1,1	1,3	1,1	0,8	0,6	1,6	1,3	0,0												
M14	1,4	1,2	1,0	1,4	1,1	1,2	1,0	1,7	1,1	1,6	1,2	1,1	1,8	0,0											
M15	2,0	1,1	0,8	1,6	1,4	1,2	1,2	1,8	0,9	1,2	1,9	1,4	1,5	1,1	0,0										
M16	1,4	0,8	0,6	1,1	1,1	0,9	1,0	1,2	0,6	1,0	1,3	1,1	1,1	0,9	0,9	0,0									
M17	2,0	1,2	1,4	1,1	1,6	1,1	1,4	1,3	1,1	0,9	1,8	1,4	0,9	1,9	1,6	1,5	0,0								
M18	1,7	1,2	0,7	1,4	1,5	1,0	1,0	1,5	1,1	1,1	1,8	1,1	1,3	1,5	1,0	1,2	1,4	0,0							
M19	1,4	0,6	0,8	0,7	1,3	0,7	1,0	0,9	0,6	0,6	1,4	0,9	0,6	1,3	1,3	0,8	1,0	1,1	0,0						
M20	1,4	1,1	1,0	1,0	1,4	1,0	1,2	0,8	0,9	0,8	1,4	1,0	0,6	1,6	1,5	0,8	1,3	1,2	0,7	0,0					
M21	1,9	1,6	1,6	1,4	2,0	1,5	1,4	1,3	1,4	1,2	1,8	1,4	0,8	2,1	2,0	1,5	1,3	1,4	1,1	0,8	0,0				
M22	1,9	1,5	1,2	1,5	1,8	1,5	1,2	1,4	1,1	1,1	1,8	1,4	1,0	1,8	1,4	1,1	1,4	1,0	1,2	0,8	0,8	0,0			
M23	1,3	1,4	1,3	1,0	1,4	1,3	0,7	1,5	1,5	1,8	0,9	0,7	1,6	1,4	1,8	1,4	1,6	1,4	1,4	1,4	1,5	1,5	0,0		
M24	1,2	1,1	1,1	0,8	1,2	1,1	1,2	0,6	1,1	1,2	1,4	1,0	1,2	1,6	1,7	1,1	1,3	1,2	0,9	0,9	1,2	1,2	1,3	0,0	
M25	0,9	1,5	1,1	1,2	1,1	1,1	1,1	1,2	1,4	1,6	1,1	0,8	1,6	1,4	1,7	1,3	1,8	1,3	1,3	1,1	1,6	1,5	1,1	1,2	0,0

ALT – altura; DAP – diâmetro à altura do peito; VOL CC- volume com casca; CON- conicidade; ACHAT – achatamento; DBRAD – densidade radial; DBLONG – densidade longitudinal; COLAP – colapso; RETRATTG- retração tangencial; RETRARD- retração radial; CA – coeficiente de anisotropia.

Verifica-se na Tabela 8 que houve oscilação de “dii” entre 0,60 a 2,148, indicando a presença de variabilidade genética entre as matrizes.

Dentre as diferentes medidas de distâncias entre as matrizes, observa-se que as maiores dissimilaridades existentes em maior medida, também ocorreram entre as matrizes 14 e 21 com $d_{ii}=2,14$; logo, as mais divergentes. O contrário foi observado entre as matrizes 3 e 16; 9 e 10 ambas com $d_{ii}= 0,603$ apresentando as menores distância para a maioria das matrizes. Luz (2014) em seu estudo houve oscilação de “dii” entre 1,01 a 2,61 indicando a presença de variabilidade genética entre as matrizes.

Após a obtenção de resultados promissores quanto à divergência entre as matrizes, permitiu a formação de grupos, através dos componentes principais e as magnitudes das distâncias de suas dissimilaridades.

A análise de agrupamento pelo método de Tocher separou as 25 matrizes em grupos, de maneira que em cada grupo, considera-se as matrizes geneticamente similares e dissimilares entre os grupos, apresentada na Tabela 9.

Tabela 9. Agrupamento das 25 matrizes de *Araucaria angustifolia* para as 12 características da madeira através da distância euclidiana média e o método de otimização de Tocher.

Grupo	Árvores Matrizes							
	2	3	9	10	15	16	18	
I								
II	8	13	17	19	20	21	22	24
III	1	4	11	12	23	25		
IV	5	6	7	14				

ALT – altura; DAP – diâmetro à altura do peito; VOL CC- volume com casca; CON- conicidade; ACHAT – achatamento; DBRAD – densidade radial; DBLONG – densidade longitudinal; COLAP – colapso; RETRATTG- retração tangencial; RETRARD- retração radial; CA – coeficiente de anisotropia.

Os resultados da seleção para identificação das matrizes de *Araucária angustifolia* com a presença de divergência entre os mesmos, resultando na formação de quatro grupos obtidos a partir dos componentes principais e das magnitudes das distâncias de suas dissimilaridades com base nas médias das características.

O grupo II concentrou a maior parte das matrizes neste estudo. As matrizes deste grupo foram as que apresentaram os melhores valores de retração, sendo

semelhantes entre sí (Anexo VII). Já o grupo IV com apenas 4 matrizes apresentam características semelhantes quanto a altura (Anexo I). O grupo I foi o responsável por agrupar as matrizes quanto a similaridade em conicidade (Anexo IV) e o grupo III quanto ao DAP (Anexo I).

Silva (2005) estudando *Pinus caribaea* var. *caribaea* por caracteres quantitativos, cita que os pares mais divergentes devem ser utilizados para a geração de híbridos mais heterótico, enquanto os menos divergentes, se difere apenas pelo gene a ser transferido.

Desta forma, a análise conjunta das medidas de dissimilaridade com base na distância Euclidiana e do Agrupamento pelo método de otimização de Tocher permitem afirmar que as matrizes 14 e 21 são as mais divergentes e promissoras para cruzamento por apresentarem maior dii e estarem em grupos distintos. O contrário foi observado entre as matrizes 3 e 16; 9 e 10, com o menores valores de dii e por estarem em um mesmo grupo.

Segundo Oliveira, (2007) no casos em que houve baixas dissimilaridades, acredita-se que possam ser recorrentes de cruzamentos entre indivíduos aparentados, pois, a espécie têm sofrido forte redução de matrizes, em consequência da exploração de sua madeira.

Luz (2014) utilizando a técnicas de análise multivariada na seleção de 19 matrizes de *Corymbia citriodora* subsp. *citriodora*, contribuíram para a formação de quatro grupos distintos com 3 características avaliadas, também não foi observado nenhum genótipo isolado..

As variâncias (autovalores), as variâncias percentuais e as variâncias acumuladas associadas estabelecidos à partir dos componentes principais (CP) estão apresentadas na Tabela 10.

Tabela 10. Estimativas das variâncias (autovalores) associadas aos componentes principais das características ALT, DAP, VOL CC, CONIC, ACHAT, DB RAD, DB LONG, COL, RETRAT Tg, RETRAT Rd, RETRAT Vol, CA.

Componentes Principais	Autovalores		
	Raíz	Raíz (%)	(%) Acumulada
CP1	3.8893	32,4115	32,4115
CP2	3.0215	25,179	57,5909
CP3	1,5888	13,2402	70,8311

CP4	1,2838	10,6987	81,5299
CP5	0,9160	7,6340	89,1639
CP6	0,5171	4,3099	93,4738
CP7	0,4331	3,6097	97,0836
CP8	0, 2299	1,9159	98,9995
CP9	0, 0658	0,5472	99,5468
CP10	0, 0495	0,4131	99,9599
CP11	0, 0036	0,0300	99,9900
CP12	0,0011	0,0095	100,00

ALT – altura; DAP – diâmetro à altura do peito; VOL CC- volume com casca; CON-
conicidade; ACHAT – achatamento; DBRAD – densidade radial; DBLONG – densidade
longitudinal; COLAP – colapso; RETRATTG- retração tangencial; RETRARD- retração
radial; CA – coeficiente de anisotropia.

A análise permite averiguar que a soma dos dois primeiros componentes explicaram mais de 90% da variância total das características avaliadas, e segundo Cruz e Regazzi (2001), quando esta soma explica mais de 80%, podendo ser realizado o estudo da dissimilaridade genética por meio da dispersão gráfica gerada à partir dos componentes principais.

Dessa forma, optou-se por apresentar a dispersão dos escores gerados em um gráfico, a partir dos dois primeiros componentes principais (Figura 11). Com isso, foi possível agrupar as matrizes em quatro grupos de acordo com o seu grau de similaridade. Assim a dispersão gráfica no espaço bidimensional das 25 matrizes em estudo, é apresentada com os dois primeiros componentes principais, indicando boa relação entre os grupos formados e a dispersão dos escores.

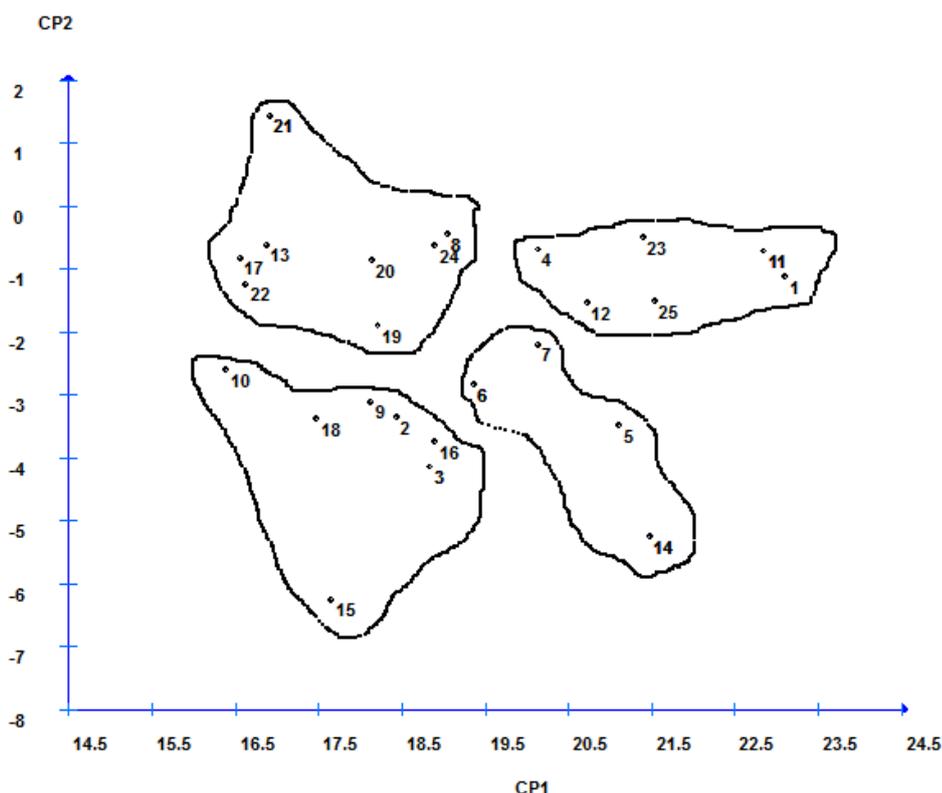


Figura 11. Dispersão de scores das 25 árvores de *A. angustifolia* em relação aos dois primeiros componentes principais (CP1 e CP2) formados pelo método de Tocher, tendo como base as características ALT, DAP, VOL CC, CONIC, ACHAT; DB RAD; DB LONG; COL; RETRAT TG; RETRAT RD; RETRAT VOL E CA. * Os números dentro dos balões são referentes às matrizes de M1 à M25.

Com a separação desses genótipos em grupos distintos de matrizes, recomenda-se o cruzamento das matrizes entre grupos, considerando as características desejáveis de forma a produzir maior variabilidade genética nas gerações futuras.

Mais uma vez, as árvores que se apresentam ser mais distantes pela medida visual é a 21 x 14 ou a 10 x 1, estando classificadas por grupos diferentes, o que significa apresentarem divergência genética e portanto, podem ser selecionadas para futura hibridação.

De acordo com Martins et al. (2002), grupos de progenitores para hibridação podem ser recomendados com base nessa inspeção visual, sendo que os mais distantes são os mais convenientes para cruzamentos por produzirem maior efeito heterótico e variabilidade genética nas gerações segregantes.

Na Tabela 11 estão representadas as correlações de Pearson e sua classificação quanto a grau, segundo a classificação de Cohen (1988).

Tabela 11. Valores de correlações de Pearson entre 12 características avaliadas em 25 matrizes de *Araucaria angustifolia*.

	ALT	DAP	VOL CC	CONIC.	ACHAT.	DB RAD	DB LONG	COLAPSO	RET.TG	RET.RAD	RET. VOL	CA
ALT	1,00											
DAP	0,44*	1,00										
VOL CC	0,44*	0,84**	1,00									
CONIC.	0,46*	0,85**	0,91**	1,00								
ACHAT.	-0,38	-0,24	-0,21	-0,38	1,00							
DB RAD	0,08	0,04	0,15	0,23	-0,25	1,00						
DB LONG	-0,13	-0,20	-0,17	-0,08	-0,07	0,62**	1,00					
COLAPSO	0,21	0,38	0,30	0,30	-0,31	0,11	0,14	1,00				
RETRAT TG	-0,07	0,22	0,10	0,05	-0,09	0,01	0,33	0,59**	1,00			
RETRATRAD	-0,14	0,26	-0,02	0,01	-0,18	0,09	0,34	0,55**	0,82	1,00		
RETRAT VOL	-0,10	0,22	0,03	0,02	-0,14	0,06	0,37	0,61**	0,96**	0,94	1,00	
CA	0,10	-0,14	0,20	0,08	0,20	-0,10	0,00	-0,02	0,19	-0,39	-0,06	1,00

ALT – altura; DAP – diâmetro à altura do peito; VOL CC- volume com casca; CON- conicidade; ACHAT – achatamento; DBRAD – densidade radial; DBLONG – densidade longitudinal; COLAP – colapso; RETRATTG- retração tangencial; RETRARD- retração radial; CA – coeficiente de anisotropia. Teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. * significativo ao nível de 5% de probabilidade, **significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 01$).

As estimativas dos coeficientes de correlação de Pearson entre as características estudadas apresentaram significância para várias características estudadas, verificando que há semelhanças entre a distribuição dos escores das variáveis, com possibilidade de seleção de matrizes superiores, de modo indireto, através destas características, ressaltando a importância destas características avaliadas (Tabela 11).

Observa-se que as maiores correlações negativa foram entre ACHAT x ALT e ACHAT x CONIC, equivalente a -0,38 ambas com grau médio de correlação negativa, no entanto, não apresentaram correlação significativa.

O menor valor de coeficiente de correlação significativo foi obtido através da correlação existente entre as características ALT x DAP e ALT x VOL CC equivalente a 0,44 com grau de correlação moderado a nível de 5% de probabilidade pelo teste t (Tabela 11).

Embora a ALT tenha apresentado correlação moderada com DAP e VOL CC, as maiores correlações com forte grau de correlação foram entre DAP x CONIC; VOL CC x CONIC e RETRAT VOL x RETRAT TG, com valores respectivamente de 0,85; 0,91 e 0,96 a 1% de probabilidade pelo teste t.

Assim, os genótipos destinados tanto ao melhoramento quanto à qualidade da madeira para laminação, devem possuir maiores DAP, volume com casca e menores valores de conicidade e de retração tangencial e volumétrica.

Aguiar et al. (2007) através da correlação de Pearson constataram que houve significância entre a estimativa dos efeitos da capacidade específica de combinação com a circunferência à altura do peito, constataram que houve significância dos coeficientes, apesar da baixa correlação.

Através da correlação de Pearson entre a divergência genética com a estimativa dos efeitos, podem-se selecionar os indivíduos que apresentam estas características significativas para a seleção do material genético visando qualidade em produtos laminados.

A contribuição relativa dos caracteres SINGH (1981) nos mostra qual das características mais contribuirá para atribuir a dissimilaridade genética, conforme apresentada na Tabela a seguir.

Tabela 12. Contribuição relativa das características para dissimilaridade genética com base no cálculo feito com médias não padronizadas para as 25 matrizes de *Araucaria angustifolia*.

Variáveis	SINGH (1981)	
	S.j	Valor (%)
ALT	709,16	4,5444
DAP	8148,1904	52,2151
VOLUME CC	31,2284	0,2001
CONICIDADE	2,4614	0,0158
ACHAT	5632,5694	36,0946
DB RAD	0,3386	0,0022
DB LONG	0,2684	0,0017
COLAPSO	48,3656	0,3099
RETRAT TG	252,95	1,621
RETRAT RAD	134,3436	0,8609
RETRAT VOL	632,2764	4,0517
CA	12.88	0,0825

ALT – altura; DAP – diâmetro à altura do peito; VOL CC- volume com casca; CON- conicidade; ACHAT – achatamento; DBRAD – densidade radial; DBLONG – densidade longitudinal; COLAP – colapso; RETRATTG- retração tangencial; RETRARD- retração radial; CA – coeficiente de anisotropia.

Para a contribuição relativa das características em relação à porcentagem de contribuição com a dissimilaridade genética segundo o método de Singh (1981), verifica-se que para as 25 matrizes avaliadas, o DAP foi a que apresentou a maior contribuição com a variabilidade genética presente 52,21%, seguida pela característica achatamento com 36,09%. Os demais poucos contribuíram, sobressaindo dentre estas a altura e retração volumétrica. É importante destacar que a apenas o diâmetro já representa mais da metade da contribuição relativa da divergência seguida do achatamento.

Assim, em um programa de melhoramento para formação de matrizes de araucária destinada à produção de madeira para laminação, estas características de maior contribuição devem ser priorizadas na escolha dos progenitores, a fim de se obter material melhorado com as características que mais influenciam na qualidade da madeira.

Almeida et al. (2011) também utilizando o método de Singh (1981), mostrou as características que mais contribuíram com divergência genética somaram 79,64%, entre as caracteres o número de dias para maturação (39,49%), o peso de cem sementes (26,56%) e o número de dias para florescimento (13,59%), enquanto as demais contribuíram com apenas 20,36%. Luz (2014) para a contribuição relativa das características para a dissimilaridade verificou que o rendimento de óleo essencial foi a que apresentou a maior contribuição com 99,90% de contribuição, enquanto que as demais pouco contribuíram.

Na Tabela 13, estão classificados os genótipos de acordo com os valores de médias obtidos para as quatro principais características obtidas a partir da contribuição relativa das características para dissimilaridade.

Tabela 13. Ranking das 25 matrizes de *Araucaria angustifolia* de acordo com as características de maior contribuição para os dados de divergência e maior importância para qualidade da madeira laminada.

Classificação	Ranking							
	Matrizes e Características selecionadas							
	ALT (m)	DAP (cm)	Achatamento	Retração Vol.				
1 ^a	M1	21,3	M1	40,43	M2	99,07	M14	9,511
2 ^a	M12	21,0	M11	38,83	M14	98,35	M25	8,601
3 ^a	M4	20,9	M23	36,61	M7	97,98	M1	8,539
4 ^a	M24	20,5	M21	35,01	M15	97,95	M11	8,455
5 ^a	M25	20,5	M12	34,70	M13	97,94	M5	8,428
6 ^a	M8	20,0	M7	34,38	M19	97,69	M15	8,426
7 ^a	M18	20,0	M25	34,38	M16	97,53	M12	8,218
8 ^a	M19	20,0	M4	33,74	M21	97,46	M3	8,133
9 ^a	M21	20,0	M8	33,74	M22	96,97	M7	8,127
10 ^a	M23	20,0	M20	33,10	M9	96,74	M23	8,119
11 ^a	M2	19,8	M13	32,15	M23	96,56	M6	7,938
12 ^a	M6	19,7	M14	32,15	M3	95,70	M16	7,816
13 ^a	M3	19,5	M19	31,19	M12	95,55	M18	7,578
14 ^a	M20	19,5	M22	31,19	M10	95,42	M2	7,511
15 ^a	M7	19,3	M24	31,19	M4	95,20	M9	7,272
16 ^a	M10	19,0	M9	30,88	M17	95,09	M4	7,126
17 ^a	M11	19,0	M6	30,56	M20	94,87	M19	6,996
18 ^a	M13	19,0	M16	30,56	M18	94,17	M20	6,761
19 ^a	M17	19,0	M5	30,24	M11	93,98	M10	6,657
20 ^a	M5	18,3	M2	28,65	M6	92,71	M24	6,351
21 ^a	M9	18,0	M3	28,33	M24	92,65	M22	6,270
22 ^a	M14	18,0	M10	27,69	M8	90,19	M8	6,221
23 ^a	M16	18,0	M18	27,06	M1	90,05	M13	6,149
24 ^a	M22	18,0	M15	26,42	M25	88,98	M17	5,926
25 ^a	M15	17,0	M17	25,46	M5	88,29	M21	5,531

ALT- altura, DAP-Diâmetro à Altura do Peito, Retração Vol.- retração volumétrica.

De acordo com a posição dos materiais genéticos no “ranking” de classificação, observa-se que, as matrizes M1, M4, M12, M25 estão, de acordo com o método de otimização de Tocher, reunidas no Grupos III, apresentando valores elevados ALT (Anexo I). As matrizes M1, M11, M12, e M25, também pertencentes ao Grupo III, apresentam os maiores valores de DAP (Anexo I).

As matrizes M8 e M21, se encontram repetidas vezes entre as primeiras do Ranking para as características ALT e DAP e, portanto, devem ser previamente selecionadas (Anexo I).

A característica achatamento apresenta as matrizes M2, M7, M15 e M14 como as de melhor qualidade da madeira (Anexo IV), e por estarem em grupos distintos, apresentam alta heterogeneidade.

Quando se trata da Retração volumétrica, o “ranking” deve ser analisado de forma oposta, uma vez que essa característica é indesejável quando o intuito é destinar a madeira para laminação. Dentre as matrizes previamente selecionadas, as matrizes M8, M17 e M21 apresentaram os melhores resultados (Anexo VII). Entretanto, por se disporem no mesmo grupo, a M21 deve ser selecionada por apresentar o melhor resultado, a fim de manter a heterogeneidade do material.

As matrizes M1, M4, M8, M12, M21 e M25, apresentaram repetidas vezes entre as 10 primeiras para as características Altura, DAP, achatamento e retração volumétrica (Tabela 13). Desta forma, para direcionar os genótipos para produção de madeira para laminação, as matrizes M1 e M21 aliadas às demais características resultam em matrizes com potencial para serem híbridos devido a heterogeneidade e melhores valores para as características.

A falta de estudos relacionados à dissimilaridade em espécies perenes, sobretudo quando se referem às araucárias, não permite realizar comparações de suas características quanto ao comportamento genético, sendo necessário desenvolver mais trabalhos voltados à espécie.

6 CONCLUSÕES

A altura, volume, conicidade e achatamento apresentam-se como características favoráveis a produção de lâminas homogêneas.

A madeira de araucária apresentou moderado colapso, baixa variação dimensional e um aumento de densidade da medula à casca e do topo à base.

Existe variância fenotípica para as características de qualidade da madeira para as árvores matrizes de araucária.

O estudo da dissimilaridade permitiu a formação de quatro grupos de matrizes, sendo as mais divergentes as matrizes M14 e M21.

A característica que mais contribuiu para a estimativa de dissimilaridade foi o DAP, sendo as matrizes M1 e M21 que melhor se destacaram para produção de madeira laminada.

Diante as conclusões, recomendam-se estudos mais aprofundados sobre a qualidade da madeira de *A. angustifolia* e seu potencial para o mercado de painéis laminados.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALIPON; M.A.; TAMAYO, G.Y. 1997. Interrelationships among shrinkage properties, seasoning and relative density. Philippine timbers. **FPRDI Jornal**, Philippines, v.23, n.2, p.1-13.

ALMEIDA, G. **Influence de la structure du bois sur ses propriétés physico-mécaniques à des teneurs en humidité élevées**. 2006. Tese (Doutorado). Université Laval, Québec.

ALMEIDA, R.D.; PELUZIO, J.M.; AFFÉRI, F.S. Divergência genética entre cultivares de soja, sob condições de várzea irrigada, no sul do Estado Tocantins. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v.42, n.1, p.108-115, 2011.

ALMEIDA, V.C. **Avaliação do potencial de uso de resíduos de madeira tropical para produção de painéis colados lateralmente - EGP**. 2013. 123p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

AMARAL, C.M.A. **Secagem de madeiras. Contribuição para o estudo da secagem das madeiras de *Pinus pinaster* Sol., *Quercus ilex* L. e *Populus* spp.** Lisboa: ISA, 1977.

AMARAL, A.C.B.; FERREIRA, M.; BANDEL, G. Variação da densidade básica da madeira produzida pela *Araucaria angustifolia* (BERT.) O. KTZE no sentido medula-casca em árvores do sexo masculino e feminino. **IPEF**, São Paulo, v.2, n.3, p.119-127, 1971.

AMORIN, P.G.R.; GONÇALVEZ, J.C.; CAMARGOS J.A.A. Propriedades da madeira de *Pinus caribaea* e *Eucalyptus grandis* estimadas por colorimetria. **Cerne**, Lavras, v.19, n.3, p.461-466, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7190:Projetos de estruturas de madeira**. Rio de Janeiro, 1997. 107p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11941: Madeira: Determinação da densidade básica**. Rio de Janeiro. 2003, 6p.

BALBINOT, R.; VALÉRIO, A.F.; SANQUETTA, C.R.; CALDEIRA, M.V.W.; SILVESTRE, R. Estoque de carbono em plantações de *Pinus spp.* em diferentes idades no sul do Estado do Paraná. **Revista Floresta**, Curitiba, v.38, n.2, 2008.

BALDWIN, R.W. **Plywood manufacturing practices**. San Francisco: Miller Freeman 1981. 326p.

BAO, F.C.; JIANG, Z.H.; JIANG, X.M.; LU, X.X.; LUO, X.Q.; ZHANG, S.Y. Differences in Wood properties between juvenile Wood and mature wood in 10 species grown in China. **Wood Science and Technology**, Berlin, v.35, n.4, p. 369-375, 2001.

BATISTA, W.R.; DOS SANTOS, J.E.G.; SEVERO, E.T.D.; KLAR, A.E. Calibração de um equipamento TDR (reflectometria por domínio do tempo) para a determinação da umidade da madeira de *Grevillea robusta* (Cunn.). **Revista Energia na Agricultura**, Botucatu, v.26, n.2, p.129-145, 2011.

BENJAMIM, C.S.; BALLARIN, A.W. Variação radial da densidade aparente da madeira de *Corymbia (Eucalyptus) citriodora* com 29 anos de idade. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v.24, n.2, p.29-46, 2009.

BEUTLING, A. **Caracterização para modelagem de material combustível superficial em reflorestamento de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O kze.** 2013. 112p. Dissertação (Mestrado em Ciências florestais) Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

BONDUELLE, G.M.; IWAKIRI, S.; CHIES, D.; MARTINS, D. Fatores que influenciam no rendimento em laminação de *Pinus spp.* **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v.12, n.2, p.35-41, 2006.

BRAINE, J.W.; AGUIAR, A.C.; BEDNARZUK, M.H.; WACHOWICZ, C.M. Germinação de sementes de alface na presença de *Araucaria angustifolia* (Araucariaceae). **Estudos de biologia**. Curitiba, v.33, n.81, p.67-72, 2011.

BRANDÃO, A.T.O. **Determinação de metodologia para a indicação de programas de secagem de madeiras.** 100f., 1989. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais), Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

BRASIL. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente. Portaria IBAMA nº 37-N, de 3 de abril de 1992. Reconhece como Lista Oficial de Espécies da Flora Brasileira Ameaçadas de Extinção a relação que se apresenta. **Coletânea da legislação ambiental aplicável no estado de Santa Catarina**. Florianópolis: Fátima, p.429-433, 2002.

BURGER, L.M.; RICHTER, H.G. **Anatomia da madeira**. Nobel, gtz. 1991.

CARVALHO, P.E.R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e usos da madeira**. Colombo: Embrapa- Brasília, p.640,1994.

CARVALHO, L. P.; LANZA, M.A.; FALLIERI, J.; SANTOS, J.W. Análise da diversidade genética entre acessos do banco ativo de germoplasma de algodão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.38, n.10, p.1149-1155, 2003.

CARVALHO, M.M.X. **O desmatamento de florestas de araucária e o Médio Vale do Iguçu: uma história de riqueza madeireira e colonizações.** 2006. 201f. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Filosofia e Ciências Humanas. Florianópolis. Disponível em: < <http://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/89184>> Acesso em: 12 de set, 2015.

CEOLIN, A.C.G.; GONÇALVES-VIDIGAL, M.C.; VIDIGAL FILHO, P.S.; KVITSCHAL, M.V.; GONELA, A.; SCAPIM, C.A. Genetic divergence of the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) group Carioca using morpho-agronomic traits by multivariate analysis Authors. *Hereditas*, v.144, n.1, p.1-9, 2007.

COHEN, J. 1988 Statistical power analysis for the behavioral sciences. Hillsdale, NJ, Erlbaum.

COSTA, A. **Anatomia da Madeira**. Joinville: UDESC, 2001. 42 p.

COUTO, A.M.; PROTÁSIO, A.A.R.; TRUGILHO, P.F. Amostras longitudinais alternativas para a determinação da densidade básica em clones de *Eucalyptus* ssp. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v.19, n.2, p.184-193, 2012.

CURTO, R.A.; MATTOS, P.P.; BRAZ, E.M.; NETTO, S.P.; ZACHOW, R. Density of *Araucaria angustifolia* wood from overstocked stand. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 36, n. 85, p. 51-59, 2016.

CRUZ, C.D. Aplicação de algumas técnicas multivariadas no melhoramento de plantas. 1990. 188 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba-SP, Brasil.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. **Biometric models applied to genetic improvement**. 2ª Edição, UFV, Viçosa. 2001. 390p.

CRUZ, C.D.; FERREIRA, F.M.; PESSONI, L.A. **Biometria aplicada ao estudo da diversidade genética**. Visconde do Rio Branco: Suprema, 620 p. 2011.

CRUZ, C.D. GENES - A software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 35, n. 3, p. 271-276, 2013.

CRUZ, C.R.; LIMA, J.T.; MUNIZ, G.I.B. Variações dentro das árvores e entre clones das propriedades físicas e mecânicas da madeira de híbridos de *Eucalyptus*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v.64, n.1, p.33-47, 2003.

DUDLEY, J.W.; SAGHAI-MAROOF, M.A.; RUFENER, G.K. Molecular marker information and selection of parents in corn breeding programs. **Crop Science**, Madison, v.32, n.2, p.301-304, 1992.

DURLO, M.A.; MARCHIORI, J.N.C. **Tecnologia da madeira: retratibilidade**. Santa Maria: CEPEF/FATEC, 1992. 33p. (Série técnica, 10).

ESQUARCINI, R. **Classificação e ranqueamento dos municípios paranaenses segundo suas políticas setoriais através da análise multivariada**. 117 p. Dissertação (Mestrado em Métodos Numéricos em Engenharia) – Setores de Tecnologia e de Ciências Exatas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

FERREIRA, S.; FERREIRA, S.; LIMA, J.T.; TRUGILHO, P.F.; MONTEIRO, T.C. Excentricidade da medula em caules de clones de *Eucalyptus* cultivados em

diferentes topografias. **Cerne**, Lavras. v.14, n. 4, p. 335-340, 2008.

FRIEDL, R.A. **Dinâmica e prognose da forma dos fustes em povoamentos plantados de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze.** 1989. 167 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1989.

FIGUEROA, M.J.M. **Coefficientes de Modificação das Propriedades Mecânicas da Madeira devidos à Temperatura.** 2012. 259 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico.

FIGUEREDO FILHO, A.; KOHLER, S.V.; FELDE, J.L.; DIAS, A.N. Dinâmica do afilamento do tronco e da produção de madeira em plantios de *Araucaria angustifolia*. **Cerne**, Lavras, v.20 n.4, p.595-603, 2014.

FIGUEREDO FILHO, A.; RETSLAFF, F.A.S.; KOHLER, S.V.; BECKER, M., BRANDES, D. Efeito da Idade no Afilamento e Sortimento em Povoamentos de *Araucaria angustifolia*. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v.22, n.1, p.50-59, 2015.

FOELKEL, C.E.B.; BRASIL, M.A.M.; BARRICHELO, L.E.G. Métodos para determinação da densidade básica de cavacos para coníferas e folhosas. **IPEF**, Piracicaba, v.2, p.65-74, 1971.

FONSECA, S.M; RESENDE, M.D.V.; ALFENAS, A.C.; GUIMARAES, L.M.S.; ASSIS, T.F.; GRATTAPAGLIA, D. **Manual prático de melhoramento genético do eucalipto.** Viçosa, MG: UFV, 200 p. 2010.

GLASS, S.V.; ZELINKA, S.L. **Moisture Relations and Physical Properties of Wood.** Wood handbook. Wood as an engineering material. 508 p. Madison, WI. Chapter, v.4, 2010.

GOULART, M.; HASELEIN, C.R., HOPPE, J.M.; FARIAS, J.A.; PAULESKI, D.T. Massa específica básica e massa seca de madeira de *Eucalyptus grandis* sob o efeito do espaçamento de plantio e da posição axial no tronco. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.13, n.2, p.167-175, 2003.

GROSSER, D. Defeitos da madeira. **Série Técnica FUPEF**, n.2, p.1-62, 1980.

HILLIG, E.; MACHADO, G.O.; HOLK, D.L.; CORRADI, G.M. Propriedades físicas da madeira de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze em função da posição no fuste para diferentes idades. **Cerne**, Lavras, v.18, n.2, p.257-263, 2012.

HUECK, K. **As florestas da America do Sul; ecologia, composicao e importancia economica.** São Paulo: Ed. Poligono, 1972. 455p.

ICMBIO. **Inventário Florestal - FLONA do Assungui.** 4º versão, 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE DESENVOLVIMENTO FLORESTAL. **Norma para medição e classificação de toras de madeiras de folhosas.** Brasília: Brasiliiana, 1984. 42p.

IWAKIRI, S.; DE MATOS, J.L.M.; PINTO, J.A.; VIANA, L.C.; SOUZA, M.M.; TRIANOSKI, R.; ALMEIDA, V.C. Produção de painéis laminados unidirecionais-lvl com lâminas. **Cerne**, Lavras, v.16, n.4, p. 557-563, 2010.

JANKOWSKY, I.P. **Madeiras brasileiras**. Caxias do Sul: Spectrum, 1990. 172p.

JOHNSON, R. A.; WICHERN, D. W. **Applied Multivariate Statistical Analysis**. New Jersey, USA: Englewood Cliffs, 642 p. 1992.

JUNIOR, G.B. Avaliação da qualidade da madeira de *Pinus merkusii* para produção de lâminas. **Scientia Florestalis**, Piracicaba, v.36, n.78, p.95-103, 2008.

JANKOWSKY, I.P.; CHIMELO, J.P.; CAVANCANTE, A.A.; GALINA, I.C.M.; NAGAMURA, J.C.S. **Madeiras Brasileiras**. Caxias do Sul: Spectrum, 1990. 172p.

KAGEYAMA, P.Y.; GANDARA, F.B.; SOUZA, L.M.I. Conseqüências genéticas da fragmentação sobre populações de espécies arbóreas. **Série Técnica**, v.12, n.32, p. 65-70, 1998.

KEEY, R.B.; LANGRISH, T.A.G.; WALKER, J.C.F. **Kiln -drying of lumber**. Heidelberg:Springer- Verlag, 2000.

KLITZKE, R.J. **Secagem da madeira**. In: José Tarcísio da Silva Oliveira, Nilton César Fiedler, Marcelo Nogueira. (Org.). Tecnologias aplicadas ao setor madeireiro. Visconde do Rio Branco: Suprema Gráfica e Editora Ltda, 2007, v.1, p.271-366.

KOGA, M.E.T. Matérias-primas fibrosas. Celulose e papel: tecnologia de fabricação da pasta celulósica. **IPT**, São Paulo, 2ª ed., p.15-44, 1988.

LATORRACA, J.D.F.; ALBUQUERQUE, C.E.C. Efeito do rápido crescimento sobre as propriedades da madeira. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v.7, n.1, p.279-291, 2000.

LUZ, O.S.L. **Dissimilaridade genética entre matrizes de *Corymbia citriodora* no município de Dueré-TO**. 2014. 64f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) Universidade Federal do Tocantins, Gurupi, TO.

MAHALANOBIS, P. C. On the generalized distance in statistics. **Proceedings of The National Institute of Sciences of India**, v.12, p.49-55, 1936.

MANEIRE, C.; CHIMELO, J.P. **Fichas de características das madeiras brasileiras**. São Paulo: IPT, 1989. 418p.

MANTOVANI, A.; MORELLATO, L.P.C.; REIS, M.S. Fenologia reprodutiva e produção de sementes em *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze. **Revista Brasil Botânica**, Belo Horizonte, v.27, n.4, p.787-796, 2004.

MARCHESAN, R.; MATTOS, P.P.; BORTOLI, C.; ROSAT, N.C. Caracterização Física, Química e Anatômica da Madeira de *Ocotea porosa* (Nees & C. Mart.). **Comunicado Técnico** 161. Colombo, Paraná. p.1-3, 2006.

MARTINS, I. S., Pires, I. E.; Oliveira, M. C. D. Divergência genética em progênies de uma população de *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v.9, n.1, p.81 - 89, 2002.

MATTOS, J.R. 1994. **O Pinheiro Brasileiro**. 2ª ed. Lages Artes Gráficas. Princesa Ltda, v.1, 225 p.

MATTOS, J.R. **O pinheiro brasileiro**. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2011. 700p.

MATTOS, P.P.; BORTOLI, C.; MARCHESAN, R.; ROSOT, N.C. **Caracterização física, química e anatômica da madeira de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze**. Colombo: Embrapa Floresta 2006. (Comunicado Técnico, 160).

MELO, R.R.; STANGERLIN, D.M.; DEL MENEZZI, C.H.S.; GATTO, D.A.; CALEGARI, L. Caracterização física e mecânica da madeira de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. Recife, v.5, n.1, p.67-73, 2010.

MIRANDA, M.C.; CASTELO, P.A.R.; MIRANDA, D.L.C.; RONDON, E.V. Propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Parkia gigantocarpa* Ducke. **Revista Ciência da Madeira**, Pelotas, v.3, n.2, p.02- 09, 2012.

MORAIS, O.P. **Análise multivariada da divergência genética dos progenitores, índice de seleção combinada numa população de arroz oriunda de intercruzamentos, usando a macho-esterilidade**. 1992. 251 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

MOORE, D.S. **The basic practice of statistics**. New York, Freeman, 2007.

MORESCHI, J.C. **Propriedades Tecnológicas da Madeira**. 3º edição. Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal da UTFPR. 177p. Fevereiro, 2010.

NASSUR, O.A.C.; ROSADO, L.R.; SILVA ROSADO, S.C.; CARVALHO, P.M. Variações na qualidade de toras de *Toona ciliata* M. Roem. com dezoito anos de idade. **Cerne**, Lavras, v.19, n.1, p.43-49, 2013.

NEITZKE R.S.; BARBIERI, R.L.; RODRIGUES, W.F.; CORRÊA, I.V.; CARVALHO, F.I.F. Dissimilaridade genética entre acessos de pimenta com potencial ornamental. **Horticultura Brasileira**, Vitória da conquista, v.28, n.1, p.47-53, 2010.

NISGOSKI, S.; MUÑIZ, G.I.B.; CECCANTINI, G. Caracterização anatômica macroscópica das madeiras utilizadas para laminação na região de Curitiba-PR. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.4, n.1, p. 47-52, 2003.

ODA, S.; MENCK, A.L.M.; VENCOSKY, R. Problemas no melhoramento genético clássico do eucalipto em função da alta intensidade de seleção. **IPEF**, Piracicaba, n.41/42, p.8-17, 1989.

OLIVEIRA, J.T.S.; CASTRO, J. Variação radial da retratibilidade e densidade básica da madeira de *Eucalyptus saligna* Sm. **Revista Árvore**, Viçosa, v.27, n.3, p. 381-385, 2003.

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

OLIVEIRA, J.T.S.; TOMAZELLO FILHO, M.; FIEDLER, N.C. Avaliação da retratibilidade da madeira de sete espécies de *Eucalyptus*. **Revista Árvore**, Viçosa, v.34, n.5, p.929-936, 2010.

OLIVEIRA, R.M. Wettability, Shrinkage and Color Changes of *Araucaria angustifolia* After Heating Treatment. **Materials Research**. São Carlos, v.13, n.3, p.351-354, 2010.

PALMA, H. A. L.; ESCOBAR, J. F.; BALLARIN, A. W.; LEONELLO, E. C. Influência da qualidade das lâminas no desempenho mecânico à flexão de painéis compensados de *Hevea brasiliensis*. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v.19, n.2, p.133-140, 2012.

PIO, N.S. **Avaliação da madeira de *Eucalyptus scabra* (dum-cours) e *Eucalyptus robusta* (smith) na produção de painéis compensados**. 1996. 120f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

PONCE, R.H. **Madeira serrada de eucalipto: desafios e perspectivas**. In: Seminário internacional de utilização da madeira de eucalipto para serraria. São Paulo. v.1, p.50-58, 1995.

PANSHIN, A.J.; DE ZEEW, C. **Textbook of wood technology**. New York: MCGraw-Hill Book company, 1970, 795p.

REITZ, R.; KLEIN, R.M. **Araucariáceas**. Flora Ilustrada Catarinense, p. 1 -62, 1966.

REZENDE, M.A.; Retratibilidade da Madeira de *Pinus caribaea* var. hondurensis e de *Eucalyptus grandis* e suas Relações com a umidade e densidade. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n.64, p.120-127, 2003.

RIBEIRO, M.C.; METZGER, J.P.; MARTENSENA, A.C.; PONZONIB, F.J.; HIROTA, M.M. **The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed?** Implications for conservation. *Biological Conservation*. v.142, p.1141-1153, 2009.

RIOS, P.D.; VIEIRA, H.C.; STUPP, A.M.; KNISS, D.D.C.; BORBA, M.H.; CUNHA, A.B. Avaliação física e mecânica de painéis reconstituídos compostos por partículas

de galhos secos de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze e madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v.43, n.106, p.283-289, 2015.

ROIG, F.A.; CALDERÓN, A.; NAVES, N.; SOMOZA, A.; LISI, C.S., FO, M.T.; IANIGLA-CCT-CONICET, C.C. **Poplar Wood Density Assessed by X-Ray Densitometry: New Insights for Inferring Wood**. Quality, Chile, 2008.

ROCHA, M.P. *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e *Eucalyptus dunnii* Maiden como fontes de matéria-prima para serrarias. 2000. 157 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2000.

ROLIM, M.B.; FERREIRA, M. Variação da densidade básica da madeira produzida Pela *Araucaria angustifolia* (bert.) O. Kuntze em função dos Anéis de crescimento. **IPEF**, Piracicaba, n.9, p.47-55, 1974.

ROSA, T.H.; HILLIG, E.; VIANA, L.C. Propriedades físicas da madeira de *Araucaria angustifolia* (bert.) O. Kuntze e sua relação com os anéis de crescimento. **Ciência da Madeira**. Pelotas, v.04, n.01, p. 01-14, 2013.

ROSA, R.A.; FRANÇA, L.C.A.; SEGUNDINHO, P.G.A.; LUBE, V.M.; PAES, J.B. Caracterização da madeira de maçaranduba (*Manilkara p.*) por métodos destrutivos e não destrutivos. **Ciência da Madeira**. Pelotas, v.05, n.01, p. 68-78, 2014.

SANTINI, E.J.; HASELEIN, C.R.; GATTO, D.A. Análise comparativa das propriedades físicas e mecânicas da madeira de três coníferas de florestas plantadas. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.10, n.1, p. 85-93. 2000.

SCHROEDER, H.A. Shrinking and swelling differences between hardwoods and softwoods. **Wood and fiber**. v.4, n.1, p.20-25,1972.

SETTE JR, C.R.; OLIVEIRA, I.R.; TOMAZELLO FILHO, M.; YAMAJI, F.M.; LACLAU, J.P. Efeito da idade e posição de amostragem na densidade e características anatômicas da madeira de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa, v.36, n.6, p.1183-1190, 2012.

SHEPHERD, K.R. **Plantation silviculture**. Forestry sciences: Martinus Nijhoff Publishers, 1986. 297p.

SELLERS, P.J. Canopy reflectance, photosynthesis and transpiration. **International Journal of Remote Sensing**, Maryland, v.6, n.8, p.1335-1372, 1985.

SETOGUCHI, H.; OSAWA, J.C.; PINTAUD, T.; VEILLON, J. M. Phylogenetic relationships within Araucariaceae based on rbcL gene sequences. **American Journal of Botany**, Washington, v.85, p.1507, 1998.

SILVA, A. R. **Métodos de agrupamento: avaliação e aplicação ao estudo de divergência genética em acessos de alho**. 2012. 67 f. Dissertação (Mestrado)- Universidade Federal de Viçosa-MG, Brasil.

SILVA OLIVEIRA, J.T.; FILHO, M.T.; FIEDLER, N.C. Avaliação da retratibilidade da madeira de sete espécies de *Eucalyptus*. **Revista Árvore**, Viçosa, v.34, n.5, p. 929-936, 2010.

SILVA J.M. (2005) **Análises genéticas em progênies de Pinus caribaea Morelet var. caribaea por caracteres quantitativos e marcadores moleculares**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira.

SILVEIRA, V.; ROSADO, S.C.S.; TRIGILHO, P.F.; CARVALHO, D.; MARTINS, S.C. Variação dimensional da madeira de clones de *Eucalyptus* cultivados em diferentes espaçamentos. **Cerne**, Lavras. v.5, n.2, p.105-124, 1999.

SKAAR, C.J. **Water in wood**. Syracuse: Syracuse University, 1972. 218 p.

TRUGILHO, P.F.; LIMA, J.T.; MENDES, L.M. Influência da idade nas características físico-químicas e anatômicas da madeira de *Eucalyptus saligna*. **Cerne**, Lavras, v.2, n.1, p.15, 1996.

TRUGILHO, P.F. Densidade básica e estimativa de massa seca e de lignina na madeira em espécies de *Eucalyptus*. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v.33, n.5, p. 1228-1239, 2009.

TSOUMIS, G. Science and technology of wood. Structure, properties, utilization. **Van Nostrand Reinhold**, New York, v, 65, p.359-360, 1991.

VALENTE, T.P.; NEGRELLE, R.R.; SANQUETTA, C.R. Regeneração de *Araucaria angustifolia* em três fitofisionomias de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista. **Iheringia Série Botânica**, Porto Alegre, v.65, n.1, p.17-24, 2010.

VALÉRIO, A.F.; WATZLAWICK, L.F.; SANTOS, R.T.; BRANDELERO, C.; KOEHLER, H.S. Quantificação de resíduos e rendimento no desdobro de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze. **Revista Floresta**, Curitiba, v.37, p.387-398, 2007.

VASCONCELOS, E. S. et al. Método alternativo para análise de agrupamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.10, p.1421-1428, 2007.

VIDAURRE, G., LOMBARDI, L.R. JOSÉ TARCÍSIO DA SILVA OLIVEIRA, J.T.S., ARANTES, M.D.C. Lenho Juvenil e Adulto e as Propriedades da Madeira. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v.18, n.4, p.469-480, 2011.

VIEIRA, M. C.; BRITO, E. O.; GONÇALVES, F. G. Evolução econômica do painel compensado no Brasil e no mundo. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v.19, n.3, p.277-285, 2012.

VITAL, B.R.; MACIEL, A.S.; DELLA LUCIA, R.M. Qualidade de juntas coladas com lâminas de madeira oriundas de três regiões do tronco de *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna* e *Pinus elliottii*. **Revista Árvore**, Viçosa, v.30, n.4, p.637-644, 2006.

ZEN, L.R. **Métodos combinados para secagem da madeira de *Eucalyptus* : pré - secagem ao ar livre com secagem em estufa convencional.** 2016.106f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal)- Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

WEHR, N.J.; TOMAZELLO FILHO, M; Caracterização dos anéis de crescimento de árvores de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze, através da microdensitometria de raio X. **Scientia Florestalis**, Piracicaba, n.58, p.161-170, 2000.

WELLING, J. **European Drying group – Recommendation.** Assessment of drying quality of timber. Pilon edition. 1994. 30p.

ANEXO I

Características silviculturais das matrizes de *Araucaria angustifolia*

Matrizes	Altura (m)	CAP (cm)	DAP (cm)
1	21,30	122,00	38,83
2	19,80	90,00	28,65
3	19,50	89,00	28,33
4	20,90	106,00	33,74
5	18,30	95,00	30,24
6	19,70	96,00	30,56
7	19,30	108,00	34,38
8	20,00	106,00	33,74
9	18,00	97,00	30,88
10	19,00	87,00	27,69
11	19,00	127,00	40,43
12	21,00	109,00	34,70
13	19,00	101,00	32,15
14	18,00	101,00	32,15
15	17,00	83,00	26,42
16	18,00	96,00	30,56
17	19,00	80,00	25,46
18	20,00	85,00	27,06
19	20,00	98,00	31,19
20	19,50	104,00	33,10
21	20,00	110,00	35,01
22	18,00	98,00	31,19
23	20,00	115,00	36,61
24	20,50	98,00	31,19
25	20,50	108,00	34,38
Média	19,41	100,36	31,94

ANEXO II

Características silviculturais das matrizes de *Araucaria angustifolia*

Matrizes	Diâmetro 0-25%		Diâmetro 25-50%		Diâmetro 50-75%		Diâmetro 75-100%	
	CC	SC	CC	SC	CC	SC	CC	SC
1	37,20	33,60	29,60	27,60	24,20	22,00	13,70	11,70
2	28,40	27,55	25,20	22,85	22,60	20,35	17,00	15,20
3	26,80	26,45	23,00	21,90	21,50	19,05	16,70	15,50
4	34,00	31,20	29,50	26,35	28,10	25,10	19,10	17,10
5	32,30	32,25	27,90	25,05	25,20	22,55	22,10	19,70
6	31,20	30,75	27,40	24,40	23,90	21,65	18,70	16,90
7	33,70	33,60	29,90	29,75	28,10	24,95	20,60	17,75
8	33,30	33,15	29,00	26,05	24,70	22,35	17,80	16,25
9	32,10	29,85	28,20	23,60	21,60	19,25	17,70	15,50
10	28,30	26,70	25,40	24,30	21,50	19,75	16,10	14,20
11	39,20	38,90	34,90	32,10	30,60	28,65	24,40	21,75
12	33,40	32,20	30,00	26,55	25,60	23,20	19,40	17,85
13	33,10	33,15	29,10	26,65	25,20	22,85	19,20	17,30
14	32,30	30,30	29,80	26,05	26,30	22,85	21,80	18,20
15	26,40	24,30	24,00	21,65	20,30	18,55	16,90	15,10
16	31,10	29,05	28,80	25,40	25,30	22,75	20,30	17,6
17	33,60	32,05	30,90	27,65	25,00	23,40	19,90	17,75
18	26,00	24,85	24,00	20,80	19,90	18,00	15,10	13,90
19	31,50	30,70	29,30	26,60	24,70	22,60	19,40	18,65
20	32,60	31,00	28,90	26,35	25,40	22,25	20,50	18,10
21	34,60	34,90	30,90	28,00	27,90	25,05	20,40	17,40
22	31,00	30,80	28,20	26,85	25,10	22,65	18,30	16,00
23	37,10	37,40	33,70	29,85	26,10	23,85	20,70	18,55
24	31,80	30,80	28,20	26,10	24,80	22,30	21,60	18,85
25	33,80	32,75	29,90	27,40	25,90	22,90	20,70	17,55
Média	32,20	31,10	28,60	26,00	24,80	22,40	19,10	17,00

ANEXO III

Volume de madeira em relação à altura do fuste em matrizes de *Araucaria angustifolia*

Matrizes	Volume da tora CC					Volume da tora SC				
	0-25%	25-50%	50-75%	75-100%	Total	0-25%	25-50%	50-75%	75-100%	Total
1	0,576	0,368	0,246	0,078	1,268	0,471	0,319	0,202	0,057	1,049
2	0,314	0,246	0,198	0,112	0,870	0,295	0,203	0,161	0,090	0,749
3	0,274	0,204	0,176	0,107	0,760	0,266	0,185	0,138	0,092	0,682
4	0,471	0,354	0,322	0,152	1,299	0,398	0,284	0,257	0,122	1,060
5	0,376	0,281	0,229	0,173	1,059	0,376	0,227	0,184	0,137	0,923
6	0,375	0,290	0,221	0,135	1,021	0,365	0,231	0,181	0,111	0,888
7	0,428	0,343	0,297	0,159	1,226	0,426	0,341	0,235	0,119	1,120
8	0,436	0,330	0,240	0,124	1,130	0,432	0,266	0,196	0,104	0,998
9	0,379	0,300	0,172	0,093	0,944	0,329	0,210	0,137	0,072	0,747
10	0,301	0,242	0,178	0,091	0,813	0,269	0,223	0,150	0,071	0,713
11	0,603	0,478	0,368	0,187	1,636	0,594	0,405	0,322	0,149	1,470
12	0,463	0,375	0,278	0,148	1,263	0,432	0,293	0,228	0,125	1,078
13	0,422	0,319	0,238	0,130	1,109	0,423	0,268	0,197	0,106	0,993
14	0,376	0,328	0,255	0,149	1,108	0,332	0,250	0,193	0,104	0,879
15	0,235	0,189	0,146	0,090	0,660	0,199	0,155	0,122	0,072	0,547
16	0,341	0,299	0,225	0,142	1,007	0,298	0,233	0,183	0,107	0,821
17	0,435	0,360	0,260	0,124	1,180	0,395	0,288	0,228	0,099	1,010
18	0,270	0,221	0,165	0,084	0,739	0,247	0,166	0,135	0,071	0,620
19	0,398	0,330	0,254	0,139	1,121	0,378	0,272	0,213	0,128	0,991
20	0,408	0,328	0,247	0,155	1,139	0,370	0,273	0,191	0,121	0,954
21	0,479	0,390	0,318	0,146	1,333	0,488	0,320	0,256	0,107	1,171
22	0,340	0,286	0,227	0,113	0,966	0,335	0,260	0,185	0,086	0,868
23	0,551	0,454	0,273	0,157	1,435	0,560	0,357	0,228	0,127	1,272
24	0,420	0,324	0,250	0,175	1,168	0,395	0,278	0,203	0,134	1,010
25	0,465	0,372	0,268	0,164	1,269	0,438	0,313	0,210	0,119	1,079
Média	0,405	0,320	0,242	0,133	1,101	0,380	0,265	0,197	0,105	0,948

ANEXO IV

Características morfométricas em matrizes de *Araucaria angustifolia*

Matrizes	Conicidade	Achatamento
1	0,65	90,05
2	0,47	99,07
3	0,46	95,70
4	0,58	95,20
5	0,55	88,29
6	0,51	92,71
7	0,55	97,98
8	0,55	90,19
9	0,52	96,74
10	0,47	95,42
11	0,65	93,98
12	0,54	95,55
13	0,55	97,94
14	0,51	98,35
15	0,37	97,95
16	0,49	97,53
17	0,54	95,09
18	0,41	94,17
19	0,50	97,69
20	0,53	94,87
21	0,57	97,46
22	0,51	96,97
23	0,61	96,56
24	0,53	92,65
25	0,57	88,98
Média	0,53	95,08

ANEXO V

Varição da densidade básica na direção longitudinal em matrizes de *Araucaria angustifolia*

Matrizes	Densidade básica na direção longitudinal (para cada altura do fuste)				
	0 (%)	25 (%)	50 (%)	75 (%)	100 (%)
1	0,46	0,44	0,42	0,40	0,39
2	0,47	0,42	0,41	0,40	0,37
3	0,47	0,41	0,38	0,40	0,38
4	0,49	0,41	0,47	0,37	0,32
5	0,52	0,44	0,40	0,38	0,37
6	0,44	0,49	0,41	0,38	0,33
7	0,44	0,49	0,39	0,33	0,36
8	0,47	0,40	0,38	0,38	0,36
9	0,48	0,46	0,39	0,39	0,39
10	0,52	0,42	0,40	0,36	0,35
11	0,46	0,41	0,40	0,38	0,36
12	0,45	0,40	0,39	0,38	0,36
13	0,47	0,40	0,38	0,34	0,33
14	0,52	0,48	0,39	0,38	0,34
15	0,48	0,41	0,39	0,38	0,36
16	0,45	0,42	0,38	0,38	0,36
17	0,47	0,43	0,39	0,38	0,35
18	0,44	0,38	0,37	0,35	0,32
19	0,48	0,42	0,41	0,38	0,37
20	0,45	0,38	0,35	0,33	0,32
21	0,43	0,38	0,35	0,30	0,27
22	0,41	0,36	0,35	0,33	0,35
23	0,45	0,38	0,36	0,34	0,35
24	0,46	0,41	0,39	0,37	0,36
25	0,46	0,37	0,35	0,34	0,32
Média	0,47	0,42	0,39	0,37	0,35

ANEXO VI

Variação da densidade básica na direção radial em matrizes de *Araucaria angustifolia*

Matrizes	Densidade básica na direção radial			
	Medula	Meio	Casca	Média
1	0,39	0,42	0,45	0,42
2	0,45	0,47	0,47	0,46
3	0,35	0,42	0,47	0,41
4	0,39	0,45	0,46	0,44
5	0,41	0,46	0,50	0,45
6	0,40	0,44	0,45	0,43
7	0,34	0,38	0,42	0,38
8	0,41	0,45	0,48	0,45
9	0,36	0,43	0,47	0,42
10	0,36	0,42	0,48	0,42
11	0,38	0,47	0,46	0,45
12	0,34	0,43	0,43	0,41
13	0,35	0,45	0,46	0,42
14	0,34	0,44	0,46	0,42
15	0,34	0,42	0,45	0,40
16	0,34	0,42	0,49	0,42
17	0,37	0,44	0,47	0,43
18	0,34	0,37	0,41	0,37
19	0,37	0,44	0,47	0,43
20	0,41	0,42	0,44	0,42
21	0,37	0,40	0,39	0,38
22	0,33	0,36	0,41	0,37
23	0,34	0,44	0,45	0,41
24	0,35	0,42	0,46	0,42
25	0,33	0,39	0,46	0,40
Média	0,36	0,42	0,45	0,42

ANEXO VII

Características físicas com média dos valores na direção radial em matrizes de *Araucaria angustifolia*

Matrizes	Colapso	Retração			CA
		Tg	Rd	Vol	
1	3,227	4,887	3,647	8,539	1,328
2	2,979	4,444	2,997	7,511	1,506
3	3,025	4,693	3,400	8,133	1,413
4	3,045	4,332	2,771	7,126	1,591
5	3,251	4,913	3,412	8,428	1,457
6	2,645	4,860	3,086	7,938	1,586
7	3,048	5,108	3,138	8,127	1,656
8	2,927	3,593	2,729	6,221	1,325
9	2,631	4,363	3,005	7,272	1,461
10	2,366	3,846	2,590	6,657	1,483
11	3,125	5,142	3,427	8,455	1,527
12	3,013	5,038	3,222	8,218	1,585
13	2,361	3,576	2,498	6,149	1,491
14	3,198	5,552	4,028	9,511	1,403
15	2,877	5,051	3,406	8,426	1,487
16	2,908	4,331	3,541	7,816	1,255
17	2,592	3,834	2,045	5,926	1,895
18	2,898	4,655	2,933	7,578	1,617
19	2,626	4,094	2,923	6,996	1,453
20	2,591	3,808	2,920	6,761	1,319
21	2,540	3,233	2,208	5,531	1,476
22	2,836	3,672	2,579	6,270	1,423
23	3,353	5,219	2,946	8,119	1,800
24	3,308	3,583	2,578	6,351	1,397
25	2,969	5,048	3,626	8,601	1,404
Média	2,894	4,435	3,026	7,466	1,493

ANEXO VIII

Características físicas em relação à posição da amostra na direção radial em matrizes de *Araucaria angustifolia*

Matrizes	Posição	colapso	Tg	Rad	Vol	CA
1	medula	3,04	4,47	3,16	7,75	1,42
	meio	3,13	4,99	3,86	9,02	1,33
	casca	3,32	5,30	3,81	8,69	1,27
2	medula	2,90	4,40	3,08	7,31	1,45
	meio	3,09	4,50	3,25	7,94	1,39
	casca	2,06	4,43	2,65	7,28	1,68
3	medula	2,82	4,54	2,67	7,19	1,69
	meio	3,20	4,85	3,56	8,40	1,37
	casca	3,06	4,69	3,98	8,81	1,18
4	medula	2,85	4,07	2,71	6,72	1,56
	meio	3,12	4,77	3,07	7,86	1,57
	casca	3,05	3,72	2,24	6,06	1,66
5	medula	3,19	4,80	3,56	8,71	1,36
	meio	3,39	5,06	3,71	8,63	1,36
	casca	3,18	4,88	2,97	7,94	1,64
6	medula	1,88	4,48	2,71	7,24	1,67
	meio	2,89	5,05	3,20	8,25	1,59
	casca	2,92	4,87	3,23	8,01	1,51
7	medula	2,72	4,89	2,80	7,65	1,76
	meio	3,19	5,77	3,51	9,09	1,66
	casca	3,08	4,01	2,74	6,68	1,54
8	medula	2,80	3,25	2,34	5,79	1,39
	meio	2,97	3,67	2,78	6,40	1,33
	casca	2,98	3,78	3,01	6,29	1,26
9	medula	2,31	3,81	2,48	6,21	1,55
	meio	2,77	4,66	3,27	7,83	1,43
	casca	2,67	4,33	3,00	7,21	1,43
10	medula	2,35	3,69	2,34	6,04	1,56
	meio	2,83	4,42	2,60	7,04	1,68
	casca	1,45	2,85	2,81	6,52	1,01
11	medula	3,21	4,98	3,14	8,00	1,60
	meio	3,24	5,01	4,08	8,97	1,23
	casca	2,93	5,06	3,00	7,94	1,69
12	medula	2,59	4,22	2,59	6,84	1,63
	meio	3,25	5,34	3,42	8,72	1,58
	casca	2,96	5,26	3,47	8,60	1,56
13	medula	2,62	3,47	2,97	6,77	1,18
	meio	2,49	3,76	2,83	6,77	1,35
	casca	2,04	2,97	1,56	4,54	1,90

14	medula	3,01	5,72	3,50	9,09	1,64
	meio	3,27	5,62	3,98	9,57	1,42
	casca	3,24	5,24	4,65	9,82	1,13
15	medula	2,32	4,14	3,03	7,16	1,38
	meio	3,23	5,77	3,61	9,31	1,62
	casca	3,08	5,25	3,58	8,81	1,46
16	medula	2,33	3,50	2,29	5,87	1,52
	meio	2,95	4,29	3,70	7,91	1,16
	casca	3,41	5,24	4,48	9,58	1,18
17	medula	2,64	4,01	2,20	6,26	1,82
	meio	2,87	4,12	2,28	6,45	1,82
	casca	2,11	3,25	1,57	4,93	2,07
18	medula	2,98	5,42	3,20	8,56	1,71
	meio	2,76	4,47	2,86	7,36	1,59
	casca	2,96	4,07	2,74	6,81	1,56
19	medula	2,44	4,47	2,60	7,06	1,71
	meio	2,77	4,12	2,82	6,92	1,52
	casca	2,52	3,66	3,45	7,08	1,06
20	medula	2,48	3,73	2,59	6,39	1,45
	meio	2,61	3,91	2,97	6,89	1,33
	casca	2,67	3,69	3,15	6,88	1,17
21	medula	2,33	2,93	1,80	4,82	1,63
	meio	2,71	3,33	2,54	5,89	1,32
	casca	2,66	3,81	2,20	6,19	1,73
22	medula	2,92	4,03	3,09	7,11	1,29
	meio	2,86	3,84	2,42	6,31	1,58
	casca	2,69	2,97	2,39	5,34	1,24
23	medula	2,90	4,90	2,63	7,54	1,89
	meio	3,32	5,48	3,50	8,93	1,57
	casca	3,78	5,13	2,63	7,70	1,95
24	medula	2,97	3,08	2,34	6,21	1,34
	meio	3,31	3,88	2,63	6,51	1,47
	casca	3,64	3,49	2,71	6,17	1,30
25	medula	2,68	4,44	3,17	7,59	1,40
	meio	2,93	4,99	3,54	8,46	1,43
	casca	3,34	5,77	4,24	9,89	1,36
Média		2,86	4,38	3,00	7,40	1,49