

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas  
Catalogação na Publicação

O48u Oliveira, Bruno Guilherme de

Uso de painel laminado de pinus taeda na produção de shape para skateboard / Bruno Guilherme de Oliveira ; Érika da Silva Ferreira, orientadora ; Merielen de Carvalho Lopes, coorientadora. — Pelotas, 2014.

84 f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Industrial Madeireira) — Centro de Engenharias, Universidade Federal de Pelotas, 2014.

1. Pinus taeda. 2. Compensado. 3. LVL. 4. Desenvolvimento de produto. 5. Shape de skateboard. I. Ferreira, Érika da Silva, orient. II. Lopes, Merielen de Carvalho, coorient. III. Título.

CDD : 674

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS**  
**Centro de Engenharias**  
**Curso de Engenharia Industrial Madeireira**



Trabalho de Conclusão de Curso

**Uso de painel laminado de *Pinus taeda* na produção de *shape* para *Skateboard***

**Bruno Guilherme de Oliveira**

Pelotas, 2014

**Bruno Guilherme de Oliveira**

**Uso de painel laminado de *Pinus taeda* na produção de *shape* para *Skateboard***

Trabalho Acadêmico apresentado ao Curso de Engenharia Industrial Madeireira da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Industrial Madeireiro.

Orientador: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Érika da Silva Ferreira  
Co-Orientador: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Merielen de Carvalho Lopes

Pelotas, 2014

Bruno Guilherme de Oliveira

Uso de painel laminado de *Pinus taeda* na produção de *shape* para *Skateboard*

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado, como requisito parcial, para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Industrial Madeireira, Centro de Engenharias, Universidade Federal de Pelotas.

Data da Defesa: 09/01/14

Banca examinadora:

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Érika da Silva Ferreira (Orientadora)  
Doutora em Engenharia Florestal pela Universidade Federal do Paraná

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Merielen de Carvalho Lopes (Co-orientadora)  
Doutora em Engenharia Florestal pela Universidade Federal do Paraná

---

Prof. M.Sc. Gabriel Valim Cardoso  
Mestre em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Santa Maria

**Aos meus pais Silvio e Maristela,  
aos meus irmãos Leonardo e Rodrigo  
dedico.**

## **Agradecimentos**

Agradeço primeiramente, aos meus pais Silvio e Maristela por me proporcionarem a condução nesta jornada e não pouparem esforços para amar, compartilhar, ajudar e apoiar, constantemente durante todo meu caminho.

À toda minha família, irmãos, avós, tios, primos e amigos por compartilharem vivências e fazerem parte desta jornada, tornando-a mais agradável e feliz.

À minha namorada Catarina pelo companheirismo, amor e apoio incondicional.

A Deus e a força maior do universo que nos influencia e oferece nossa oportunidade de existência nesta vida.

Às minhas orientadoras, Professora Érika da Silva Ferreira e Professora Merielen de Carvalho Lopes, por todo apoio, amizade, assistência, paciência, dedicação, incentivo e por acreditar e orientar a realização deste trabalho.

A todos os professores, colegas e funcionários do Curso de Engenharia Industrial Madeireira da UFPel que colaboraram, ensinaram e participaram de meu trajeto durante meu período universitário.

A UFPel (Universidade Federal de Pelotas) e ao LAPAM (Laboratório de Painéis de Madeira), por disponibilizar os recursos de laboratório e fornecerem material necessários para a realização dos experimentos.

Às empresas Palma Sola Ltda e Momentive e ao Laboratório de Painéis de Madeira – DETF (UFPR) pelo incentivo ao estudo através da doação das principais matérias primas utilizadas neste trabalho.

A funcionária técnica de laboratório da UFPel, Cristiane Degen Chagas e aos estagiários do LAPAM (UFPel) pelo apoio, ajuda e dedicação essencial na realização dos experimentos.

Obrigado a todos aqueles que de alguma maneira, direta, indireta e simbólica ajudaram e colaboraram para a realização deste trabalho e contribuíram para minha formação acadêmica.

***“A mente que se abre a uma nova idéia,  
jamais voltará ao seu tamanho original.”***

***(Albert Einstein)***

## Resumo

Oliveira, B. G. **Uso de painel laminado de *Pinus taeda* na produção de *shape* para *Skateboard***. 2014, 84f. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Engenharia Industrial Madeireira. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas – RS.

Indústrias de base florestal optam por alternativas que atendam as exigências do mercado por meio da implantação de espécies florestais exóticas de rápido crescimento, como o *Pinus spp*. Aliado a isso, a tecnologia tem ampliado a gama de novos produtos derivados da madeira, visando o melhor desempenho do produto. O *Skateboard* está solidificado e popularizado como nunca esteve e muito divulgado na mídia, seja pela transmissão de campeonatos ou por propagandas de empresas do ramo, sendo mais bem aceito pela sociedade e praticado por milhões de pessoas. Neste contexto, o presente trabalho objetivou avaliar e selecionar, com relação à qualidade de diferentes composições, painéis de madeira laminada produzidos com madeira de *Pinus taeda* para sua utilização como material no desenvolvimento de projeto de produto esportivo *shape* empregado na prática do *Skateboard*. Foram produzidos nove painéis de dois tipos: compensado e LVL, totalizando três tratamentos variando a composição estrutural com três repetições por tratamento. Cada painel foi constituído por sete lâminas coladas com resina fenol-formaldeído e após a confecção dos painéis, foram realizados ensaios físico-mecânicos de acordo com as prescrições da norma brasileira (ABNT) e norma europeia (EN). Concluiu-se que o painel do tipo LVL dentre os tratamentos avaliados apresentou resultados mais satisfatórios para sua utilização como material na produção do produto *shape*. Em seguida, realizaram-se com êxito as etapas iniciais de planejamento do produto *shape*, voltado para escopo do produto, projeto informacional, projeto conceitual e projeto detalhado, chegando a um produto que atendeu as características, funções e necessidades solicitadas.

**Palavras - chave:** Pinus; compensado; LVL; desenvolvimento de produto; *shape* de *Skateboard*

## Abstract

Oliveira, B. G. **The use of laminated wood panel from *Pinus taeda* in the production of shape to Skateboard.** 2014. 84 pages. Course's Final Paper – Industrial Wood Engineering Course. Federal University of Pelotas, Pelotas – RS.

Forest-based industries opt for alternatives that meet market requirements through deployment of exotic forest of fast growing species such as *Pinus* spp . Allied to this, the technology has expanded the range of new wood products, targeting the best product performance. The Skateboard is solidified and popularized as never before and much publicized in the media, is the transmission of championships or advertisements of skate companies, being better accepted by society and practiced by millions of people. In this context, the present study aimed to evaluate and select, with regard to the quality of different compositions, laminated wood panels produced with *Pinus taeda* as a material for use in the development of design shape sports product employed in the practice of skateboard. Nine panels of two types were made: plywood and LVL, totalizing three treatments ranging structural composition with three replicates per treatment. Each panel was composed of seven blades glued with phenol - formaldehyde resin and after the production of the panels, physical and mechanical testing based on Brazilian standards (ABNT) and European standard (EN) were performed. It was concluded that the panel LVL among the treatments showed more satisfactory results for use as material in the production of the product shape. Then were held successfully the initial planning stages of the product shape, facing product scope, informational design, conceptual design and detailed design, reaching a product that met the characteristics, functions and requested needs.

**Key - words:** Pinus; plywood; LVL; product development; shape of Skateboard

## Lista de Figuras

Figura 1 – Habitat (A), fruto (B), tronco (C) e madeira (D) de <i>Pinus taeda</i> L.....	18
Figura 2 – Painel Compensado Naval.....	21
Figura 3 – Painel Laminado Unidirecional (LVL).....	23
Figura 4 – Lâminas de <i>Pinus taeda</i> .....	26
Figura 5 – Teste de secagem realizado nas lâminas de <i>Pinus taeda</i> em estufa convencional para a determinação do teor de umidade.....	27
Figura 6 – Desenho ilustrativo da composição estrutural representando os três tratamentos empregados para a produção dos painéis compensados e LVL.....	28
Figura 7 – Diagrama das etapas do processo produtivo dos painéis compensados e LVL.....	29
Figura 8 – Aplicação do adesivo sob as lâminas.....	30
Figura 9 – Painel produzido após prensagem a quente.....	30
Figura 10 – Layout de distribuição dos corpos de prova para a avaliação das propriedades físicas e mecânicas analisadas nos painéis.....	32
Figura 11 – Climatização dos corpos de prova dos painéis de madeira.....	33
Figura 12 – Componentes do skate.....	48
Figura 13 – Modelo de planejamento de produto adotado para a confecção do produto <i>shape</i> .....	52
Figura 14 – A prática do <i>Skate</i> na modalidade de <i>Downhill Speed</i> .....	57
Figura 15 – A prática do <i>Skate</i> na modalidade <i>Freestyle</i> .....	57
Figura 16 – A prática do <i>Skate</i> na modalidade <i>Slalom</i> .....	58
Figura 17 – A prática do <i>Skate</i> na modalidade <i>Vertical</i> .....	59
Figura 18 – A prática do <i>Skate</i> na modalidade <i>Street</i> .....	60
Figura 19 – Esquema ilustrativo representando a evolução de modelos e formatos dos <i>shapes</i> de skateboard.....	60
Figura 20 – Principais modelos e formatos de <i>shapes</i> definidos como <i>longboard</i> (A), <i>new school</i> (B) e <i>old school</i> (C).....	62
Figura 21 – Registros fotográficos do início da prática do Skateboard.....	63
Figura 22 – Skates produzidos com produto <i>shape old school</i> .....	63
Figura 23 – Skates produzidos com produtos <i>shape old school - Shape Slalom 22"</i> .....	64

Figura 24 – Exemplos de projetos de móveis inspirados no <i>Skateboard</i> , incorporados com o produto <i>shape</i> .....	65
Figura 25 – Móveis produzidos com <i>shapes</i> usados e reciclados.....	66
Figura 26 – Esboços tridimensionais do produto.....	68
Figura 27 – Desenho básico da vista superior do produto com seu comprimento e largura dimensional. ....	68
Figura 28 – Modelo de produto <i>shape</i> .....	69
Figura 29 – Desenho técnico do produto <i>shape old school</i> .....	70
Figura 30 – Etapas do planejamento de processo produtivo do protótipo de produto <i>shape</i> .....	71
Figura 31 – Serra tico-tico Skil 4003 – 380W utilizada na produção do <i>shape</i> .....	72
Figura 32 – Protótipo funcional do produto <i>shape oldscholl</i> .....	72

## Lista de Tabelas

Tabela 1 – Propriedades físico-químicas da resina fenol-formaldeído.....	27
Tabela 2 – Delineamento experimental empregado na produção dos painéis de madeira e composição estrutural das lâminas .....	28
Tabela 3 – Formulação da batida de cola empregada na confecção do adesivo à base de fenol-formaldeído (FF) .....	29
Tabela 4 – Parâmetros do processo de prensagem.....	31
Tabela 5 – Ensaios físicos e mecânicos realizados nos painéis e quantidade de corpos de prova amostrados.....	33
Tabela 6 – Valores médios para Teor de Umidade (TU) e Massa Específica Aparente (MEA) dos painéis .....	35
Tabela 7 – Valores médios obtidos para Absorção de Água (AA), Recuperação em Espessura (RE) e Inchamento mais Recuperação em Espessura (IR).....	36
Tabela 8 – Valores médios encontrados para Módulo de Ruptura (MOR) e de Módulo de Elasticidade (MOE) nos sentidos paralelo à lâmina de capa .....	38
Tabela 9 – Valores médios encontrados para o Teste Seco e Teste Fervura da Resistência da Linha de Cola aos Esforços de Cisalhamento (RCLC) e percentagem de Falha na Madeira (FM).....	40

## Lista de Siglas

AA	Absorção de Água
ABIMCI	Associação Brasileira da Indústria da Madeira Processada Mecanicamente
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRAF	Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas
EPS	Poliestireno Expandido
FE	Flexão Estática
FF	Fenol Formaldeído
IR	Inchamento mais Recuperação em Espessura
LVL	Laminated Veneer Lumber
MEA	Massa Específica Aparente
MOE	Módulo de Elasticidade
MOR	Módulo de Ruptura
Ph	Potencial de Hidrogênio
PLP	Painel de Lâminas Paralelas
PMVA	Produto de Maior Valor Agregado
RCLC	Resistência ao Cisalhamento na Linha de Cola
RE	Recuperação em Espessura
REMADE	Revista da Madeira
TU	Teor de Umidade

## Sumário

<b>1</b>	<b>Introdução Geral.....</b>	<b>13</b>
	<b>Capítulo 1 – Caracterização de painéis laminados de <i>Pinus taeda</i> com diferentes composições .....</b>	<b>15</b>
	<b>Introdução.....</b>	<b>15</b>
<b>1.2</b>	<b>Revisão de Literatura.....</b>	<b>17</b>
<b>1.2.1</b>	<b>A espécie <i>Pinus taeda</i> .....</b>	<b>17</b>
<b>1.2.2</b>	<b>Painéis de madeira reconstituída .....</b>	<b>19</b>
<b>1.2.3</b>	<b>Painel Compensado .....</b>	<b>20</b>
<b>1.2.4</b>	<b>Painel de Lâminas Paralelas – PLP ou LVL .....</b>	<b>22</b>
<b>1.2.5</b>	<b>Propriedades dos painéis de madeira laminada .....</b>	<b>24</b>
<b>1.2.6</b>	<b>Produtos de madeira.....</b>	<b>25</b>
<b>1.3</b>	<b>Material e Métodos .....</b>	<b>26</b>
<b>1.3.1</b>	<b>Obtenção do Material.....</b>	<b>26</b>
<b>1.3.2</b>	<b>Propriedades físico-químicas da resina fenol-formaldeído.....</b>	<b>26</b>
<b>1.3.3</b>	<b>Produção dos painéis compensados e LVL .....</b>	<b>27</b>
<b>1.3.4</b>	<b>Ensaio Físico-Mecânicos .....</b>	<b>31</b>
<b>1.3.5</b>	<b>Análise estatística .....</b>	<b>34</b>
<b>1.4</b>	<b>Resultados e Discussões .....</b>	<b>35</b>
<b>1.4.1</b>	<b>Avaliações das propriedades físicas dos painéis .....</b>	<b>35</b>
<b>1.4.1.1</b>	<b>Teor de umidade e massa específica aparente.....</b>	<b>35</b>
<b>1.4.1.2</b>	<b>Absorção de água, Recuperação em espessura e Inchamento mais recuperação em espessura .....</b>	<b>36</b>
<b>1.4.2</b>	<b>Avaliações das propriedades mecânicas dos painéis .....</b>	<b>38</b>
<b>1.4.2.1</b>	<b>Flexão estática (MOR e MOE).....</b>	<b>38</b>
<b>1.4.2.2</b>	<b>Resistência da linha de cola ao esforço de cisalhamento.....</b>	<b>39</b>
<b>1.5</b>	<b>Conclusão .....</b>	<b>41</b>
	<b>Referências .....</b>	<b>42</b>
	<b>Capítulo 2 – Planejamento de Projeto de Produto <i>Shape</i> para <i>Skateboard</i>.....</b>	<b>47</b>
<b>2.1</b>	<b>Introdução.....</b>	<b>47</b>

<b>2.2</b>	<b>Revisão de Literatura.....</b>	<b>48</b>
<b>2.2.1</b>	<b><i>Skateboard</i>.....</b>	<b>48</b>
<b>2.2.2</b>	<b>Produto <i>Shape</i>.....</b>	<b>50</b>
<b>2.3</b>	<b>Material e Métodos .....</b>	<b>52</b>
<b>2.3.1</b>	<b>Desenvolvimento de Produto.....</b>	<b>52</b>
<b>2.4</b>	<b>Desenvolvimento de Produto.....</b>	<b>54</b>
<b>2.4.1</b>	<b>Escopo de Produto .....</b>	<b>54</b>
<b>2.4.2</b>	<b>Projeto Informacional .....</b>	<b>55</b>
<b>2.4.2.1</b>	<b>Mercado do Skate.....</b>	<b>55</b>
<b>2.4.2.2</b>	<b>Modalidades do <i>Skate</i>.....</b>	<b>56</b>
<b>2.4.2.3</b>	<b>Modelos e Formatos.....</b>	<b>60</b>
<b>2.4.2.4</b>	<b>Projetos de Produtos Similares .....</b>	<b>63</b>
<b>2.4.2.5</b>	<b>Projetos de Produtos Alternativos.....</b>	<b>64</b>
<b>2.4.3</b>	<b>Projeto Conceitual.....</b>	<b>67</b>
<b>2.4.3.1</b>	<b>Funções.....</b>	<b>67</b>
<b>2.4.3.2</b>	<b>Desenhos Básicos.....</b>	<b>67</b>
<b>2.4.3.3</b>	<b>Modelo de Produto .....</b>	<b>68</b>
<b>2.4.4</b>	<b>Projeto Detalhado.....</b>	<b>69</b>
<b>2.4.4.1</b>	<b>Desenhos Finais .....</b>	<b>69</b>
<b>2.4.4.2</b>	<b>Plano Macro de Processo .....</b>	<b>71</b>
<b>2.4.4.3</b>	<b>Protótipo Funcional.....</b>	<b>72</b>
<b>2.5</b>	<b>Considerações Finais .....</b>	<b>73</b>
	<b>Referências .....</b>	<b>74</b>
<b>3</b>	<b>Conclusão Geral.....</b>	<b>76</b>
<b>4</b>	<b>Recomendações Técnicas .....</b>	<b>77</b>
	<b>Referências Gerais .....</b>	<b>78</b>
	<b>Apêndices .....</b>	<b>79</b>

## 1 Introdução Geral

A utilização da matéria-prima madeira, em escala industrial, é considerada uma das melhores alternativas como fontes renováveis de produtos e subprodutos empregados pelo homem. A demanda por tal matéria-prima vem crescendo gradativamente, e conseqüentemente, o consumo de florestas nativas tropicais não atende a necessidade industrial solicitada.

No Brasil, tal realidade aliada à pressão de órgãos e entidades responsáveis pela preservação do meio ambiente, visando à importância da conservação de florestas nativas da região Amazônica, forçou as indústrias de base florestal a adotarem alternativas para atender as exigências do mercado por meio da implantação de espécies florestais exóticas de rápido crescimento, como o *Pinus spp.*

A tecnologia tem ampliado a gama de novos produtos derivados da madeira, seja em diferentes formas, seja em combinação com outros materiais, visando sempre o melhor desempenho do produto no fim a que se destina, a otimização do uso da matéria-prima e a redução dos custos de processamento. O mercado requer produtos de bom desempenho, menor custo, esteticamente agradáveis e crescentemente saudáveis do ponto de vista ambiental. Muitos dos processos desenvolvidos baseiam-se no emprego de matéria-prima produzida em florestas de rápido crescimento, especialmente para um determinado fim. Isto é reflexo de uma demanda especializada, exigente não só em relação ao desempenho do produto, mas também em relação à sua aparência (ZENID, 2009).

Substituições inovadoras como a utilização de painéis e uma nova geração de produtos de madeira projetados estão mudando a maneira como o designer de produto pensa sobre madeira e seu processo de fabricação. O sucesso demonstrado na utilização de madeiras anteriormente ignoradas, como as folhosas e coníferas, somada a aceitação do consumidor à mudança, resultou em avanços significativos nos mercados de madeira mais tradicional. Mercados atuais favorecem produtos de madeira projetados como substitutos de madeira de alta tecnologia (BALDWIN, 1995).

Direcionado a esta nova realidade, Armbrust (2008) citado por Galliano (2009), verificou o notório crescimento dos esportes de aventura no Brasil, tanto para atividades de lazer, educação e aprendizado, bem como forma de esporte de

treinamento. Dentro deste contexto o *Skateboard* se insere, sendo praticado por crianças, adolescentes e adultos, incentivados por ídolos do esporte, apresentados pela mídia por meio da televisão, jornal, revistas especializadas, jogos eletrônicos e internet.

Desta forma, o presente trabalho tem como objetivo geral realizar uma seleção por meio da qualidade em painéis de madeira laminada variando seu arranjo estrutural, a partir da composição que apresentar as propriedades físico-mecânicas mais satisfatórias, visando sua utilização como material no planejamento de produto *shape* para *Skateboard*.

O trabalho foi desenvolvido em dois capítulos distintos. O primeiro capítulo foi caracterizado como uma seleção por meio da avaliação na qualidade de diferentes composições em painéis laminados de madeira, titulado Caracterização de painéis laminados de *Pinus taeda* com diferentes composições. Posteriormente, o segundo capítulo focou-se na apresentação das fases iniciais de desenvolvimento de produto *shape*, onde o painel selecionado no capítulo anterior foi utilizado como material para a confecção produto, sendo titulado Planejamento de projeto de produto *shape* para *Skateboard*.

## Capítulo 1 – Caracterização de painéis laminados de *Pinus taeda* com diferentes composições

### Introdução

Os painéis suprem uma reconhecida necessidade da madeira serrada (proporções geométricas que se caracterizam normalmente por maior comprimento que largura), ampliando a sua superfície útil por meio da expansão de uma de suas dimensões (largura), para assim otimizar a sua aplicação. Além dessa, outras vantagens dos painéis que podem ser destacadas são: menor exigência na escolha da matéria-prima, maior homogeneidade ao longo das peças, redução da anisotropia e eliminação de defeitos como nós, grã irregular, defeitos provenientes da secagem, entre outros (MELO, 2013).

O painel de compensado tem múltiplas aplicações. Suas características mecânicas, grandes dimensões e variedades de tipos adaptáveis a cada uso constituem os principais atributos para justificar a ampla utilização deste material. A designação do uso final destes painéis é função da espécie, da qualidade das lâminas, do arranjo e do tipo de adesivo usado na fabricação de painéis. O conhecimento das propriedades físico-mecânicas dos compensados é uma informação importante para os vários tipos de usos destes painéis pois estas refletem diretamente a qualidade da produção do painel (PALMA et al., 2012).

Iwakiri et al. (2001) avaliaram a qualidade de painéis compensados produzidos com cinco espécies de pinus tropicais e concluíram que as mesmas apresentam grande potencial para essa finalidade de uso.

Em um estudo focado no comportamento de painéis LVL, Müller (2009) indica que o material LVL é esteticamente muito semelhante à madeira sólida e, não obstante sua composição simples, apresenta algumas propriedades desejáveis encontradas em painéis compensados e aglomerados, como estabilidade dimensional. Por esses aspectos, seu uso na produção de móveis e materiais de acabamento tende a crescer onde a madeira serrada seja muito cara ou onde outros materiais não atendam a requisitos estáticos ou de resistência mecânica.

Desta forma, o Capítulo 1 deste estudo tem como objetivo produzir e realizar uma seleção entre painéis compensados e LVL utilizando lâminas de *Pinus taeda* e adesivo à base de resina Fenol-formaldeído, bem como avaliar as propriedades

físicas (teor de umidade – TU, massa específica aparente – MEA, absorção de água – AA, recuperação em espessura – RE, inchamento mais recuperação em espessura – IR) e mecânicas (resistência ao cisalhamento na linha de cola – RCLC, porcentagem de falha na madeira e flexão estática – MOR e MOE) dos painéis de madeira laminada.

## 1.2 Revisão de Literatura

### 1.2.1 A espécie *Pinus taeda*

De acordo com Shimizu (2011), o *Pinus taeda* foi o principal destaque nos plantios na região do planalto do Sul e Sudeste do Brasil. Esta é uma espécie de ampla distribuição geográfica no Leste e Sudeste dos Estados Unidos. Apesar do rápido crescimento inicial, o fuste costuma ser de baixa qualidade devido a tortuosidades, bifurcações e um grande número de ramos grosseiros. Essas eram as características dos primeiros plantios comerciais com esta espécie, visto que foram formados com semente importada, em sua maioria sem qualquer controle de qualidade genética, adquiridas de fornecedores inidôneos.

O autor ainda observa que a espécie é altamente variável, inclusive quanto à resistência à geada e à temperatura requerida para o seu processo de crescimento. Para os locais mais frios como nas serras gaúchas e no planalto catarinense, as procedências de locais mais frios como da Carolina do Norte (EUA) têm demonstrado maior produtividade.

O *Pinus taeda* (Figura 1) em áreas de altitude e frio, supera espécies de eucalipto por ser resistente às baixas temperaturas e é preferido ao *Pinus elliottii* por se desenvolver mais rapidamente. O plantio com finalidades comerciais de *P. taeda* no Brasil iniciou-se em 1948, pelo Serviço Florestal de São Paulo, que introduziu neste estado áreas experimentais de 4 espécies de “pinheiros amarelos do sul dos Estados Unidos - *Southern Yellow Pines*” (*P. palustris*, *P. echinata*, *P. elliottii* e *P. taeda*). Os dois últimos, frente ao sucesso na adaptação e desenvolvimento, têm sido referenciais na plantação de florestas de coníferas na região sul do Brasil. Quanto às principais características morfológicas, *P. taeda*, quando árvore adulta em povoamentos comerciais, pode chegar aos 30 a 40 metros de altura. Possui casca característica gretada, ramos acinzentados e acículas de coloração verde-escura, reunidas em grupos de três. Estas, têm comprimento variando de 15 a 20cm. (PINUS LETTER, 2008).

Oliveira et al. (2006) em um estudo da avaliação das propriedades da madeira de *Pinus taeda* em função da idade e da posição radial da tora, observaram que ocorre um acréscimo nas propriedades da madeira conforme o aumento da idade. De acordo com esses resultados, os autores concluíram que a idade da árvore

influencia, significativamente, quase todas as propriedades estudadas, dentre elas a massa específica e a contração volumétrica. Concluindo que a madeira de *P. taeda* de 20 anos de idade é diferente daquela com 13 anos, que é diferente daquela com 9 anos, sendo, portanto, mais pesadas e mais resistentes, tanto à compressão quanto à flexão.

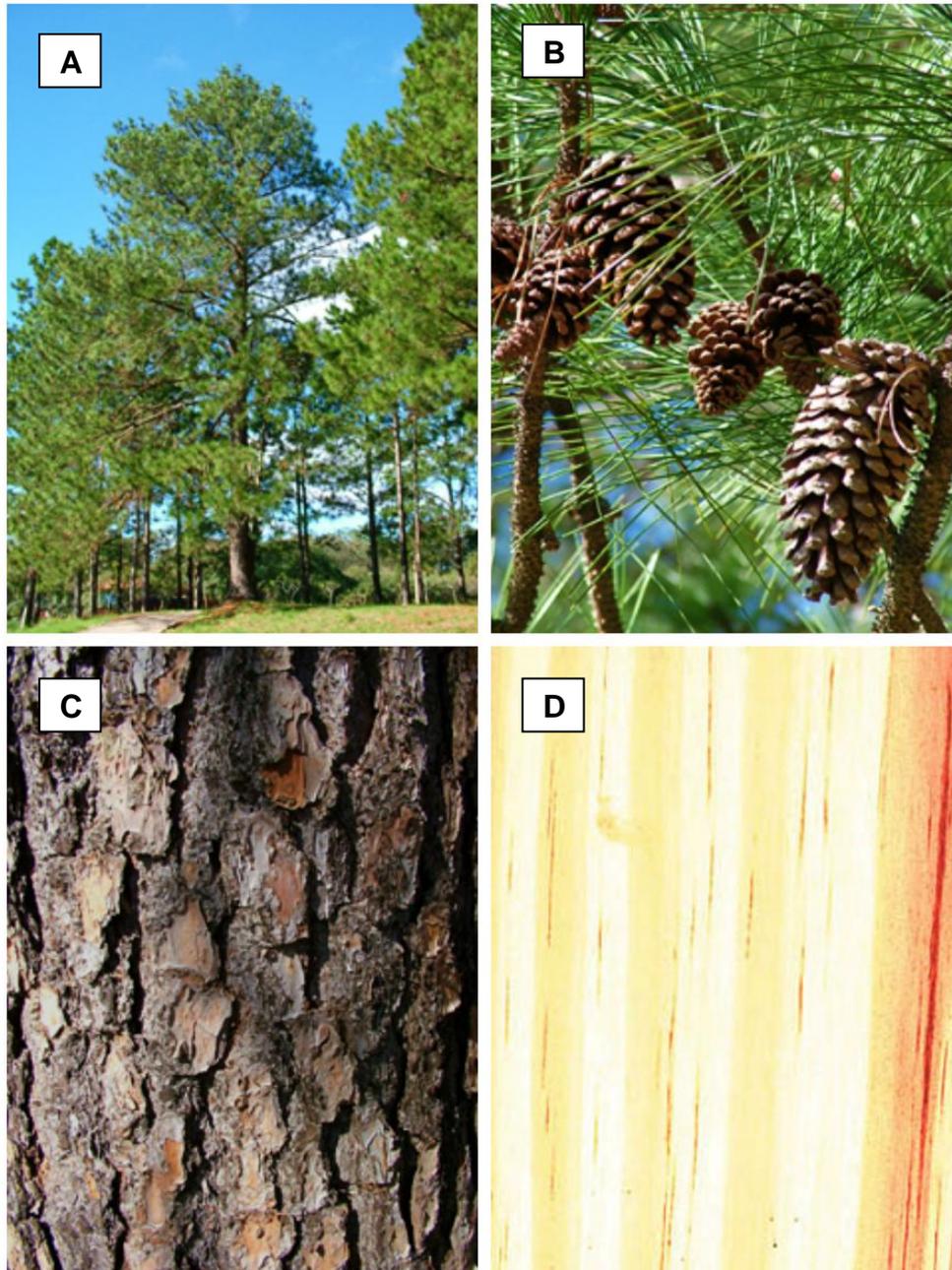


Figura 1 – Habitat (A), fruto (B), tronco (C) e madeira (D) de *Pinus taeda* L.

Fonte: UFSM, 2013. UTAD, 2013. Adaptado pelo Autor

### 1.2.2 Painéis de madeira reconstituída

Os painéis de madeira podem ser definidos como produtos compostos de elementos de madeira como lâminas, sarrafos, partículas e fibras, obtidos a partir da redução da madeira sólida, e reconstituídos através de ligação adesiva (IWAKIRI, 2005).

O segmento dos produtos madeireiros abrange os produtos de madeira processada mecanicamente, celulose e papel, painéis reconstituídos, dentre outros. Os produtos de madeira processada mecanicamente, no qual podemos destacar a madeira serrada, lâminas, chapas de madeira e produtos de maior valor agregado (PMVA). Este último agrupa, entre outros produtos, molduras, portas, janelas, pisos e componentes para móveis (ABIMCI, 2013).

Bodig & Jayne (1982) classificam os produtos de madeira reconstituída em 2 grupos característicos:

- Compostos Particulados – Utilizam pequenos elementos de madeira (partículas e fibras) e caracterizam-se pela estrutura descontínua e desnifificação do material, tais como painéis de madeira aglomerada, painéis de fibras, painéis cimento madeira, etc.
- Compostos Laminados – Utilizam processos de colagem de lâminas contínuas em produtos como compensados e painéis de lâminas paralelas (LVL).

Segundo o Catálogo Técnico de Compensado de Pinus da ABIMCI (2013), são considerados dois tipos básicos de aplicação dos painéis de madeira compensada:

- Estrutural - São painéis de madeira compensada destinados à construção e que fazem parte integrante desta, ou seja, não são retirados após a conclusão da obra. Esses painéis são utilizados principalmente em paredes, pisos, contra pisos e tetos.
- Não Estrutural - São painéis de madeira compensada destinados para a utilização temporária na construção (formas, andaimes, tapumes, etc.) ou a componentes não submetidos a esforços (paredes divisórias, folhas de porta, etc.). São também considerados painéis não estruturais aqueles destinados à fabricação de móveis e pisos de madeira decorativos (“*flooring*”).

Os produtos em painéis de madeira normalmente apresentam uma série de vantagens sobre a madeira sólida convencional, incluindo o aumento na estabilidade dimensional, uniformidade nas propriedades mecânicas do produto final, possibilidade de produção em grandes dimensões, reduções no custo de produção, visual do produto agradável, facilidade de moldar o produto conforme desejado, entre outros (SHUKLA; KAMDEN, 2008; KILLIC et al., 2006, citados por SOUZA, 2010).

De acordo com as condições de uso, os compostos de madeira podem ser classificados basicamente em produtos de uso interior ou de uso exterior. A primeira classificação diz respeito à utilização em interiores de construção ou residências, onde a influência das intempéries é menos severa havendo um controle da umidade e temperatura. Por outro lado, a segunda condição de uso refere-se à utilização em exteriores, onde a madeira e seus compostos permanecerão sujeitos a uma variação muito pronunciada da temperatura e umidade, assim como da radiação solar, tornando tais condições mais propícias à degradação do material. Desta forma, estas condições de maior umidade e temperatura propiciam a biodeterioração (estabelecimento de fungos e insetos) e a variação dimensional. Portanto, rachaduras podem surgir nas peças de madeira, ocorrem perdas de partículas em painéis de madeira reconstituída e observa-se um variação dimensional (SOUZA, 2010).

### **1.2.3 Painel Compensado**

Os compensados surgiram no início do século XX como um grande avanço, ao transformar toras em painéis de grandes dimensões, possibilitando um melhor aproveitamento e conseqüente redução de custos. O painel compensado é composto de várias lâminas desenroladas, unidas cada uma, perpendicularmente à outra, através de adesivo ou cola, sempre em número ímpar, de forma que uma compense a outra, fornecendo maior estabilidade e possibilitando que algumas propriedades físicas e mecânicas sejam superiores às da madeira original (ZENID, 2009).

Os painéis de madeira compensada podem ser produzidos em uma grande variedade de tipos e qualidade, podendo ser utilizados em diversas áreas, como indústria moveleira, construção civil e naval, e embalagens (SILVA et al., 2012).

O compensado estrutural (Figura 2) é classificado como de uso exterior (EX) e trata-se de um painel multilaminado, colado com resina fenol formaldeído e destinado para uso em ambientes com elevada umidade relativa e eventualmente em contato direto com a água. Sua aplicação destina-se principalmente ao setor de construção civil, de construção naval e embalagens (BALDWIN, 1995).

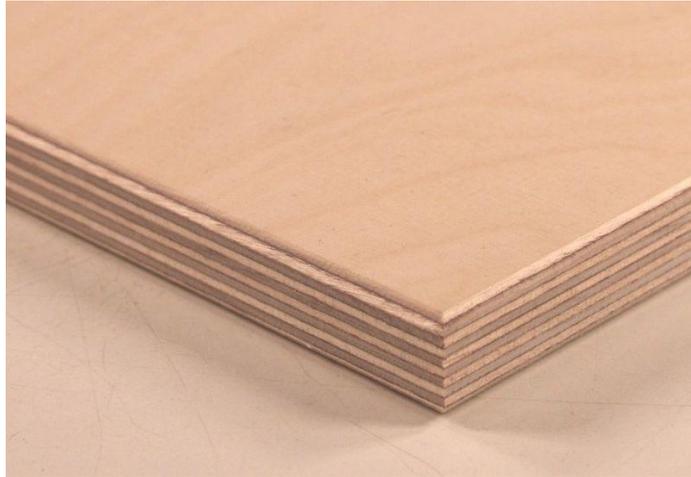


Figura 2 – Painel Compensado Naval.

Fonte: MAPRE, 2013.

Um aspecto importante que influencia na característica do painel de madeira compensada diz respeito ao tipo de adesivo utilizado na composição da chapa. Além do tipo de adesivo, o processo de colagem influencia na qualidade final do produto no que diz respeito a resistência à umidade e as propriedades mecânicas do painel e isso depende de como acontece o processo de adesão (FERREIRA et al., 2012).

Na produção de painéis de madeira empregam-se na grande maioria, resinas sintéticas Ureia-Formaldeído (UF) e Fenol-Formaldeído (FF), uma vez que apresentam alta reatividade no processo de colagem. No emprego de painéis para áreas exteriores, obtêm-se excelentes resultados com a resina à base de FF, uma vez que os painéis produzidos são resistentes à umidade (FERREIRA, 2004).

Quando as lâminas são coladas, obedecendo ao princípio da laminação cruzada, a restrição imposta pela linha de cola ao comportamento individual das lâminas, resulta em produtos com melhor estabilidade dimensional e melhor distribuição da resistência nos sentidos, longitudinal e transversal (IWAKIRI, 2005).

Os painéis estruturais requerem, além de durabilidade, uma resistência mecânica adequada para sua utilização. Neste sentido, a composição estrutural do

painel compensado é um dos requisitos essenciais na valorização de um determinado produto (IWAKIRI et al., 2012)

O importante, portanto, seria a otimização da relação custo-benefício, em função dos requisitos técnicos com base nas classes de qualidade do compensado, para o uso a que se destina (MARRA, 1992).

#### **1.2.4 Painel de Lâminas Paralelas – PLP ou LVL**

O painel laminado unidirecional é um produto desenvolvido nos EUA na década de 1970, com denominação comercial de “LVL – *Laminated Veneer Lumber*”. A sua aplicação designa-se principalmente ao uso estrutural como: pisos de carrocerias, vagões de trens, escadas, flanges de vigas em “I”, entre outras, em função da maior resistência na direção longitudinal ao plano do painel (IWAKIRI, 2005).

Dentre os produtos engenheirados destaca-se o painel de lâminas paralelas – PLP, que é um material composto de lâminas de madeira orientadas na mesma direção e unidas por adesivo, utilizado com grande versatilidade em soluções, principalmente estruturais, onde grande resistência à flexão é requerida (PALMA; BALLARIN, 2011).

Para a produção de painel laminado unidirecional utiliza-se a resina fenol-formaldeído, sendo a resina mais indicada para fins estruturais em função de suas características de maior resistência e durabilidade em condições de exposição à umidade (MARRA, 1992).

Os painéis LVL (Figura 3) se dividem em duas categorias distintas, LVL estrutural e LVL não estrutural, de acordo com as características técnicas, o adesivo utilizado e a aparência do produto (BULIGON, 2011).



Figura 3 – Painel Laminado Unidirecional (LVL).

Fonte: METSÄ WOOD, 2013.

O princípio de construção do painel laminado unidirecional difere do painel compensado multilaminado, pela disposição das lâminas na mesma direção e não a da laminação cruzada (IWAKIRI et al., 2010).

O LVL é fabricado principalmente a partir de madeiras de coníferas, com predominância de pinus. Hoje, com a diminuição, ao nível mundial, da oferta de madeira de grandes diâmetros vinda de florestas nativas, seja por razões ecológicas (tendência mundial de valorização ambiental) ou esgotamento devido à exploração indiscriminada, as indústrias de laminados têm optado por espécies oriundas de reflorestamentos, como pinus, eucaliptos, populus, etc Assim, na produção de LVL, uma grande variedade de espécies vindas de reflorestamentos e madeira jovem vinda de florestas nativas temperadas está sendo utilizada. O Brasil ainda não produz o LVL industrialmente, razão pela qual este produto vem sendo foco de pesquisas acadêmicas em alguns laboratórios e centros de pesquisas no país (PALMA; BALLARIN, 2011).

Dentre os principais fatores que influenciam as propriedades mecânicas nos painéis LVLs, destacam-se: os tipos e as propriedades dos adesivos, a espécie de madeira, etapas de produção e o eixo estrutural quando analisadas de forma estática (SOUZA, 2010).

Novas tecnologias de produção de painéis de vedação estão se instalando no Brasil, entre eles o painel LVL “painel laminado unidirecional”, que pode ser utilizado como vedação e ao mesmo tempo como elemento estrutural. Na Inglaterra, foi construído um edifício com nove andares, rompendo com a questão consolidada contra ao uso da madeira em edifícios verticais. O edifício de apartamentos

*Stadthaus Murray Grove* foi projetado por Waugh Thistleton com paredes constituídas por painéis laminados de grande dimensão LVL (MEIRELES et al., 2012).

### 1.2.5 Propriedades dos painéis de madeira laminada

Durante um estudo sobre as propriedades de painéis compensados de *Pinus taeda* realizado por Iwakiri et al. (2002)<sup>a</sup>, os autores concluíram que o painel compensado produzido com lâminas de massa específica inferior apresenta linha de cola “faminta” e baixa resistência da ligação adesiva.

De acordo com Souza (2010), quando um painel de madeira é submetido à condições de umidade elevada, os sítios de ligação “-OH” presentes nas paredes celulares das fibras adsorvem a água promovendo uma movimentação dimensional destas células e conseqüentemente do painel, esta movimentação dimensional no sentido da espessura é denominada inchamento em espessura e quando no sentido de comprimento, dá-se o nome de expansão linear.

Pio (2002) em estudo sobre produção de painéis LVLs de *Eucalyptus grandis* e adesivo fenol-formaldeído constatou que quanto maior for a densidade do painel, maior será o inchamento em espessura nas primeiras duas horas de imersão, para lâminas providas de toras com 15 anos.

Iwakiri et al. (2001) avaliando a qualidade de compensados produzidos com cinco espécies de pinus tropicais, incluindo *Pinus taeda*, concluíram que nem sempre, o maior inchamento em espessura da chapa está relacionado com a maior recuperação em espessura. Os autores também constataram que as chapas de *Pinus taeda* apresentaram valores de inchamento em espessura estatisticamente superiores em relação às chapas das demais espécies. Para a recuperação em espessura, não houve diferença estatística entre as espécies estudadas.

O comportamento elástico e o limite de resistência são características próprias de cada material e que nas madeiras dependem de cada espécie. A determinação destas características pode ser obtida na prática através de ensaios convencionais, realizados dentro de padrões estabelecidos por nomes ou especificações. Em geral, os ensaios consistem na obtenção de dados de deformação correspondente à aplicação de um carregamento lento e contínuo em

corpos de prova devidamente preparados e condicionados a um determinado teor de umidade (MATSUNAGA, 1995).

Iwakiri et. al. (2009) avaliaram o potencial de utilização de lâminas de *Pinus chiapensis*, *Pinus caribaea var. hondurensis*, *Pinus maximinoi*, *Pinus oocarpa* e *Pinus tecunumannii* na produção de compensados colados com resinal fenol-formaldeído, constatando que painéis produzidos com lâminas de *Pinus caribaea* e *Pinus tecunumannii* foram os que apresentaram melhores resultados de resistência da linha de cola, MOE e MOR em flexão estática, em comparação aos painéis testemunhas de *Pinus taeda* e painéis comerciais de Pinus. Os resultados de resistência da linha de cola – teste de fervura dos painéis de *Pinus caribaea*, *Pinus oocarpa* e *Pinus tecunumannii* atenderam ao requisito mínimo da norma europeia EN 314 (1993). Além dos painéis produzidos com todas as cinco espécies de Pinus tropicais apresentarem valores de MOR superiores em relação aos painéis comerciais de Pinus.

#### **1.2.6 Produtos de madeira**

O desenvolvimento de novas opções produtivas de maior valor agregado mediante a diversificação de produtos madeireiros é vital para atender a novos mercados. Assim surgiu como alternativa uma geração de produtos de madeira, que compreende uma grande variedade de produtos florestais que podem ser agrupados sob o título genérico “produtos engenheirados à base de madeira” (*Engineered Wood Products*). São produtos à base de madeira que passaram, em maior ou menor grau, por um processo industrial que reduz a madeira a frações ou componentes mais elementares ou convenientes, para posterior reassociação buscando maior performance estrutural (PALMA; BALLARIN, 2011).

Moreschi (2005) afirma que o teste de flexão dinâmica em madeira é um teste fundamental na avaliação de materiais propícios a sofrer forte impacto em pequenas frações de segundos, como cabos de ferramentas, mastros, artigos esportivos, dentre outros componentes de produtos. O autor descreve ainda alguns fatores que podem influenciar a resistência da madeira ao impacto, como a forma e dimensões das peças, ângulo das fibras, massa específica, teor de umidade, temperatura, características anatômicas, constituintes químicos e a deterioração causada por agentes biológicos mesmo em estágio inicial.

### 1.3 Material e Métodos

O presente estudo foi desenvolvido nos Laboratórios de Painéis de Madeira – LAPAM e Propriedades Mecânicas da Madeira, ambos pertencentes ao curso de Engenharia Industrial Madeireira da Universidade Federal de Pelotas.

#### 1.3.1 Obtenção do Material

Foram utilizadas lâminas da espécie *Pinus taeda* (Figura 4) para a confecção dos painéis de madeira, obtidas pela doação realizada pela empresa Palma Sola Ltda, localizada na cidade de Palma Sola – SC.



Figura 4 - Lâminas de *Pinus taeda*.

Fonte: O Autor.

A resina fenol-formaldeído utilizada neste estudo foi cedida pela empresa Momentive localizada no município de Curitiba – PR.

A farinha de casca de coco, empregada como material de enchimento (*filler*), foi obtida por meio de doação do Laboratório de Painéis de Madeira – DETF – UFPR.

#### 1.3.2 Propriedades físico-químicas da resina fenol-formaldeído

As propriedades físico-químicas da resina fenol-formaldeído (FF) são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Propriedades físico-químicas da resina fenol-formaldeído

Resina	TS (%)	Viscosidade (mPa.s)	Densidade (g/cm <sup>3</sup> )	TFG (min)	pH
FF	53,54	635,4	1,21	7,10	12,62

Nota: \*TS: Teor de Sólidos; TFG: Tempo de Formação de Gel;

### 1.3.3 Produção dos painéis compensados e LVL

Para a confecção dos painéis, foram utilizadas 7 lâminas de *Pinus taeda* com espessura nominal média de 2mm e com 12% de umidade nas lâminas de capa e contracapa, entretanto, para as lâminas de miolo a umidade variou de 6 a 8%. Foi realizado um teste de secagem das lâminas em estufa convencional para averiguar o teor de umidade presente nas mesmas (Figura 14). As lâminas foram previamente selecionadas com a menor quantidade de nós existente e livres de rachaduras.



Figura 5 - Teste de secagem realizado nas lâminas de *Pinus taeda* em estufa convencional para a determinação do teor de umidade.

Fonte: O Autor.

Os painéis compensados e LVLs foram produzidos, com as dimensões de 50 x 50 x 1,4cm e compostos por 7 lâminas de *Pinus taeda*. O delineamento experimental empregado foi caracterizado por 3 tratamentos: T1, T2 e T3. Os tratamentos podem ser visualizados com suas respectivas composições em função das direções das fibras das lâminas de acordo com a

Tabela 2, sendo realizada 3 repetições para cada tratamento, totalizando 9 painéis.

Tabela 2 – Delineamento experimental empregado na produção dos painéis de madeira e composição estrutural das lâminas

Tratamento	Painel	Composição estrutural das lâminas						
		Capa		Miolo			Contra-cap	
T1	Compensado 1	<i>L</i>	<i>T</i>	<i>L</i>	<i>T</i>	<i>L</i>	<i>T</i>	<i>L</i>
T2	Compensado 2	<i>L</i>	<i>T</i>	<i>L</i>	<i>L</i>	<i>L</i>	<i>T</i>	<i>L</i>
T3	LVL	<i>L</i>	<i>L</i>	<i>L</i>	<i>L</i>	<i>L</i>	<i>L</i>	<i>L</i>

Nota: *L* - lâmina no sentido longitudinal paralelo às fibras; *T* - lâmina no sentido transversal perpendicular às fibras;

Os três tratamentos com suas respectivas composições estruturais são demonstrados a seguir pela Figura 6.

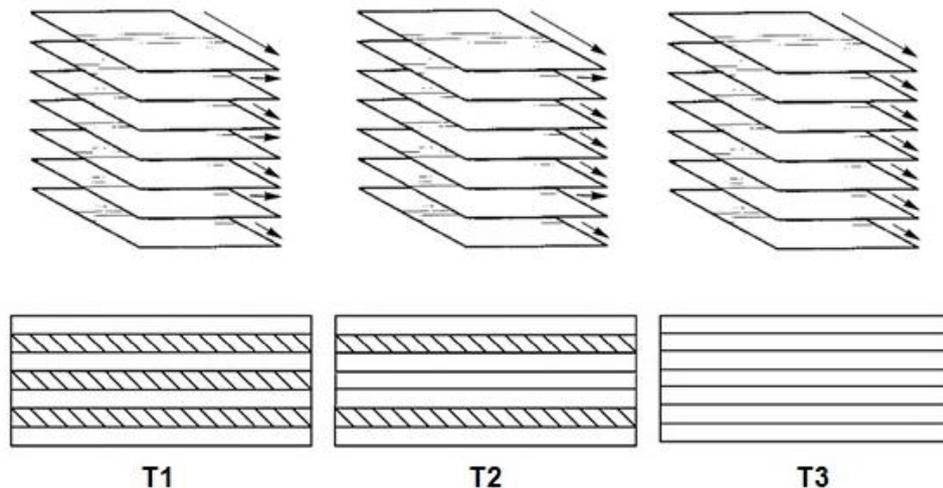


Figura 6 – Desenho ilustrativo da composição estrutural representando os três tratamentos empregados para a produção dos painéis compensados e LVL.

Fonte: O Autor.

Os painéis laminados compensados e LVL foram produzidos com a utilização resina à base de fenol-formaldeído como adesivo na colagem das lâminas de madeira. As principais etapas de processo produtivo dos painéis foram climatização

das lâminas, preparo e aplicação do adesivo, montagem, pré-prensagem, prensagem a quente e acondicionamento dos painéis. O diagrama das etapas do processo produtivo dos painéis são demonstradas de acordo com a Figura 7.



Figura 7 – Diagrama das etapas do processo produtivo dos painéis compensados e LVL.

Fonte: O Autor.

A produção do adesivo obedeceu à seguinte formulação (Tabela 3), em partes por peso: 100 (resina fenol-formaldeído – FF): 10 (farinha de casca de coco – material de enchimento - *filler*).

Tabela 3 – Formulação da batida de cola empregada na confecção do adesivo à base de fenol-formaldeído (FF)

<b>Materiais</b>	<b>Formulação (partes por peso)</b>	<b>Proporção (%)</b>	<b>Quantidade por tratamento (g)</b>
<b>Resina FF</b>	100	90,9	810,0
<b>Farinha de casca de coco (<i>filler</i>)</b>	10	9,1	81,0
<b>Total</b>	110	100	891,0

A gramatura do adesivo utilizado foi de 180g/m<sup>2</sup> em linha simples de aplicação, totalizando 45g por painel e, conseqüentemente, 270g por tratamento incluindo a margem de perda. Em seguida o adesivo foi aplicado de forma uniforme sob toda superfície de uma das faces da lâmina (linha simples) e espalhado com o auxílio de uma espátula (Figura 8).



Figura 8 – Aplicação do adesivo sob as lâminas.

Fonte: O Autor.

A etapa seguinte se caracterizou pela montagem dos painéis laminados por meio da sobreposição das lâminas de acordo com o arranjo estrutural de cada tratamento utilizado e pré-prensadas durante 20 minutos.

Posteriormente, os painéis foram encaminhados ao processo de prensagem a quente, utilizando-se uma prensa hidráulica com capacidade de 160 toneladas, marca Hidraumak, modelo PK4 – 160, com controle dos parâmetros por meio de CLP (Controle Lógico Programável), pratos horizontais e aquecimento elétrico (Figura 9).

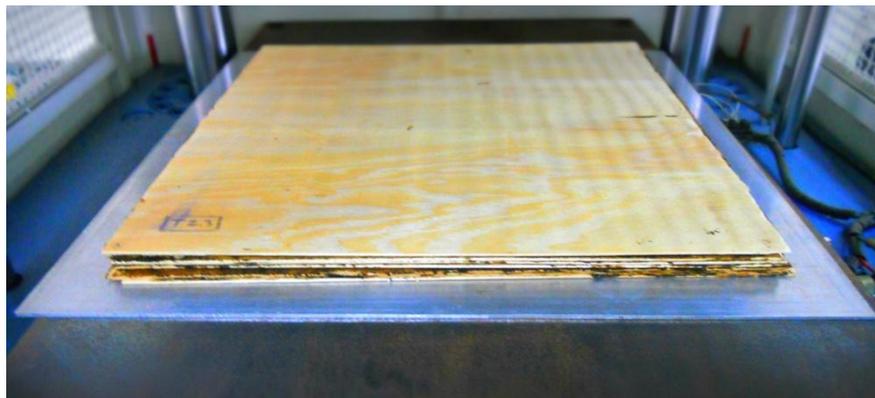


Figura 9 – Painel produzido após prensagem a quente.

Fonte: O Autor.

Os parâmetros empregados para o ciclo de prensagem podem ser observados na Tabela 4.

Tabela 4 – Parâmetros do processo de prensagem

<b>Temperatura da prensa</b>	140°C
<b>Pressão Específica</b>	10 Kgf/cm <sup>2</sup>
<b>Tempo de fechamento de prensa</b>	5 segundos
<b>Tempo de prensagem</b>	10 minutos

#### 1.3.4 Ensaios Físico-Mecânicos

Após o processo de acondicionamento dos painéis em câmara climática, com temperatura de  $20\pm 3^{\circ}\text{C}$  e umidade relativa de  $65\pm 5\%$ , por um período de quinze dias, os painéis foram encaminhados para marcenaria onde foram inicialmente esquadrejados, sendo em seguida realizados os cortes dos corpos de prova, de acordo com o *layout* apresentado na Figura 10.

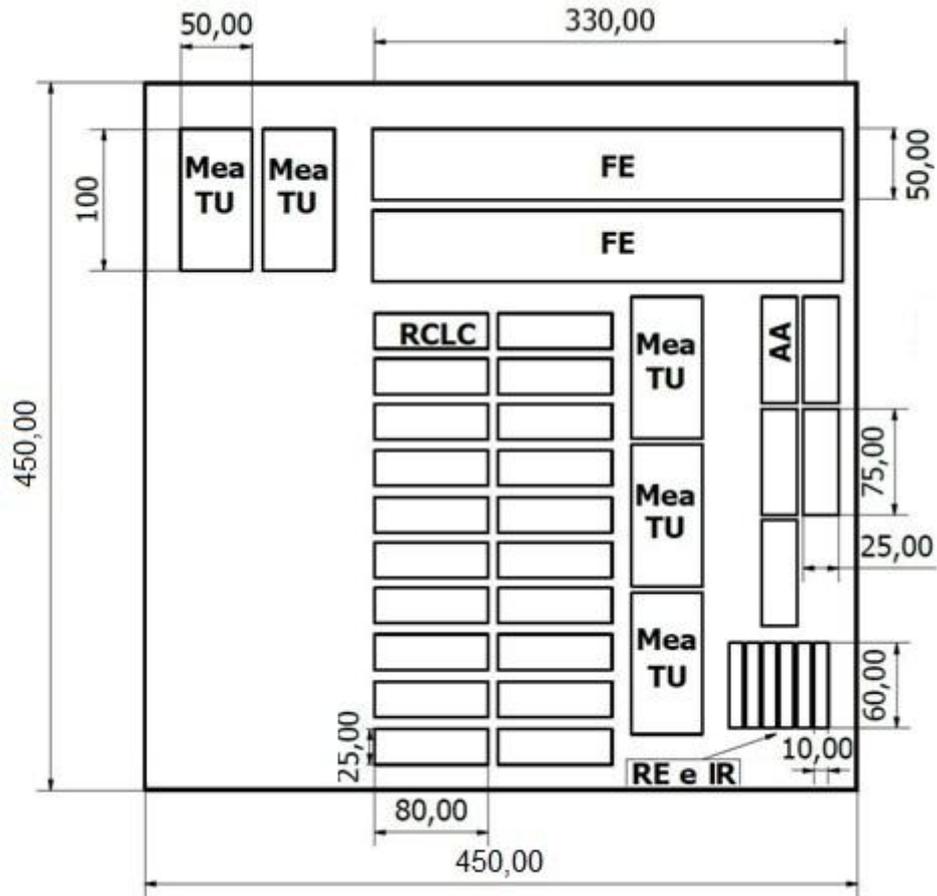


Figura 10 – Layout de distribuição dos corpos de prova para a avaliação das propriedades físicas e mecânicas analisadas nos painéis.

Fonte: O Autor.

As propriedades físicas e mecânicas dos painéis foram determinadas de acordo com as normas referenciadas abaixo e com a Tabela 5:

- Teor de Umidade, ABNT NBR 9484 (2011) – 100,0 x 50,0mm;
- Massa Específica Aparente, ABNT NBR 9485 (2011) – 100,0 x 50,0mm;
- Absorção de Água, ABNT NBR 9486 (2011) – 75,0 x 25,0mm;
- Recuperação em espessura (RE) e Inchamento mais recuperação em espessura (IR), ABNT NBR 9535 (1986) – 60 x 10mm;
- Resistência à flexão estática, EN 310 (1993) – [20 x espessura nominal + 50,0mm];
- Resistência da linha de cola aos esforços de cisalhamento e Percentagem de falha na madeira (teste climatizado e fervura), EN 314-1 e 2 (1993) – 83 x 25mm;

Tabela 5 – Ensaio físicos e mecânicos realizados nos painéis e quantidade de corpos de prova amostrados

<b>Ensaio</b>	<b>C.P.* por painel</b>	<b>C.P. Totais</b>
<b>Massa específica Aparente</b>	5	45
<b>Teor de umidade</b>	5	45
<b>Absorção de Água</b>	6	54
<b>Inchamento e Recuperação da Espessura</b>	6	54
<b>Flexão estática</b>	2	18
<b>Cisalhamento na linha de cola (seco e fervura)</b>	20	180
<b>Percentagem de Falha da Madeira</b>	20	180

Nota: C.P. - corpo de prova

Após a obtenção e climatização (temperatura de  $20\pm 2^{\circ}\text{C}$  e umidade relativa de  $65\pm 5\%$ ) dos corpos de prova (Figura 11), foram realizados os ensaios físicos no Laboratório de Painéis de Madeira – LAPAM e mecânicos no Laboratório de Propriedades da Madeira, por meio de uma máquina universal de ensaios, marca EMIC, modelo DL 30, seguindo a metodologia proposta pelas normas citadas anteriormente.



Figura 11 – Climatização dos corpos de prova dos painéis de madeira.

Fonte: O Autor.

### 1.3.5 Análise estatística

O delineamento empregado foi inteiramente casualizado com três repetições, onde o efeito avaliado foram as diferentes composições dos painéis compensados.

Após os ensaios dos corpos de prova, os valores médios referentes a cada variável resposta avaliada foram submetidos à análise de Variância. Havendo rejeição da hipótese de nulidade pelo teste F, foi possível aplicar-se o teste Tukey ao nível 5% de significância para comparação entre as médias dos tratamentos avaliados.

O programa estatístico utilizado para o processamento das variáveis foi o *Statgraphics Centurion* versão XV.

## 1.4 Resultados e Discussões

### 1.4.1 Avaliações das propriedades físicas dos painéis

#### 1.4.1.1 Teor de umidade e massa específica aparente

Os valores médios para teor de umidade e massa específica aparente são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 – Valores médios para Teor de Umidade (TU) e Massa Específica Aparente (MEA) dos painéis

Tratamento	TU (%)	C.V. (%)	MEA (g/cm <sup>3</sup> )	C.V. (%)
T1	8,46	3,88	0,62 <sup>a</sup>	5,45
T2	8,45	4,38	0,63 <sup>a</sup>	4,60
T3	8,84	4,81	0,61 <sup>a</sup>	3,41

C.V. Coeficiente de variação; \*Médias seguidas pela mesma letra, na mesma coluna, não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5 % de significância pelo teste Tukey.

De acordo com a Tabela 6 os tratamentos avaliados não apresentaram diferença estatisticamente significativa com relação para os valores médios para massa específica aparente (Apêndice A) indicando que a composição estrutural dos painéis não influenciou significativamente esta propriedade física analisada. O teor de umidade médio dos painéis foi de 8,58 %.

Iwakiri et al (2010), analisando painéis LVL com diferentes composições de espécies florestais, incluindo *Pinus taeda*, com 7 lâminas e resina fenólica, observaram que o maior valor médio de massa específica verificada foi em painéis produzidos com as espécies de *Eucalyptus saligna* e Paricá, correspondendo a 0,538 g/cm<sup>3</sup>. Todos os valores médios de massa específica encontrados nos tratamentos avaliados no presente trabalho foram superiores aos valores observados pelo referidos autores.

Müller (2009), investigando as propriedades de painéis LVL observou que nos painéis de *Pinus taeda* com 5 lâminas de 3mm de espessura coladas com resina fenol-formaldeído, apresentaram massa específica aparente correspondendo a 0,64

g/cm<sup>3</sup>. Tal valor médio é pouco superior próximo à massa específica aparente avaliada para o tratamento 3 (LVL) deste trabalho, que foi de 0,61 g/cm<sup>3</sup>.

#### 1.4.1.2 Absorção de água, Recuperação em espessura e Inchamento mais recuperação em espessura

Na Tabela 7 estão apresentados os resultados médios observados para absorção de água em 24 horas de imersão, recuperação em espessura e inchamento mais recuperação em espessura.

Tabela 7 - Valores médios obtidos para Absorção de Água (AA), Recuperação em Espessura (RE) e Inchamento mais Recuperação em Espessura (IR)

Tratamento	AA (%)	C.V. (%)	RE (%)	C.V. (%)	IR (%)	C.V. (%)
T1	57,05 <sup>a</sup>	6,20	5,24 <sup>a</sup>	57,65	13,10 <sup>b</sup>	23,69
T2	61,09 <sup>a</sup>	8,65	3,87 <sup>a</sup>	38,58	11,23 <sup>ab</sup>	20,13
T3	65,73 <sup>b</sup>	9,11	3,43 <sup>a</sup>	73,44	8,67 <sup>a</sup>	30,07

C.V. = Coeficiente de Variação. \* Médias seguidas pela mesma letra, na mesma coluna, não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5 % de significância pelo teste Tukey.

De acordo com a tabela 7, os valores para absorção de água em 24h variaram de 57,05 a 65,73 %, refletindo um aumento de 15% entre os valores extremos encontrados nos tratamentos, painel compensado 1 (T1) e o painel LVL (T3) (Apêndice B). Ao analisar os valores médios obtidos, observa-se que o tratamento com maior absorção de água foi o tratamento 3 (T3), onde foram confeccionados painéis de lâminas paralelas (LVL) justificando que o arranjo estrutural paralelo ao longo das fibras possibilitou melhor a transição e absorção de água, visto a direção das lâminas no mesmo sentido.

Para os tratamentos restantes de painéis compensados (T1 e T2) a absorção foi inferior devido ao princípio da laminação cruzada e a restrição imposta pela linha de cola ao comportamento individual das lâminas descrito por Iwakiri (2005). Tal laminação cruzada dificulta a penetração da água no painel, visto a diferenciação dos sentidos das fibras cruzada, demonstrando que a diferente composição estrutural dos painéis afetou na absorção de água.

Silva et al. (2012) ao investigarem o comportamento de painéis compensados produzidos com *Pinus oocarpa* com diferentes aplicações de adesivos à base de

tanino e fenol-formaldeído, obtiveram valores médios de absorção de água em 24h correspondente a 63,8% para painéis colados exclusivamente com resina fenol-formaldeído, sendo o menor valor médio de absorção de água avaliada entre os tratamentos do estudo citado, demonstrando que a utilização de fenol-formaldeído influencia na diminuição da capacidade de absorção de água de painéis de madeira.

Confrontando-se os resultados da tabela 7, os valores médios de absorção de água para os dois últimos tratamentos (T2 e T3) deste trabalho foram de 61,09 e 65,73% respectivamente, sendo aproximadamente similares ao valor médio de absorção de água em 24h referentes ao trabalho citado. Entretanto, o painel compensado 1 (T1) apresentou valores inferiores ao painel compensado comparativo. Porém, deve-se considerar que os painéis deste trabalho foram constituídos de 7 lâminas de *Pinus taeda*, diferentemente dos painéis constituídos por apenas 3 lâminas de *Pinus oocarpa* do estudo comparativo.

Os valores médios para recuperação em espessura variaram de 3,43 a 5,24%, enquanto que para inchamento mais recuperação em espessura, variaram de 8,67 a 13,10%. Para recuperação em espessura não foi verificada diferença estatisticamente significativa entre os tratamentos (Apêndice C). Entretanto, dentre os valores médios encontrados para inchamento mais recuperação em espessura o tratamento LVL (T3) foi o que apresentou resultados inferiores em relação ao T1, demonstrando que o painel LVL teve a menor mudança em inchamento sendo o mais resistente a variações dimensionais quando exposto a umidade (APÊNDICE D).

Iwakiri et al. (2001) em um estudo de painéis compensados produzidos com 5 espécies de pinus tropicais e resina fenol-formaldeído, obtiveram valor médio de recuperação em espessura de 1,30%, sendo inferior ao valor obtido de recuperação em espessura quando comparado ao compensado 1 (T1) deste trabalho, produzido com parâmetros similares, correspondendo a 5,24%. Com relação ao inchamento mais recuperação em espessura avaliado, o valor médio foi correspondente a 7,75%, sendo inferior ao valor médio de 13,10% do compensado 1 (T1) deste trabalho.

Deve-se considerar tal diferenciação devido a utilização de 5 lâminas no estudo citado, diferentemente da utilização de 7 lâminas para os painéis produzidos deste estudo, atribuindo a causa das diferenças encontradas também à variáveis naturais da matéria-prima. Melo (2013) afirma que a influência da matéria-prima não

ocorre apenas entre espécies, mas também pode ser verificada entre indivíduos de uma mesma espécie, ou ainda, em um mesmo indivíduo, variando em função das regiões da árvore.

## 1.4.2 Avaliações das propriedades mecânicas dos painéis

### 1.4.2.1 Flexão estática (MOR e MOE)

Os resultados encontrados para o módulo de ruptura e módulo de elasticidade no sentido paralelo a lâmina de capa estão apresentados na Tabela 8.

Tabela 8 – Valores médios encontrados para Módulo de Ruptura (MOR) e de Módulo de Elasticidade (MOE) nos sentidos paralelo à lâmina de capa

Tratamento	MOR (MPa)	C.V. (%)	MOE (MPa)	C.V. (%)
T1	55,06 <sup>a</sup>	11,19	4837,08 <sup>a</sup>	16,58
T2	58,78 <sup>a</sup>	39,27	5315,16 <sup>a</sup>	44,79
T3	75,97 <sup>a</sup>	17,66	7726,17 <sup>b</sup>	8,10

C.V. = Coeficiente de Variação. \* Médias seguidas pela mesma letra, na mesma coluna, não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5 % de significância pelo teste Tukey.

Os valores médios encontrados para a variável módulo de ruptura no sentido paralelo variaram de 55,06 (T1) a 75,97 MPa (T3) e para o módulo de elasticidade no sentido paralelo variaram de 4837,08 (T1) e 7726,17 MPa (T3). Este comportamento reflete um aumento de 37% entre o painel compensado 1 (T1) e o painel LVL (T3) para variável MOR paralelo. Entretanto, os valores de MOE paralelo apresentaram resultados com uma tendência de aumento de 60% entre os dois tratamentos analisados com valores extremos (T1 e T3).

Com base na tabela 8, também se pode notar que os valores para o módulo de ruptura paralelo não apresentaram diferença estatisticamente significativa entre os tratamentos avaliados (Apêndice E). Entretanto, para os valores de módulo de elasticidade paralelo houve diferença estatisticamente significativa (Apêndice F).

Iwakiri et al. (2010), utilizando painéis LVL com 7 lâminas variando as espécies, incluindo um tratamento com lâminas de *Pinus taeda* na capa e contracapa contendo o miolo de Paricá e colados com resina fenol-formaldeído,

encontraram valor médio para módulo de ruptura paralelo (*edge wise*) correspondente a 79,5 MPa, sendo ligeiramente superior quando comparado ao tratamento LVL (T3) que foi de 75,97 MPa avaliados neste trabalho. Tal comparação demonstra similaridade entre os valores médios de módulo de ruptura paralelo dos tratamentos testados.

Iwakiri et al. (2012b) avaliando a qualidade de painéis produzidos com 3 espécies de pinus, 7 lâminas e resina fenol-formaldeído observaram que os painéis compensados produzidos com *Pinus maximinoi* apresentaram valores médios de 8.854 MPa para o módulo de elasticidade paralelo. Em comparação com os painéis de *Pinus taeda* deste trabalho, os valores para módulo de elasticidade foram inferiores, considerando que a espécie *Pinus taeda* é uma espécie de clima tropical, crescimento rápido e conseqüentemente apresenta menor densidade e a espécie *Pinus maximinoi* de clima temperado, apresenta crescimento lento e conseqüentemente maior densidade em sua madeira, influenciando assim os valores médios de módulo de elasticidade paralelos obtidos no trabalho citado confrontados com este estudo.

Os valores médios para módulo de ruptura paralelo investigados neste trabalho de acordo com a norma DIN 68792 (1979) são superiores aos valores mínimos citados na norma para painéis utilizados como forma de concreto, sendo o valor mínimo correspondente a 35 MPa para painéis com número de lâminas acima de 5.

Em pesquisa desenvolvida por Iwakiri et al. (2001) foram observados valores médios para MOR de 57,28 MPa e MOE de 5688,38 MPa, para compensados constituídos com madeira de *Pinus taeda*, 5 lâminas e produzidos com resina fenol-formaldeído, sendo similar aos valores encontrados neste estudo com maior proximidade de valores ao compensado 2 (T2).

#### **1.4.2.2 Resistência da linha de cola ao esforço de cisalhamento**

A Tabela 9 apresenta os valores médios de resistência da linha de cola ao esforço de cisalhamento e percentagem de falha na madeira para os testes seco e fervura dos painéis.

Tabela 9 – Valores médios encontrados para o Teste Seco e Teste Fervura da Resistência da Linha de Cola aos Esforços de Cisalhamento (RCLC) e percentagem de Falha na Madeira (FM)

Tratamento	RCLC Fervura (MPa)	C.V. (%)	FM (%)	C.V. (%)	RCLC Seco (MPa)	C.V. (%)	FM (%)	C.V. (%)
T1	2,62 <sup>a</sup>	23,81	64,67	47,79	4,96 <sup>a</sup>	16,70	49,33	48,13
T2	2,64 <sup>a</sup>	25,85	62,00	53,21	5,54 <sup>a</sup>	12,73	55,33	73,84
T3	2,99 <sup>a</sup>	34,41	59,33	66,34	4,98 <sup>a</sup>	11,16	66,67	56,31

\*C.V. = Coeficiente de Variação. \* Médias seguidas pela mesma letra, na mesma coluna, não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5 % de significância pelo teste Tukey.

Os valores médios encontrados para variável resistência ao cisalhamento na linha de cola teste fervura (RCLC Fervura) variaram de 2,62 a 2,99 MPa e para os valores médios de resistência ao cisalhamento na linha de cola teste seco (RCLC Seco) variaram de 4,96 a 5,54 MPa. De acordo com a tabela 9 pode-se observar que não ocorreu diferença estatisticamente significativa para os ensaios realizados a seco e à úmido (Apêndice G, Apêndice H).

Iwakiri et al. (2001) obtiveram valores médios para RCLC Seco de 3,5 MPa e RCLC Úmido de 1,46 MPa, para compensados constituídos com madeira de *Pinus taeda*, 5 lâminas e produzidos com resina fenol-formaldeído. Todos os valores obtidos neste estudo para a resistência ao cisalhamento na linha de cola, tanto para o teste seco quanto o teste úmido são superiores ao estudo comparativo. Porém, deve-se considerar tal diferenciação à utilização de 7 lâminas neste estudo, diferentemente das 5 lâminas utilizadas pelos autores citados.

De acordo com a norma EN 314-2 (1993) todos os tratamentos apresentaram valores médios de resistência ao cisalhamento na linha de cola, tanto para teste fervura como para teste seco, superiores ao estipulado pelo requisito.

Contudo, ao analisar-se os resultados referentes aos ensaios físico-mecânicos, selecionou-se o painel LVL utilizado no tratamento três (T3) dentro os tratamentos avaliados, apresentando características e propriedades mais satisfatórias para a aplicação mais adequada como material no desenvolvimento do projeto de produto *shape*.

## 1.5 Conclusão

Com base nos resultados observados neste estudo a seguinte conclusão pode ser apresentada:

- Por meio da análise das propriedades físico-mecânicas observadas foi selecionado o tratamento três (T3) – painel LVL para ser utilizado como matéria-prima na confecção do produto *shape*, devido à obtenção de características requeridas mais adequadas para o produto confeccionado.

## Referências

- ABIMCI. Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente. Catálogo Técnico Compensado de Pinus. Disponível em: <[http://www.abimci.com.br/abimcidocs/Catalogo\\_Tecnico\\_Compensado\\_Pinus.pdf](http://www.abimci.com.br/abimcidocs/Catalogo_Tecnico_Compensado_Pinus.pdf)> Acesso em: 20 nov. 2013.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 9484: Compensado – Determinação do teor de umidade. Rio de Janeiro, 2011a.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 9485: Compensado – Determinação da massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2011b.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 9486: Compensado – Determinação da absorção de água. Rio de Janeiro, 2011c.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 9535: Compensado – Determinação do inchamento. Rio de Janeiro, 1986.
- ABRAF – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS. Anuário estatístico da ABRAF 2013, Ano Base: 2012. Brasília: 2013. 150 - p.
- AGUIAR, A. V.; SOUZA, V. A.; SHIMIZU, J. Y.; Cultivo do Pinus. Disponível em <[http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Pinus/CultivodoPinus\\_2ed/](http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Pinus/CultivodoPinus_2ed/)>. Acesso em: 07/11/13
- ALMEIDA, R. R.; JÚNIOR, G. B.; JANKOWSKY, I. P. Produção de compensados a partir da madeira de clones do híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*. **Floresta e Ambiente**, v. 11, n. 1, p. 14-24, 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - NBRISO12466-1: Madeira compensada – Qualidade de colagem - Parte 1: Métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2012.
- BALDWIN, R. F. **Plywood Manufacturing Practices**. San Francisco: Miller Freeman, 388 p.1995.
- BALLARIN, A. W.; PALMA, H. A. L. Propriedades de resistência e rigidez da madeira juvenil e adulta de *Pinus taeda* L. **Revista Árvore**, v. 27, n. 3, p. 371-380, 2003.
- BENDSTEN, B. A. Properties of wood from improved and managed trees. In: ECONIMICS & FINANCIAL MANAGEMENT AND TIMBER PRODUCTION. Atlanta: FPRS, 1978. p. 78-121.
- BIAZUS, A. et al. Panorama de mercado: painéis de madeira. **BNDS Setorial**, v. 32, p. 49-90, 2010.

BODIG J.; JAYNE, B. A. Mechanics of wood and wood composites. New York: Van Nostrand Reinhold, 1982. 711 p.

BONDUELLE, G. M. et al. Fatores que influenciam no rendimento em laminação de *Pinus spp.* **Braz J For Res**, v. 12, p. 35-41, 2006.

BULIGON, E. A. Características físico-mecânicas de painéis de lâminas paralelas reforçados com fibra de vidro. Dissertação de Mestrado em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2011.

CLOUTIER, A. Oriented strandboard (OSB): raw material, manufacturing process, properties of wood-base fiber and particle materials. In.: INTERNATIONAL SEMINAR ON SOLID WOOD PRODUCTS OF HIGH TECHNOLOGY, 1., 1998, Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte: SIF, 1998. p. 173-185. cultural e econômico. São Paulo: Blücher, 2010.

DIN – DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG. DIN 68792: Large area shuttering panels of veneer plywood for concrete and reinforced concrete. Berlin: Beuth Verlag, 1979.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION – EUROPEAN STANDARD EN 310. **Wood-based panels – Determination of modulus of elasticity in bending streng.** Bruxelas. 1993.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION – EUROPEAN STANDARD EN 314-1. **Plywood – bonding quality: part 1 – test methods.** CEN members, 1993.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION – EUROPEAN STANDARD EN 314-2. **Plywood – bonding quality: part 2 – requirements.** CEN members, 1993.

FERREIRA, B. S.; DA SILVA, M. S.; CAMPOS, C. I. Análise do desempenho físico-mecânico de compensados produzidos com adesivos a base de PVA. **Madeira: arquitetura e engenharia**, v. 12, n. 29, p. 13-22, 2012.

FERREIRA, E. S. Utilização dos Polifenóis da Casca de *Pinus* para Produção de Adesivos. Seropédica. Instituto de Florestas – Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2004.

GABRIEL, M. S. C.; BALLARIN, A. W.; PALMA, H. A. L. Monitoramento do tempo de prensagem e do comportamento da temperatura através da espessura de Painéis LVL (*Laminated Veneer Lumber*). **Energia na Agricultura**, v. 26, n. 2, 2011.

IWAKIRI, S. et al. Produção de chapas de madeira compensada de cinco espécies de pinus tropicais. **Ciência Florestal**, v. 11, n. 2, 2001.

IWAKIRI, S. et al. Produção de compensados de *Pinus taeda* e *Pinus oocarpa* com resina fenol-formaldeído. **Cerne**, v. 8, n. 2, p. 092-097, 2002a.

IWAKIRI, S.; SHIMOYAMA, V. R. S.; PEDROSA, A. L.; ANJOS, R. A. M. Efeito do crescimento radial de *Pinus taeda* L. nas propriedades do painel compensado. **Cerne**, Lavras, v. 9, n. 1, p. 90-96, 2002b.

IWAKIRI, S.; SILVA, J. C.; SILVA, R. M.; ALVES, C. R.; PUEHRINGER, C. A. Produção de Compensados de *Pinus taeda* L. e *Pinus oocarpa* Schiede com Diferentes Formulações de Adesivo Uréia Formaldeído. **Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 3, p.371-375, 2002c.

IWAKIRI, S. **Painéis de madeira reconstituída**. Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná, Curitiba. 247 p. 2005.

IWAKIRI, S. et al. Produção de painéis compensados de pinus tropicais colados com resina fenol-formaldeído. **Floresta**, v. 39, n. 3, 2009.

IWAKIRI, S. et al. Produção de painéis laminados Unidirecionais - LVL com lâminas de *Schizolobium amazonicum*, *Eucalyptus saligna* e *Pinus taeda*. **Cerne**, Lavras, v. 16, n. 4, p. 557-563, 2010.

IWAKIRI, S. et al. Avaliação da qualidade de painéis compensados de *Pinus maximinoi*, *Pinus oocarpa* e *Pinus tecunumannii* com diferentes composições estruturais. **Ciência Florestal**, v. 22, n. 2, 2012a.

IWAKIRI, S. et al. Avaliação da qualidade de painéis compensados de *Pinus maximinoi*, *Pinus oocarpa* e *Pinus tecunumannii* com diferentes composições estruturais. **Ciência Florestal**, v. 22, n. 2, 2012b.

MAPRE. Mapre Comércio e Representação Ltda. Compensado Naval. Disponível em: <<http://www.maprerep.com.br/produto.asp?codPro=939>>. Acesso em: 22 nov. 2013.

MARRA, A. A. **Technology of wood bonding: principle in practice**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1992. 453p.

MATOS, J. L. M. Estudos sobre a produção de painéis estruturais de lâminas paralelas de *Pinus taeda* L. 1997. 117p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1997.

MATSUNAGA, D. K. Avaliação da utilização de madeira comercial de *Pinus taeda* L. e da adequabilidade da Norma Europeia Unificada (CEN), na construção de vigas laminadas coladas. Dissertação de Mestrado em Ciências - Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 1995.

MEIRELLES, C. R. M. et al. Sustentabilidade e ciclo de vida na produção dos edifícios em madeira no Brasil. 1º Seminário Nacional de Construções Sustentáveis - SNCS. Passo Fundo. 2012.

MELO, R. R. et al. Avaliação das propriedades físico-mecânicas de painéis aglomerados de *Eucalyptus grandis* colados com ureia-formaldeído e tanino-formaldeído. **Floresta**, v. 40, n. 3, 2010.

MELO, R. R. Estabilidade dimensional de compostos de madeira. **Revista Ciência da Madeira (Brazilian Journal of Wood Science)**, v. 4, n. 2, 2013.

METSAWOOD. Bulding and Construction. Master Planck LVL. Disponível em: <<http://www.metsawood.us/products/pages/masterplanklvl.aspx>>. Acesso em: 22 nov. 2013.

MURARA JÚNIOR, M. I.; ROCHA, M. P.; TIMOFEICZYK JÚNIOR, R. Análise dos custos de rendimento em madeira serrada de *Pinus taeda* para duas metodologias de desdobro. **Floresta**, v. 40, n. 3, 2010.

MÜLLER, M. T. Influência de diferentes combinações de lâminas de *Eucalyptus saligna* e *Pinus taeda* em painéis estruturais LVL. Dissertação de Mestrado em Engenharia Florestal - Universidade Federal de Santa Maria. 2009.

NASCIMENTO et al. Comportamento de ligações adesivas em madeiras de reflorestamento. **Floresta e Ambiente**. V. 9, n.1, p.54 - 62, 2002.

OLIVEIRA, F. L. et al. Propriedades da madeira de *Pinus taeda* L. em função da idade e da posição radial na tora. **Instituto Florestal**, São Paulo, v. 18, n. único, p. 59-70, dez. 2006.

PALMA, H. A. L. Efeito da massa específica nas propriedades de flexão estática em compensados de *Pinus elliottii* Engelm. **Ciência Florestal**, v. 9, n. 1, 2009.

PALMA, H. A. L.; BALLARIN, A. W. Propriedades físicas e mecânicas de painéis LVL de *Eucalyptus grandis*. **Ciência Florestal**, v. 21, n. 3, 2011.

PALMA, H. A. L. et al. Influência da qualidade das lâminas no desempenho mecânico à flexão de painéis compensados de *Hevea brasiliensis*. **Floresta e Ambiente**, v. 19, n. 2, p. 133-140, 2012.

PIO, N. S. Produção de painéis estruturais de lâminas paralelas (PLP) de *Eucayptus grandis* Hill ex-Maiden. 174 p. Tese de Doutorado em Ciências Florestais – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.

RAUTE ENGINEERED WOOD. Tecnología de LVL: vigas de chapas laminadas. Santiago: Raute Wood, 1980.

REVISTA PINUS LETTER. Espécies de Pinus Úteis ao Brasil – Pinus taeda. Disponível em: <[http://www.celso-foelkel.com.br/pinus\\_03.html](http://www.celso-foelkel.com.br/pinus_03.html)>. Acesso em: 21 nov. 2013.

SHIMIZU, J. Y., Pinus na silvicultura brasileira, 2011. Disponível em: <<http://www.ufsm.br/cepef/artigos/Pinus%20na%20silvicultura%20brasileira.pdf>> Acesso em: 21 nov. 2013.

SHUKLA, S. R.; KAMDEM, D. Pascal. Properties of laminated veneer lumber (LVL) made with low density hardwood species: effect of the pressure duration. **Holz als Roh-und Werkstoff**, v. 66, n. 2, p. 119-127, 2008.

SILVA, B. C. et al. Qualidade de Compensados Fabricados com Adesivos à Base de Tanino-formaldeído de *Pinus oocarpa* e Fenol-formaldeído. **Floresta e Ambiente**, v. 19, n. 4, p. 511-519, 2012.

SILVA, G. A. et al. Efeito de algumas variáveis de processamento nas propriedades físicas de painéis de madeira de partículas alongadas. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 16, n. 1, p. 51-60, 2006.

SOUZA, F. Propriedades mecânicas, físicas, biológicas e avaliação não-destrutiva de painéis de lâminas paralelas (LVL) com madeira de *Pinus oocarpa* e *P. kesiya*. Dissertação de Mestrado em Ciências Florestais – Universidade de Brasília, 2010.

TSOUMIS, G. Science and technology of wood: structure, properties, utilization. New York: Van Nostrand Reinhold, 1991. 494 p.

UFSM. Universidade Federal de Santa Maria. Departamento de Ciências Florestais. Herbário Florestal. Disponível em: <[http://w3.ufsm.br/herbarioflorestal/especie\\_detalhes.php?nome\\_filtrado=pinos\\_pinus\\_pinho\\_americano](http://w3.ufsm.br/herbarioflorestal/especie_detalhes.php?nome_filtrado=pinos_pinus_pinho_americano)>. Acesso em: 21 nov. 2013.

UTAD. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. Departamento de Ciências Florestais e Arquitectura Paisagista. Amostras de Madeiras. Disponível em: <[http://www.cifap.utad.pt/LPF\\_amostras\\_mad.htm](http://www.cifap.utad.pt/LPF_amostras_mad.htm)> Acesso em: 21 nov. 2013.

ZENID, G. J. et al. Madeira: uso sustentável na construção civil – 2ª ed. São Paulo, Publicação IPT, 2009.

## Capítulo 2 – Planejamento de Projeto de Produto *Shape* para *Skateboard*

### 2.1 Introdução

Novos produtos são demandados e desenvolvidos para atender a segmentos específicos de mercado, incorporar novas tecnologias, se integrar a outros produtos e se adequar a restrições legais (ROZENFELD et al., 2006).

De acordo com Calegari e Oliveira (2013), a configuração dos produtos é dependente dos materiais, de seus fatores tangíveis e intangíveis, ou seja, de suas características físicas, definidas por suas propriedades e também por fatores simbólicos, semânticos, estéticos, interligados diretamente com a cultura. Este leque de características próprias influencia a percepção dos produtos pelos usuários, o que pode definir suas preferências e escolhas por determinados produtos.

As marcas de *skate* investem em tecnologias que priorizam a criação de produtos de alta performance e qualidade e de *design* arrojados, patrocinam atletas e eventos além de serem grandes anunciantes de revistas especializadas (DIAS, 2011).

Aliado a busca de novos aprimoramentos na tecnologia de produtos voltados para a prática do *skate*, o Capítulo 2 deste trabalho objetivou aplicar as teorias iniciais de desenvolvimento de projeto de produto para elaboração do produto final *shape* para *Skateboard* a partir do painel confeccionado que apresentou desempenho mais satisfatório na avaliação das propriedades físico-mecânicas.

## 2.2 Revisão de Literatura

### 2.2.1 Skateboard

O *skate* é composto por oito partes: *shape* (prancha de madeira que serve como base para manobras); *mesa* (peça na qual o eixo é encaixado); *trucks* (par de eixos do skate); *amortecedores* (dois pares por *truck*); *rodas* (duas em cada *truck*); *rolamentos* (dois em cada roda, confeccionados de liga de aço ou cerâmica); *parafusos* (responsáveis por fixar partes do *skate*, são quatro em cada *truck*, e mais dois parafusos centrais); *lixa* (fica aderida à superfície da tábua, aumentando o atrito entre o calçado e a tábua de *skate*) (DIAS, 2012). Observam-se na Figura 12 alguns dos componentes do *skate*.

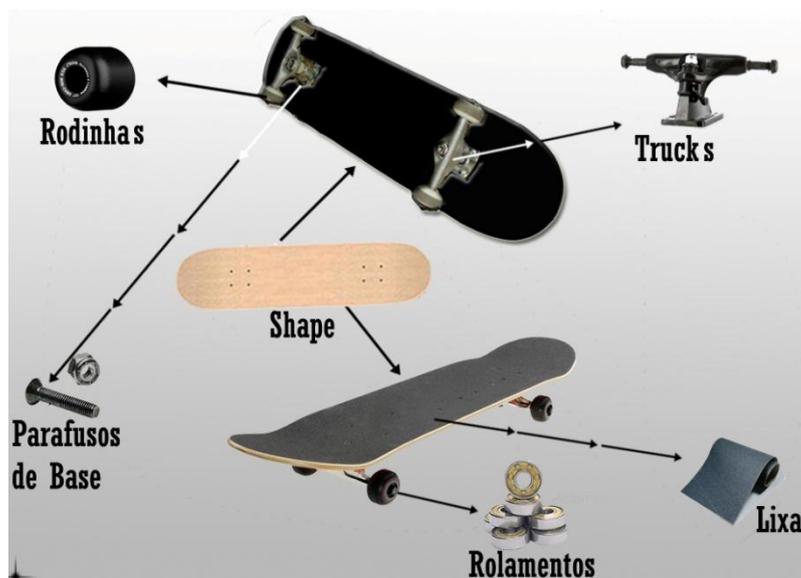


Figura 12 – Componentes do skate.  
Fonte: SKATETERRA, 2014.

O *skate* surgiu para o mundo em meados dos anos 60 nos Estados Unidos da América (EUA). Surfistas californianos estavam cansados de ficar esperando por boas ondas para surfar e colocaram rodinhas de patins em uma madeira que imitava uma prancha. No início era chamado *sidewalk surfing*, ou seja, surf de calçada, e rapidamente se espalhou por todo os Estados Unidos da América (EUA). Em 1965 o *sidewalk surfing*, já praticado por um grande número de adolescentes, tinha criado

identidade, com suas próprias manobras, e assim ganhou seu nome definitivo: *skateboard* (REIS et al., 2006).

De acordo com Brandão (2008), a apropriação dos movimentos do *surf* pelo *skate* além de trazer mudanças significativas para a prática, também possibilitou um “redirecionamento em seu uso cultural e social”. Ter estilo próprio agregava à manobra algo a mais que permitia ser vista como uma expressão artística. A transferência da técnica do *surf* para o *skate* tornou possível não apenas uma apropriação de gestos e movimentos, mas uma nova representação de ordem estática a qual alterou definitivamente a forma como o *skate* é praticado.

Segundo a Confederação Brasileira de *Skateboard* (CBSk, 2013), para um melhor entendimento, a tradução de *Skateboard* é “Patins com Prancha”. Porém, no Brasil ficou conhecido como *Skate*. O *skate* pode ser considerado uma das práticas esportivas que mais adquiriu visibilidade nos últimos tempos. Isso pode ser comprovado, entre tantos casos, pela audiência dada à vários canais de televisão (por meio de programas que exibem competições ao vivo) e pelo retorno financeiro atribuído às muitas empresas que investem em ações direcionadas aos adeptos e simpatizantes dessa prática (MACHADO, 2012)

Machado (2012) também indica que o Instituto Datafolha publicou em 2010 resultados de uma pesquisa encomendada pela Confederação Brasileira de Skate (CBSk) com o objetivo principal de medir a penetração de praticantes do skate nos lares brasileiros, e traçar o perfil dos *skaters*. Os resultados contabilizaram mais de 3.860.000 (três milhões e oitocentos e sessenta mil) praticantes, indicando um aumento de aproximadamente 20% em relação à mesma pesquisa realizada em 2006.

O *skate* é um esporte que exige do praticante concentração, determinação e força de vontade, pois é uma modalidade que trabalha as capacidades motoras do skatista, como equilíbrio, agilidade, flexibilidade, coordenação, resistência muscular entre outros aspectos psicológicos e fisiológicos envolvidos na sua prática (SANTOS, 2008).

O *skate* está solidificado e popularizado como nunca esteve e muito divulgado na mídia seja pela transmissão de campeonatos ou por propagandas de muitas empresas fora do mercado, melhor aceito pela sociedade, tendo suas demandas atendidas pelo poder público através de construção de pistas e criação de uma política pública própria (CBSk, 2013).

### 2.2.2 Produto *Shape*

O *skate* na sua denominação mais geral é uma prancha sobre rodas e a sua origem está associada às *scooters*, caixas de laranja fixadas a uma madeira com rodas e que serviam como meio de locomoção entre os jovens em meados do século passado. Segundo dados apresentados no filme “*Dogtown and Z-boys – Onde Tudo Começou*”, o *skate* já era praticado no final da década de 1950 em Malibu. Nesta fase o *skate* tinha a forma de uma prancha de *surf* e as manobras realizadas também eram baseadas neste esporte. No ano de 1963 o *skate* começou a surgir como um esporte alternativo para adolescentes norte-americanos. Fábricas da Califórnia, como *Makaha*, *Hobie* e *Jacks* começaram a formar equipes à medida que surgiam as provas. Muitos dos primeiros campeões começaram a dar ao esporte uma estética de estilo (BROOKE, 1999, citado por DIAS, 2011).

Na prática do *skate* denomina-se *shape* como a tábua de madeira que serve como base para as manobras. Composto por madeira leve e resistente disposto em folhas de compensado. Existem vários tipos, com pouca ou muita inclinação, ou com pouca ou muita largura, podendo escolher-se o que mais se enquadra a cada tipo de manobras e estilo (SANTOS, 2008).

Segundo a Confederação Brasileira de *Skate*, o Brasil é a segunda potência mundial em fabricação de produtos para a prática do esporte, além de o *skate* ser o segundo esporte com maior número de praticantes no Brasil, e um dos mais praticados no mundo. Apesar deste visível desenvolvimento do *skate* como prática esportiva, há uma grande deficiência bibliográfica e poucos estudos científicos nesta área, sendo que é um esporte de grande aceitação do público jovem, onde deveria haver um maior interesse em estudá-lo e possibilitar um maior conhecimento e especialização na modalidade, como forma de contribuir para o desenvolvimento dos praticantes e maior promoção do esporte (GALLIANO, 2009).

O desenvolvimento de produto é considerado um processo de negócio cada vez mais crítico para a competitividade das empresas, principalmente com a crescente internacionalização dos mercados, aumento da diversidade e variedade de produtos e redução do ciclo de vida dos produtos no mercado. (ROZENFELD et al., 2006).

Os modelos físicos são representações tridimensionais de objetos ou produtos em fase de desenvolvimento. Servem para simular determinadas propriedades dos objetos em estudo, permitindo corrigir defeitos e insuficiências do produto durante as etapas de projeto. Os modelos podem servir para gerar moldes ou matrizes que irão produzir os objetos, para avaliar o desempenho dos produtos no uso a que se destinam antes de serem produzidos industrialmente ou ainda para estudar as reações do mercado ao produto, antes que este entre em processo de produção. (FERROLI; LIBRELOTTO, 2012)

## 2.3 Material e Métodos

### 2.3.1 Desenvolvimento de Produto

O modelo de referência para o desenvolvimento de produto foi baseado parcialmente nas fases de projeto propostas por Rozenfeld et al. (2006) conforme as etapas do projeto destacadas na Figura 13: planejamento de projeto voltado para o escopo de produto, projeto informacional, projeto conceitual e projeto detalhado.

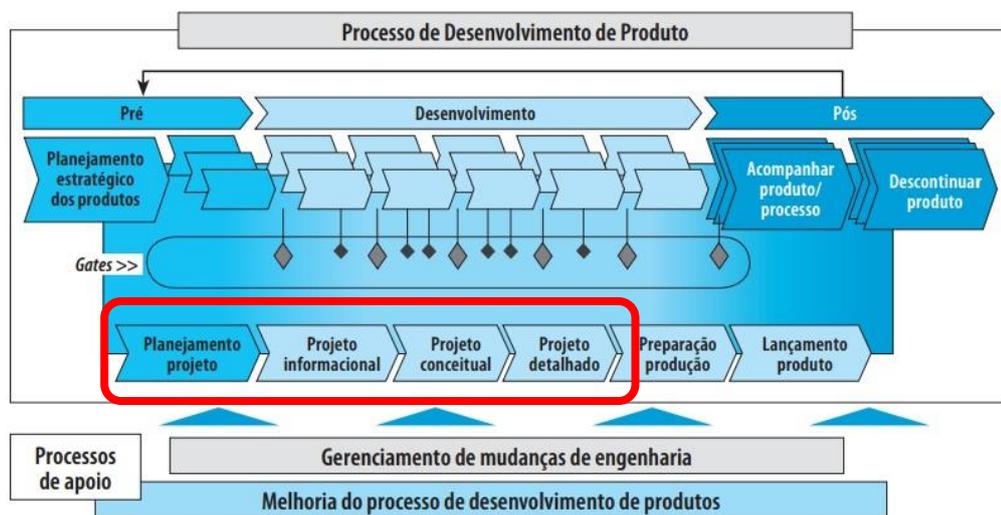


Figura 13 – Modelo de planejamento de produto adotado para a confecção do produto *shape*.

Fonte: ROZENFELD et al., 2006.

As fases de planejamento de produto utilizadas podem ser resumidas de acordo com Rozenfeld et al. (2006):

- Escopo do Produto – Descreve um conjunto de características gerais, funcionalidades e desempenho desejado do produto juntamente com a análise de problemas, as necessidades e as oportunidades existente. Utiliza-se o escopo do produto para apresentar uma forma visível a ideia do uso de materiais que podem ser desenvolvidos e analisados para produzir um produto específico.
- Projeto Informacional – A partir das informações levantadas no planejamento do produto e outras fontes como clientes, competidores, mercado entre

outros, desenvolve-se um conjunto de requisitos e especificações-meta do produto, capazes de preencher as necessidades dos clientes e/ou as oportunidades identificadas anteriormente.

- Projeto Conceitual – Apresentam-se as soluções criadas em projeto a partir das especificações-meta do produto e seleciona as concepções do produto, definindo sua estrutura funcional, a tecnologia e o conjunto de formas desejadas. Nesta fase também se apresentam os desenhos iniciais e modelos do produto.
- Projeto Detalhado – Fase onde se proporciona a simulação e modelagem do produto por meio do protótipo funcional e seus objetivos, apresentando os desenhos finais, as tolerâncias e o plano macro de processo de produção.

A representação tridimensional do produto nos desenhos básicos e iniciais nas fases de projeto conceitual e detalhado foi realizada utilizando o *software* gráfico *Autodesk Inventor 2010*.

## 2.4 Desenvolvimento de Produto

### 2.4.1 Escopo de Produto

Para o desenvolvimento do produto *shape* empregado como componente fundamental na prática do *Skateboard*, foi indispensável a utilização materiais resistentes que atendessem as funções, características e requisitos solicitados ao produto.

Considerou-se o painel de lâminas paralelas de madeira (LVL) como o material mais adequado para ser utilizado no desenvolvimento de produto *shape*, devido aos resultados de propriedades físicas e mecânicas superiores aos demais painéis de madeira analisados. Também foi possível realizar a produção do escopo do produto em laboratório devido ao processo simples de usinagem do material madeira e sua boa trabalhabilidade.

As propriedades analisadas simularam situações do produto de acordo com seu uso, indicando o teor de umidade, a massa específica, a recuperação em espessura mais inchamento e recuperação em espessura como as propriedades físicas que contribuíram para o melhor entendimento do comportamento do material selecionado quando exposto à situações de elevada umidade e calor excessivo oriundos das intempéries climáticas. A massa específica aparente influenciou no peso final do produto, buscando-se a característica de baixo peso e leveza ao *shape* para obter-se melhor desempenho durante as manobras.

Avaliaram-se também propriedades mecânicas de flexão estática e resistência ao cisalhamento na linha de cola do material, que assim colaboraram para a análise e adequação de elevada resistência mecânica requerida ao *shape*, visto a função de sustentação designada pelo produto servindo de plataforma de transporte durante o deslocamento do praticante, somadas ao peso e variações de força aplicadas na execução de manobras.

Apontou-se a importância da escolha do material mais apropriado para o desenvolvimento de produto *shape* como o principal agravante do processo de desenvolvimento, adequando as características do painel selecionado como material às necessidades requeridas ao produto: resistência adequada às intempéries, baixo peso e elevada resistência mecânica.

## 2.4.2 Projeto Informacional

O *Skateboard* é um esporte que utiliza seus componentes e equipamentos de forma rigorosa devido à execução de manobras arriscadas e por servir como plataforma de sustentação do praticante. Rigidez e durabilidade são características fundamentais para o *shape*, tornando-se um componente fundamental na prática, sendo capaz de resistir ao peso do usuário somado com as variações de forças geradas de manobras e posições de apoio. Portanto, o produto *shape* deve ser produzido atendendo as qualidades de elevada resistência mecânica e leveza.

### 2.4.2.1 Mercado do Skate

Existem espaços de produção dotados de uma lógica própria, de uma história própria, no interior do qual se engendram os “produtos esportivos”. O *skate* desenvolveu um mercado especializado, dotado de uma lógica própria, articulado com um consumo cultural, onde os *skaters* se tornam produtores e consumidores de bens materiais e simbólicos que lhes localizam no interior de um campo social (DIAS, 2011).

O esporte se mostra altamente democrático sendo praticado por todas as classes sociais. Surpreendentemente, as classes A e B representam 42%. A classe C reúne 33%, e as classes D e E somam 25% do total de skatistas no Brasil. O mais interessante nesse esporte é o entorno cultural que ele possui, incluindo: música, arte, moda, comportamento, *design*, entretenimento, conteúdo e arquitetura. O *skate* é um esporte que interage com a cidade e seus praticantes. Por todo esse entorno cultural, é um dos esportes que mais forma opinião e acaba influenciando inúmeras pessoas que nem andam de skate. No caso da moda (*streetwear*), por exemplo, somente 10% de seu público realmente andam de skate. A indústria de tênis para *skate* movimentava sozinha mais de 800 milhões de dólares por ano, de acordo com o livro “*Made For Skate*”. Grandes marcas desde cedo perceberam essa tendência e hoje estão em parceria com grandes *designers*, ilustradores, tatuadores e artistas na co-criação de novos modelos. Outra informação interessante da pesquisa do Datafolha é que a renda média mensal da família do skatista é 50% maior do que a média brasileira. Esse dado, além de mostrar o potencial desse mercado no Brasil,

serve para quebrar inúmeros paradigmas e suposições frente à figura dos skatistas e do esporte (AGÊNCIA B2, 2011).

De acordo com a Adventure Sports Fair (2013), um amplo levantamento da Sports Good Intelligence Europe (SGI) aponta os board sports entre os mercados com maior potencial de expansão no Brasil nos próximos anos. A publicação, que oferece um mapeamento completo da indústria e de consumo relacionada ao esporte, contou com o apoio da promotora alemã de eventos esportivos ISPO e a Adventure Sports Fair. O maior destaque entre os esportes de prancha é o Skate, que reúne quatro milhões de praticantes, sobretudo nas capitais das regiões Sul e Sudeste, com pelo menos 300 atletas profissionais de ponta. A venda de roupas e acessórios de skate movimenta R\$ 1 bilhão no país, com forte potencial de crescimento. Além do sucesso do surf e do skate, o Brasil também vem oferecendo oportunidades de mercado para mais práticas com prancha, como Windsurf, Stand Up Paddle e Sandboard, entre outras.

#### **2.4.2.2 Modalidades do Skate**

O *skate* é uma prática extremamente diversa e desde sua origem até hoje ele sofreu inúmeras inovações e transformações, tendo adquirido uma enorme variedade de modalidades e manobras. O desenvolvimento dessa atividade está integrado ao universo da cultura de rua, que se caracteriza por ser uma cultura diversificada, complexa e em constante evolução (DIAS, 2011).

Nexte contexto, descreve-se algumas das principais modalidades do *Skate* tomando como base dados publicados pela Confederação Brasileira de Skate (CBSk, 2013) e pela autora Dias (2011). As principais modalidades do *Skate* são:

- **Modalidade *Downhill Speed***

Modalidade praticada em ladeiras de diferentes comprimentos em que o objetivo é descê-las o mais rápido possível. A tradução para *Downhill Speed* significa: descer uma colina rapidamente (Figura 14). É considerada a modalidade mais antiga do *Skate*.

Atualmente é uma das modalidades que mais cresce no mundo, sendo que existem brasileiros disputando o Circuito Mundial de IGSA (*International Gravity Sports Association*).



Figura 14 – A prática do *Skate* na modalidade de *Downhill Speed*.

Fonte: CBSk, 2013.

- **Modalidade *Freestyle***

O *freestyle* (estilo livre) é a segunda modalidade mais antiga do *Skate* com cerca de 40 anos. Consiste em realizar manobras consecutivas, como uma coreografia acompanhada por música e sem colocar o pé no chão (Figura 15), em lugares planos como cerca de no mínimo 300 m<sup>2</sup>. Até a metade década de 80 era uma das duas mais importantes modalidades no mundo e depois de 10 anos de hibernação, foi retomado seu desenvolvimento.



Figura 15 – A prática do *Skate* na modalidade *Freestyle*.

Fonte: CBSk, 2013.

- **Modalidade *Slalom***

Esta modalidade também está presente no *skate* há bastante tempo. Ela faz uso de um *skate* diferenciado, sendo o formato do *shape* mais estreito e menor em comparação aos tradicionais. As técnicas aplicadas do *slalom* (Figura 16) consiste em passar entre diversos cones alinhados, imprimindo o movimento zigue-zague, de forma a terminar o percurso no menor tempo possível, sem derrubar os cones.



Figura 16 – A prática do *Skate* na modalidade *Slalom*.

Fonte: CBSk, 2013.

- **Modalidade *Vertical***

Praticada em pistas com no mínimo 3,50 m de altura, podendo ser de concreto ou madeira, em formato de *half-pipes* (meio tudo e com formato similar a um gigantesco 'U') ou *bowls* (bacia). Originalmente começou a ser praticada em piscinas nos Estados Unidos (EUA) durante um período de secas no estado da Califórnia. Esta modalidade *vertical* (Figura 17) conta com poucos adeptos pela necessidade do praticante possuir vasta experiência e alto nível técnico, havendo no Brasil cerca de 40 competidores profissionais e 100 competidores amadores.



Figura 17 – A prática do *Skate* na modalidade *Vertical*.

Fonte: CBSk, 2013.

- **Modalidade *Street***

A modalidade do *street* (Figura 18) exige que o skatista tenha habilidade de realizar manobras e superar obstáculos e para isso, é necessário um *shape* resistente produzido com rabetas (curvas envergadas nas extremidades) para facilitar o controle do equipamento durante a execução da manobra e outros componentes específicos. Além de ser uma atividade que exige prática e implica muitos riscos devido à possibilidade de quedas e acidentes durante a execução de manobras arriscadas, necessita grande dedicação e disposição do praticante. Surgiu entre o final da década de 70 e começo de 80 nos Estados Unidos. É a modalidade com a maior quantidade de adeptos, com aproximadamente 95% dos praticantes e consiste em praticar o *Skate* em obstáculos que são encontrados nas ruas das cidades como: monumentos, praças, bancos, corrimãos, muretas, escadas, rampas de entrada de garagens, palcos, buracos, barrancos, paredes com inclinação entre 30° e 80°, entre outros. Também é praticado em *Skateparks* (pistas de *Skate*) onde existem rampas que simulam a arquitetura urbana de um modo adaptado ao *Skate*. Existem no nosso país mais de 300 competidores profissionais e mais de 10 mil competidores amadores.



Figura 18 – A prática do Skate na modalidade *Street*.

Fonte: CBSk, 2013.

### 2.4.2.3 Modelos e Formatos

A partir dos primeiros modelos fabricados de *skates*, caracterizados no formato denominado *old school*, muitas inovações em materiais e equipamentos foram geradas para atender as solicitações dos *skaters*, com isso os *shapes* foram evoluindo e adaptados aos mais variados *designs* e formatos (Figura 19).



Figura 19 – Esquema ilustrativo representando a evolução de modelos e formatos dos shapes de skateboard.

Fonte: SKATEBOARD MAGAZINE, 2002. Adaptado pelo Autor.

De acordo com a Figura 19, é notável a evolução dos *shapes* e a transformação ocorrida no *design* dos produtos. Tal evolução do *skate*, somadas ao desenvolvimento tecnológico, o aprimoramento de outros componentes e a utilização de novos materiais deu origem a novas modalidades ao esporte, adaptando os componentes do *skate* para cada estilo de atividade.

O *shape* de *Skateboard* é considerado como o principal componente do *skate*, havendo variações no formato e *design* dos *shapes*, os quais são adaptados conforme as características e exigências requeridas na modalidade praticada.

Segundo Devine (2009), os *skates* já existem há muitos anos e com o tempo evoluíram de grandes pranchas de *surf* para pranchas pequenas com concavidade nas pontas que proporcionavam ao usuário execução de variadas manobras, tanto na rua como em uma variedade de rampas. A procura por uma experiência mais vagarosa na prática do *skate* forçou os praticantes a optarem por *shapes* mais longos e sem concavidade. Tais *skates*, referidos como *longboards*, necessitam de uma força maior para gerar o impulso necessário para o movimento.

Os principais modelos e formatos de *shape* produzidos podem ser visualizados de acordo com a Figura 20.

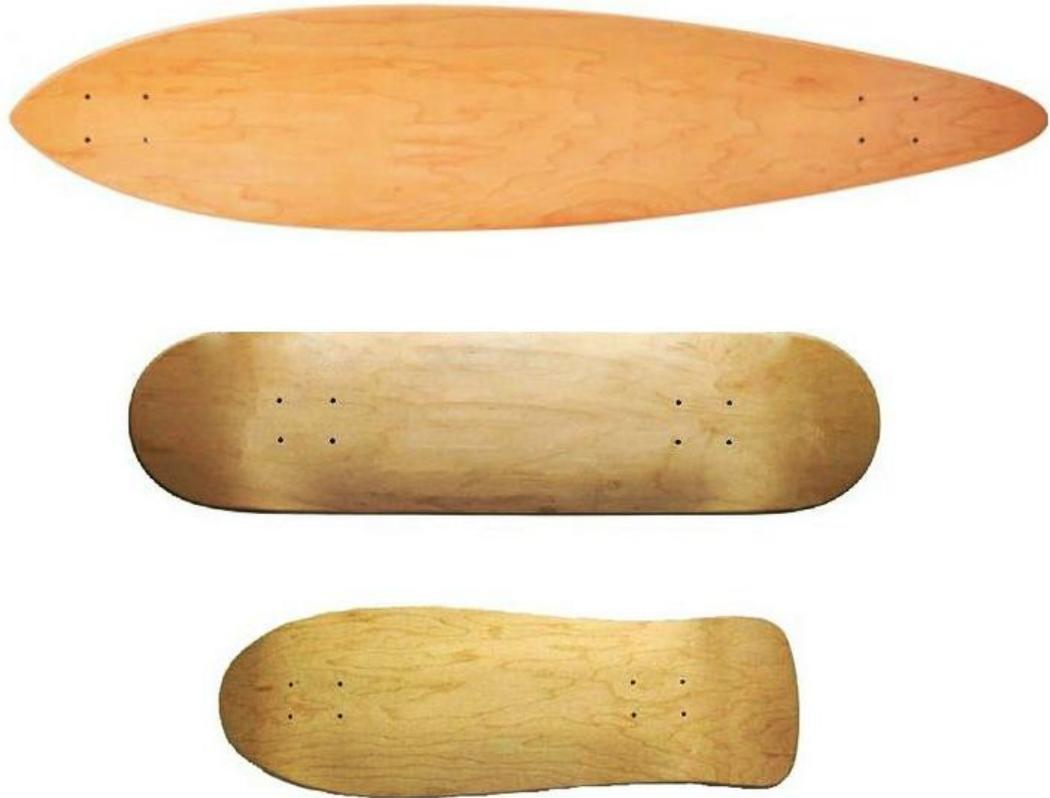


Figura 20 – Principais modelos e formatos de *shapes* definidos como *longboard* (A), *new school* (B) e *old school* (C).

Fonte: STAKEBOARDHERE, 2013; MOSTERSPORTS, 2013. Adaptado pelo Autor.

O *shape longboard* é utilizado na modalidade *downhill speed* devido ao seu longo formato dimensional em comparação aos demais *shapes*. São produzidos nos mais variados formatos e geralmente possuem pouca ou nenhuma concavidade nas extremidades. É o maior *shape* utilizado no *skate*, sendo utilizado por praticantes que optam por maior velocidade e elevada estabilidade dimensional.

O *shape new school* ou “*shape* moderno” caracteriza-se por ser um produto tradicional e mais utilizado na prática do *skate* devido ao seu formato que inclui curvatura (*rabetas*) nas extremidades aliados a tecnologia de produção aplicada em seu modelo. Possibilita ao praticante melhores condições para a realização de manobras e movimentos. Tal *shape* geralmente é utilizado nas práticas com o maior número de skatistas, sendo adotado nas modalidades *street* e *freestyle*.

O *shape old school* foram os primeiros *shapes* produzidos e são encontrados em muitos registros fotográficos do princípio da prática do *skate*, onde é possível

visualizar o uso de *shapes* com *design* simples e características dimensionais menores com pouca ou nenhuma curvatura na extremidade traseira (Figura 21).



Figura 21 – Registros fotográficos do início da prática do Skateboard.

Fonte: MBART, 2013. Adaptado pelo Autor.

#### 2.4.2.4 Projetos de Produtos Similares

Existem empresas que já adotam a fabricação de *shapes* e *skates* baseados no *design old school* (Figura 22 e Figura 23), através de uma produção artesanal, resgatando o conceito histórico do produto. A empresa Seiva Boards (2013) produz *shapes* e *skates* inspirados nos modelos primórdios do esporte, apresentando a coleção “*Essentia*”. Os *shapes* são caracterizados pelas cores mogno e marfim e dotados com variados acabamentos e formato plano, adaptados para as necessidades dos clientes que exploram desde o estilo clássico de deslocamento até a prática de manobras mais agressivas. O peso médio dos *shapes* é de aproximadamente 1kg.



Figura 22 – Skates produzidos com produto *shape old school*.

Fonte: SEIVA BOARDS, 2013.

A Siebert (2013) é outra empresa direcionada na produção de *shapes* e *skates* diferenciados, produzindo também pranchas de *surf* feitas de madeira. Focada no desenvolvimento de produtos alternativos, a Siebert tem a proposta de trazer a atmosfera que caracterizou a origem do *surf* e do *skate* e a cultura presente nos primórdios destas artes. Os *shapes* têm sua configuração estrutural, elaborada com um bloco interno, contendo EPS, madeiras leves, com uma variedade de tons, reforçadas com fibra de vidro de alta gramatura, tornando estes *shapes* extremamente leves e resistentes. O *shape* Slalom 22" (Figura 23) é a única exceção de produção, pois segue o padrão comum com material constituído de lâminas horizontais, pesando em torno de 700g.



Figura 23 – Skates produzidos com produtos *shape old school* - *Shape Slalom 22"*.

Fonte: SIEBERT WOODKRAFT SURFBOARDS, 2013.

#### 2.4.2.5 Projetos de Produtos Alternativos

A produção de *shapes* feitos com painéis de madeira possibilita outras usabilidades do produto não somente em situações que necessitem as mesmas características de resistência mecânica e durabilidade, mas também em projetos de móveis e decorações conceituadas e inspiradas na prática e nos componentes do *Skateboard*.

Além de o presente estudo contribuir tecnologicamente para a evolução dos equipamentos empregados na prática do *Skateboard*, a utilização dos mesmos materiais e processos podem ser aplicados ou adaptados a outros esportes ou

segmentos que visem o mesmo objetivo. Esportes como o *Sandboard* e o *Snowboard* solicitam as características similares aos componentes do *Skateboard*, e também podem ser favorecidos através de estudos tecnológicos.

O *design* é um campo com muitas abordagens criativas aliadas a aplicações funcionais. O *Skateboard* também se torna uma fonte de inspirações para os *designers* de móveis, resultando na criação de projetos de móveis funcionais inspirados em seus componentes, sendo o componente *shape* o mais utilizado na incorporação da estrutura do móvel. Alguns projetos de móveis inspirados no *Skateboard* podem ser visualizados na Figura 24, mostrando a aplicação de *shapes* com rabetas (painel de madeira envergado) em móveis comuns e funcionais, agregando característica, *design*, usabilidade e valor ao produto final.



Figura 24 – Exemplos de projetos de móveis inspirados no *Skateboard*, incorporados com o produto *shape*.

Fonte: FRESHOME, 2013. Adaptado pelo Autor.

Dentro do conceito de sustentabilidade e reciclagem, a reutilização de *shapes* danificados ou fraturados também é aplicada por *designers*. Existem marcas que incentivam e criam projetos para a reciclagem de seus produtos *shapes* quebrados, reutilizando-os na produção de móveis (Figura 25).



Figura 25 – Móveis produzidos com *shapes* usados e reciclados.

Fonte: HURLEY, 2013.

As possibilidades da prática do *skate* são muitas e além da aplicação das modalidades, o praticante iniciante ou que não é adepto a modalidades tão radicais como a *street*, *downhill* e *freestyle*, tem a possibilidade de escolher uma prática sem movimentos tão complexos e que não exija níveis avançados de habilidade, controle e equilíbrio. Tal prática mais vagarosa pode ser efetuada com a utilização de *skates* que tenham, principalmente, o *shape* com *design* plano e com menores dimensões no formato *old school*, possibilitando um deslocamento mais lento, agradável e facilitando o aprendizado da prática.

O conceito do produto *shape* a ser produzido neste trabalho, tem como base as origens do esporte *skate*, referindo-se a época de transição da prática do *surf* na água para a prática do *skate* no asfalto. Seu *design* é inspirado no formato das pranchas de *surf*, remetendo um contexto histórico e cultural ao produto, aliado a acabamento, tecnologia e qualidade oriundos da produção de painéis laminados de madeira.

Tais fatos demonstram o ambiente propício para o investimento no mercado de produtos utilizados na prática do *skate*, visto a popularidade do esporte e o elevado nível de praticantes e consumidores dos produtos projetados para a prática.

### 2.4.3 Projeto Conceitual

#### 2.4.3.1 Funções

O produto *shape* desenvolvido possui formato *old school* e é dotado de superfície plana sem nenhuma concavidade. O formato estético de prancha de *surf* localizado na região da extremidade inferior do produto estampa o resgate das origens da prática, remetendo ao contexto de transição da água para o asfalto ocorrido no esporte e transmitindo característica e *design* próprio ao produto. Tal formato cria uma zona de apoio bifurcada que possibilita também a elevação da parte frontal do *skate* quando o praticante exerce força com o pé na região, aderindo mudanças de direção durante o deslocamento do *skate*.

Por ser um produto de menor largura e comprimento, o *shape* se encaixa adequadamente para a prática do *skate* dentro da modalidade *slalom*, onde é necessária a utilização de *shapes* menores que os tradicionais e que propiciem a troca de direção durante o deslocamento do *skate* ao desviar obstáculos no menor tempo possível em um percurso previamente estruturado.

Além de proporcionar uma prática dentro da modalidade *slalom*, o produto *shape old school*, utilizado no *skate* juntamente com outros componentes específicos para o tamanho do *shape*, também poderá ser utilizado em práticas que proporcionam uma atividade mais vagarosa sem a necessidade de maiores controles do equipamento para efetuar a realização de manobras e movimentos.

Muitas vezes, as utilizações de *shapes* menores são destinadas a praticantes que optam pela prática do *skate* apenas como transporte, incluindo uma alternativa de mobilidade urbana sendo uma ferramenta viável e eficiente que proporciona transporte, agregando mobilidade ao produto.

#### 2.4.3.2 Desenhos Básicos

Com base no projeto conceitual e *design* adotados foram realizados esboços tridimensionais (Figura 26) simulando a criação e projeção do produto *shape*.

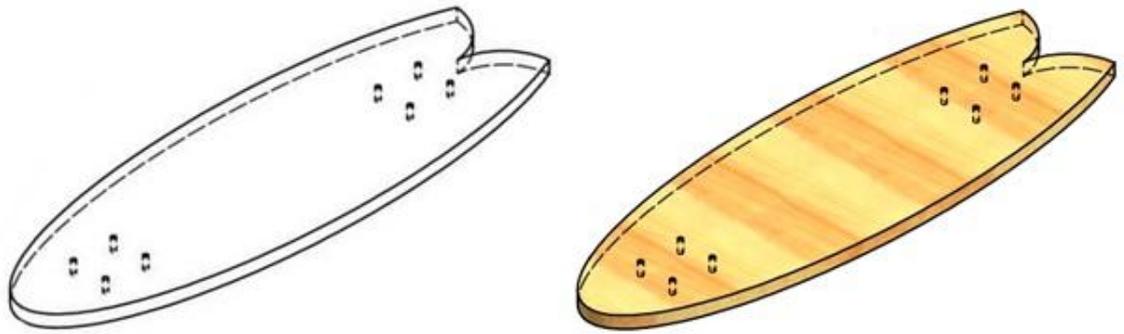


Figura 26 – Esboços tridimensionais do produto.

Fonte: O Autor.

O desenho do produto *shape* com suas dimensões básicas estão apresentados pela Figura 27.

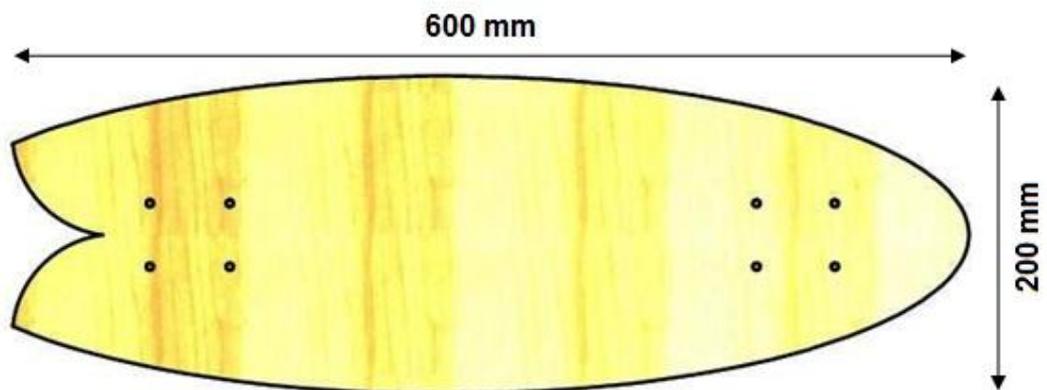


Figura 27 – Desenho básico da vista superior do produto com seu comprimento e largura dimensional.

Fonte: O Autor.

#### 2.4.3.3 Modelo de Produto

O modelo do produto foi projetado por meio de *software gráfico*, de acordo com a Figura 28.



Figura 28 – Modelo de produto *shape*.

Fonte: O Autor.

## **2.4.4 Projeto Detalhado**

### **2.4.4.1 Desenhos Finais**

Após a análise das informações coletadas no projeto informacional e no projeto conceitual, foi possível finalizar o desenho técnico do produto como pode ser observado na Figura 29.

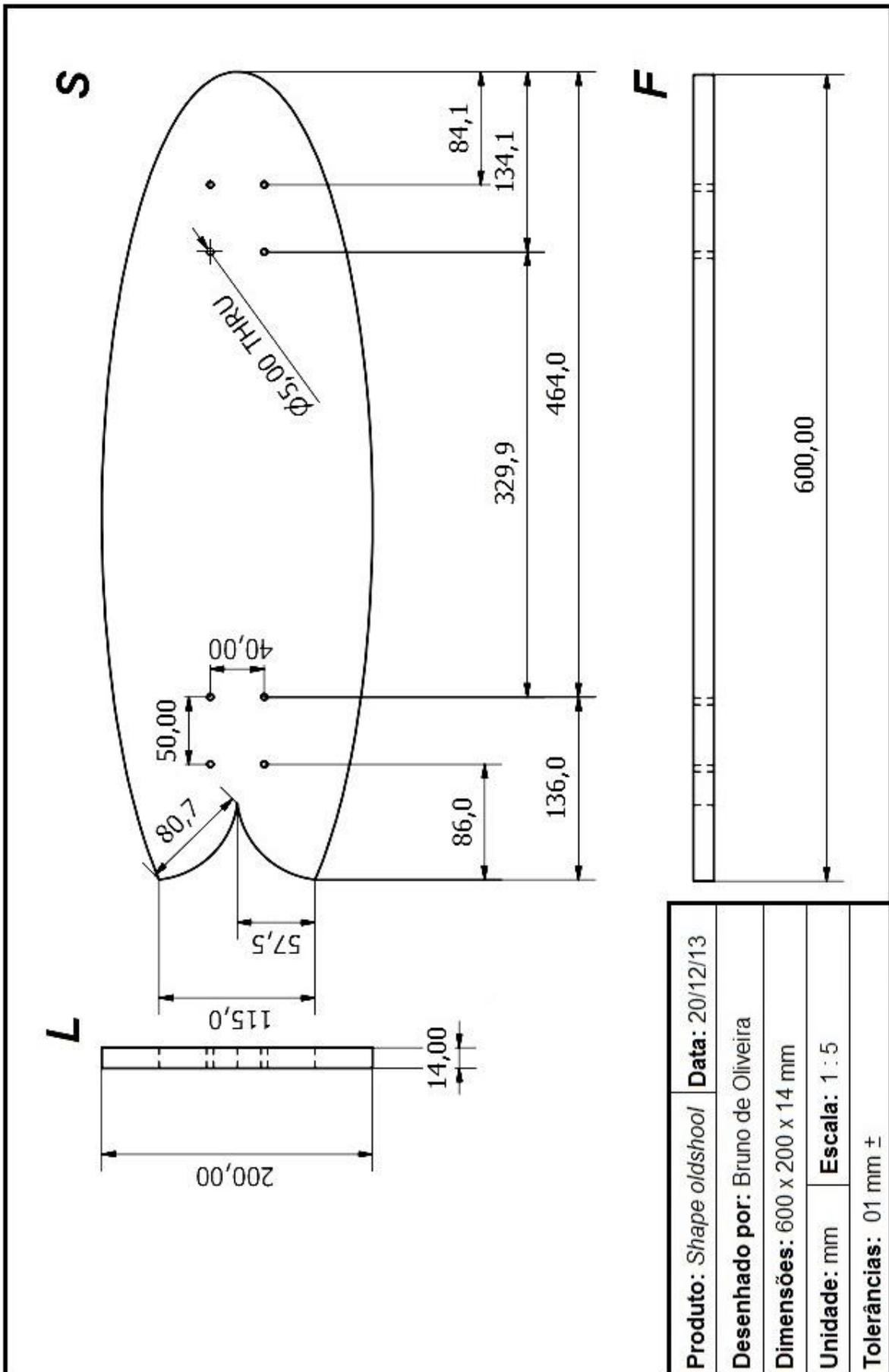


Figura 29 – Desenho técnico do produto *shape old school*.

Fonte: O Autor.

#### 2.4.4.2 Plano Macro de Processo

Para a confecção do produto necessitou-se de usinagem dos tipos, industrial e artesanal a fim de agregar valor ao produto gerado e justificar adaptações e as disposições de material incorporado à obtenção das características do produto final.

As etapas do processo produtivo do shape estão descritas na Figura 30.

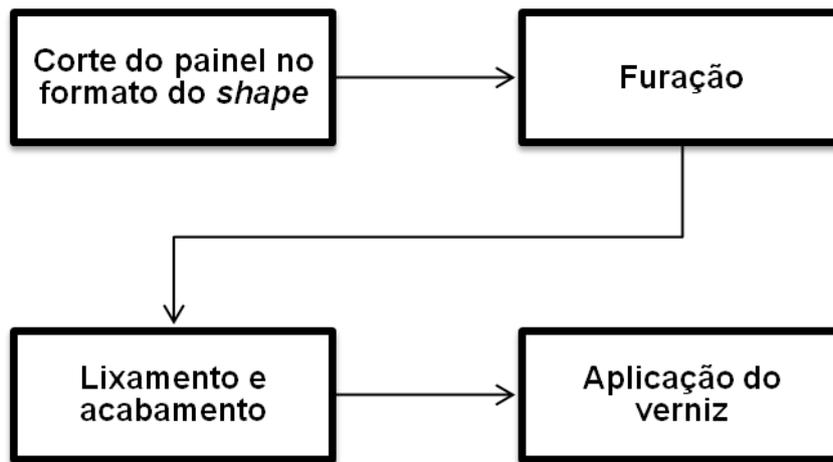


Figura 30 – Etapas do planejamento de processo produtivo do protótipo de produto shape.

Fonte: O Autor.

Elaborou-se um gabarito impresso com as furações e dimensões superiores reais do produto (projetado no *software* gráfico), posicionando-o sobre o painel e demarcou-se precisamente a linha de corte do *shape* com um lápis-cópia. Em seguida, com o auxílio de trena metrada e paquímetro, foram conferidas as dimensões e medidas do desenho reproduzido na superfície do painel.

O processo de corte do painel para adquirir o formato do *shape* foi efetuado com o auxílio de uma serra tico-tico da marca Skil de modelo 4003 – 380W (Figura 31), visando o posterior uso de uma lixadeira de borda para agregar acabamento nas extremidades cortadas do shape. As furações foram efetuadas usando uma furadeira simples com broca de 5mm.



Figura 31 – Serra tico-tico Skil 4003 – 380W utilizada na produção do shape.

Fonte: SKIL, 2013.

Assim, a superfícies de ambas as faces foram lixadas e em seguida, aplicou-se verniz a base d'água nas bordas e na parte inferior do *shape*, visando uma superfície bem aplainada e acabada para acrescentar a qualidade final desejada ao protótipo do produto. A superfície superior não recebeu acabamento devido a posterior aplicação de uma lixa para *skate*, visando a melhor fixação do pé à base do *shape*.

#### 2.4.4.3 Protótipo Funcional

O protótipo funcional do produto *shape* (Figura 32) foi efetuado com êxito de acordo com as fases propostas de planejamento de projeto de produto para a confecção do protótipo, atendendo as necessidades requeridas ao produto. O protótipo foi exposto durante a apresentação deste projeto e possui peso de 900g.



Figura 32 – Protótipo funcional do produto *shape oldscholl*.

Fonte: O Autor.

## 2.5 Considerações Finais

De acordo com o planejamento de projeto de produto aplicado na proposta da confecção do protótipo, se chegou ao produto *shape* que atenda as funções e necessidades requeridas, caracterizando um produto que apresente baixo peso e satisfatória resistência mecânica.

## Referências

ADVENTURE SPORTS FAIR. Novidades do Mercado: *Board Sports* apontam alto potencial de crescimento no mercado brasileiro. Disponível em: <<http://www.adventurefair.com.br/noticias/novidades-do-mercado/board-sports-apontam-alto-potencial-de-crescimento-no-mercado-brasileiro->>. Acesso em: 29 nov. 2013.

AGENCIA B2. Rafael Mello. Skate: transgressão, espetáculo e consumo. Disponível em: <<http://www.b2agencia.com.br/blog/index.php/2011/07/29/skate-transgressao-espetaculo-e-consumo/>>. Acesso em: 10 dez. 2013.

ARMBRUST, I. O skate associado às dimensões educacionais. III Congresso Brasileiro de Esporte de. ANAIS III CBAA. Espírito Santo, 2008.

BRANDÃO, Leonardo. Entre a marginalização ea esportivização: elementos para uma história da juventude skatista no Brasil. **Recorde: Revista do História do Esporte**, v. 1, n. 2, p. 5, 2008.

BROOKE, M. *The concrete wave: the history of skateboarding*. EUA: Warwick House Publishing, 1999.

CALEGARI, E. P.; OLIVEIRA, B. F. Um estudo focado na relação entre design e materiais. **Projetica**, v. 4, n. 1, p. 49-64, 2013.

CBSK – Confederação Brasileira de Skate. Disponível em: <http://www.cbsk.com.br>. Acesso em: 24 set. 2013.

DEVINE, D. A.; BUAKE, R. J. **Skateboard Assembly**. U.S. Patent Application 12/542,480, 17 ago. 2009.

DIAS, G. O. *Skateboard para além do esporte: manifestação social e movimento cultural*. Monografia de Ciências Sociais - Universidade de Brasília, 2011.

FERROLI, P. C. M.; LIBRELOTTO, L. I. Uso de modelos e protótipos para auxílio na análise da sustentabilidade no Design de Produtos. **GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, Ano 7, nº 3, p. 107-125, jul-set, 2012.

FRESHOME, Design & Architecture. Disponível em: <<http://freshome.com/2010/07/07/25-functional-furniture-designs-inspired-by-skateboards/>>. Acesso em: 31 nov. 2013.

GALLIANO, L. M.; MAYER, S. Motivos que levam os skatistas a prática do esporte: Um estudo comparativo entre os estados do Paraná e Rio Grande do Sul. **FIEP Bulletin On-line**, v. 79, n. 2, 2009.

HURLEY. Reciclando o Carrinho. Disponível em: <<http://www.hurley.com.br/assunto/shapes/>>. Acesso em: 31 nov. 2013.

MACHADO, G. M. C. De *skate* pela cidade: quando o importante é (não) competir. **Cadernos de campo**, São Paulo, n. 21, p. 171-188, 2012.

MBART. Artists - Hugh Holland, 1975 Disponível em: <[http://www.mbart.com/artists/\\_Hugh%20Holland/\\_other%20works/](http://www.mbart.com/artists/_Hugh%20Holland/_other%20works/)>. Acesso em: 01 dez. 2013.

MONSTERSPORSTS. *Shape longboard* Agace Speed 1. Disponível em: <<http://www.monstersports.com.br/shape-longboard-agace-speed-1>>. Acesso em: 09 dez. 2013.

MORESCHI, J.C. Propriedades tecnológicas da madeira. **Manual didático**. Universidade Federal do Paraná. 169p. 2005.

PETER, P. M. Mar de asfalto: A pista de skate da Ermida Dom Bosco. Dissertação de Graduação em Ciências Sociais. Universidade de Brasília, 2009

REIS, D. C. et al. Características cinemáticas da marcha de um atleta profissional de *skate* vertical. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2006.

ROZENFELD, H. et al. Gestão de Desenvolvimento de Produtos – uma referência para melhoria do processo. São Paulo: Saraiva, 2006.

SANTOS, M. M. L. Efeitos do feedback extrínseco na performance da manobra ollie do município de Irati-PR. Monografia de Licenciatura em Educação Física - Universidade Federal do Centro-Oeste. Irati, 2008

SEIVA BOARDS. Coleção Essentia. Disponível em: <<http://www.seivaboards.com/p/A+Cole%C3%A7%C3%A3o+%22ESSENTIA%22,4>>. Acessado em: 24 set. 2013.

SIEBERT. *Siebert Woodkraft Surfboards*. Disponível em: <<http://www.siebetsurfboards.com/skates.shtml#!prettyPhoto>>. Acesso em: 01 dez. 2013.

SKATEBOARD MAGAZINE, From Plank to Popsicle, 2002. Wrote and researched article with Paul Schmitt, built graphics for Skateboarder Quirk. Disponível em: <[http://www.deadhippieportfolio.com/storage/Quirk\\_Board\\_Shapes.jpg](http://www.deadhippieportfolio.com/storage/Quirk_Board_Shapes.jpg)>. Acesso em: 24 set. 2013.

SKATEBOARDHERE. Skateboard decks. Disponível em: <<http://www.skateboardhere.com/skateboard-decks.html>>. Acesso em: 09 dez. 2013.

SKATETERRA. Componentes do Skate. Disponível em: <<http://skateterra.blogspot.com.br/2013/04/componentes-do-skate.html>>. Acesso em: 30 jan 2014.

### **3 Conclusão Geral**

Ao fim deste trabalho, pode-se considerar que a pesquisa realizada e a experiência vivenciada mostraram-se positivas e enriquecedoras para o conhecimento profissional, desde o estudo aplicado na qualidade de produtos engenheirados de madeira até ao processo de confecção de protótipo do produto. Contudo, a importância e influência do estudo das propriedades dos materiais são fundamentais para a seleção mais apropriada do material de acordo com as características agregadas para obter eficiência durante o desenvolvimento de produtos à base de madeira.

#### **4 Recomendações Técnicas**

O presente trabalho possibilita e incentiva novos estudos relacionados às utilizações de painéis de madeira laminada e sua aplicabilidade diversificada, visando o desenvolvimento de novos produtos engenheirados à base de madeira e a possibilidades de novos mercados produtivos.

### Referências Gerais

ARMBRUST, I. O skate associado às dimensões educacionais. III Congresso Brasileiro de Esporte de. ANAIS III CBAA. Espírito Santo, 2008.

BALDWIN, R. F. **Plywood Manufacturing Practices**. San Francisco: Miller Freeman, 388 p.1995.

GALLIANO, L. M.; MAYER, S. Motivos que levam os skatistas a prática do esporte: Um estudo comparativo entre os estados do Paraná e Rio Grande do Sul. **FIEP Bulletin On-line**, v. 79, n. 2, 2009.

ZENID, G. J. et al. Madeira: uso sustentável na construção civil – 2ª ed. São Paulo, Publicação IPT, 2009.

## **Apêndices**

Apêndice A – Análise de variância para variável massa específica nos tratamentos avaliados

<b>Fonte de Variação</b>	<b>Soma dos Quadrados</b>	<b>GL</b>	<b>Quadrado Médio</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
<b>Entre os Grupos</b>	0,00129333	2	0,000646667	0,80	0,4544
<b>Dentro dos grupos</b>	0,0337867	42	0,000804444		
<b>Total</b>	0,03508	44			

Apêndice B – Análise de variância para variável absorção de água nos tratamentos avaliados

<b>Fonte de Variação</b>	<b>Soma dos Quadrados</b>	<b>GL</b>	<b>Quadrado Médio</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
<b>Entre os Grupos</b>	679,747	2	339,874	13,36	0,0000
<b>Dentro dos grupos</b>	1297,67	51	25,4445		
<b>Total</b>	1977,42	53			

Apêndice C – Análise de variância para variável recuperação em espessura nos tratamentos avaliados

<b>Fonte de Variação</b>	<b>Soma dos Quadrados</b>	<b>GL</b>	<b>Quadrado Médio</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
<b>Entre os Grupos</b>	15,9825	2	7,99123	1,34	0,2798
<b>Dentro dos grupos</b>	142,734	24	5,94726		
<b>Total</b>	158,717	26			

Apêndice D – Análise de variância para variável inchamento mais recuperação em espessura nos tratamentos avaliados

<b>Fonte de Variação</b>	<b>Soma dos Quadrados</b>	<b>GL</b>	<b>Quadrado Médio</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
<b>Entre os Grupos</b>	88,9376	2	44,4688	5,81	0,0087
<b>Dentro dos grupos</b>	183,589	24	7,64956		
<b>Total</b>	272,527	26			

Apêndice E – Análise de variância para variável módulo de ruptura paralelo nos tratamentos avaliados

<b>Fonte de Variação</b>	<b>Soma dos Quadrados</b>	<b>GL</b>	<b>Quadrado Médio</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
<b>Entre os Grupos</b>	1492,18	2	746,092	2,98	0,0812
<b>Dentro dos grupos</b>	3752,88	15	250,192		
<b>Total</b>	5245,06	17			

Apêndice F – Análise de variância para variável módulo elasticidade paralelo nos tratamentos avaliados

<b>Fonte de Variação</b>	<b>Soma dos Quadrados</b>	<b>GL</b>	<b>Quadrado Médio</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
<b>Entre os Grupos</b>	2,877697	2	1,438857	6,44	0,0096
<b>Dentro dos grupos</b>	3,35137	15	2,23426		
<b>Total</b>	6,2297	17			

Apêndice G – Análise de variância para variável resistência ao cisalhamento na linha de cola teste seco nos tratamentos avaliados

<b>Fonte de Variação</b>	<b>Soma dos Quadrados</b>	<b>GL</b>	<b>Quadrado Médio</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
<b>Entre os Grupos</b>	3,3293	2	1,66465	3,35	0,0448
<b>Dentro dos grupos</b>	20,8896	42	0,497371		
<b>Total</b>	24,2189	44			

Apêndice H – Análise de variância para variável resistência ao cisalhamento na linha de cola teste úmido nos tratamentos avaliados

<b>Fonte de Variação</b>	<b>Soma dos Quadrados</b>	<b>GL</b>	<b>Quadrado Médio</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
<b>Entre os Grupos</b>	1,37033	2	0,685167	1,07	0,3519
<b>Dentro dos grupos</b>	26,8741	42	0,639861		
<b>Total</b>	28,2445	44			