



**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**  
**“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”**  
Campus Experimental de Itapeva

**THIAGO OLIVEIRA DOS SANTOS**

**PROJETO E CONSTRUÇÃO DE UMA MÁQUINA DE  
SECCIONAMENTO LONGITUDINAL DE BAMBU**

Itapeva - SP  
2015

**THIAGO OLIVEIRA DOS SANTOS**

**PROJETO E CONSTRUÇÃO DE UMA MÁQUINA DE  
SECCIONAMENTO LONGITUDINAL DE BAMBU**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Câmpus de Itapeva, como parte dos requisitos para a conclusão do curso de Engenharia Industrial Madeireira.

Orientador: Prof. Dr. Daniel Villas Bôas

Co-orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Juliana Cortez Barbosa

Itapeva - SP  
2015

Santos, Thiago Oliveira dos  
S237p Projeto e construção de uma máquina de seccionamento longitudinal de bambu / Thiago Oliveira dos Santos. -- Itapeva, SP, 2015

63 f. : il.

Trabalho de conclusão de curso (bacharelado - Engenharia Industrial Madeireira) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Campus Experimental de Itapeva, 2015  
Orientador: Daniel Villas Boas  
Co-orientadora: Juliana Cortez Barbosa  
Banca examinadora: Cristiane Inácio de Campos, Júlio César Molina  
Bibliografia

1. Usinagem. 2. Bambu. 3. Maquinas-Ferramenta. I. Título.

CDD 621.9

**THIAGO OLIVEIRA DOS SANTOS**

**PROJETO E CONSTRUÇÃO DE UMA MÁQUINA DE  
SECCIONAMENTO LONGITUDINAL DE BAMBU**

Trabalho de Conclusão de Curso para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Industrial Madeireira, da Universidade Estadual Paulista - UNESP - Campus Experimental de Itapeva.

**BANCA EXAMINADORA**

Orientador: \_\_\_\_\_

Prof. Dr. Daniel Villas Bôas

Universidade Estadual Paulista - UNESP - Campus Experimental de Itapeva.

2º Examinador: \_\_\_\_\_

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Cristiane Inácio de Campos

Universidade Estadual Paulista - UNESP - Campus Experimental de Itapeva.

3º Examinador: \_\_\_\_\_

Prof. Dr. Júlio Cesar Molina

Universidade Estadual Paulista - UNESP - Campus Experimental de Itapeva.

Itapeva, 15 de junho de 2015.

Dedico aos meus pais, Aparecido Vilela dos Santos e Maria Aparecida de Oliveira dos Santos, e ao meu irmão, Diego de Oliveira Santos.

## AGRADECIMENTOS

Inicialmente, agradeço a Deus pela força e determinação adquirida durante toda essa jornada de tornar-me um profissional competente.

Agradeço os meus pais, Aparecido Vilela dos Santos e Maria Aparecida de Oliveira dos Santos, e ao meu irmão, Diego de Oliveira dos Santos. Sem eles não teria conseguido chegar até este momento importante na minha vida.

Agradeço também aos docentes Prof. Dr. Manoel Cléber de Sampaio Alves e Prof. Dr. Daniel Villas Bôas e ao discente Diego Alba Collinetti, que foi um grande companheiro nesta enorme jornada, na orientação do meu Trabalho de Graduação.

Aos técnicos Tiago Matos Andrés e David José Tenório de Aquino pelo auxílio no desenvolvimento do projeto de pesquisa.

Ao cursinho pré-vestibular “Cuca Fresca” e aos seus membros, principalmente a Professora Doutora Maria Angélica Martins Costa, que me ensinaram grandes lições de vida. Sendo, para mim, a maior oportunidade e experiência que poderia ter vivido dentro da universidade.

Aos meus grandes companheiros que moraram comigo na incrível República de estudantes “Rep Kebra Kabaça”: André Gomes, Clayton Santos Moreira, Clóvis Junior, Luiz Fernando (Piracy), Rogério Migita, Walter Jr e Rafael Dellani. E também os vários agregados que nos ajudaram em vários momentos, como: Rodrigo Araújo Barros, João Marcos (Lego), Renann Rangel Araújo (grande parceiro durante o cursinho Cuca Fresca), Renato Melo e Tiago Hendrigo.

Agradeço, também, à Santana Embalagens, por ter me concedido a oportunidade de ingressar no estágio supervisionado, à Érika Bergamini Ern e ao Senhor César Augusto Ern, que me acompanharam e orientaram durante todo o período e que devo muito por ter aprimorado meus conhecimentos.

Agradeço a todos, meus amigos, professores e colaboradores do Campus Experimental de Itapeva – UNESP, em especial a Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Juliana Cortez Barbosa, que me ajudou em várias oportunidades como no grupo PET, estágio e na elaboração do projeto de pesquisa do meu Trabalho de Graduação.

“Quanto mais longe for seu sonho, menor será sua concorrência.”

Prof. Dr. Elison Matioli

## RESUMO

Esse trabalho surge com o intuito de apresentar o desenvolvimento de uma máquina de corte longitudinal para o processamento de bambu laminado colado (BLC). Esta máquina é muito requisitada no mercado oriental, principalmente em países como China e Índia, devido ao grande consumo deste recurso renovável como matéria-prima para diversos produtos e aplicações. Para o funcionamento deste equipamento foi necessário um conjunto de facas estrelas com números de lâminas diferenciados que são selecionados e fixados na máquina e um sistema de transmissão. O desenvolvimento da máquina foi dividido em diferentes etapas: estágio de definição, projeto preliminar, projeto detalhado, seleção de materiais e fabricação. Este equipamento poderá ser introduzido na linha de produção de painéis de bambu laminado colado, cujo grande diferencial é controlar o desperdício de matéria-prima, custos operacionais, conferir maior segurança e proteção ao operador.

**Palavras-chave:** Bambu, corte longitudinal, bambu laminado colado.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Sequência de corte do bambu em taliscas com faca de múltiplo corte.....	14
Figura 2 - Máquina de seccionamento longitudinal de bambu. ....	15
Figura 3 - Balanço entre a oferta e a demanda de madeira de Pinus no Brasil .....	16
Figura 4 – Corte longitudinal de bambu .....	16
Figura 5 - Corte transversal de bambu.....	17
Figura 6 - Broto obs. 1º dia= 0,5 m.....	20
Figura 7 - Crescimento vertical rápido.....	21
Figura 8 - Observação 10º dia=2,09m.....	21
Figura 9 - Observação, 17º dia=4,53m.....	21
Figura 10 - Galpão construído com estrutura de Bambu e conexões metálicas .....	24
Figura 11 - Estufa Ecológica desenvolvida pelo CPRA.....	25
Figura 12 - Cerca em forma de fileiras .....	25
Figura 13 - Lâminas, lascas, ripas, taliscas e partículas de bambu (Adaptada).....	26
Figura 14 - Fluxograma de ripa de bambu como matéria-prima e produtos derivados .....	28
Figura 15 - Fluxograma de fabricação do BLC, adaptado.....	29
Figura 16- Laminador longitudinal desenvolvido na UTFPR .....	30
Figura 17 - Processos para painel laminado trançado colado.....	31
Figura 18 - Bambu laminado trançado (a). Painel de bambu laminado trançado colado (b). .....	31
Figura 19 - a) e b) Bancos e buffet em bambu laminado colado plano; c) Criado mudo em bambu laminado colado plano.....	32
Figura 20 - a) Cadeira Yolanda, de GERARD MINAKAWA para a empresa Ukao; b) Mesas e assento (cadeira) de bambu laminado curvos de DOMINIC MUREN, Chicago.....	32
Figura 21 - Ambientes com pisos de bambu.....	33
Figura 22 - Corte manual do bambu com a faca estrela .....	33
Figura 23 - Corte do bambu através de máquina .....	34
Figura 24 - Corte de colmo de bambu com “facão” e macete.....	34

Figura 25 - a) Faca estrela lâminas b) Ilustração de operação da faca estrela. ....	35
Figura 26 - Corte longitudinal do bambu, uso de faca tipo estrela. ....	37
Figura 27 - Máquina de corte longitudinal com jogo de facas tipo estrela. ....	37
Figura 28 - Elementos principais da máquina seccionadora longitudinal de bambu .....	38
Figura 29 - Equipamento para corte longitudinal do bambu. ....	38
Figura 30 - Perfis metálicos para construção da estrutura da máquina de corte longitudinal de bambu. ....	41
Figura 31 - Motor de 1,5 CV utilizado na máquina de corte longitudinal de bambu. .	41
Figura 32 - Peças da máquina de corte longitudinal de bambu.....	42
Figura 33 - Máquina de serra fita para aço.....	43
Figura 34 - Projeto da máquina de corte longitudinal de bambu .....	43
Figura 35 - Construção da máquina de seccionamento longitudinal de bambu .....	44
Figura 36 - Representação das molas .....	45
Figura 37 - Representação da roda.....	46
Figura 38 - Projeto da ferramenta de corte longitudinal .....	47
Figura 39 - Etapas de fabricação e montagem da ferramenta .....	48
Figura 40 - Conexão da corrente com o bloco de condução.....	49
Figura 41 - Sistema de ajuste de folga da transmissão das correias. ....	50
Figura 42 - Sistema de ajuste de folga da transmissão da corrente das rodas dentadas.....	50
Figura 43 - Máquina para seccionamento longitudinal de bambu desenvolvida na UNESP de Itapeva. ....	51
Figura 44 - Ensaio da máquina para seccionamento longitudinal de bambu .....	51
Figura 45 - Posições de medidas das talisca obtidas nos ensaios preliminares. ....	52
Figura 46 - Resultados dos ensaios realizados na máquina de seccionamento longitudinal de bambu. ....	54
Figura 47 - Apresentação dos ensaios preliminares .....	55
Figura 48 - Apresentação do 5° ensaio.....	55
Figura 49 - Transmissão de correias sem proteção da máquina.....	56

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Acompanhamento do crescimento de brotos de bambu no Parque Municipal de Maceió - em metros.....	22
Tabela 2 - Propriedades mecânicas do bambu, pinus e concreto.....	23
Tabela 3 - Resistência mecânica de amostras de bambu laminado colado.....	27
Tabela 4 - Resumo estatístico da largura das taliscas obtidas na operação de corte com “facão” .....	35
Tabela 5 - Tempos médios da operação de corte com facão.....	35
Tabela 6 - Resumo estatístico das medidas de largura das tábuas feitas com a faca tipo estrela.....	36
Tabela 7 - Tempos médios corte com faca estrela (6 tábuas simultâneas) .....	36
Tabela 8- Sequência do processo de fabricação dos componentes da ferramenta ..	46
Tabela 9 - Sequência do processo de fabricação dos componentes da ferramenta .	47
Tabela 10 - Dimensões da ferramenta .....	48
Tabela 11 - Resultados do 1° ensaio (mm).....	52
Tabela 12 - Resultados do 2° ensaio (mm).....	53
Tabela 13 - Resultados do 3° ensaio (mm).....	53
Tabela 14 - Resultados do 4° ensaio (mm).....	54

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
<b>1.2 Justificativa.....</b>	<b>15</b>
<b>2. OBJETIVO .....</b>	<b>18</b>
<b>2.1 Geral .....</b>	<b>18</b>
<b>2.2 Específicos .....</b>	<b>18</b>
<b>3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>19</b>
<b>3.1 Bambu .....</b>	<b>19</b>
3.1.1 Matéria-prima (bambu).....	19
3.1.2 Características do Bambu .....	20
3.1.3 Espécies Prioritárias.....	23
3.1.4 Diversos usos e aplicações do bambu .....	24
<b>3.2 Bambu laminado colado .....</b>	<b>26</b>
3.2.1 Introdução .....	26
3.2.2 Processo de fabricação .....	27
3.2.3 O uso do bambu laminado colado.....	32
<b>3.3 Equipamento.....</b>	<b>33</b>
3.3.1 Faca estrela.....	33
3.3.2 Máquina de usinagem longitudinal de bambu ( <i>machine splitter</i> ).....	36
3.3.3 Mercado nacional de máquina para manufatura de bambu .....	38
<b>3.4 Considerações finais da Referência Bibliográfica .....</b>	<b>39</b>
<b>4. PROJETO DO CONJUNTO.....</b>	<b>40</b>
<b>4.1 Metodologia e Desenvolvimento.....</b>	<b>40</b>
<b>4.2 Desenvolvimento da máquina de usinagem longitudinal de bambu .....</b>	<b>40</b>
4.2.1 Estágio de Definição.....	40
4.2.2 Projeto Preliminar .....	40
4.2.3 Projeto Detalhado.....	41
4.2.4 Seleção de Materiais .....	41
4.2.5 Fabricação da Máquina .....	43
4.2.5.1 Desenvolvimento do Protótipo.....	43

4.2.5.2 Produção e Montagem .....	44
<b>4.3 Desenvolvimento da Faca estrela.....</b>	<b>45</b>
4.3.1 Projeto da Ferramenta.....	45
4.3.2 Seleção de Materiais .....	45
4.3.3 Fabricação da Ferramenta .....	46
4.3.4 Montagem da Ferramenta .....	46
<b>4.3 Projeto final.....</b>	<b>47</b>
<b>5. ENSAIOS PRELIMINARES E RESULTADOS .....</b>	<b>49</b>
<b>5.1 Simulação .....</b>	<b>49</b>
<b>5.2 Ensaio Preliminares .....</b>	<b>51</b>
<b>5.3 Resultados e Discussão .....</b>	<b>55</b>
<b>6. CONCLUSÃO .....</b>	<b>57</b>
<b>7. BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>58</b>

## 1. INTRODUÇÃO

No Brasil o bambu surge como um material alternativo para setor madeireiro, mas existe uma grande dificuldade de sua aplicação no mercado nacional, devido ao pouco incentivo em pesquisa nas instituições do ramo lignocelulósicos.

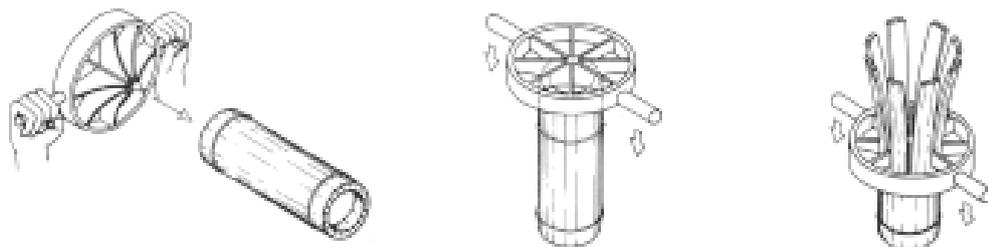
Uma das alternativas da aplicação do bambu está na produção de painéis de bambu laminado colado, conhecido pela sigla BLC, que substitui os painéis tradicionais à base de madeira. O painel é formado por bambu em forma de lâminas, ripas, lascas ou partículas de bambu, unidas por adesivo sobre pressão. A sua aplicação como chapa atende vários produtos construtivos, tais como: pisos em geral, mobiliários, fabricação de casas, etc.

Dentre os maiores produtores e detentores de tecnologia na produção do BLC destacam-se os países asiáticos. A China pode ser citada como exemplo. No Brasil esse material ainda não ganhou ascensão no mercado.

A proposta deste trabalho é aprimorar o processamento mecânico do bambu, por meio do desenvolvimento de uma máquina de seccionamento longitudinal, para a fabricação de bambu laminado colado. Essa máquina já é utilizada no mercado asiático, pois existem extensas áreas de plantio e florestas naturais de bambu, o que favorece o consumo deste recurso natural como matéria-prima em aplicações industriais.

O corte do bambu em tiras é uma das operações necessárias para o uso em escala industrial. Assim, o componente primordial da máquina é o corte longitudinal realizada com faca estrela. Como ilustrado na Figura 1, essa ferramenta foi desenvolvida no Oriente para utilização no corte longitudinal do bambu, a fim de se obter taliscas, e substituir o “facão” com maior precisão, velocidade e segurança.

Figura 1 - Sequência de corte do bambu em taliscas com faca de múltiplo corte



Fonte: CARDOSO JUNIOR, 2000.

A faca estrela pode ser utilizada de forma automatizada, dependendo do diâmetro externo do bambu e atribuição do material. É necessário utilizar uma ou mais facas variando-se o número de lâminas. Portanto, a faca deve ser fixada a uma das extremidades da máquina, e um empurrador localizado na outra extremidade, tem a função de pressionar o bambu contra as lâminas para dividir o colmo em tiras, conforme a Figura 2.

Figura 2 - Máquina de seccionamento longitudinal de bambu.



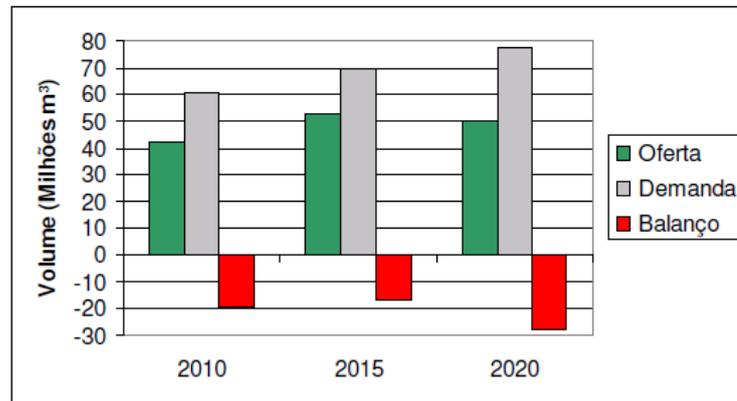
Fonte: <http://truewaytraders.com/incense-stick-machines/>

## 1.2 Justificativa

Os produtos à base de materiais renováveis vêm crescendo no mercado brasileiro e a cada ano apresenta aumento nos índices de demanda e também de produção. No entanto, na procura de materiais lignocelulósicos ocorre um desequilíbrio entre oferta e demanda, especialmente o da madeira, que se agrava pelas restrições do corte e manejo de algumas espécies.

A Figura 3 mostra o desequilíbrio em um breve período, o qual poderá desencadear o chamado “Apagão Florestal”, caso medidas preventivas não sejam aplicadas para resolver essa possível crise. Assim, frente a este panorama, agravam-se as preocupações com projeções de expansão das indústrias de base florestal.

Figura 3 - Balanço entre a oferta e a demanda de madeira de Pinus no Brasil



Fonte: BERNDSEN, 2008.

O bambu aparece como material alternativo no setor madeireiro, mas sua aplicação ainda é baixa no mercado nacional devido à falta de incentivo em pesquisas para fabricação, especialmente em relação ao corte. Como material apresenta uma condição de resistência associada à leveza, este apresenta elevados valores para as propriedades mecânicas e consequentemente tem aplicação em diversas áreas, como construção civil, fabricação de trens e indústria de móveis. No entanto, o processo de corte do bambu no Brasil, na sua maioria, ainda é realizado por faca ou serramento dos colmos no sentido transversal (Figura 4 e 5).

Figura 4 – Corte longitudinal de bambu



Fonte: <http://www.aquarismopzu.com.br>

Figura 5 - Corte transversal de bambu



Fonte: <http://manualidadesforlayn.blogspot.com.br>

Os alunos e professores do curso de Engenharia Industrial Madeireira do Campus Experimental de Itapeva da UNESP estão empenhados no aprimoramento de novas tecnologias para o processamento de bambu no setor madeireiro, a fim de se obter recursos alternativos para atender as necessidades e perspectivas do mercado nacional.

## **2. OBJETIVO**

### **2.1 Geral**

O objetivo deste trabalho foi o desenvolvimento de uma máquina para seccionamento longitudinal de bambu que atenda os requisitos de segurança, e estimulasse o crescimento tecnológico do processamento de bambu no Brasil. Esse equipamento será aplicado no primeiro estágio de processamento do bambu laminado colado.

### **2.2 Específicos**

Os objetivos específicos são:

- Desenvolver o projeto e a construção de uma máquina para seccionamento longitudinal de bambus, visando a obtenção de taliscas.
- Estimular a utilização do bambu processado no Brasil.
- Projetar e desenvolver uma faca estrela.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste tópico trata sobre referências sobre o bambu, bambu laminado colado e equipamentos para produção de taliscas de bambus.

#### 3.1 Bambu

O Bambu, nesta etapa, é apresentado com suas vantagens e principais propriedades vinculadas, como matéria-prima, na produção de bambu laminado colado.

##### 3.1.1 Matéria-prima (bambu)

Os maiores consumidores e produtos de manufaturas de produtos a base de bambu são os países da Ásia, principalmente a China e a Índia. O bambu está presente há milênios na cultura asiática, mas no Brasil ainda é pouco explorado como matéria-prima na aplicação industrial. No entanto, é muito utilizado em vários países, principalmente no oriente, na construção civil e na área moveleira (BERNDSSEN, 2008).

Novas tecnologias e pesquisas estão surgindo, com a preocupação da preservação do meio ambiente, para o uso de novos materiais de fonte naturais, como o bambu que pode substituir de forma adequada e com qualidade materiais presentes no mercado nacional, como a madeira (MARINHO et al., 2013).

O bambu surge como alternativa de matéria-prima no uso industrial, devido ao crescimento do consumo da madeira, diminuição da sua disponibilidade e elevação do seu preço. Portanto, pesquisas com tecnologias para processar materiais naturais e renováveis são realizadas para atender as necessidades do setor madeireiro (MARINHO, 2012).

O bambu é considerado um material renovável e sustentável, devido às condições de crescimento rápido e não replantio após o corte. A China possui uma produção de oito milhões de toneladas de bambu por ano. No Brasil, a falta de incentivo para conhecimentos científicos e tecnológicos faz com que o bambu seja pouco utilizado (BERNDSSEN, 2008).

Nos últimos anos o bambu tem despertado pesquisas em outras áreas, como a de construção civil para diminuir o consumo de aço e cimento, motivado pelas suas características físicas e renováveis (BERALDO et al., 2010).

Uma das dificuldades do emprego de bambu na produção nacional, é a adaptação da tecnologia empregada no beneficiamento da madeira, para a usinagem de bambu. As espécies de bambus possuem teores de sílica mais elevadas do que as espécies de madeira, o que provoca o aumento do desgaste da ferramenta de corte (SARTO, 2012).

### 3.1.2 Características do Bambu

De acordo com Berndsen (2008) o bambu é uma excelente matéria-prima industrial por possuir característica agrônômica (alta velocidade de crescimento), e tecnológica (possui colmos constituídos por feixes fibrovasculares revestidas por tecidos parenquimáticos). Segundo Beraldo et al (2010) a resistência à compressão axial pode variar entre 31MPa a 72 MPa.

O Bambu possui uma fácil propagação em áreas reduzidas, e pode obter-se produção em alta escala (RIVERO; BERALDO, 2003). Silva; Pereira e Silva (2011), em seus estudos morfológicos de bambus na cidade de Maceió – Alagoas, constataram um crescimento médio diário de 0,17m para 10 amostras de bambu, como pode ser visto nas Figuras 6 a 9.

Figura 6 - Broto obs. 1º dia= 0,5 m



Fonte: SILVA, PEREIRA E SILVA, 2011.

Figura 7 - Crescimento vertical rápido



Fonte: SILVA, PEREIRA E SILVA, 2011.

Figura 8 - Observação 10º dia=2,09m.



Fonte: SILVA, PEREIRA E SILVA, 2011.

Figura 9 - Observação, 17º dia=4,53m.



Fonte: SILVA, PEREIRA E SILVA, 2011.

A Tabela 1 mostra o acompanhamento de crescimento das 10 amostradas estudadas pelos Silva, Pereira e Silva (2011).

Tabela 1 - Acompanhamento do crescimento de brotos de bambu no Parque Municipal de Maceió - em metros

INDIVÍDUOS	DIAS					CRESCIMENTO PERÍODO (m)	CRESCIMENTO MÉDIO/DIA (m)
	1°	3°	7°	10°	17°		
1	0,57	0,94	1,54	2,09	3,47	2,9	0,18
2	0,58	0,82	1,47	1,87	3,46	2,88	0,18
3	1,3	1,69	2,84	3,16	4,59	3,29	0,21
4	1,76	2,39	3,28	3,67	6,29	4,53	0,28
5	0,84	1,16	1,96	2,29	3,39	2,55	0,16
6	0,81	1,12	1,75	2,1	3,22	2,41	0,15
7	0,49	0,49	0,49	0,97	2,56	2,07	0,13
8	0,36	0,76	1,61	2,32	4,11	3,75	0,23
9	0,29	0,29	0,37	0,49	1,06	0,77	0,05
10	0,41	0,51	0,77	1,17	2,46	2,05	0,13

FONTE: SILVA; PEREIRA; SILVA, 2011.

Pereira (2012) destaca que o bambu deve ser colhido quando estiver maduro, entre 3 e 5 anos dependendo da espécie e do clima, e os considerados imaturos devem ficar na moita até completar o período de maturação. No período entre 3 e 7 anos encontra-se os maiores valores de resistência dos colmos de bambu.

Segundo RIVERO, MORETON e GOMES (2010) as propriedades mecânicas do bambu dependem de vários fatores internos e externos, como ocorre com a madeira, perante as condições ambientais, silvicultura, período de colheita, ano de corte, teor de umidade, região de plantio, etc.

Dessas propriedades destaca-se a idade do bambu. Quanto maior o tempo de crescimento, melhores são as propriedades mecânicas, quando se trata do bambu como elemento estrutural. Mesmo com massa específica reduzida, o bambu tem boa resistência mecânica, além de consumir pouca energia entre plantio e corte (Tabela 2).

Tabela 2 - Propriedades mecânicas do bambu, pinus e concreto.

<b>Características</b>	<b>Bambu</b>	<b>Pinus</b>	<b>Concreto</b>
Massa específica (kg/m <sup>3</sup> )	580 – 700	530	2400
Tração axial (kgf/cm <sup>2</sup> )	2400	1000	20
Compressão axial (kgf/cm <sup>2</sup> )	1200	1200	240
Energia de produção (Mj/m <sup>2</sup> )	30	80	240

FONTE: RIVERO; MORETON; GOMES, 2010.

Marinho (2013) afirma que o bambu pode ser replantado em todas as regiões do país, pois seu plantio não necessita de grande tecnologia, e a colheita traz vantagens para o bambual (touceira de bambu). Segundo Pereira Neto (2009) o bambu é facilmente transportado devido ao peso reduzido.

### 3.1.3 Espécies Prioritárias

Segundo Sarto (2012) existem 75 gêneros e 1250 espécies de bambus no mundo. No Brasil há aproximadamente de 10 gêneros a 80 espécies. O bambu pode ser encontrado no mundo todo com exceção da Europa, porque existem poucas explorações de bambu dentro do território europeu.

De acordo com Beraldo (2010) e Marinho (2012), todas as espécies trazidas pelos imigrantes ao Brasil, adaptaram-se bem em todas as regiões do país. As espécies que se destacam são as dos gêneros *Bambusa*, *Dendrocalamus* e *Phyllostachys*.

Segundo Sarto (2012), o *Bambusa vulgaris* é a espécie que se destaca como matéria-prima para comercialização, principalmente para produção de celulose. A região nordeste no Brasil é a principal produtora desta espécie, ocupando de 35.000 – 40.000ha. As espécies normalmente comercializadas, são:

- Polpa celulósica: *Bambusa vulgaris*, *Phyllostachys bambusoides*, *Dendrocalamus giganteus*;
- Álcool: *Bambusa vulgaris*, *Guadua flabelata*, *Bambusa vulgaris var. vittata*;
- Alimentação: *Phyllostachys sp.*, *Dendrocalamus sp.*, *Bambusa sp.*;

- Construção civil: *Phyllostachys sp*, *Guadua sp*, *B. tuldoides*, *D. giganteus*.

#### 3.1.4 Diversos usos e aplicações do bambu

O bambu com suas características de rápido crescimento, em torno de 3 a 5 anos, e elevados valores de resistência pode ser uma alternativa para o setor madeireiro brasileiro. Assim, o bambu poderá ganhar espaço como matéria-prima na produção de painéis, com a implantação de novas tecnologias (MARINHO, 2012).

Na Índia o bambu é fonte de matéria-prima para produção de celulose e papel, mas possui desvantagens devido aos seus altos teores de extrativos e sílica, para produção de celulose no Brasil (SARTO, 2012).

Há nações que sabem aproveitar as características do bambu para aplicação tradicional ou industrial. Por isso é utilizado como matéria-prima em várias áreas, como: indústria de álcool, indústria alimentícia, indústria de celulose, construção civil, conservação de ecossistemas (exemplo: combate à erosão, com o plantio de bambu em encostas), artesanato, movelaria, irrigação e drenagem, embarcações, medicinal (anti-hemorrágico), ornamentação e paisagismo (PEREIRA NETO et al., 2009).

De acordo com Pereira Neto et al. (2009), a planta é importante para diversas áreas, destacando-se na sustentabilidade e desenvolvimento rural, principalmente nas construções rurais (Figuras 10 a 12).

Figura 10 - Galpão construído com estrutura de Bambu e conexões metálicas



Fonte: PEREIRA NETO et al., 2009.

Figura 11 - Estufa Ecológica desenvolvida pelo CPRA.



Fonte: PEREIRA NETO et al., 2009.

Figura 12 - Cerca em forma de fileiras



Fonte: PEREIRA NETO et al., 2009.

Lima (2014) destaca que o desenvolvimento do bambu laminado colado elimina problemas normalmente encontrados na planta, como a de cisalhamento e geometria, o que permite que haja utilização na fabricação de peças estruturais.

Moizes (2007) destaca que os painéis podem ter como matéria-prima lâminas, ripas, lascas, partículas, fibras e outros materiais derivado do bambu (Figura 13). As taliscas, normalmente, servem para obtenção de ripas para produção de bambu laminado colado.

Figura 13 - Lâminas, lascas, ripas, taliscas e partículas de bambu (Adaptada).



FONTE: MOIZÉS, 2007.

### 3.2 Bambu laminado colado

#### 3.2.1 Introdução

Poucas são as referências na literatura que abordam o bambu laminado como assunto principal de pesquisa, dentre essas se destacam alguns autores como: Barelli (2009), Ostapiv (2007), Rivero (2003), Ferreira (2007), Oliveira (2006), Ribeiro (2008), Espelho (2007) (BERALDO et al., 2010).

No Brasil a fabricação do bambu laminado colado (BLC) ainda se encontra em fase inicial, mas como é considerado um material sustentável, os produtos de BLC tendem a crescer no mercado nacional. A ascensão do BLC será pelas características como: baixo custo de matéria-prima e produção, textura atrativa, resistência e bom isolamento acústico (BARELLI; PEREIRA; LANDIM, 2008). Ainda pode ser aplicado na produção de móveis em série, e substituição de

móveis de madeira maciça, devido à boa resistência mecânica e bons aspectos estéticos (JÚNIOR, 2008).

Moizés (2007) cita em seu trabalho que Gonçalves (2000) utilizou normas adaptadas de madeira, para fazer análise das propriedades mecânicas das espécies de *Dendrocalamus giganteus*, com no mínimo três anos de idade, conforme o Tabela 3. Os experimentos condizem com a literatura que aborda ensaios com o bambu.

Tabela 3 - Resistência mecânica de amostras de bambu laminado colado

<b>BAMBU LAMINADO COLADO</b>	
<b>Ensaio</b>	<b>Resistência (MPa)</b>
<b>Dureza</b>	352
<b>Compressão Paralela às Fibras</b>	55
<b>Compressão Normal às Fibras</b>	18
<b>Tração Paralela às Fibras</b>	195
<b>Tração Normal às Fibras</b>	2,5
<b>Cisalhamento</b>	10
<b>Flexão estática</b>	166

FONTE: MOIZÉS, 2007

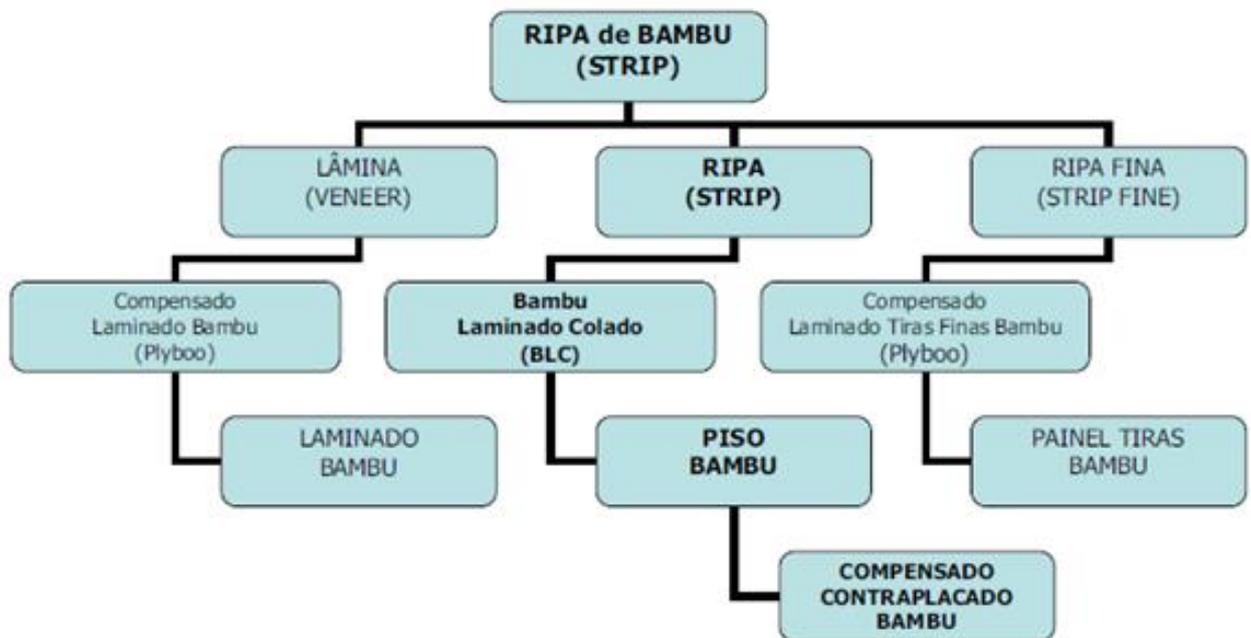
Segundo Rivero (2003), além do bambu laminado colado possuir boas propriedades mecânicas, também é considerado um material leve com massa específica entre de  $0,50 \text{ g/cm}^3$  a  $0,75 \text{ g/cm}^3$ . Rivero (2003) também destaca a produção de bambu laminado colado no Brasil, a qual é limitada pela falta de equipamentos adequados para manufatura. Normalmente, equipamentos para usinagem da madeira são usados no corte das lâminas de bambu.

### 3.2.2 Processo de fabricação

Quando se trata de beneficiamento de bambus uma das principais dificuldades é o emprego de tecnologia nesta área, porque existem poucos equipamentos específicos para usinagem de bambus e a maior parte desta tecnologia se concentra em países asiáticos.

Normalmente, aproveitam-se alguns procedimentos utilizados no beneficiamento da madeira para fabricação dos painéis de bambus, principalmente, na obtenção de lascas, ripas, lâminas e partículas (MOIZÉS, 2007). A partir desses subprodutos é possível produzir Pisos de Bambu e o Compensado Contraplacado de Bambu (CPB), conforme o esquema da Figura 14 (JÚNIOR, 2008).

Figura 14 - Fluxograma de ripa de bambu como matéria-prima e produtos derivados



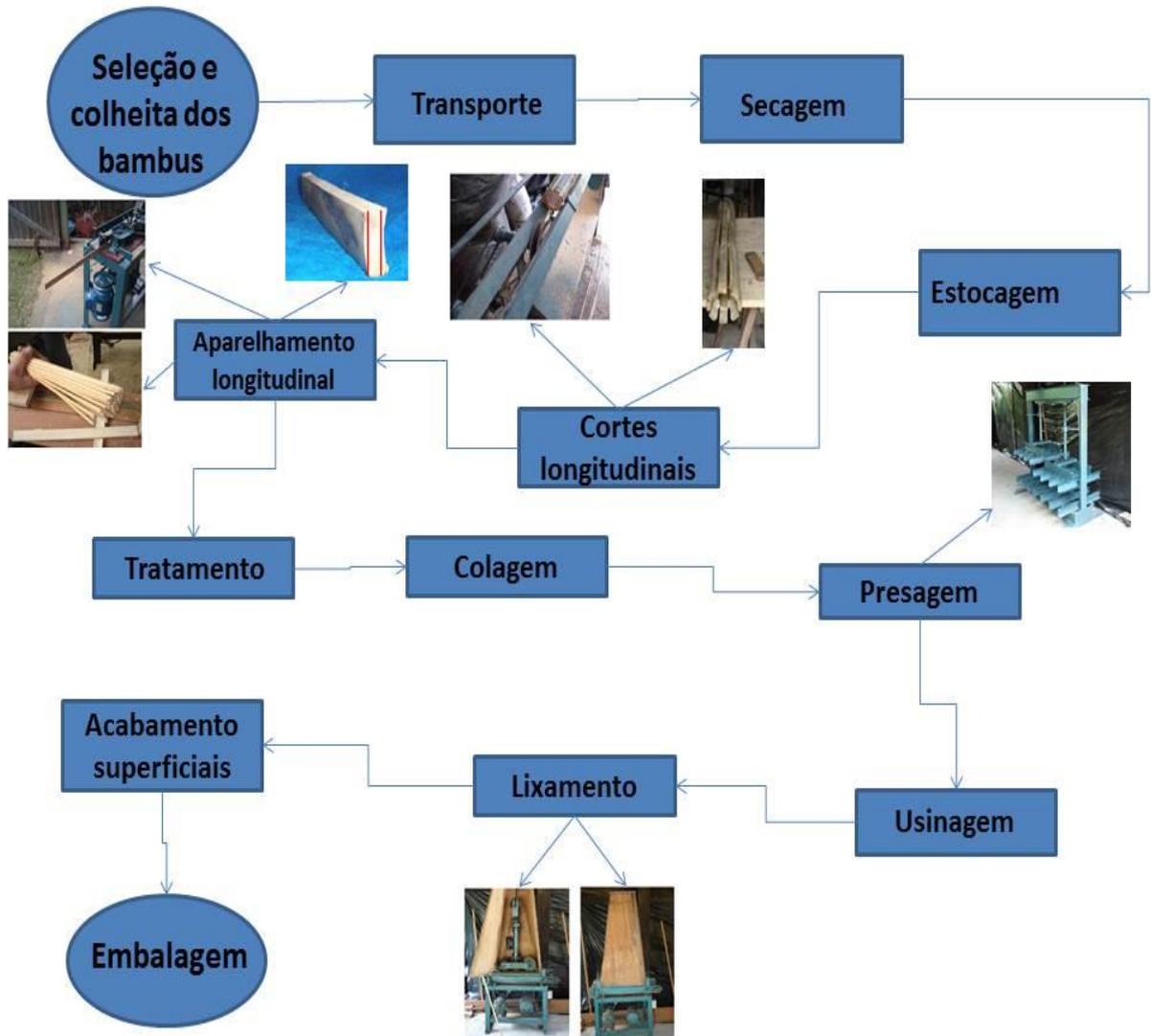
Fonte: JÚNIOR, 2008.

O investimento inicial é baixo quando se trata de produção do bambu laminado colado, devido ao porte do equipamento que pode ser pequeno ou médio. O processo também pode ser desenvolvido por mão de obra com baixo grau de escolaridade a profissional com nível superior (JÚNIOR, 2008).

De acordo com Moizés (2007) o desenvolvimento do processo de fabricação do bambu laminado colado depende da formado produto final, e da disponibilidade de maquinário. Segundo Ostapiv (2007), há diversos tipos de processos no oriente para a obtenção de bambu laminado colado, alguns mais sofisticados, produtivos e eficientes.

Moizés (2007) apresenta as possíveis fases no processo de produção de laminado colado, conforme Figura 15.

Figura 15 - Fluxograma de fabricação do BLC, adaptado.



Fonte: MOIZÉS, 2007.

No Brasil a produção é mecânica-manual que está concentrada em instituições de pesquisa, ou em empresas/produtores independentes. Os equipamentos utilizados são adaptações de máquinas para usinagem de madeira, porque os equipamentos são importados e caros (JÚNIOR, 2008).

Salamon (2009) realizou estudos com bambu laminado trançado colado, e desenvolveu uma máquina para processar esse produto, chamado laminador longitudinal (Figura 16).

Figura 16- Laminador longitudinal desenvolvido na UTFPR

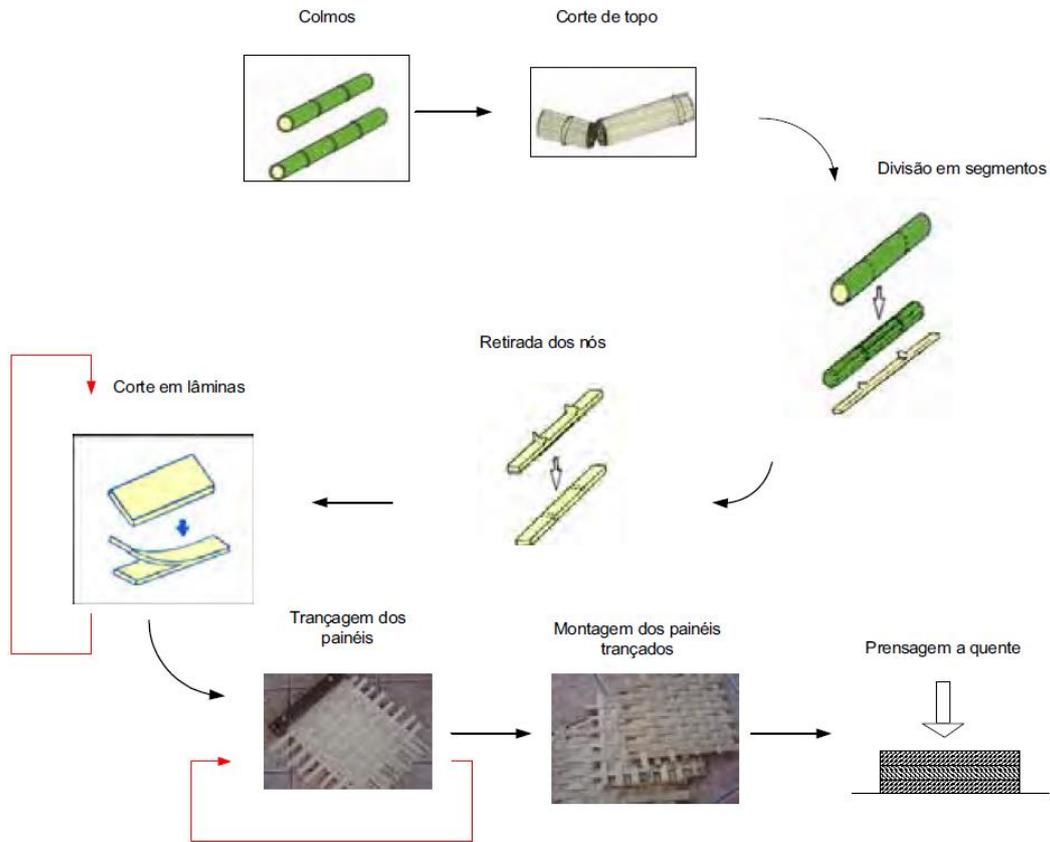


Fonte: SALAMON,2009.

Segundo Salamom (2009), no processo usam-se ripas de bambu. As ripas são seccionadas longitudinalmente através da máquina laminadora longitudinal formando lâminas (tiras) finas, as quais são trançadas em diversos formatos para dar origem a uma manta. Em seguida adesivos são aplicados e a prensagem de três ou mais mantas é realizada, formando-se um tipo de painel compensado.

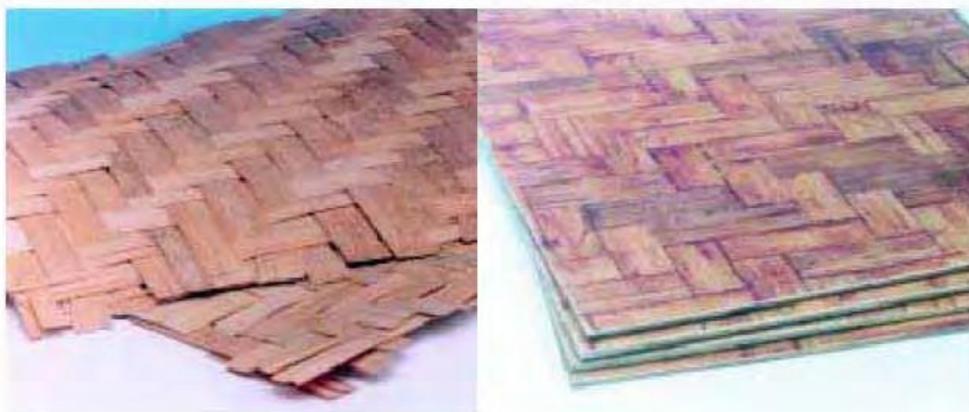
O processo de fabricação de bambu laminado trançado colado é apresentado na Figura 17. A Figura 18 (a) apresenta a montagem da manta e Figura 18 (b) o produto final (YU, 2007).

Figura 17 - Processos para painel laminado trançado colado.



Fonte: SALAMON,2009.

Figura 18 - Bambu laminado trançado (a). Painel de bambu laminado trançado colado (b).



(a)

(b)

Fonte: YU, 2007.

### 3.2.3 O uso do bambu laminado colado

Segundo Moizés (2007), o bambu laminado colado é um material que possui boas propriedades estruturais e superficiais. Assim pode ser aplicado no *design* de diversos produtos, como em interiores e na construção civil.

Figura 19 - a) e b) Bancos e buffet em bambu laminado colado plano; c) Criado mudo em bambu laminado colado plano



Fonte: MOIZÉS, 2007.

O bambu laminado colado também pode ser usado na fabricação de outros produtos (Figura 20) com superfícies planas ou curvas (MOIZÉS, 2007).

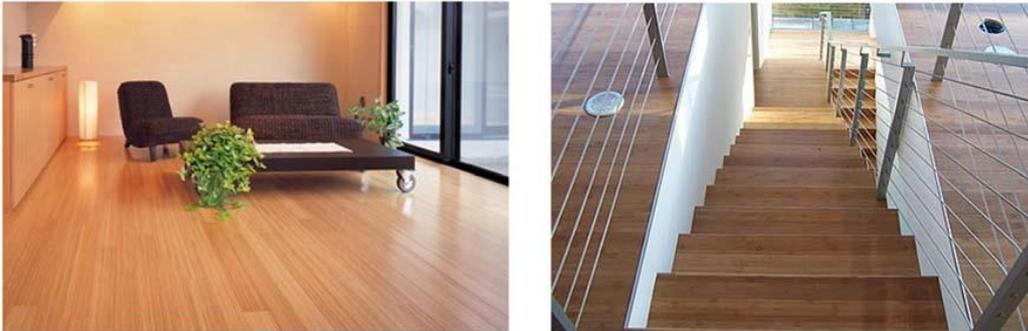
Figura 20 - a) Cadeira Yolanda, de GERARD MINAKAWA para a empresa Ukao; b) Mesas e assento (cadeira) de bambu laminado curvos de DOMINIC MUREN, Chicago



Fonte: MOIZÉS, 2007.

As boas propriedades de resistência mecânica e durabilidade permitem também a produção de pisos e assoalhos de ambientes internos (MOIZÉS, 2007).

Figura 21 - Ambientes com pisos de bambu.



Fonte: MOIZÉS, 2007.

### 3.3 Equipamento

#### 3.3.1 Faca estrela

A faca estrela é uma ferramenta muito utilizada no Oriente para o corte longitudinal de bambu. Esta substitui o “facão” com maior precisão, velocidade e segurança. Essa ferramenta pode ser utilizada de forma manual ou automatizada, em máquinas de cortes longitudinais de bambus, nas quais podem ser montadas uma ou mais facas estrelas com números de lâminas diferenciadas, dependendo do diâmetro externo do colmo do bambu.

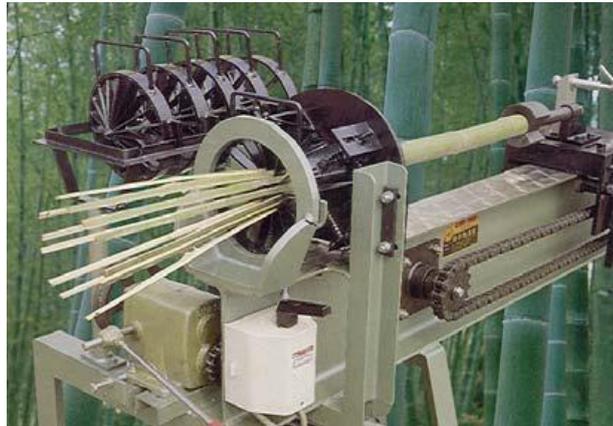
A faca estrela pode ser utilizada manualmente por um operador (Figura 22) ou automaticamente através de máquinas (Figura 23), como a máquina de seccionamento longitudinal de bambu (MEHAR; VANALKAR; KHANDARE, 2013)

Figura 22 - Corte manual do bambu com a faca estrela



Fonte: OSTAPIV, 2007.

Figura 23 - Corte do bambu através de máquina



Fonte: YU, 2007.

Ostapiv (2007) fez análises comparando o corte de bambu entre o método tradicional, com o “facão”, e a faca estrela. A fase de obtenção das taliscas de bambu com “facão” apresentou baixos valores de produtividade e elevados índices de refugos, resultando numa etapa crítica (Figura 24).

Figura 24 - Corte de colmo de bambu com “facão” e macete.



Fonte: OSTAPIV, 2007.

No estudo dimensional de corte por “facão” Ostapiv (2007) usou 54 amostras, sendo que os valores estatísticos de largura das taliscas estão na Tabela 4, e os tempos médios da operação de corte na Tabela 5. A utilização desta

ferramenta apresentou variação dimensional e baixa produtividade, o que comprova ser inadequada para operações industriais.

Tabela 4 - Resumo estatístico da largura das taliscas obtidas na operação de corte com “facão”

Média	30,7mm
Desvio padrão	5,3mm

FONTE: OSTAPIV, 2007.

Tabela 5 - Tempos médios da operação de corte com facão.

Nº de colmos	Tempo médio de preparação para o corte (s)	Tempo médio de corte por colmo (s)	Tempo total para cortar um colmo em 6 tábuas (s)
6	21,2	40	61,2

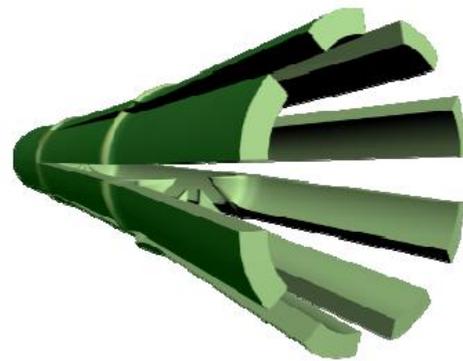
FONTE: OSTAPIV, 2007.

No processo com multilaminas Ostapiv (2007) utilizou uma faca estrela com seis lâminas, conforme Figura 25 a. Na Figura 25 b, Yu (2007) ilustra a operação do corte de bambu com uma faca estrela, destacando que o corte no bambu ocorre por fendilhamento do bambu pela ferramenta.

Figura 25 - a) Faca estrela lâminas b) Ilustração de operação da faca estrela.



(a)



(b)

Fonte: a) OSTAPIV,2007 b) YU,2007).

No estudo dimensional do corte de bambu com faca estrela Ostapiv (2007) usou 20 amostras. Os valores estatísticos de largura das taliscas são mostrados na Tabela 6, e os tempos médios da operação de corte na Tabela 7.

Tabela 6 - Resumo estatístico das medidas de largura das tábuas feitas com a faca tipo estrela

Média	32,7mm
Desvio padrão	3,3mm

FONTE: OSTAPIV, 2007.

Tabela 7 - Tempos médios corte com faca estrela (6 tábuas simultâneas)

Nº de tábuas	Tempo médio total para 6 tábuas em (s)	Tempo médio de preparação em (s)	Tempo médio de corte em (s)
6	30,3	10,3	20

FONTE: OSTAPIV, 2007.

Os valores estatísticos feitos por Ostapiv (2007) comprovam que a aplicação da faca estrela é mais precisa que o “facão”. A variação final das dimensões foi 2,6 vezes menor e o corte sete vezes mais rápido. Portanto, com a utilização da faca estrela o desperdício de matéria-prima é reduzido, e a velocidade de processamento é ampliada.

### 3.3.2 Máquina de usinagem longitudinal de bambu (*machine splitter*)

A máquina de seccionamento longitudinal de bambu, também conhecida como *machine splitter*, tem seu funcionamento simples: o bambu é colocado entre a faca estrela e bloco de condução, que vai empurrar o bambu longitudinalmente contra a faca estrela (Figura 26). Assim, são obtidas as taliscas primárias de bambu para fabricação do bambu laminado colado (OSTAPIV, 2007).

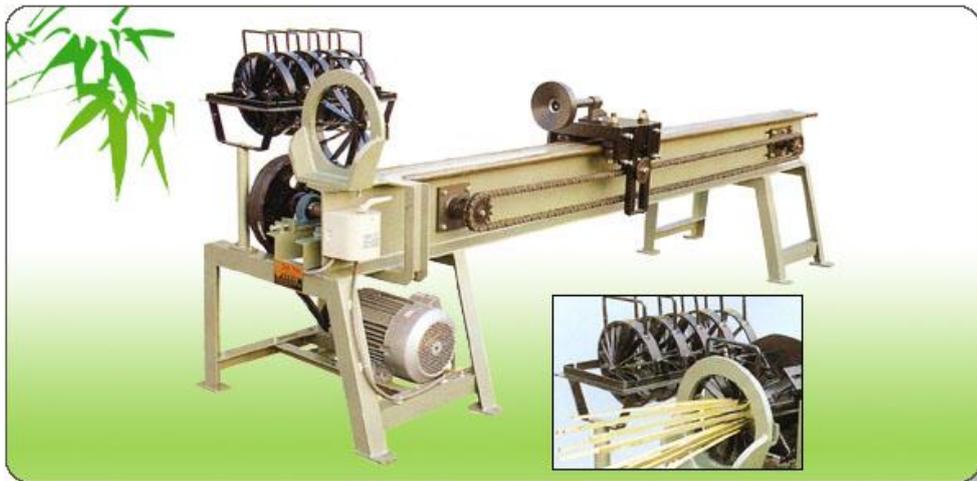
Figura 26 - Corte longitudinal do bambu, uso de faca tipo estrela.



Fonte: OSTAPIV, 2007.

A máquina é um equipamento bastante versátil que tem como velocidade de produção de, aproximadamente, 10 colmos por minuto.

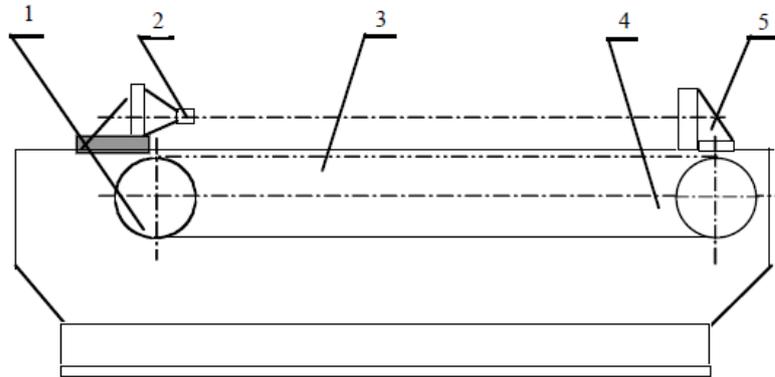
Figura 27 - Máquina de corte longitudinal com jogo de facas tipo estrela.



Fonte: OSTAPIV, 2007.

Qisheng et al. (2001) mostram os principais elementos que compõe a máquina seccionadora longitudinal de bambu, conforme Figura 28.

Figura 28 - Elementos principais da máquina seccionadora longitudinal de bambu: 1. Roda Movida. 2 Faca estrela. 3 Corrente. 4 Roda movida. 5 Bloco de condução.



Fonte: QISHENG et al, 2001.

### 3.3.3 Mercado nacional de máquina para manufatura de bambu

Ostapiv (2007, p 52) diz:

Existem muitas empresas fabricando pisos de bambu no mundo. O mercado é promissor, o material tem um forte apelo ecológico e econômico. O processo de fabricação de um modo geral não é complexo, mas apresenta uma série de particularidades específicas do processamento dos bambus. Conhecer estas particularidades auxilia a viabilizar o produto e a empresa.

Ostapiv (2007) também destaca que algumas empresas estão realizando ensaios, adaptando maquinário específico de processar madeira ou desenvolvendo maquinário próprio para o processo de bambu. A Figura 29 mostra uma máquina desenvolvida por uma madeireira no Rio Grande do Sul.

Figura 29 - Equipamento para corte longitudinal do bambu



Fonte: OSTAPIV, 2007.

Barelli (2009) destaca que já existia uma empresa especializada na produção de maquinário para processamento de bambu em 2006. Trata-se da empresa “Laminados Taquaruçu Indústria & Comércio ME” – LATIC, localizada no município de Petrópolis-RJ.

Segundo Ferreira (2014), a empresa foi a única a desenvolver maquinários para processar bambu e teve suas atividades encerradas em 2008 por falta de demanda no mercado nacional.

### **3.4 Considerações finais da Referência Bibliográfica**

A elaboração de produtos com base em bambu é viável devido aos seguintes fatores: é um material de fácil manuseio, leve e prático. Devido às esses fatores seu processamento tem menor risco de acidente e melhoria na qualidade de vida do trabalhador. O processo de desdobro da matéria-prima é rápido e sem complicações, pois o material é mais heterogêneo na orientação das fibras, ou seja, tem predominância vertical, o que possibilita rápido processamento de corte e alta produtividade. Pesquisas demonstram que o material já é largamente utilizado na produção de bambu laminado colado, que possui elevado valor de mercado, e pode resultar em uma demanda de grande escala.

Considerando que no Brasil existem espécies de bambu com elevada produtividade, tais como, *Dendrocalamus giganteus*, o *Bambusa vulgaris* e o *Guadua angustifolia*, pode-se concluir que há um real potencial na industrialização do bambu, especialmente em laminado colado. O fator limitante dessas espécies para a produção do BLC refere-se justamente à inexistência de equipamentos adequados, para realizar a laminação das taliscas.

## **4. PROJETO DO CONJUNTO**

Neste item são apresentadas as etapas de projeto da máquina de seccionamento longitudinal de bambu e sua ferramenta principal, a faca estrela. Os projetos foram desenvolvidos com o *software* 3D, *SketchUp (2012)*, já os detalhamentos dos elementos de máquina foram desenvolvidos pelo *AutoCAD Student (2012)*.

### **4.1 Metodologia e Desenvolvimento**

O desenvolvimento da metodologia foi realizado a partir de pesquisas, e estudos do mercado de máquinas, para melhor desenvolvimento inicial do projeto da máquina.

### **4.2 Desenvolvimento da máquina de usinagem longitudinal de bambu**

O desenvolvimento da máquina foi dividido em diferentes etapas: estágio de definição, projeto preliminar, projeto detalhado, seleção de materiais e fabricação.

#### **4.2.1 Estágio de Definição**

Consistiu na definição das atribuições básicas do sistema técnico, que estabeleceu as limitações e registros das especificações técnicas. Dessa forma, após limitar os problemas mediante as informações obtidas, foi possível criar os princípios de solução e concepção final da mesma.

#### **4.2.2 Projeto Preliminar**

No projeto preliminar foram desenvolvidos os croquis (manuais) do projeto, os quais foram devidamente documentados e arquivados. Nestes constam informações fundamentais como: dimensionamento, seleção de materiais e processos de fabricação empregados, de acordo com critérios econômicos e técnicos.

#### 4.2.3 Projeto Detalhado

Nessa fase ocorreu o desenvolvimento do memorial de cálculo, seleção de materiais e desenvolvimento dos elementos de máquina. Na Apêndice A apresenta o detalhamento de algumas peças da máquina (eixos, engrenagens e polias).

#### 4.2.4 Seleção de Materiais

Os materiais utilizados para a construção da máquina foram:

- perfil metálico (Figura 30), especificações no Anexo C;

Figura 30 - Perfis metálicos para construção da estrutura da máquina de corte longitudinal de bambu.



Fonte: Própria do autor

- motor de 1,5 CV de 695 rpm (Figura 31);

Figura 31 - Motor de 1,5 CV utilizado na máquina de corte longitudinal de bambu.



Fonte: Própria do autor

- eixo fixo e eixo motriz, especificações no Apêndice A;
- corrente (Figura 32), especificação no Anexo A;
- correias, especificações no Anexo B;
- polia motriz e polia movida (Figura 32), especificações no Apêndice A;
- roda dentada motriz e roda dentada movida (Figura 32), especificações no Apêndice A;
- rolamentos e mancais.

Figura 32 - Peças da máquina de corte longitudinal de bambu.



Fonte: Própria do autor

- máquina de solda 250A Turbo Bivolt BAMBOZZI-NM250;
- eletrodo revestido;
- máquina serra fita para aço, conforme Figura 33.

Figura 33 - Máquina de serra fita para aço



Fonte: <http://thietbikythuat.vn/San-pham/May-cua-va-phu-kien/Rontgen-Band-Saw-Blade/May-cua-Starrett.aspx>

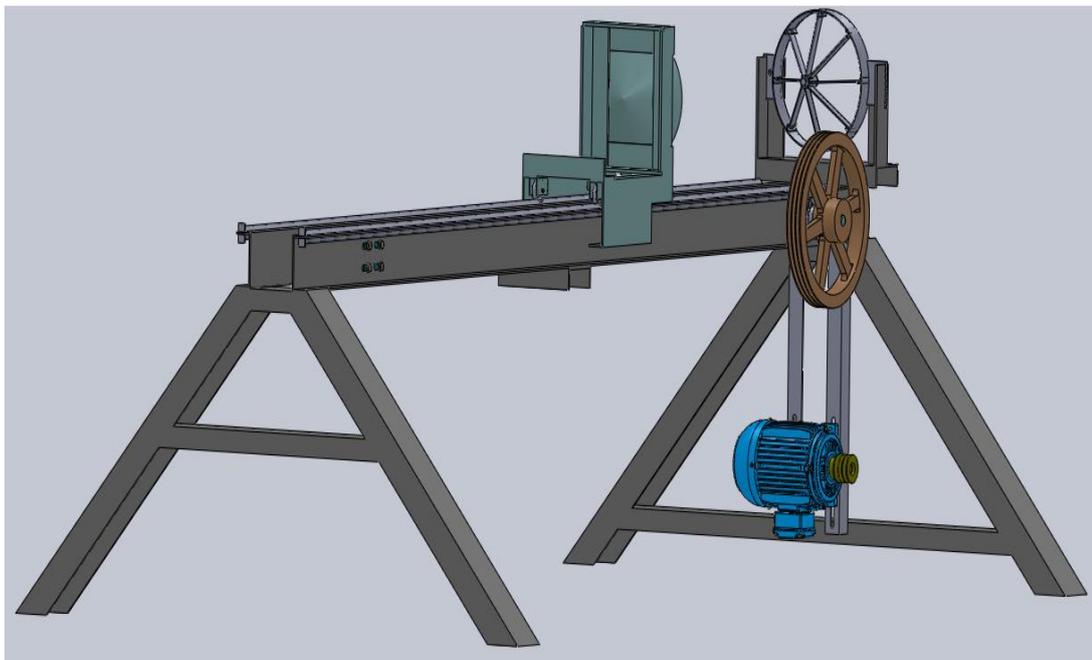
#### 4.2.5 Fabricação da Máquina

O desenvolvimento da máquina foi dividido nas etapas de desenvolvimento do protótipo, produção e montagem.

##### 4.2.5.1 Desenvolvimento do Protótipo

A Figura 34 apresenta o protótipo elaborado no *software* 3D. Nesta fase foram realizados os ensaios de montagem da máquina. Os resultados direcionaram a decisão para prosseguir com o projeto.

Figura 34 - Projeto da máquina de corte longitudinal de bambu



Fonte: Própria do autor

#### 4.2.5.2 Produção e Montagem

Após todas as etapas anteriores concluídas, deu-se início a fase final, que foi a fabricação e montagem dos componentes da máquina, conforme Figura 35.

Figura 35 - Construção da máquina de secção longitudinal de bambu



(a) Início do montagem da estrutura.



(b) Montagem da base da estrutura



(c) Montagem final da estrutura



(d) Estrutura com suporte para faca estrela



(e) construção do bloco de condução



(f) ensaio da instalação dos trilhos

Fonte: Própria do autor

### 4.3 Desenvolvimento da Faca estrela

Dentre a metodologia aplicada no desenvolvimento da ferramenta fizeram parte: projeto da ferramenta, seleção de materiais, fabricação da ferramenta e montagem. Os detalhes de cada método serão explanados a seguir.

#### 4.3.1 Projeto da Ferramenta

Nessa fase o projeto foi constituído, e permitiu a geração dos desenhos para fabricação e montagem.

#### 4.3.2 Seleção de Materiais

O aço utilizado nas facas foi extraído de material reciclado. Trata-se do aço carbono aplicado na fabricação de feixes de molas (Figura 36). A escolha desta deu-se devido às condições de baixo custo, conciliado a um aço temperado e revenido (ABNT NBR 11865/1991). Também pode ser incluída nessa decisão a realização dos ensaios iniciais, e comportamento da ferramenta em operação. No suporte de fixação das facas também foi aplicado material reciclado (Figura 37), trata-se de rodas automotivas fabricadas de aço (ABNT NBR 6750/2013).

Outro item importante utilizado na fabricação da ferramenta foi um tubo de aço com diâmetro externo de 33,7 mm, 2,65 mm de espessura e 59 mm de comprimento (ABNT NBR 5580/2013). Trata-se do núcleo de montagem das facas. As guias foram construídas de aço para construção mecânica SAE 1020 com espessura de 1 mm. Também foram utilizados parafusos de aço de diâmetro de 06 mm como elementos de montagem.

Figura 36 - Representação das molas



Fonte: [http://www.vwantigo.net/shop/product\\_info.php?cPath=53\\_54&products\\_id=1796](http://www.vwantigo.net/shop/product_info.php?cPath=53_54&products_id=1796)

Figura 37 - Representação da roda



Fonte: <http://www.guaporepneus.com.br/rodas/original-em-aco/roda-de-ferro-original-em-aco-aro-13-rb-253-gol-parati-voyage>

#### 4.3.3 Fabricação da Ferramenta

A Tabela 8 apresenta o processo de fabricação, e as operações utilizadas na fabricação dos componentes da ferramenta.

Tabela 8- Sequência do processo de fabricação dos componentes da ferramenta

<b>Componentes</b>	<b>Processo de Fabricação – Seccionamento</b>
Faca (Figura 39 (a))	para geração da geometria; retificação para formação da aresta de corte
Roda (Figura 39 (b))	serramento na direção transversal para divisão em duas extremidades
Tubo de aço (Figura 39 (c))	serramento na direção longitudinal para formação de estrias

Fonte: Própria do autor

#### 4.3.4 Montagem da Ferramenta

A Tabela 9 apresenta a sequência de montagem dos componentes para formação da ferramenta de corte longitudinal.

Tabela 9 - Sequência do processo de fabricação dos componentes da ferramenta

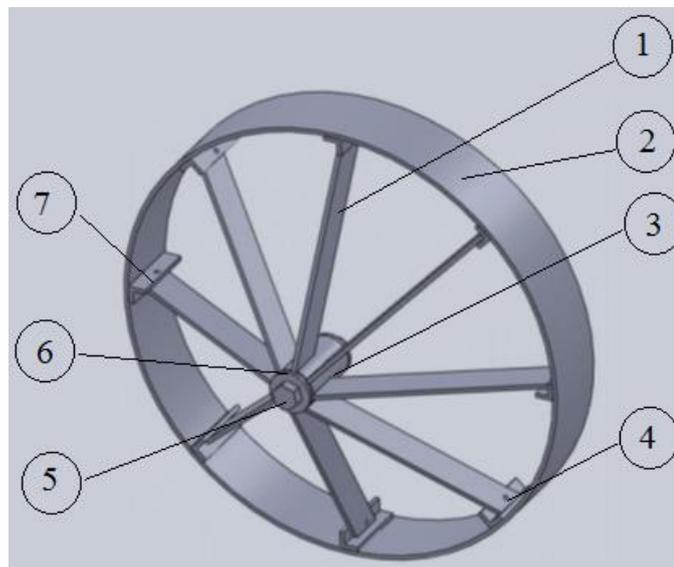
Componentes	Tipo de Montagem
Suporte de fixação e guias	Soldagem entre componentes (Figura 38, itens 2 e 7).
Facas e guias	Fixação por aparafusamento (Figura 38, itens 4).
Núcleo e facas	Encaixe das lâminas nas estrias e travamento por aparafusamento (Figura 38, itens 1, 3, 5 e 6).

Fonte: Própria do autor

### 4.3 Projeto final

A Figura 38 apresenta o desenho de montagem da ferramenta desenvolvida no *software 3D*.

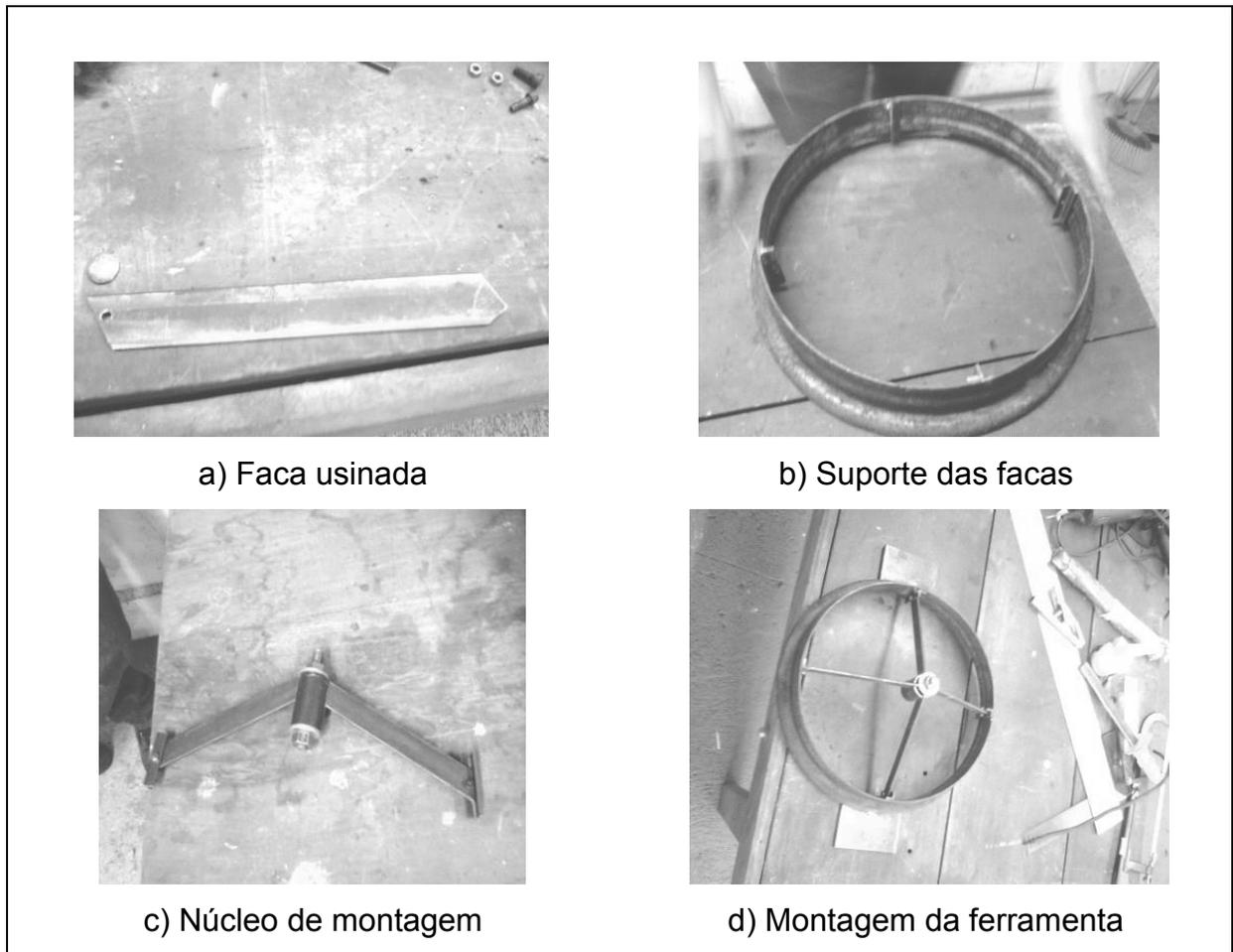
Figura 38 - Projeto da ferramenta de corte longitudinal. Legenda: 1 – faca; 2 – suporte de fixação (roda de carro), diâmetro externo 320 mm; 3 – tubo de aço, diâmetro interno 33,4 mm; 4 – furo para parafuso de diâmetro de 6 mm; 5 – parafuso central; 6 – arruela; 7 - guia.



Fonte: Própria do autor

A Figura 39 (a) mostra a faca usinada e já a Figura 39 (b) apresenta o suporte das facas com as devidas guias soldadas, a função da guia é fixar a faca por aparafusamento. A Figura 39 (c) mostra o núcleo de montagem responsável pela fixação e centralização das facas, através de estrias e travamento por aparafusamento. Finalmente, a Figura 39 (d) apresenta a montagem da ferramenta.

Figura 39 - Etapas de fabricação e montagem da ferramenta



Fonte: Própria do autor

A princípio para este modelo foram desenvolvidas quatro facas removíveis para ensaios preliminares, a Tabela 10 mostra as principais dimensões estabelecidas no projeto da ferramenta.

Tabela 10 - Dimensões da ferramenta

Faca (Figura 39 (a))			Ferramenta (Faca estrela)		
Comprimento	Espessura	ângulo de corte	diâmetro externo	diâmet. Interno	ângulo de fixação
165 mm	3 mm	15°	320 mm	33,4 mm	15°

Fonte: Própria do autor

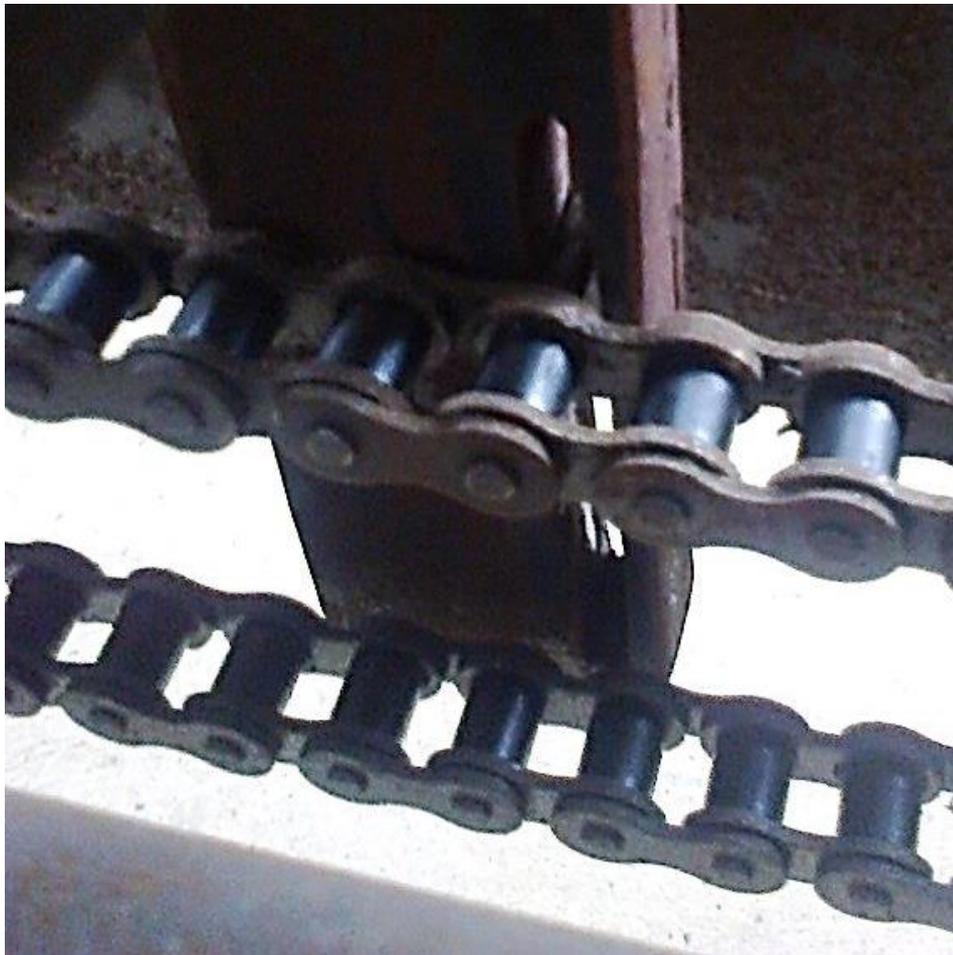
## 5. ENSAIOS PRELIMINARES E RESULTADOS

### 5.1 Simulação

Antes de testar o equipamento foram realizadas simulações de movimentos, para testar os ajustes dos principais elementos de transmissão da máquina.

Verificou-se conexão da corrente com o bloco de condução (Figura 40), o sistema de ajuste de folga entre polias e correias (Figura 41) e da corrente das rodas dentadas (Figura 42).

Figura 40 - Conexão da corrente com o bloco de condução.



Fonte: Própria do autor

Figura 41 - Sistema de ajuste de folga da transmissão das correias.



Fonte: Própria do autor

Figura 42 - Sistema de ajuste de folga da transmissão da corrente das rodas dentadas.



Fonte: Própria do autor

A simulação da máquina mostrou bons resultados quanto à fixação, localização e grau de liberdade entre elementos de transmissão. Portanto, o perigo de travamento do motor elétrico foi descartado, e ensaios preliminares foram iniciados.

Figura 43 - Máquina para seccionamento longitudinal de bambu desenvolvida na UNESP de Itapeva.



Fonte: Própria do autor

## 5.2 Ensaio Preliminares

Os ensaios foram feitos no laboratório de mobiliário do Campus Experimental de Itapeva, utilizados aleatoriamente bambus de espécies e diâmetros diversos. O funcionamento da máquina consiste colocar o bambu entre a faca estrela e bloco de condução. Este vai empurrar o bambu longitudinalmente contra a faca estrela, conforme a Figura 44.

Figura 44 - Ensaio da máquina para seccionamento longitudinal de bambu. Figura (a) Início do ensaio, figura (b) durante o ensaio, (c) final do ensaio.



(a)

(b)

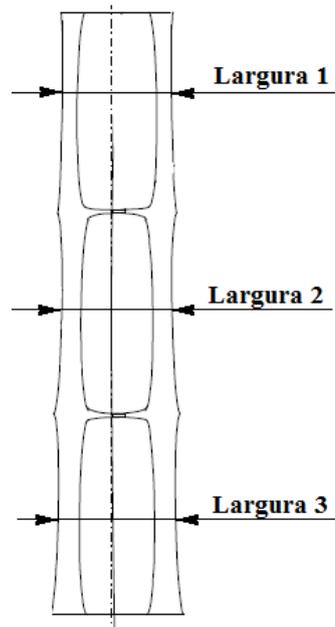
(c)

Fonte: Própria do autor

A máquina possui um vão para bambus a serem colocados entre a faca estrela e o bloco de condução, no máximo, de 2,5m comprimento.

Nos ensaios utilizaram-se seis amostras de bambus, sendo que cada bambu foram extraídas quatro taliscas, em cada talisca tomaram-se três medidas em posições diferentes, conforme Figura 45.

Figura 45 - Posições de medidas das talisca obtidas nos ensaios preliminares.



Fonte: Própria do autor

**1º Ensaio:** Neste ensaio utilizou-se um bambu de comprimento de 1270 mm com espessura de 5 mm. As medidas de largura das taliscas obtidas estão indicadas na Tabela 11.

Tabela 11 - Resultados do 1º ensaio (mm).

Taliscas	Largura 1	Largura 2	Largura 3
1	32	33	35
2	31	30	33
3	33	36	34
4	31	31	31

Fonte: Própria do autor

**2° Ensaio:** Neste ensaio utilizou-se um bambu de comprimento de 1560 mm com espessura de 4 mm. As medidas de largura das taliscas obtidas estão indicadas na Tabela 12.

Tabela 12 - Resultados do 2° ensaio (mm).

<b>Taliscas</b>	<b>Largura 1</b>	<b>Largura 2</b>	<b>Largura 3</b>
1	28	29	30
2	29	29	31
3	28	28	29
4	30	31	32

Fonte: Própria do autor

**3° Ensaio:** Neste ensaio utilizou-se um bambu de comprimento de 1340 mm com espessura de 7 mm. As medidas de largura das taliscas obtidas estão indicadas na Tabela 13.

Tabela 13 - Resultados do 3° ensaio (mm).

<b>Taliscas</b>	<b>Largura 1</b>	<b>Largura 2</b>	<b>Largura 3</b>
1	32	37	42
2	29	31	30
3	32	36	39
4	31	33	32

Fonte: Própria do autor

**4° Ensaio:** Neste ensaio utilizou-se um bambu de comprimento de 1520 mm com espessura de 4 mm. As medidas de largura das taliscas obtidas estão indicadas na Tabela 14.

Tabela 14 - Resultados do 4º ensaio (mm).

Taliscas	Largura 1	Largura 2	Largura 3
1	32	32	33
2	31	30	30
3	39	34	30
4	31	30	24

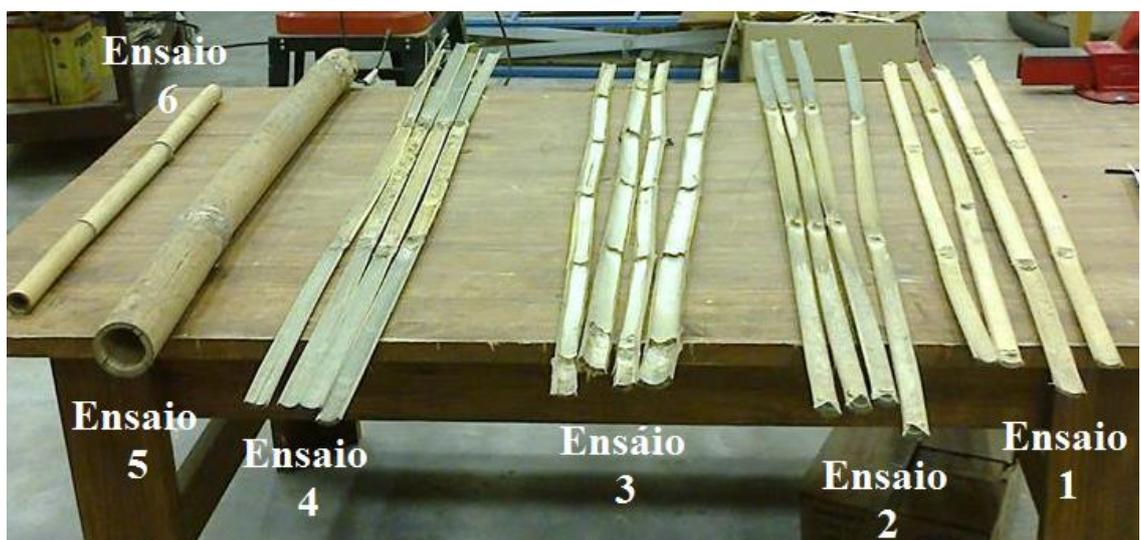
Fonte: Própria do autor

**5º Ensaio:** Neste ensaio utilizou-se um bambu de comprimento de 1200 mm com espessura de 9 mm e diâmetro externo de 80 mm. Mas, os resultados esperados não foram obtidos, porque a máquina mostrou-se ineficiente para fazer o corte do bambu. As possíveis causas deste problema serão discutidas no tópico a seguir, Resultados e Discussão.

**6º Ensaio:** Neste ensaio utilizou-se um bambu de comprimento de 950 mm com espessura de 4 mm e diâmetro interno de 30 mm. Mas os resultados esperados também não foram obtidos, porque o diâmetro interno do bambu era menor do que o diâmetro do tudo de aço da faca estrela. Assim, não foi possível fazer o corte deste bambu na máquina de seccionamento longitudinal de bambu.

Na Figura 46 é possível observar os resultados dos ensaios preliminares.

Figura 46 - Resultados dos ensaios realizados na máquina de seccionamento longitudinal de bambu.



Fonte: Própria do autor

### 5.3 Resultados e Discussão

Os resultados são preliminares devido ao desenvolvimento do equipamento, mas observa-se um bom desempenho no processo de corte longitudinal do bambu, para espessuras com parede abaixo de 7 mm, o que possibilita obter o seccionamento do bambu em forma de taliscas (Figura 47).

Figura 47 - Apresentação dos ensaios preliminares



Fonte: Própria do autor

No 4º ensaio de corte com bambu de 7 mm (espessura de parede), o equipamento mostrou dificuldade de finalização no processo de seccionamento, conforme a Figura 48.

Figura 48 - Apresentação do 5º ensaio



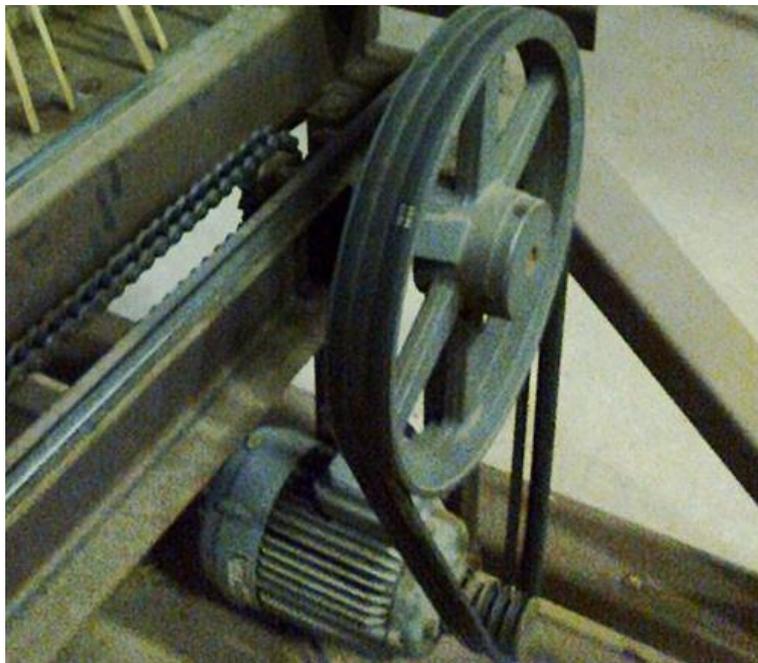
Fonte: Própria do autor

A partir de espessuras de parede de 8 mm o equipamento mostrou-se ineficiente, ou seja, não obteve-se resultados positivos como comprovado no 5º ensaio. As possíveis causas para este problema podem ser: baixa potência do motor, afiação inadequada da faca estrela, baixa velocidade do bloco de condução e baixa massa do bloco de condução.

A teoria de energia cinética pode ser aplicada como solução, aumentando-se a massa e velocidade do bloco de condução. A afiação da faca estrela também pode trazer melhorias para o corte, mas caso não se obtenha resultados positivos com essas melhorias, o rendimento do motor terá que ser revisado.

Conforme a norma ABNT NR-12, segurança no trabalho em máquinas e equipamentos, o sistema de transmissão entre as polias, Figura 49, devem se adequar conforme a norma (ABNT NR-12/1978)

Figura 49 - Transmissão de correias sem proteção da máquina.



Fonte: Própria do autor

Os resultados obtidos em ensaios preliminares mostraram a possibilidade de promover melhorias na eficiência, e na segurança operacional do equipamento.

## 6. CONCLUSÃO

A máquina de seccionamento longitudinal de bambu pode ser utilizada na etapa inicial de uma linha de produção, para fabricação de painéis com bambu laminado e colado. O equipamento proposto pode viabilizar a produção de painéis, que é apontado como uma das alternativas sustentáveis no setor madeireiro, tendo assim sua aceitação no mercado. O seu uso possui diversas vantagens como: a introdução de uma matéria-prima renovável no ciclo produtivo, alternativa para o setor madeireiro, redução do custo operacional por lâminas de serra, maior segurança e proteção ao operador.

A máquina tem o objetivo de fazer operações para qualquer espécie e/ou espessura de parede de bambu. Nos ensaios preliminares a máquina mostrou ser ineficiente para espessuras de parede de bambu acima de 7mm, mas durante os ensaios não foram considerados alguns fatores importantes como o teor de umidade e a espécie do bambu.

Assim, o equipamento deverá passar por ajustes para aumentar a potência desejada para fazer o corte longitudinal para qualquer espécie e espessura de bambu.

Com o desenvolvimento deste tipo de equipamento estimula o aumento de novas pesquisas e inovações tecnológicas para beneficiamento de bambu dentro e fora do Campus Experimental de Itapeva.

## 7. BIBLIOGRAFIA

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11865**: *Barra chata de aço laminada a quente, para fabricação de molas e feixes de mola – Especificação*. 1991. 6p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5580**: *Tubos de aço-carbono parafusos comuns na condução de fluidos — Especificação*. 2013. 9p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6750**: *Rodas para automóveis — Verificação da durabilidade e resistência*. 2013. 8p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NR-12**: *Segurança no trabalho em máquinas e equipamentos*. 1978. 73p.

BARELLI, Breno Giordano Pensa. **Design para a sustentabilidade: modelo de cadeia produtiva do bambu laminado colado (BLC) e seus produtos**. 2009. Dissertação (Mestrado em Design) – PPGDesign – Unesp – Bauru. Disponível em: < [http://base.repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/89698/barelli\\_bgp\\_me\\_bauru.pdf?sequence=1](http://base.repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/89698/barelli_bgp_me_bauru.pdf?sequence=1) >. Acesso em: 12 março 2015.

BARELLI, Breno Giordano Pensa; PEREIRA, Marco Antonio dos Reis; LANDIM, Paula da Cruz. A TECNOLOGIA NA CONFECÇÃO DE PROTÓTIPOS EM BAMBU LAMINADO COLADO DESENVOLVIDA NA UNESP-BAURU. **Design, Arte e Tecnologia**, São Paulo, v. 4, n. 1, p.1-14, 2008. Disponível em: < <http://portal.anhembi.br/sbds/pdf/2.pdf> >. Acesso em: 21 fevereiro 2015.

BERALDO, Antônio Ludovico et al. ESTUDO PRELIMINAR DO USO DE BAMBU COMO ELEMENTO ESTRUTURAL EM PAVIMENTAÇÃO COM CONCRETO. **Revista Cerne**, Lavras-MG, v. 16, p.125-132, jul. 2010. Disponível em: < <http://www.dcf.ufra.br/ebramem/Artigo%2017.pdf> >. Acesso em: 08 março 2015.

BERNDSEN, Rodrigo S. **CARACTERIZAÇÃO ANATÔMICA, FÍSICA E MECÂNICA DE LÂMINAS DE BAMBU (*Phyllostachys pubescens*)**. 2008. 98 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Engenharia, Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica e de Materiais, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba-PR, 2008. Disponível em: < <http://www.ppgem.ct.utfpr.edu.br/dissertacoes/BERNDSEN,%20Rodrigo.pdf> >. Acesso em: 04 março 2015.

JÚNIOR, Maurício Lima Cardoso. **Recomendações para projeto de piso de bambu laminado colado - BLC**. 2008. 163 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação na área de Produção e Gestão do Ambiente Construído, Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia - Ufba, Salvador, 2008. Disponível em: < <http://www.meau.ufba.br/site/publicacoes/recomendacoes-para-projeto-de-piso-de-bambu-laminado-colado-blc-v2> >. Acesso em: 03 abril 2015.

CARDOSO JUNIOR, Rubens. **ARQUITETURA COM BAMBU**. 2000. 109 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura, Uniderp - Ufrgs/ Propar, Porto Alegre, 2000. Disponível em: <[http://bambusc.org.br/wp-content/uploads/2009/05/arquitetura\\_com\\_bambu\\_rubens-cardoso-filho.pdf](http://bambusc.org.br/wp-content/uploads/2009/05/arquitetura_com_bambu_rubens-cardoso-filho.pdf)>. Acesso em: 28 maio 2015.

FERREIRA, Leonardo Menezes Chaib. **DESIGN DE MÓVEIS E BAMBU LAMINADO COLADO: CONSIDERAÇÃO AO TRATAMENTO TÉRMICO E ÀS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E MECÂNICAS COM VISTAS AO PROJETO DE PRODUTOS**. 2014. 195 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação - Curso de Mestrado em Arquitetura e Urbanismo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília, Brasília, 2014. Disponível em: < <http://repositorio.unb.br/handle/10482/17237?mode=full> >. Acesso em: 09 março 2015.

LIMA, Douglas Mateus de et al. Avaliação do comportamento de vigas de bambu laminado colado submetidas à flexão. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 14, n.

1, p.15-27, jan./mar 2014. Disponível em: < <http://www.seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/view/39096> >. Acesso em: 15 março 2015.

MARINHO, Nelson P. et al. Caracterização Física e Térmica de Compósito de Poliuretano Derivado de Óleo de Mamona Associado com Partículas de Bambu. **Revista Polímeros**, São Carlos, Sp, v. 23, n. 2, p.201-205, 2013. Disponível em: < [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0104-14282013000200010](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-14282013000200010) >. Acesso em: 28 fevereiro 2015.

MARINHO, Nelson Potenciano, **CARACTERÍSTICAS DAS FIBRAS DO BAMBU (*Dendrocalamus giganteus*) E POTENCIAL DE APLICAÇÃO EM PAINÉIS DE FIBRA DE MÉDIA DENSIDADE (MDF)** 2012, Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica e de Materiais, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba-PR, 141p. Disponível em: < <http://www.ppgem.ct.utfpr.edu.br/dissertacoes/MARINHO,%20Nelson%20Potenciano.pdf> >. Acesso em: 05 março 2015.

MEHAR, P. G.; VANALKAR, Dr. A. V.; KHANDARE, Dr. S. S.. *Force Evaluation Of Integrated Bamboo Processing Machine And Performance Of Dies*. In: **1<sup>ST</sup> INTERNATIONAL & 16<sup>TH</sup> NATIONAL CONFERENCE ON MACHINES AND MECHANISMS (INACOMM 2013)**, IIT Roorkee, India, Dec 18-20 2013. Disponível em: < [http://www.inacomm2013.ammindia.org/Papers/127-inacomm2013\\_submission\\_191.pdf](http://www.inacomm2013.ammindia.org/Papers/127-inacomm2013_submission_191.pdf) >. Acesso em: 25 fevereiro 2015.

MOIZÉS, Fábio Alexandre. **Painéis de Bambu, uso e aplicações: uma experiência didática nos cursos de Design em Bauru, São Paulo**. 2007. 116 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Desenho Industrial, Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, Bauru, 2007. Disponível em: < [http://www.faac.unesp.br/Home/Pos-Graduacao/Design/Dissertacoes/fabio\\_moizes.pdf](http://www.faac.unesp.br/Home/Pos-Graduacao/Design/Dissertacoes/fabio_moizes.pdf) >. Acesso em: 20 fevereiro 2015.

OLIVEIRA JÚNIOR, Marcelo Alves de; LIMA JÚNIOR, Humberto Correia. BAMBUI LAMINADO COLADO: UMA ALTERNATIVA PARA HABITAÇÃO POPULAR SUSTENTÁVEL E DE ALTA QUALIDADE. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA (CONIC) E CONGRESSO DE INICIAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO E INOVAÇÃO DA UFPE, 18., 2010, Centro de Tecnologia e Geociências da Ufpe. **Anais...** Recife: Fundação Joaquim Nabuco, 2010. Disponível em: < [http://www.contabeis.ufpe.br/propesq/images/conic/2010/conic/n\\_pibic/30/103011057SCNO.pdf](http://www.contabeis.ufpe.br/propesq/images/conic/2010/conic/n_pibic/30/103011057SCNO.pdf) >. Acesso em: 14 março 2015.

OSTAPIV, Fabiano, **Análise e melhoria do processo produtivo de tábuas de bambu (*Phyllostachys pubescens*) com foco em pisos**, 2007, Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica e de Materiais, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2007. Disponível em: < <http://www.ppgem.ct.utfpr.edu.br/dissertacoes/OSTAPIV,%20Fabiano.pdf> >. Acesso em: 14 março 2015.

PEREIRA, Marco Antonio dos Reis. **Projeto bambu**: introdução de espécies, manejo, caracterização e aplicações. 2012. 200f. Tese (obtenção do título de Livre-Docente, na disciplina Design e Construção com Bambu) - Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” campus de Bauru/SP, 2012.

PEREIRA NETO, Jacob S. et al. APLICAÇÃO DO BAMBUI NAS CONSTRUÇÕES RURAIS. **Revista Educação Agrícola Superior: Associação Brasileira de Educação Agrícola Superior - ABEAS**, Brasília, v. 24, n. 2, p.67-77, 2009. Disponível em: < <http://engenho.info/revista/ed01/dartigos/6-artigop81-98.pdf> >. Acesso em: 12 março 2015

QISHENG, Z.; SHENXUE, J.; YONGYU, T. INBAR - **Industrial Utilization on Bamboo**. International Network for Bamboo and Rattan . Technical Report no. 26.

2003. Disponível em: < [www.inbar.int/downloads/inbar\\_technical\\_report\\_no26.pdf](http://www.inbar.int/downloads/inbar_technical_report_no26.pdf) >. Acesso em: 28 maio 2015.

RIVERO, Lourdes Abbade; BERALDO, Antonio Ludovico. BAMBU LAMINADO COLADO (BLC). **Revista Floram: Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 10, n. 2, p.36-46, dez. 2003. Disponível em: < <http://www.floram.org/files/v10n2/v10n2a5.pdf> >. Acesso em: 12 março 2015.

RIVERO, Lourdes Abbade; MORETON, Pedro Sérgio; GOMES, Carlos Eduardo. ESTRUTURA EM BAMBU PARA ÁREA DE USO PÚBLICO. **Revista Complexus**, Centro Universitário Nossa Senhora do Patrocínio Ceunsp – Salto-SP, v.01, n. 01, p.81-98, mar. 2010. Disponível em: < <http://engenho.info/revista/ed01/dartigos/6-artigop81-98.pdf> >. Acesso em: 08 março 2015

SALAMON. C. **Ensaio para viabilizar a laminação do bambu *Dendrocalamus giganteus* em operações de torneamento sem centros**. 2009. 113 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2009. Disponível em: <[http://www.itapeva.unesp.br/Home/Pos-graduacao/EngenhariaMecanica/salamon\\_c\\_dr\\_guara.pdf](http://www.itapeva.unesp.br/Home/Pos-graduacao/EngenhariaMecanica/salamon_c_dr_guara.pdf) >. Acesso em: 11 março 2015.

SARTO, Camila. **Avaliação do processo SuperBatch™ para produção de polpa celulósica a partir de *Bambusa vulgaris***. 2012. 667 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Ciências, Programa: Recursos Florestais. Opção Em: Tecnologia de Produtos Florestais, Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2012. Disponível em: < <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11150/tde-06122012-085419/en.php> >. Acesso em: 18 março 2015.

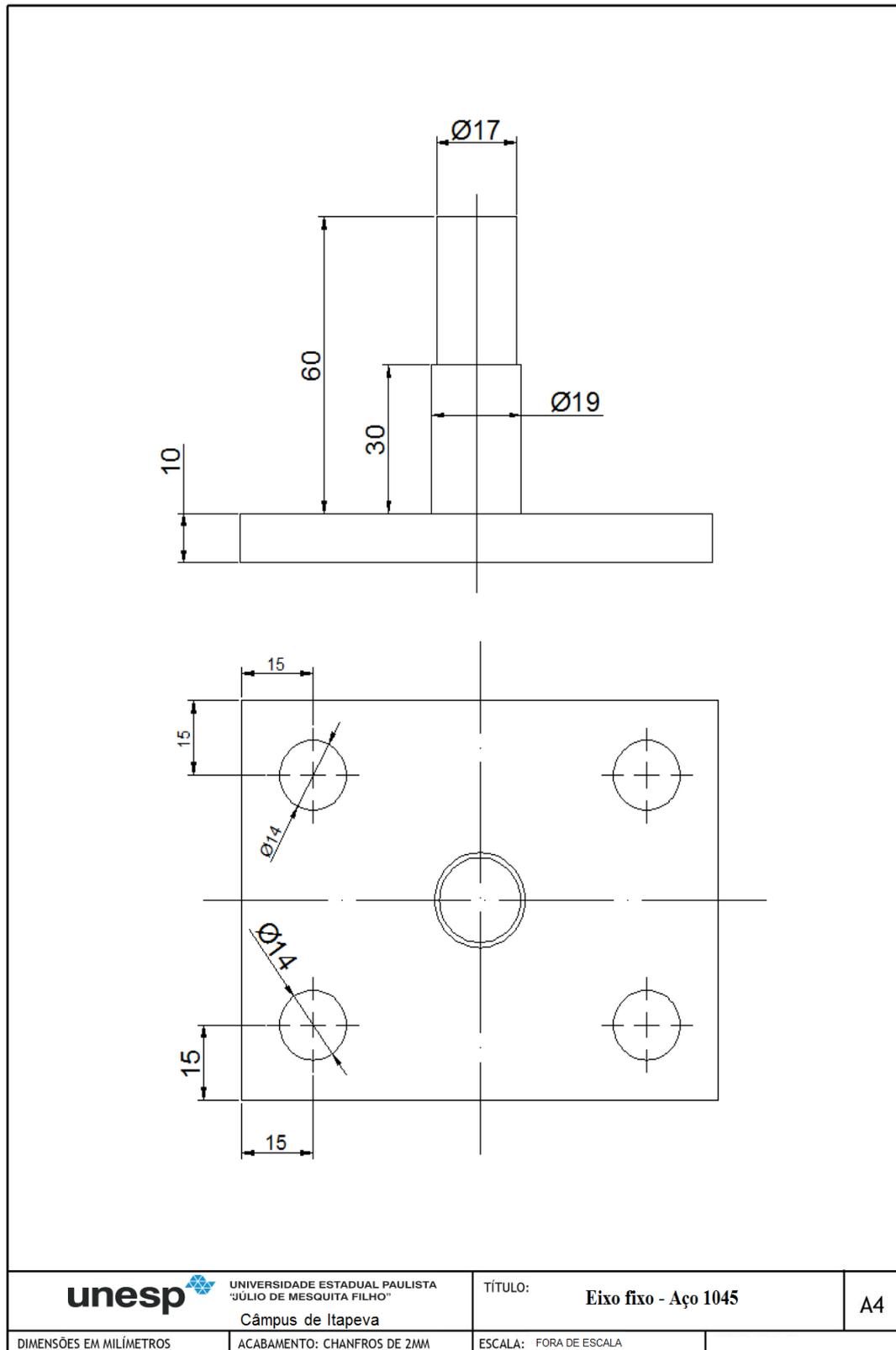
SILVA, Isaac Freitas da; PEREIRA, Daniel dos Santos; SILVA, Silvana Rocha Ferreira. ESTUDOS MORFOLÓGICOS DO BAMBU (*Bambusa cf. vulgaris* L.): UMA ESPÉCIE INVASORA EM ÁREA DE MATA ATLÂNTICA NO PARQUE MUNICIPAL DE MACEIÓ-ALAGOAS. **Revista Semente**, Maceió, v. 6, n. 6, p.99-109, 2011. Disponível em: < <http://www1.cesmac.edu.br/revista/index.php/semente/article/view/148> >. Acesso em: 16 março 2015

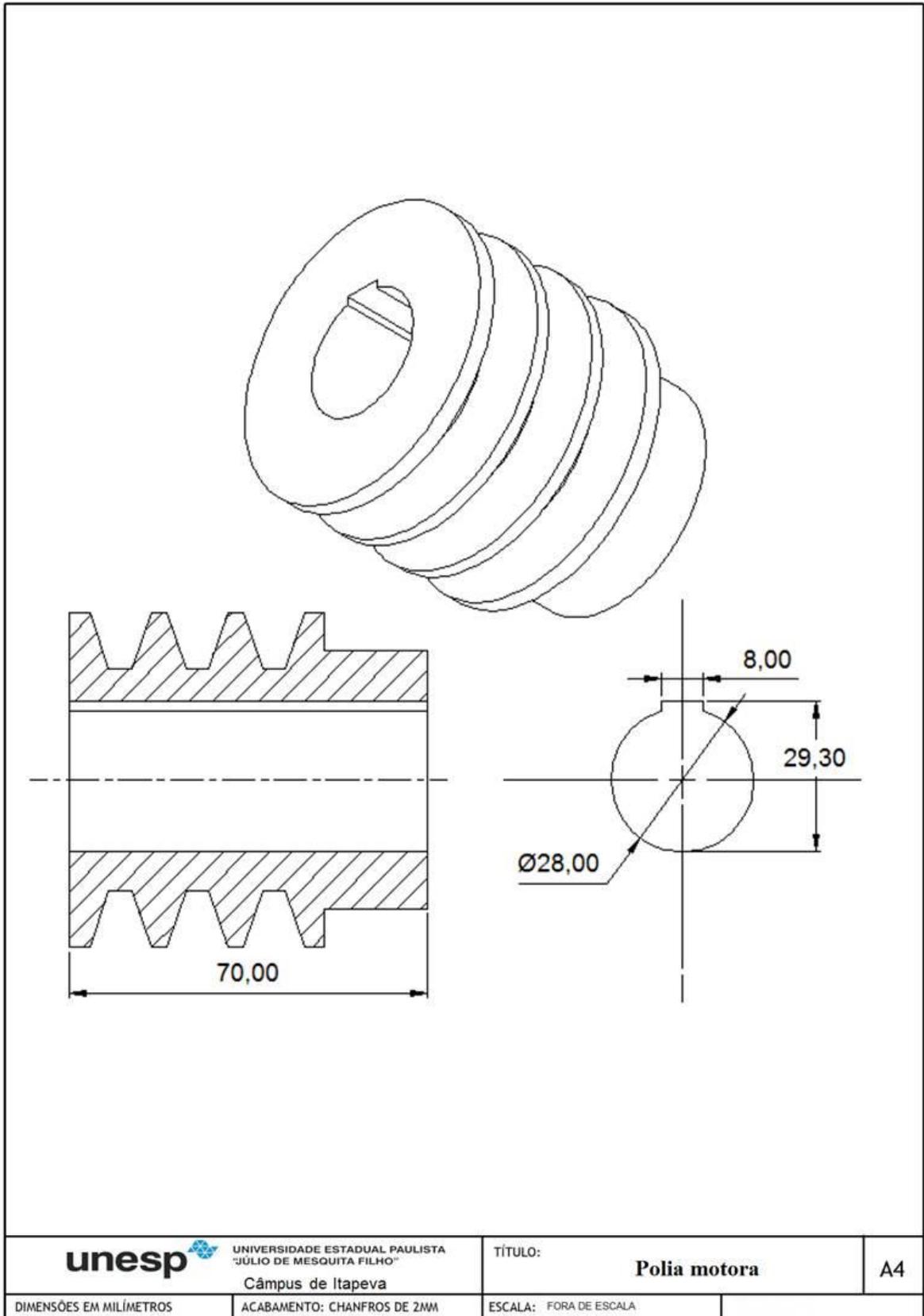
YU, Xiaobing. **Bamboo: structure and culture. Utilizing bamboo in the industrial context with reference to its structural and cultural dimensions**. Inaugural-Dissertation zur Erlangung des Grades eines Doktors der Philosophie (Dr. Phil.) im Fachbereich Kunst und Design der Universität Duisburg-Essen, 2007. Disponível em: < <http://webdoc.sub.gwdg.de/ebook/dissts/Duisburg/Yu2007.pdf> >. Acesso em: 04 abril 2015.

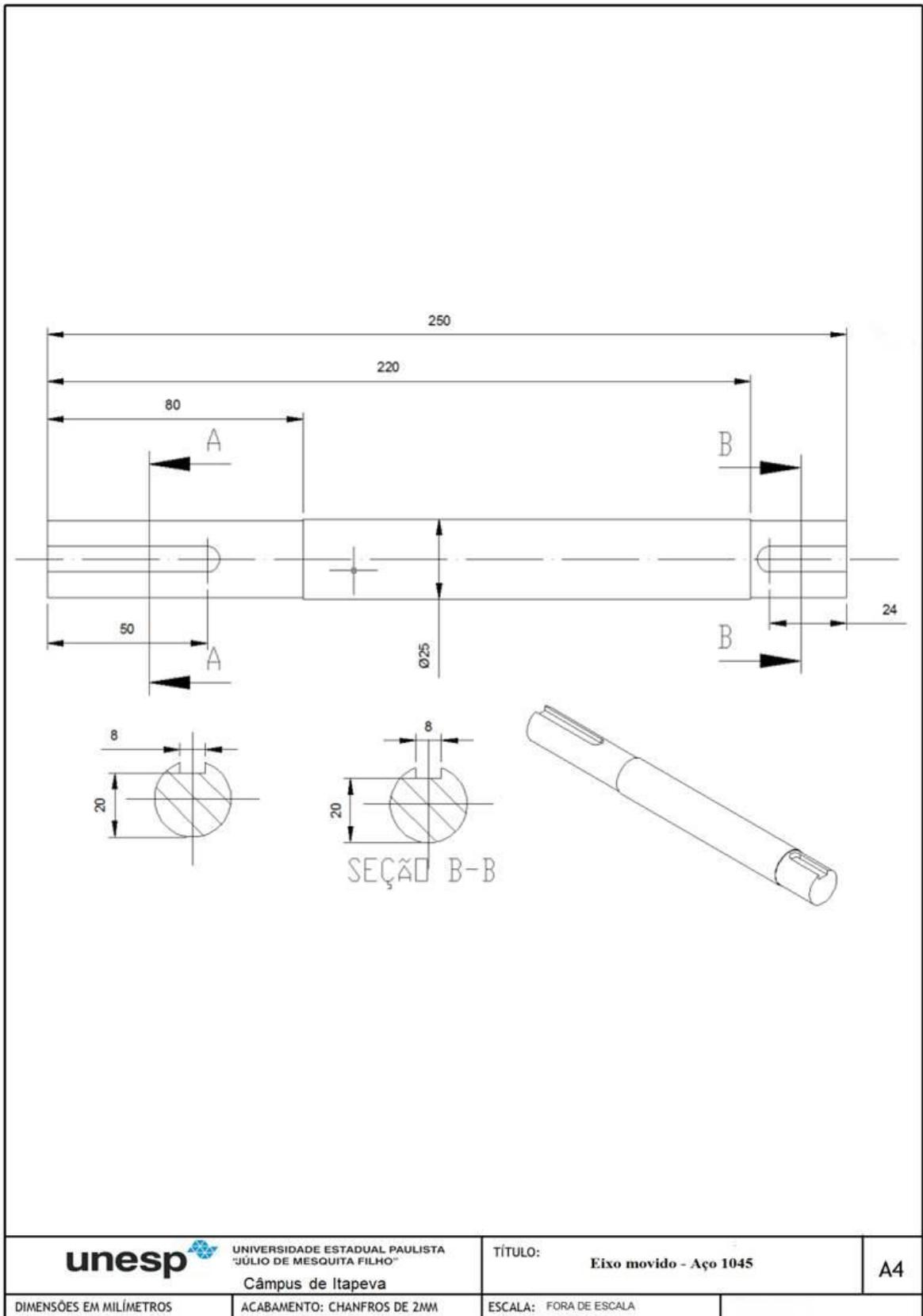
AT LAST SOFTWARE. **SketchUp: Make**, 2012. Boulder: Google, 2012. Disponível em: < <http://www.sketchup.com/pt-BR/download> >. Acesso em: 30 julho 2012.

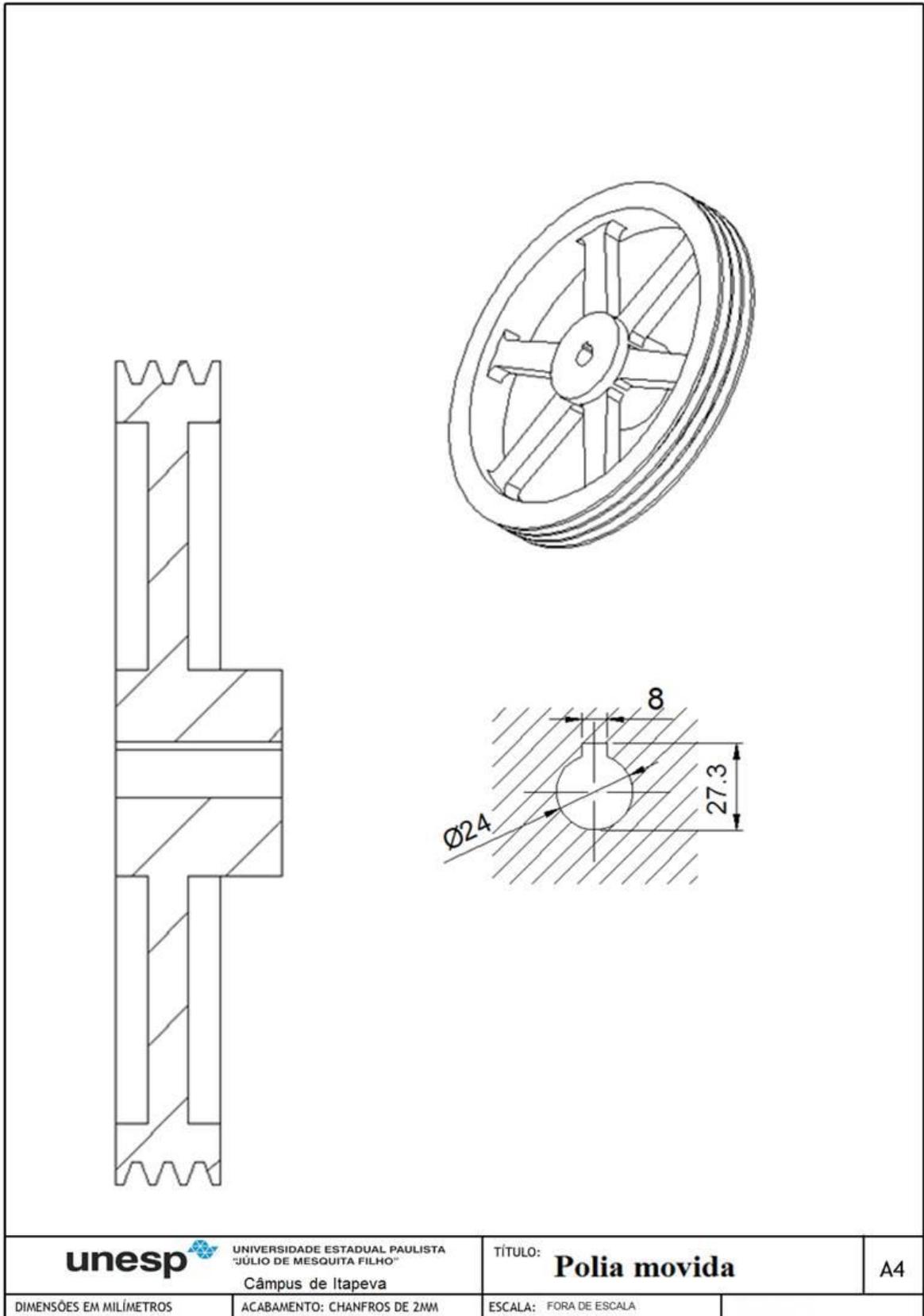
AUTODESK, INC. **Autocad Student**, 2012. Disponível em: < <http://www.autodesk.com> >. Acesso em: 30 julho 2012.

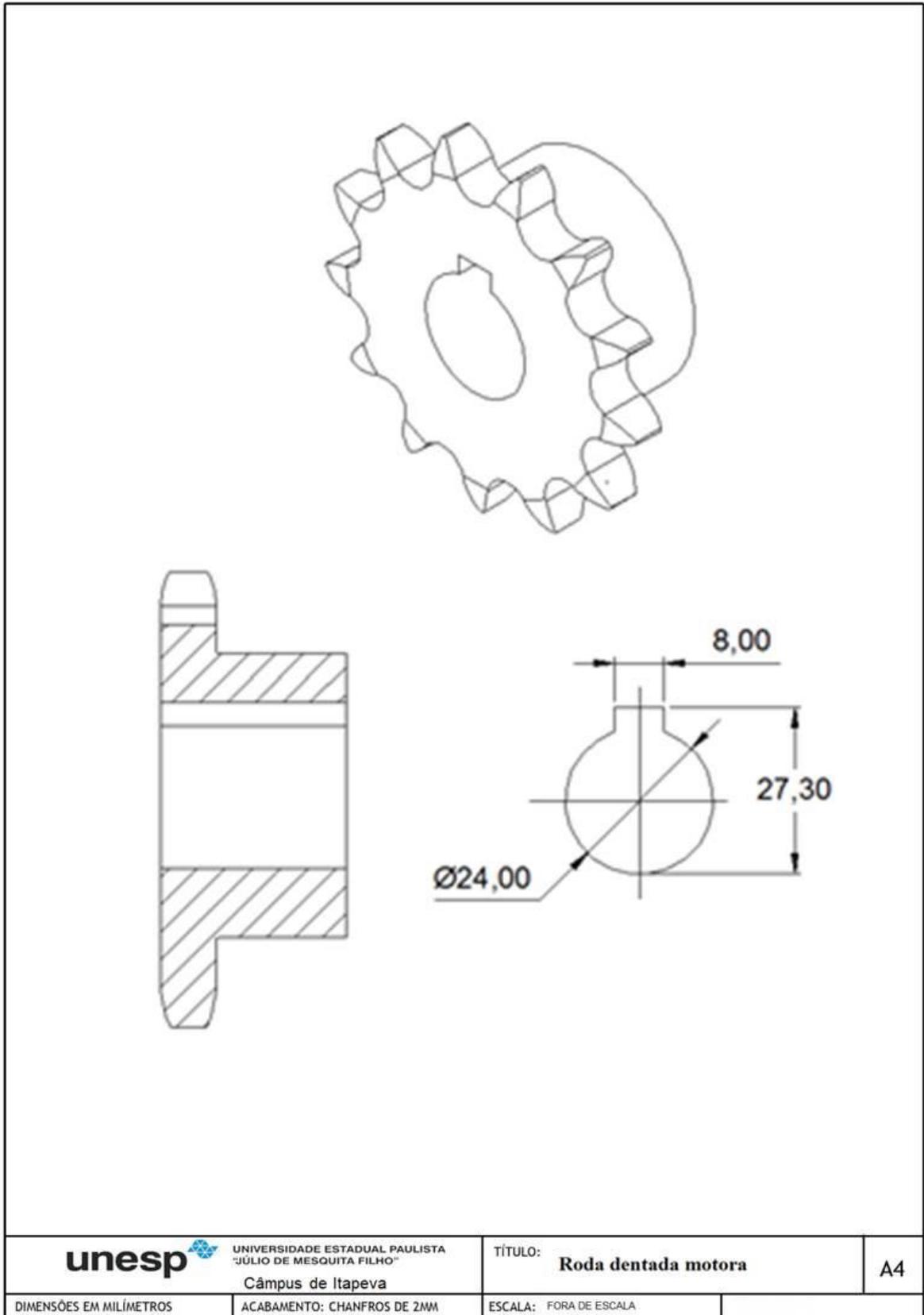
**APÊNDICE A - Detalhamento das peças da máquina de projeto de corte longitudinal de bambu (eixos, engrenagens e polias)**

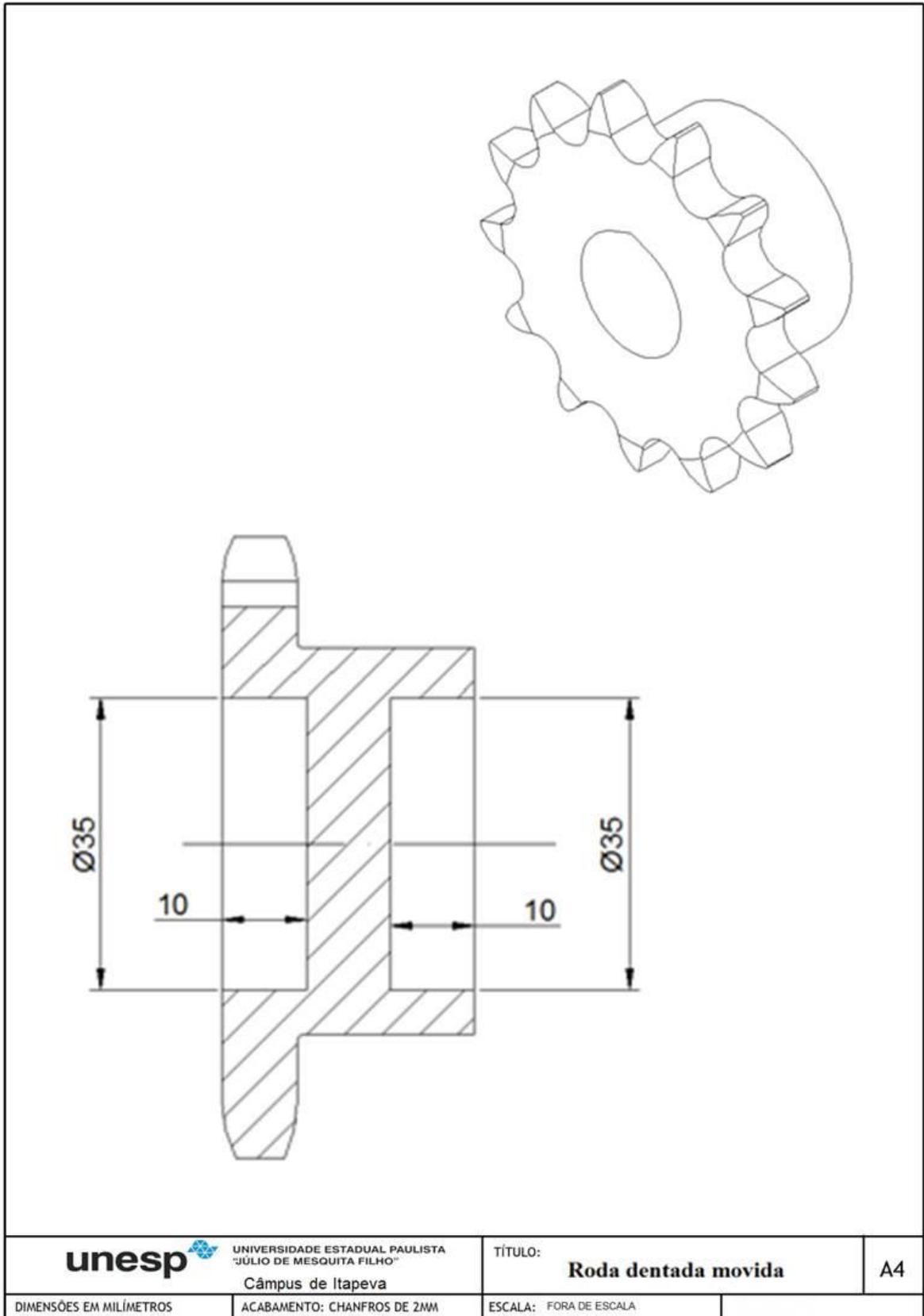






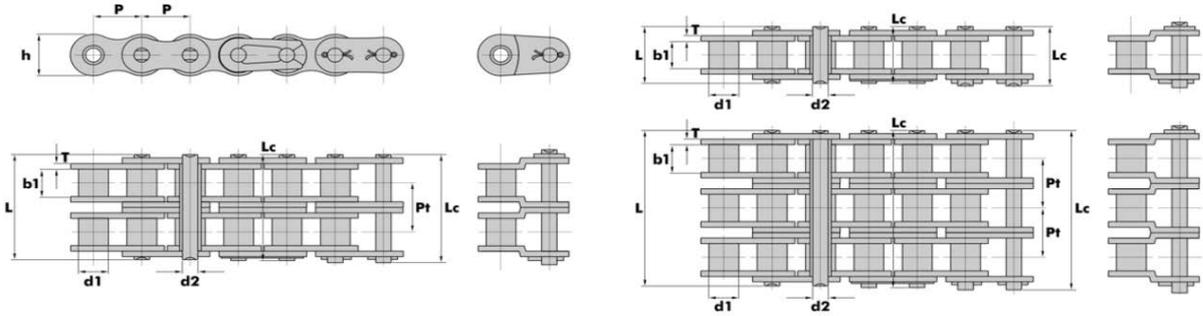






## ANEXO A – Corrente de Rolo

## Correntes de Rolo – Norma ASA



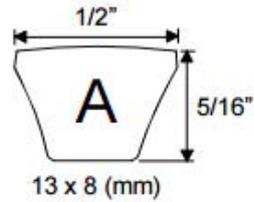
Dimensões em mm

Referência		Passo P	Diâmetro do Rolo máx. d1	Largura entre Placas mín. b1	PINO			PLACA		Passo Trans- versal kgf ANSI	Carga de Ruptura máx. kgf	Peso kg/m
					Diâme- tro d2	Compri- mento L	Compri- mento Lc	Altura h	Espes- sura T			
ANSI 60-1	ISO e ABNT 12 A-1	19,05	11,91	12,57	5,94	25,90	27,70	18,00	2,42	-----	3180	1,50

## ANEXO B – Correia

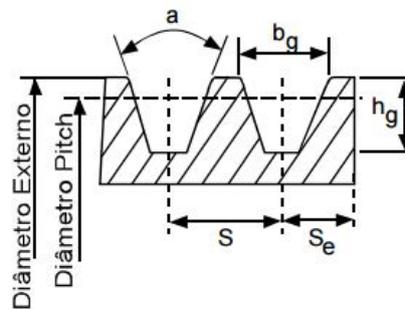
Hi Power<sup>®</sup> II

Nota: Os desenhos abaixo não estão em escala.



Perfil A

Ref. da Correia	Circunferência Externa	
	(pol)	(mm)
A74	76	1930
A75	77	1955
A76	78	1980

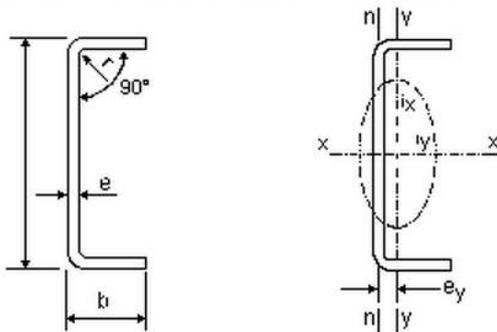


Perfil	Diâmetro Externo (mm)	$a$ $\pm 0,33^\circ$	$b_g$ (mm)	$h_g$ Min (mm)	Nominal DE-DP	$S$ $\pm 0,64$ (mm)	$S_e$ (mm)	Diâm. Datum Mínimo Recomendado
A	Até 145	34	12,55	$\pm 0,13$	11,7	6,35	15,88	76,0
	Acima de 145	38	12,80					

## ANEXO C – Perfil metálico

**PORTAL**  
**MET@LICA**  
 CONSTRUÇÃO CIVIL  
 Perfis U de Chapa Dobrada

## Dimensões e Propriedades Geométricas



**h** - altura da alma  
**b** - largura das abas  
**d** - altura do elemento enrijecido  
**e** - espessura da chapa  
**e<sub>y</sub>** - distância entre o eixo y-y e a fibra paralela mais externa  
**S** - área da seção  
**P** - peso por metro linear

**r** - raio de curvatura interno

**J<sub>x</sub>** - momento de inércia, eixo x - x  
**J<sub>y</sub>** - momento de inércia, eixo y - y  
**W<sub>x</sub>** - módulo de resistência, eixo x - x  
**W<sub>y</sub>** - módulo de resistência, eixo y - y  
**i<sub>x</sub>** - raio de giro eixo x  
**i<sub>y</sub>** - raio de giro eixo y

Dimensões			S	P	J <sub>x</sub>	W <sub>x</sub>	i <sub>x</sub>	e <sub>y</sub>	J <sub>y</sub>	W <sub>y</sub>	I <sub>y</sub>
h	B	e = r	cm <sup>2</sup>	kg / m	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	cm	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm
mm.	mm.	mm.									
150	50	1.90	4.60	3.61	149.9	19.9	5.70	1.08	10.42	2.66	1.50
		2.28	5.49	4.31	177.4	23.6	5.68	1.10	12.35	3.17	1.49
		2.66	6.37	5.00	204.1	27.2	5.65	1.12	14.24	3.67	1.49
		3.04	7.23	5.68	230.1	30.6	5.63	1.13	16.08	4.16	1.49
		3.42	8.09	6.35	255.3	34.0	5.61	1.15	17.87	4.65	1.48
		3.80	8.93	7.01	279.7	37.2	5.59	1.17	19.62	5.12	1.48
		4.18	9.76	7.66	303.3	40.4	5.57	1.19	21.32	5.59	1.47
		4.76	11.01	8.64	338.0	45.0	5.54	1.21	23.84	6.30	1.47
		6.00	13.59	10.67	406.5	54.2	5.46	1.36	28.91	7.75	1.45
	8.00	17.49	13.73	501.6	66.8	5.35	1.25	36.23	9.96	1.43	
70	5.00	13.52	10.61	457.0	60.9	5.81	2.34	64.34	12.69	2.18	