

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS**  
**FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO-SENSU EM CIÊNCIAS FLORESTAIS**  
**E AMBIENTAIS-PPGCIFA**

**UTILIZAÇÃO DE MODELAGEM E SIMULAÇÃO NO PLANEJAMENTO**  
**DA CAPACIDADE PRODUTIVA NUMA INDÚSTRIA DE ARTEFATOS DE**  
**MADEIRA NA AMAZÔNIA: ESTUDO DE CASO.**



**UFAM**

Manaus

2014

KÉZIA MACEDO DA SILVA E SILVA



**UTILIZAÇÃO DE MODELAGEM E SIMULAÇÃO NO PLANEJAMENTO  
DA CAPACIDADE PRODUTIVA NUMA INDÚSTRIA DE ARTEFATOS DE  
MADEIRA NA AMAZÔNIA: ESTUDO DE CASO.**

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Amazonas, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação Stricto-Sensu em Ciências Florestais e Ambientais, área de concentração em Tecnologia da Madeira, para a obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Fernando Cardoso Lucas Filho  
Orientador

Manaus

2014

## Ficha Catalográfica

S486u

Silva, Kézia Macedo da Silva e

Utilização de modelagem e simulação no planejamento da capacidade produtiva numa indústria de artefatos de madeira na Amazônia: estudo de caso / Kézia Macedo da Silva e Silva – Manaus, 2014.

82 p.: il.

Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação Ciências Florestais e Ambientais- PPGCIFA. Universidade Federal do Amazonas.

Orientador: Fernando Cardoso Lucas Filho

1. Engenharia Florestal. 2. Tecnologia da Madeira.

Usinagem. I. Título.

CDU: 630\*3(043.2) 2ed. 1987

*À minha amada família, meu suporte.*

*Ao meu esposo Alan Mota, incansável incentivador.*

## **AGRADECIMENTOS**

*Ao Senhor Jesus, fonte da minha inspiração.*

*A todos os mestres da UFAM que, direta e indiretamente,  
contribuíram para minha formação.*

Ao Prof. Dr. Fernando Cardoso Lucas Filho

À CAPES por investir nas pessoas e acreditar neste trabalho.

*“O coração do homem pode fazer planos, mas a resposta certa vem dos lábios do SENHOR”.*

*Provérbios 16:1 (Bíblia Sagrada)*



## RESUMO

Este trabalho apresenta os processos de usinagem da madeira (corte, furação e fresamento) em uma microempresa que produz móveis e artefatos com a finalidade de modelar e simular o processo produtivo, utilizando o software Arena. São apresentadas as características da matéria-prima para se chegar ao produto final. Na simulação, foram utilizados 2 modelos com 5 repetições. O lead time identificado mostrou que o processo tem falhas na execução devido ociosidade, setup, desperdício de materiais e falta de planejamento. Faz-se recomendações para a melhoria dos processos a partir dos resultados obtidos.

Palavras-Chave: Usinagem da madeira. Planejamento. Modelagem. Simulação. Planejamento.



## **ABSTRACT**

This paper presents the processes of wood machining (cutting, drilling and milling) in a enterprise which produces furniture and artifacts in order to model and simulate the production process, using the Arena software. The characteristics of the raw material to the end product are presented. In the simulation, two models with 5 replicates. The lead time identified showed that the process is flawed in execution due idleness, setup, material waste and poor planning. Is made recommendations for process improvement based on the results obtained.

**Keywords: machining of wood. Planning. Modeling. Simulation. Planning.**

## LISTAS FIGURAS

- Figura 1. Movimentos de corte de uma fresa, **34**
- Figura 2. Processo de furação, **35**
- Figura 3. Organograma geral da pesquisa, **37**
- Figura 4., Tela inicial do Software Arena, **42**
- Figura 5. Módulo de fluxo básico , **44**
- Figura 6. Módulo de Dados Básicos, **44**
- Figura 7. Acesso aos parâmetros de um histograma, **44**
- Figura 8. Resultado do ajuste de dado feito com Input Analyzer, **45**
- Figura 9. Fluxograma do modelo I – produto cadeira quadrada, **47**
- Figura 10. Fluxograma da cadeira modelo I, resultado do Arena, **48**
- Figura 11. Fluxograma do modelo I – produto cadeira redonda, **58**
- Figura 12. Fluxograma da cadeira modelo II, resultado do Arena, **60**

## LISTAS DE TABELAS

Tabela 1. Exportações e importações totais de móveis, 2011/2012 e janeiro de 2013 (1000US\$ FOB), **17**

Tabela 2. Coleta de dados sobre a madeira utilizada, **38**

Tabela 3. Descrição do produto para serra circular - corte, **38**

Tabela 4. Descrição do produto para plaina – corte, **38**

Tabela 5. Descrição do produto para tupia - fresamento, **38**

Tabela 6. Descrição do produto para fresa – fresamento, **39**

Tabela 7. Descrição do produto para furadeira – furação, **39**

# SUMÁRIO

INTRODUÇÃO .....	13
1.2 PROBLEMA .....	15
1.3 JUSTIFICATIVA .....	16
1.5 OBJETIVOS .....	17
1.5.1 Geral .....	17
1.5.1 Específicos .....	17
2. REVISÃO DA LITERATURA .....	18
2.1 O SETOR MOVELEIRO E A UTILIZAÇÃO DA MATÉRIA-PRIMA MADEIRA .....	18
2.2 EFICIÊNCIA PRODUTIVA DOS FABRICANTES DE MÓVEIS DE MADEIRA .....	20
2.3 PRODUÇÃO POR PROJETO .....	21
2.4 A IMPORTÂNCIA DA REDUÇÃO DO LEAD TIME .....	23
2.5 MODELAGEM E SIMULAÇÃO DOS PROCESSOS DE USINAGEM .....	24
2.5.1 A construção de modelos de operações de usinagem, racionalização e <i>Work Sampling</i> .....	24
2.5.2 Tipos de modelagem .....	26
2.5.3 Simulação de modelos .....	27
2.6 UTILIZANDO O SOFTWARE ARENA NA SIMULAÇÃO E MODELAGEM.....	29
2.7 MADEIRA COMO MATÉRIA-PRIMA: SUAS PROPRIEDADES E OS PROCESSOS DE USINAGEM .....	30
2.7.1 Processos de corte .....	32
2.7.2 Processo de fresamento .....	33
2.7.3 Processo de Furação .....	34
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	36
3.1 LOCALIZAÇÃO DA PESQUISA .....	36
3.2 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA.....	36
3.5 COLETA DE DADOS .....	37
3.5.1 Mapeamento, modelo e simulação.....	39
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	45
4.1 MODELO I – PRODUTO CADEIRA QUADRADA .....	45
Fluxo da cadeira modelo I - resultado do Arena.....	47
Resultados da simulação para o processo produtivo da cadeira modelo I .....	54
4.2 MODELO II – PRODUTO CADEIRA REDONDA .....	56
4.3 RESULTADO DA SIMULAÇÃO DO ARENA – MODELO II .....	60
Resultados da simulação para o processo produtivo da cadeira modelo II .....	62
5. CONCLUSÃO .....	64
7. REFERÊNCIAS .....	67
APÊNDICE 1 – Tabelas da coleta de dados preenchidas .....	71
APÊNDICE 2 – Fotos das máquinas de usinagem.....	80

## INTRODUÇÃO

A modelagem e a simulação para aumento da capacidade produtiva em uma indústria de artefatos de madeira ajuda a compreender a produção em movelarias, que tem na usinagem da madeira sua principal característica. Seus projetos são realizados por uma *produção por encomenda*, com baixo consumo de mercado, devido sua especificidade, e matéria-prima de alto custo.

As movelarias não suportam um aumento de produção além de sua rotina, não são competitivas do ponto de vista do preço, o quadro funcional geralmente tem pouca qualificação técnica e ainda sofrem os problemas da gestão administrativa. Apesar desse primeiro quadro pessimista, o mercado moveleiro tem grande potencial de crescimento, atraindo empresas do ramo hoteleiro, construção civil, serviços imobiliários de aluguel, alojamentos e até mesmo o consumidor final que estabeleceu um mercado destinado a móveis da linha residencial (MARTINS, 2012).

A indústria moveleira reduziu preços e tem incluindo em sua rotina a preocupação com a sustentabilidade dos ecossistemas florestais. Essas transformações influenciaram o mercado consumidor que percebe isso com bons olhos, aumentando a demanda da produção, inovação em design e qualidade de produção nessa indústria.

Mas, poucos trabalhos científicos são encontrados especificamente sobre a usinagem da madeira e o setor moveleiro. A proposta deste trabalho é tanto abordar tecnicamente a usinagem da madeira em corte, furação e fresamento, quanto apurar *in loco* a forma de produção e como contribuir para a melhoria do processo produtivo de artefatos de madeira. A modelagem e a simulação são ferramentas importantes justamente para entender cientificamente o sistema real, pois tem menor custo.

É importante frisar as diferenças básicas de dois tipos de produção. Em primeiro, a *Produção Seriada* utiliza-se da automação, padronização de processo e da linha de montagem. Em segundo, a *Produção por Encomenda ou Por Projeto* exige alta

flexibilidade dos recursos produtivos devido obedecer as especificações impostas por cada projeto (TUBINO, 2000).

O tipo de matéria-prima utilizada também é fator preeminente nessa análise da produção por projeto. A movelaria, como objeto desta pesquisa, utiliza a madeira maciça como insumo. A madeira maciça, dificulta a automação e a ampliação das possibilidades de ganhos em escala (ROSA et al., 2007). Por isso é imprescindível o aprimoramento do processo produtivo, com a finalidade de reduzir custos e melhorar o seu desempenho em qualidade e produtividade (LUCAS FILHO, 2004).

O conhecimento do fluxo dos processos, suas capacidades e suas restrições bem como de suas condições ótimas de operação irão contribuir para uma melhor visão das atividades produtivas, com impactos positivos no próprio mercado de móveis, com aumento da eficiência e diminuição de perdas de materiais, tempo e custos.

Poucas pesquisas e livros foram encontrados nas bibliotecas especializadas na cidade de Manaus sobre o tema usinagem da madeira. Este trabalho visa contribuir diretamente com um diagnóstico local sobre os processos de usinagem de corte, furação e fresamento da madeira, além de ter a *produção por projeto* em movelaria o foco para melhorias.

## 1.2 PROBLEMA

Como a modelagem e a simulação podem contribuir para o aumento da capacidade produtiva num sistema de *produção por projeto* baseado em usinagem de artefatos de madeira?

### 1.3 JUSTIFICATIVA

A falta de informações que auxiliem no planejamento contribuem para o baixo desempenho dos processos produtivos das indústrias de artefatos de madeira na Amazônia. O planejamento nos processos de produção por projeto baseado em usinagem da madeira é um assunto de certa forma raramente encontrado ou estudado, uma vez ainda se forçar o tema na fabricação de bens como navios e aviões por mais abrangente e tecnologicamente interessante a primeira vista.

Por outro lado, a fabricação de móveis de madeira tem um cenário em construção, onde as melhorias apresentam resultados do ponto de vista mercadológico para atender uma demanda crescente e na geração de novos empregos nessa área, além de maior sistematização de processos.

O interesse em modelar e simular um sistema produtivo por projeto é de perspectiva acadêmica, na tentativa de fomentar a ampliação da discussão sobre o setor moveleiro e como torná-lo mais industrial e menos artesanal.

As linhas de produção industriais são caracterizadas por máquinas e robôs automatizados que acompanham as tecnologias industriais de última geração. Em usinagem da madeira nas movelarias há possibilidades de melhorias de suas também linhas de produção, mesmo não seriada, pois, a produção por encomenda possui séries que, apesar de finitas, tem repetição (TOLEDO JR., 1989).



## 1.5 OBJETIVOS

### 1.5.1 Geral

Elaborar um modelo e simulação de um sistema de *produção por projeto* baseado em usinagem de artefatos de madeira com o intuito de aumentar a capacidade produtiva.

### 1.5.1 Específicos

- Mapear os processos de produção por projeto
- Calcular o *lead time* do processo
- Simular a operação do processo modelado por meio do software Arena
- Analisar os resultados e sugerir melhoria para os processos produtivos

## 2. REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 O SETOR MOVELEIRO E A UTILIZAÇÃO DA MATÉRIA-PRIMA MADEIRA

O Mercado moveleiro tem grande potencial de crescimento. Desde de 2012 vem experimentando um aumento de vendas, principalmente para clientes corporativos do ramo hoteleiro, construção civil, serviços imobiliários de aluguel, e alojamentos. O consumo, que vem de um mercado destinado a móveis da linha residencial e comercial, gera essa demanda às indústrias de móveis que fabrica produtos com chapas de madeira e produtos desmontáveis ou semidesmontáveis, (MARTINS, 2012).

A indústria reduziu preços, os móveis foram perdendo status de bens de luxo, provocando declínio do ciclo de reposição, graças ao reposicionamento das movelarias que incluíram em seu escopo de trabalho o item sustentabilidade dos ecossistemas florestais. As transformações dos últimos anos influenciaram o mercado consumidor, colaborando para a sua expansão e redução da reposição dos móveis por parte do consumidor, provocando aumento da produção, inovação em design e qualidade de produção nessa indústria. As tendências são de um tipo de móvel prático, geralmente padronizado e confeccionado com madeira de reflorestamento de baixo custo. Essa dinâmica tem seus contrapontos, para atender grandes clientes, algumas empresas deixam de atender clientes menores. Essa falta de capacidade de atendimento das médias e grandes empresas tem provocado o deslocamento desta demanda para as pequenas empresas locais que nem sempre estão preparadas para esse atendimento. Ainda assim, isto se configura uma oportunidade para ampliação da participação de mercado e fidelização de clientes no setor de artefatos de madeira (MARTINS, 2012).

Um ponto crucial logicamente é a empresa de artefatos de madeira considerar a sustentabilidade dos ecossistemas florestais, algo intimamente relacionado aos aspectos socioeconômicos da utilização dos recursos naturais. O setor moveleiro se dinamizou por sua industrialização da madeira proveniente da exploração sob baixo impacto. Por outro lado, o sistema de produção em indústrias de artefatos de madeira ainda é centrado no corte seletivo de poucas espécies ocasionando, com isso, um

gradual empobrecimento da floresta e, talvez, a extinção de algumas espécies mais intensivamente exploradas (BARBOSA *et al.*,1999).

Neste aspecto, diversos estudos para melhorar a eficiência produtiva nas indústrias do setor têm sido desenvolvidos visando não somente reduzir a perda e o volume de resíduos gerados no beneficiamento, mas, também melhorar a gestão da empresa florestal, a qual deve se empenhar em implementar uma estratégia para melhorar métodos e processos, no sentido de agregar valor aos produtos e gerar padrão de qualidade e preços competitivos, além de simultaneamente implementar iniciativas de controle da qualidade ambiental. Sua viabilidade está em conhecer antes os fatores que contribuem mais intensamente para a eficiência do processo de transformação da madeira em produto semiacabado ou acabado. Um desses fatores é a usinabilidade da madeira. Conhecendo melhor esta propriedade é possível melhorar os processos de fabricação, otimizar os custos, aumentar a produtividade e a qualidade do produto, contribuindo, assim, para uma melhor rentabilidade da atividade. (ALMEIDA, 1998)

## 2.2 EFICIÊNCIA PRODUTIVA DOS FABRICANTES DE MÓVEIS DE MADEIRA

As empresas preocupadas com a qualificação da mão-de-obra entendem que os recursos humanos na manufatura e a consolidação da marca são os principais pontos para um melhor desempenho do segmento perante a concorrência (LUCAS FILHO, 2004).

A falta de fatores como o sistema de gestão do processo e a ineficiência produtiva, são as principais causas para altos índices de perdas na produção e baixa qualidade e produtividade. Muitas perdas no processo produtivo estão associadas à desqualificação dos recursos humanos no momento do processamento da madeira. (BONDUELLE, 2001g).

Outro ponto é a redução do *lead time* que ainda é um desafio para o processo de manufatura. Essa redução, quando alcançada, resulta em processos de operação mais enxutos, agregam benefícios ao cliente final, as movimentações de materiais tornam-se mais rápidas (GARCIA et al., 2001).

O tempo ganho com a redução do *lead time* é um investimento na satisfação do consumidor e na redução dos custos da manufatura. A redução do *lead time* proporciona maior aproximação entre exigências e requisitos do cliente, dinamizando a resposta do fabricante de móveis de madeira. Mesmo numa *produção por projeto*, o resultado é a fidelização de clientes. (SLACK, 1999)

## 2.3 PRODUÇÃO POR PROJETO

A produção por projeto destaca-se pela fabricação de produtos não mantém entre si, por que cada produto tem suas características, a produção por projeto está voltada para atender um cliente específico, as atividades precisam cumprir o prazo proposto, sendo assim o produto tem data para ser concluído. Na produção por projeto é necessário realizar um planejamento, programação e controle da produção e sequenciamento das atividades dos recursos múltiplos restritos disponíveis para obter o resultado esperado isto faz com que as empresas que trabalham com produção sob encomenda tenham grandes dificuldades em prosseguir com a produção, na tentativa de conciliar uma elevada taxa de utilização e produtividade dos recursos produtivos com os prazos de entrega acordados com os clientes. (TUBINO, 2000).

A produção por projeto é para um cliente específico onde cada projeto a ser desenvolvido na maioria dos casos sempre, refere-se a um diferente daquele que foi produzido anteriormente. As empresas que trabalham com produção sob encomenda tem grandes dificuldades para sequenciar uma produção, pois é difícil pressupor de como será realizada a produção seguinte devido cada projeto ter suas peculiaridades. A prática de todas estas informações só podem dá andamento com a chegada do pedido. A partir dele, o roteiro de produção é definido, os materiais e demais itens componentes são encomendados e a produção se inicia e outros trabalhos podem ser executados. (COSTA, 1996).

O projeto sob encomenda é desenvolvido para ter uma resposta ágil às exigências do mercado, bem como o desenvolvimento e lançamento de novos produtos, no atendimento dos pedidos, na recuperação das falhas, na adaptação às mudanças de mercado, um movimento que busca uma administração mais célere e flexível. (PEINADO, GRAEML, 2007)

Segundo Pires (1995), as empresas com este perfil fabricam produtos altamente customizados, baseados nas especificações do cliente, iniciando seu processo somente após o recebimento de um pedido oficial do mesmo. Engenharia sob encomenda é uma extensão do sistema produção sob encomenda, com o projeto do produto sendo feito quase que totalmente baseado nas especificações do cliente. Os produtos são projetados por ordem, um de cada tipo, não havendo um planejamento

em termos de previsão de vendas. Devido à variedade de produtos, muitas empresas não podem estocar nenhum tipo de material, devendo esperar o pedido para iniciar o processo de compras. O programa mestre de produção é feito de acordo com a capacidade disponível, que deve ser altamente flexível, capaz de efetuar muitas tarefas diferentes, através de mão-de-obra altamente qualificada. (COPATTO, 2005).

Nesse sistema, a interação com o cliente é muito mais intensa, por isso a configuração do produto pode ser alterada em qualquer fase do projeto, inclusive durante a fase de produção. Walter e Ries (1996) mostram que essa interação é realmente grande, acrescentando que é comum a necessidade de aprovação, pelo cliente, do projeto, das especificações e do controle de qualidade, sendo esta fase a mais crítica, uma vez que as demais fases, tais como compra de materiais e fabricação, dependem da qualidade e rapidez das informações nela geradas.

Como o produto pode estar continuamente em evolução, devido à grande interação entre o cliente e o fornecedor, há uma superposição entre as fases de engenharia, planejamento e fabricação, causada, segundo Walter e Ries (1996), porque a engenharia do produto é realizada basicamente do produto para os insumos e a fabricação é realizada dos insumos para o produto. Os itens de mais baixo nível na estrutura do produto são os últimos a serem projetados, enquanto que, para a fabricação, são os primeiros a serem produzidos.

Nos segmentos com estas características, gerenciar bem suas atividades e suas restrições torna-se ainda mais complicado devido ao alto grau de incertezas, pois a necessidade de aumentar a competitividade leva cada vez mais à absorção dos riscos causados pela falta de previsão de vendas, pelo cenário econômico, pelos prazos de execução e pela garantia do desempenho produto. Nesse ambiente, os pedidos dos clientes são gerenciados como projetos, já o planejamento da produção normalmente é feito usando técnicas convencionais de gerenciamento de projetos (VAIDYANATHAN, 2002). Fabricantes de avião, estaleiros, equipamentos elétricos específicos e construção civil, são alguns exemplos de segmentos de mercado que trabalham neste sistema.

## 2.4 A IMPORTÂNCIA DA REDUÇÃO DO LEAD TIME

Segundo Stalk (1998), no lead time o tempo é um fator muito relevante para o crescimento de negócio, é um padrão de medida de competição mais difícil do que as medições financeiras tradicionais. Lead time, ou tempo de atravessamento ou fluxo, é uma medida do tempo gasto pelo sistema produtivo para transformar matérias-primas em produtos acabados. Pode-se tanto considerar esse tempo de forma ampla, denominando-o como lead time do cliente, quando pretende-se medir o tempo desde a solicitação do produto pelo cliente até sua efetiva entrega ao mesmo, como pode-se considerar esse tempo de forma restrita, lead time de produção, levando-se em conta apenas as atividades internas ao sistema de manufatura.

Para Fleury (2003), para as empresas alcançar respostas rápidas com seus clientes, há uma necessidade em cumprir a entrega de cada projeto executado com objetivo de fidelizar os clientes atuais e atrair os novos clientes.

O lead time têm como princípio a redução do tempo, pois assumem que os recursos necessários para a execução do projeto estão infinitamente disponíveis NOZICK et al. (2004)

Segundo Copatto (2005), o lead time é a soma dos tempos das etapas que compõem uma análise crítica, levando em consideração que os recursos disponíveis é limitada. Pois, a fila dos recursos compartilhados entre etapas e/ou entre projetos, também é utilizado no lead time dos projetos.

## 2.5 MODELAGEM E SIMULAÇÃO DOS PROCESSOS DE USINAGEM

Será apresentado como se dá a construção de modelos de operações de usinagem, quais os tipos de modelagem e o que significa a simulação de modelos.

### 2.5.1 A construção de modelos de operações de usinagem, racionalização e *Work Sampling*

*Modelagem* “é aquilo que serve de referência ou que é dado para ser reproduzido, representação em pequena escala de algo que se pretende reproduzir em grande, protótipo de um objeto” (AURÉLIO, 2004).

A definição acima condiz com a questão técnica de um modelo, pois é a representação de um sistema que exige certa noção da organização e do funcionamento do sistema real. O objetivo de se construir modelos é a ampliação do entendimento sobre determinado sistema, levando em conta suas características e peculiaridade. Modelos são mais viáveis, pois utilizados em simulações, evitam experimentações que geram maiores custos. Um modelo tem a finalidade de incorporar elementos reais de forma simples, entretanto, deve conter os aspectos importantes do sistema real. Segundo MELLO (2007), o modelo não deve exibir complexidade que o impossibilite de ser compreendido e manipulado. Mas salienta que essa característica é de difícil alcance devido os modelos realísticos raramente serem simples, num contraponto com os modelos simples raramente realísticos. A coleta de informações de uma linha de produção, utilizando-as para registro num software específico, é um modelo que denomina-se *modelagem de dados*. Esta ação fundamenta as especificidades das regras do negócio e alimenta as estruturas de um banco de dados. A modelagem de dados é importante no desenvolvimento de um sistema de informação, pois interfere no resultado do projeto e na construção de modelo que consiste em traçar as definições lógicas e tudo o que depende dela para sua execução.

É a partir dessa modelagem que se compreende o *status* da linha de produção e como estão sendo executados os seus processos. Para se obter um modelo é necessário a utilização de ferramentas teóricas e práticas. Isto ajuda na construção de



modelo de dados consistentes e que podem ser aplicados em qualquer sistema de gestão (PELOSINI, 2011).

Desta forma, a *modelagem de operações de usinagem* é uma espécie de roteiro de fabricação das peças e resultado de determinada *modelagem de dados*, com o objetivo de obter boa performance no processo de produção. TOLEDO JÚNIOR (1989) contribui com esta afirmativa ao trazer a *racionalização* como princípio de padrões, trabalhando com padronização ideal de métodos, equipamentos, instalações, ferramentas, materiais, móveis e fluxos, onde a modelagem de operações é determinante. Isto resulta na qualidade da peça, na alta produtividade e possibilita baixar os custos de produção por meio do projeto e controle da operação. (TOLEDO JÚNIOR, KURATOMI, 2002)

Para uma modelagem de operações de usinagem eficiente, o ponto de partida é amostragem do trabalho baseada na técnica conhecida como *Work Sampling*, a seleção de uma parte do que é desenvolvido na linha de produção e que se torna evidência do conteúdo de um todo. *Work Sampling* é baseado em fato provado por meio da porcentagem de observações anotadas para uma certa atividade correspondente à porcentagem realmente gasta. Ela pode ser aplicada em qualquer atividade, desde que permita a observação. (TOLEDO JÚNIOR, KURATOMI, 2002)

As vantagens desta técnica é que os fatos são obtidos rapidamente, de forma econômica, medindo homem ou equipamento sem interferir diretamente no processo, visando a redução de custos ao apontar e reduzir o tempo desocupado de homens e máquinas (TOLEDO JÚNIOR, KURATOMI, 2002).

A construção de modelos exige conhecimento do tipo mais adequado de modelagem para cada processo, pois, obedece a lógica do ajuste em relação ao que está sendo avaliado.

### 2.5.2 Tipos de modelagem

Pode-se entender que *modelo* é uma imitação do sistema real de forma que se possa estudar o comportamento das variáveis desse sistema. Segundo MELLO (2007), quatro são os tipos principais de modelos que podem ser aplicados: determinísticos, estocásticos, estáticos e dinâmicos.

O *modelo determinístico* é um modelo matemático que não considera variáveis aleatórias e é baseado em causas que podem ser determinadas. O *modelo estocástico* possui uma ou mais variáveis aleatórias e são conformados à geração randômica de dados para serem utilizados nos estágios de observação ou de testes.

O *modelo estatístico* não considera a variável de tempo e o uso de simulação pode não ser recomendado, pois a maioria dos modelos estáticos são completamente determinísticos. O *modelo dinâmico*, por sua vez, é um modelo matemáticos que observa as interações variáveis com o tempo e considera a ocorrência de uma ordem temporal entre eventos.

Os modelos servem para a *simulação de sistemas* que representam o sistema real através de um modelo elaborado na tentativa de atingir um grau de confiabilidade aceitável.

### 2.5.3 Simulação de modelos

Na literatura sobre o processo de simulação há poucas referências, mas um consenso sobre os passos a serem seguidos para formulação de um estudo envolvendo *modelagem* e *simulação*, como pode ser visto em BANKS e CARSOM (1984), PEDGEN *et al.* (1990), LAW e KELTON (1991).

A partir da fundamentação nestes autores, pode-se identificar que os procedimentos para solução de um problema utilizando a modelagem e simulações de sistemas seguem os passos estruturados em etapas: o planejamento, a modelagem, a experimentação, a tomada de decisão e a conclusão do projeto.

A simulação de sistemas é realizada através da repetição de um determinado processo que representa o sistema real através de um modelo. Para um grau de confiabilidade aceitável, uma das principais ferramentas utilizadas na execução destas repetições é o software Arena.

Conforme MELLO (2007), as linguagens para a realização de simulações surgiram na década de 60. Com a evolução das linguagens de programação, na década de 80 programas como ARENA, TAYLOR e PROMODEL já ofereciam capacidade para executar a simulação visual. Cada programa apresenta características básicas que os diferencia uns dos outros. Neste sentido, chega-se a visão do sistema real, termo que indica a forma como o programa vê um sistema a ser simulado.

Dentre as várias definições para simulação, quase todas convergem entre si e apresentam poucas variações entre os diversos estudiosos do assunto. SILVA *et al.* (2007) definem simulação como um processo de experimentação com um modelo detalhado de um sistema real para determinar como o sistema responderá a mudanças em sua estrutura, ambiente ou condições de contorno. Já FERNANDES *et al.* (2006), definem esta técnica como uma combinação de elementos que interagem para cumprir um objetivo específico.

Para PRADO (2010), a simulação é a técnica de solução de um problema pela análise de um modelo que descreve o comportamento do sistema usando um computador digital. Segundo MOTOMURA (1980) simulação é como uma experiência, um ensaio no qual se procura representar com semelhança, uma determinada situação, o que acontece ou poderia acontecer na vida real. LAW et al. (2000), por sua vez, define como uma ferramenta para solução de problemas que consiste em um método de modelagem utilizado para analisar um procedimento real em computadores ou protótipos.

Para FREITAS FILHO (2008) uma das principais etapas num estudo de simulação é a criação de um modelo, ou seja, a modelagem, para observar o comportamento do sistema em estudo, sob determinadas condições, e observá-lo de forma científica. A simulação é a elaboração de modelo lógico-matemático referente a um sistema real e a realização de experimentos numéricos com este modelo. Segundo SALIBY (1996), visa estimar parâmetros de operação do sistema em estudo.

A modelagem de um processo ou sistema serve para a simulação, de tal forma que o modelo imite as respostas do sistema real numa sucessão de eventos que ocorrem ao longo do tempo. Conforme afirma PEDGEN (*apud* FREITAS FILHO, 2008), a simulação como o processo de projetar um modelo computacional de um sistema real, conduz experimentos com este modelo no propósito de entender seu comportamento e/ou avaliar estratégias para sua operação.

Atualmente a simulação não é só como um modelo, mas o método experimental que busca descrever o comportamento do sistema, construir teorias e hipóteses considerando as observações efetuadas. O modelo serve para prever o comportamento futuro, isto é, os efeitos produzidos por alterações no sistema ou nos métodos empregados em sua operação. Para uma simulação que garanta uma estratégia com estrutura organizada e economicamente viável do processo, o planejamento da capacidade produtiva é imprescindível.

## 2.6 UTILIZANDO O SOFTWARE ARENA NA SIMULAÇÃO E MODELAGEM

Arena é um software de simulação de processos, onde a simulação é uma ferramenta para elaboração de modelos matemáticos, possibilitando implementar modelos para simulação, que propociona à tomada de decisões dentro de uma empresa, cria e testa experimentos no sistema, com objetivo inserir novas idéias e projetos em um simulador sem interferir no ambiente físico. O arena fornece interface gráfica para uma simulação que se baseia na linguagem SIMAN.

O software arena estabelece uma estrutura que permite guardar variáveis, definindo procedimentos para o sistema. Por meio da ferramenta refinar o modelo é possível identificar e verificar o modelo para aperfeiçoar um modelo claro e preciso. Com as ferramentas de simulação pode-se identificar o erros e assim melhorar a modelagem, obtendo um modelo preciso, permitindo idealizar todos os componentes do sistema, o próximo passo é a simulação dos dados, identifica vários cenários propondo melhorias.

Após a simulação é possível analisar os resultados onde gera relatórios automáticos com dados particulares, taxa de recursos e os tempos de espera. Os relatórios apresentam a melhor forma de solucionar e testar o problema.

## 2.7 MADEIRA COMO MATÉRIA-PRIMA: SUAS PROPRIEDADES E OS PROCESSOS DE USINAGEM

A madeira é uma matéria-prima que apresenta variações internas. Cada espécime possui propriedades específicas, algumas são muito duras e resistentes, outras mais leves e menos resistentes. Para isso, é importante o estudo das propriedades organoléticas da madeira e propriedades físicas e mecânicas.

Conforme LUCAS FILHO (2004) a madeira é um produto do tecido *xilemático* dos vegetais superiores, geralmente localizados no tronco e galhos das árvores, com células especializadas na sustentação e condução de seiva, além de ser o principal tecido condutor de água nas plantas vasculares e possuir um tecido estruturalmente complexo, composto células com forma e função diferenciadas.

Segundo MORESCHI (2012), a cor da madeira é originada por substâncias corantes depositadas no interior das células que constituem o material lenhoso, bem como impregnadas nas suas paredes celulares. O cheiro trata-se da identificação do odor típico de cada espécie de madeira, compreendendo à presença de substâncias voláteis, concentradas principalmente na madeira de cerne. O grã refere-se à orientação geral dos elementos verticais constituintes do lenho, em relação ao eixo da árvore ou de uma peça de madeira. Esta orientação é decorrente das mais diversas influências em que a árvore é submetida durante o seu processo de crescimento, culminando em grande variação natural no arranjo e na direção dos tecidos axiais, o que origina vários tipos de grãs.

A textura refere-se o efeito produzido na madeira pelas dimensões, distribuição e porcentagem dos diversos elementos estruturais constituintes do lenho, no seu conjunto. O termo desenho é usado para descrever a aparência natural das faces da madeira, resultante das várias características macroscópicas (cerne, alborno, cor, grã) e, principalmente, dos anéis de crescimento e raios da madeira.

Devido seu caráter heterogêneo, a madeira exige determinados cuidados, como levar em consideração o tipo de corte a ser aplicado e o método de secagem a partir do cálculo PSF (Ponto de Saturação das Fibras), ou seja, a verificação da umidade de determinada espécie para saber a quantidade de água, assim obtendo o tempo ideal de secagem.

Após a apresentação das propriedades da madeira, serão pontuados os processos de usinagem (corte, fresamento e furação) que compõem a fabricação de móveis e os quais são objeto de estudo deste trabalho.

### 2.7.1 Processos de corte

As serras circulares apresentam uma grande variedade de diâmetro, espessuras de disco, número e formato de dentes, dependendo de seu emprego. Quanto maior o diâmetro da ferramenta, maior é sua espessura. São considerados como discos finos, aqueles que apresentam a espessura igual ou menor que o diâmetro dividido por 200 (GONÇALVES, 2000).

No processo de corte de madeiras, as serras circulares são utilizadas em vários tipos de corte como o desdobro, destopo, refiletagem e perfilagem. ROCHA (2007) alerta a importância do uso adequado de equipamentos que utilizam serras circulares, pois a geração de serragem é muito maior que em serras fitas, devido ao fio de corte ser mais espesso. Porém, como as serras circulares são equipamentos que atingem velocidades de corte maiores que as serras fitas, existe a alternativa de se utilizar equipamentos com dois eixos, que permitem reduzir o diâmetro do disco e conseqüentemente a espessura de corte.

As serras podem ser fabricadas com dentes fixos ou cambiáveis. As de dentes fixos são geralmente confeccionadas através do processo de estampagem, que define o formato dos dentes, os quais são posteriormente travados e afiados. Quanto às serras de dentes cambiáveis, vários modelos são fabricados para aplicações especiais. O mais usual são as serras de dentes soldados. As mais comuns encontradas no mercado são as denominadas de serras de dentes com ponta de metal duro.

Nas serras de dentes com metal duro, as pastilhas são soldadas em rebaixos preparados na superfície frontal dos dentes da lâmina e posteriormente afiadas. O processo mais utilizado de fixação das pastilhas é a soldagem por indução com adição de lâmina de prata, (GONÇALVES, 2000). De acordo com STOETERAU (2007) a *widia* é a liga mais utilizada no processo de usinagem devido as suas ótimas características de trabalho como dureza elevada, ótima resistência à compressão, resistência a temperatura de até aproximadamente 1000°C (mesma dureza que o aço rápido à temperatura).



## 2.7.2 Processo de fresamento

O fresamento ou aplainamento no processo de usinagem da madeira, caracteriza-se pela remoção de cavacos na operação de desbaste ou acabamento de superfície. Para SILVA (2007), o fresamento periférico, é um processo de usinagem destinado à obtenção de superfícies regradas, geradas por um movimento retilíneo alternativo da peça ou da ferramenta.

Segundo GONÇALVES (2000), a máquina de fresamento é composta basicamente de conjunto de cabeçote, porta ferramentas com lâminas de corte e suportes de fixação. A fresa é uma ferramenta cilíndrica provida de dentes cortantes paralelos à superfície a ser usinada. Através do movimento combinado entre a rotação da ferramenta e o deslocamento da peça é possível produzir uma superfície plana ou com forma determinada.

Os movimentos relativos entre o avanço da peça e sentido de giro de corte da ferramenta são classificados em discordante e concordante (GONÇALVES, 2000 ).

Para Camargo (2002), no primeiro caso, o movimento de corte da ferramenta e movimento de avanço do material a ser usinado encontram-se opostamente sincronizados. No segundo, os movimentos encontram-se no mesmo sentido. Uma das vantagens do fresamento concordante é produzir peças com melhor acabamento final, porém o fresamento discordante é ainda o mais utilizado devido à menor periculosidade para o operador e o menor uso de potência de corte.

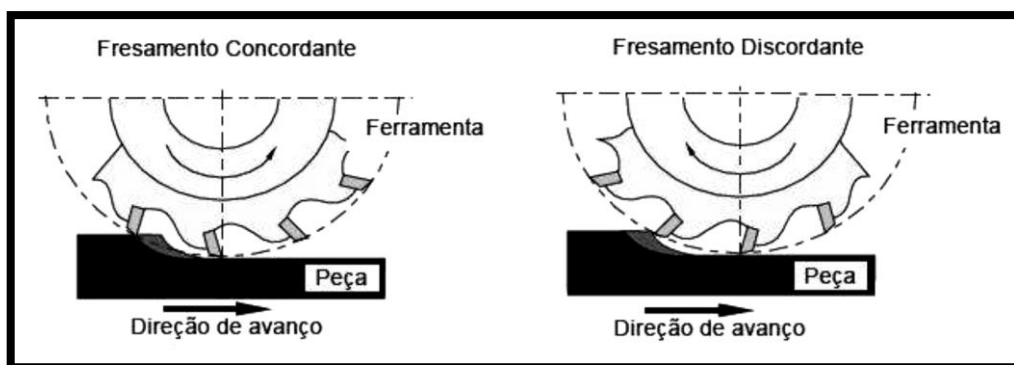


Figura 1. Movimentos de corte de uma fresa (STOETERAU, 2007).

### 2.7.3 Processo de Furação

Furação é um processo de usinagem, sua movimentação é de corte circular, com movimento rotativo principal. A ferramenta possui movimento na direção do seu eixo de rotação em relação à ferramenta e a peça DIN 8589.

A furação com brocas está incluída no grupo de processos de fabricação por usinagem com arestas de geometria definida. Junto com o torneamento, é uma das operações mais importantes, envolvendo aproximadamente 30% de todas as operações de usinagem de metal. O processo de furação é responsável por 75% do volume de material removido na usinagem (CASTILLO, 2005).

O processo de furação é realizado sob condições relativamente severas, dentre as quais podem ser citadas: a *velocidade de corte não é uniforme*, variando de zero no centro do furo até máximo na periferia; o *processo de geração de cavaco* é de difícil observação; o *fluido de corte*, que deve atuar como refrigerante, lubrificante e meio de transporte de cavacos, chega com dificuldade à aresta da ferramenta, onde é mais necessário; há uma *distribuição inadequada de calor na região de corte*, ocorrendo assim atrito e desgaste pronunciado nas quinas com cantos vivo.

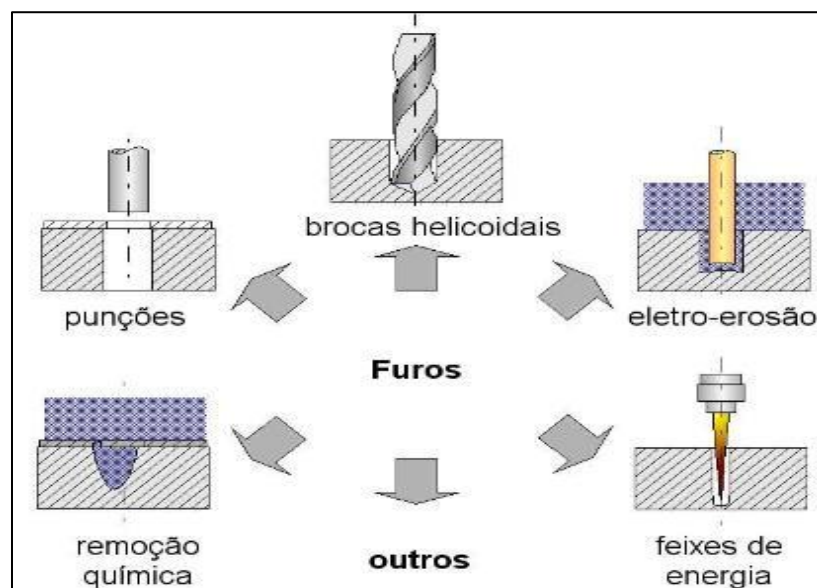


Figura 2. Processo de furação.

Fonte: criado por A. A. Bolteri, disponível em <http://www.ebah.com.br>

No processo de furação existem várias particularidades. As máquinas dedicadas devem cumprir, principalmente, os seguintes requisitos: rigidez, estabilidade, precisão no movimento de avanço da ferramenta e disponibilidade de sistemas de injeção de fluido de corte a alta pressão. (KÖNIG, KLOCKE, 1997).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

O organograma abaixo ilustra todos os passos para a realização deste trabalho.

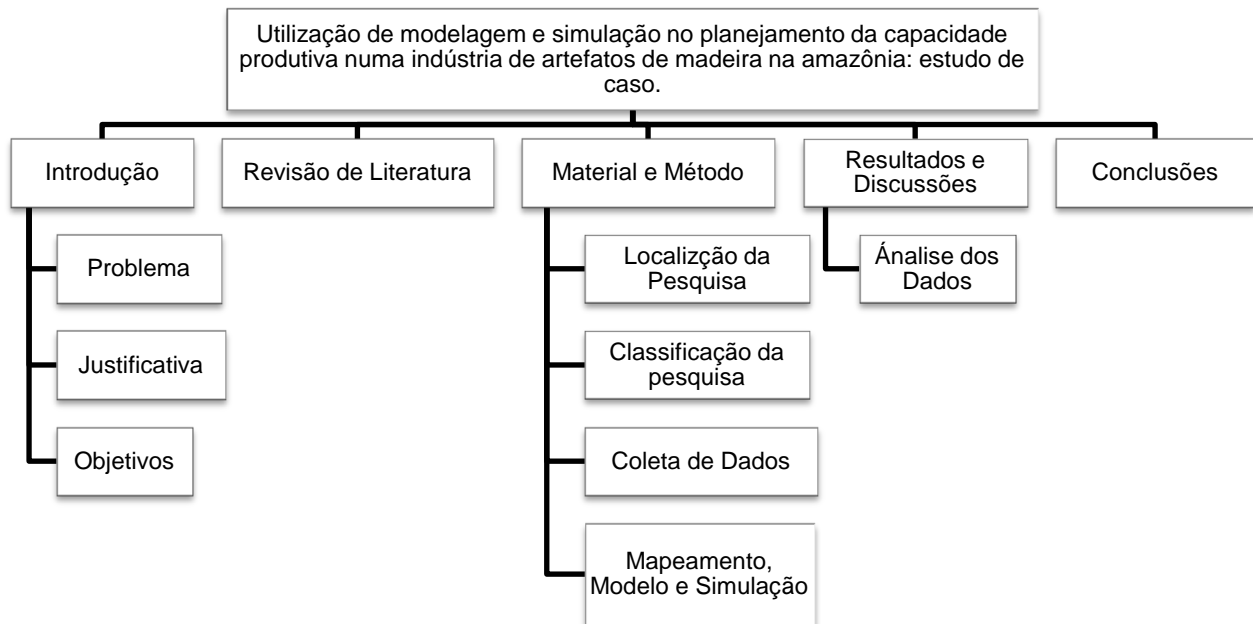


Figura 3. Organograma geral da pesquisa

#### 3.1 LOCALIZAÇÃO DA PESQUISA

A pesquisa foi realizada na cidade de Manaus-AM, numa indústria de móveis e artefato de madeira localizada na zona oeste.

#### 3.2 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

Do ponto de vista da sua natureza, a pesquisa está classificada como *estudo de caso*, que segundo GIL (1999), é um estudo profundo que visa permitir o conhecimento amplo e detalhado de determinado objeto. Sobre isso, YIN (2005) afirma que o estudo de caso é uma investigação empírica, onde um fenômeno contemporâneo é analisado

num contexto da vida real principalmente quando os limites entre fenômeno e contexto não estão claramente definidos.

O estudo de caso seguiu as etapas de desenvolvimento da teoria referente ao tema proposto neste trabalho, a coleta de informações em campo, análise dos dados e recomendações.

Do ponto de vista do seu objetivo, o presente estudo pode ser classificado como *pesquisa explicativa*, a qual visa identificar os fatores que determinam ou contribuem para a ocorrência dos fenômenos, o conhecimento da realidade, a definição das relações de causa e efeito entre os fatores inerentes, neste caso referindo-se à usinagem da madeira, envolvendo o seu processamento e a eficiência do processo de produção.

Conforme CAVALCANTE e MOREIRA (2012), a *pesquisa explicativa* descreve a realidade da organização, procurando explicar os fatores determinantes do problema estudado.

### 3.5 COLETA DE DADOS

Por meio de *observação direta*, que segundo CAVALCANTE e MOREIRA (2012) é a observação e coleta de evidências para futura comparação dos resultados e eliminação de discrepâncias, foram coletados dois modelos de cadeiras com 5 (cinco) repetições, o tempo de cada processo para compreender como funcionava os métodos de usinagem de corte, furação e fresamento na matéria-prima madeira.

O levantamento de dados buscou expor a variação dos fatores de entrada e as respostas do sistema, medidas para cada operação associados ao sistema. Considerando que a variação segue um padrão de distribuição normal, foram levantados os valores médios para cada variável para, assim, representar o sistema real.

Abaixo, o modelo de tabelas utilizadas na coleta de macro informação dos dados para cada modelo I e II.

<b>MADEIRA UTILIZADA</b>				
<b>NOME POPULAR</b>		<b>NOME CIENTÍFICO</b>		
<b>AQUISIÇÃO</b>				
<b>QUANTIDADE</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>	<b>DIMENSÕES</b>	<b>VALOR UNITÁRIO</b>	<b>VALOR TOTAL</b>

Tabela 2. Coleta de dados sobre a madeira utilizada

<b>PRODUTO: CADEIRA</b>			
<b>MODELO I</b>			
<b>SERRA CIRCULAR – CORTE</b>			
<b>CADEIRA A</b>	<b>QUANT. PEÇAS</b>	<b>DIMENSÕES</b>	<b>TEMPOS (min)</b>

Tabela 3. Descrição do produto para serra circular - corte

<b>PRODUTO: CADEIRA</b>			
<b>MODELO I</b>			
<b>PLAINA - CORTE</b>			
<b>CADEIRA A</b>	<b>QUANT. PEÇAS</b>	<b>DIMENSÕES</b>	<b>TEMPOS (s)</b>

Tabela 4. Descrição do produto para plaina – corte

<b>PRODUTO: CADEIRA</b>			
<b>MODELO I</b>			
<b>TUPIA - FRESAMENTO</b>			
<b>CADEIRA A</b>	<b>QUANT. PEÇAS</b>	<b>DIMENSÕES</b>	<b>TEMPOS (s)</b>

Tabela 5. Descrição do produto para tupia - fresamento

<b>PRODUTO: CADEIRA</b>				
<b>MODELO I</b>				
<b>FRESA - FRESAMENTO</b>				
<b>CADEIRA A</b>	<b>QUANT. PEÇAS</b>	<b>DIMENSÕES</b>	<b>QUANT. FRESAS</b>	<b>TEMPOS (s)</b>

Tabela 6. Descrição do produto para fresa - fresamento

<b>PRODUTO: CADEIRA</b>				
<b>MODELO I</b>				
<b>FURADEIRA - FURAÇÃO</b>				
<b>CADEIRA A</b>	<b>QUANT. PEÇAS</b>	<b>DIMENSÕES</b>	<b>QTD. FUROS</b>	<b>TEMPOS (s)</b>

Tabela 7. Descrição do produto para furadeira - furação

### 3.5.1 Mapeamento, modelo e simulação

O presente trabalho é composto por um *mapeamento dos processos de produção, desenvolvimento de um modelo para processos e simulação a operação do processo modelado*.

O mapeamento dos processos de produção refere-se ao mapeamento dos processos na linha de produção de uma indústria de móveis de madeira, localizada na zona oeste de Manaus, com mais de 30 anos de funcionamento. O mapeamento teve a finalidade de colaborar na compreensão e visualização de todas as atividades que compõe o processo.

Foram identificadas as operações em cada processo, acompanhando (rastreamento) o fluxo de produção de cada peça componente do produto final. O modelo adotado foi o *diagrama de fluxo simples*, usado para identificar os principais elementos de um processo. Um *diagrama de fluxo* indica a informação no mapeamento dos processos de produção.

O *fluxograma* é a forma mais utilizada para mapeamentos, ou representação do fluxo de processos e atividades. O autor Cury (2000) afirma que existem diversos tipos de gráficos, mas o fluxograma, para análises administrativas, é o gráfico universal, que representa a sequência de um trabalho, produto ou documento.

O desenvolvimento do modelo para os processos são processos relacionados ao desenvolvimento de produtos que podem influenciar positivamente na qualidade. Para Neves *et.al.* (2011, p.02),

O desenvolvimento de produto passa por diversas fases planejadas divididas em atividades com o objetivo de elaborar um produto, tendo como fator inicial a necessidade do mercado passando pela produção, venda e entrega do produto desenvolvido (NEVES *et.al.*, 2011, p.02).

Para a *simulação do sistema real* foram coletados dados referentes ao processo de manufatura, observações preliminares com o intuito de facilitar e sistematizar a coleta de dados relevantes para o modelo, identificando os tipos de entidades, eventos associados e atributos das entidades.

Foram considerados os tempos decorridos entre as falhas de equipamento, o *lead time* do sistema, tempos de operação, volumes de produção, número de *setup*, roteiros de produção, capacidades e limitações dos recursos produtivos. O levantamento de dados buscou cobrir a variação dos fatores de entrada e as respostas do sistema de medidas para cada operação e nos eventos associados ao sistema. Considerando que a variação segue um padrão de distribuição normal, foram levantados os valores médios para cada variável, assim, representando o sistema real.

Para a simulação e operação do processo modelado o software utilizado foi o *Arena*, lançado em 1993 pela Systems Modeling, sucessor de dois produtos, o SIMAN (primeiro software de simulação para PC) e o CINEMA (primeiro software de animação para PC), desenvolvidos em 1982 e 1984 respectivamente.

Possui um conjunto de blocos que são utilizados para se descrever uma aplicação real, blocos que funcionam como comando de uma linguagem de programação. Devido ao fato de terem sido projetados sob a ótica da simulação, possui facilidade para a programação (PRADO, 2010).

Foi utilizado o software *Arena* para a simulação de processos, eficiente para elaboração de modelos matemáticos que permite encontrar soluções analíticas ou implementar modelos para simulação. Fornece interface gráfica permitindo a elaboração de um modelo de simulação baseado na linguagem SIMAN (LIMA *et. al*, 2006)

O *Arena* possui uma interface gráfica que serve para simplificar o processo de construção dos modelos, interface com duas ferramentas muito úteis:



- *Input Analyzer*, permite analisar dados reais do funcionamento do processo e escolher a melhor distribuição estatística que se aplica a eles e essa distribuição pode ser incorporada diretamente ao modelo;
- *Output Analyzer*, ferramenta com diversos recursos que permite analisar dados coletados durante a simulação, podendo ser análise gráfica, e tem ainda recursos para efetuar importantes comparações estatísticas (PRADO, 2010).

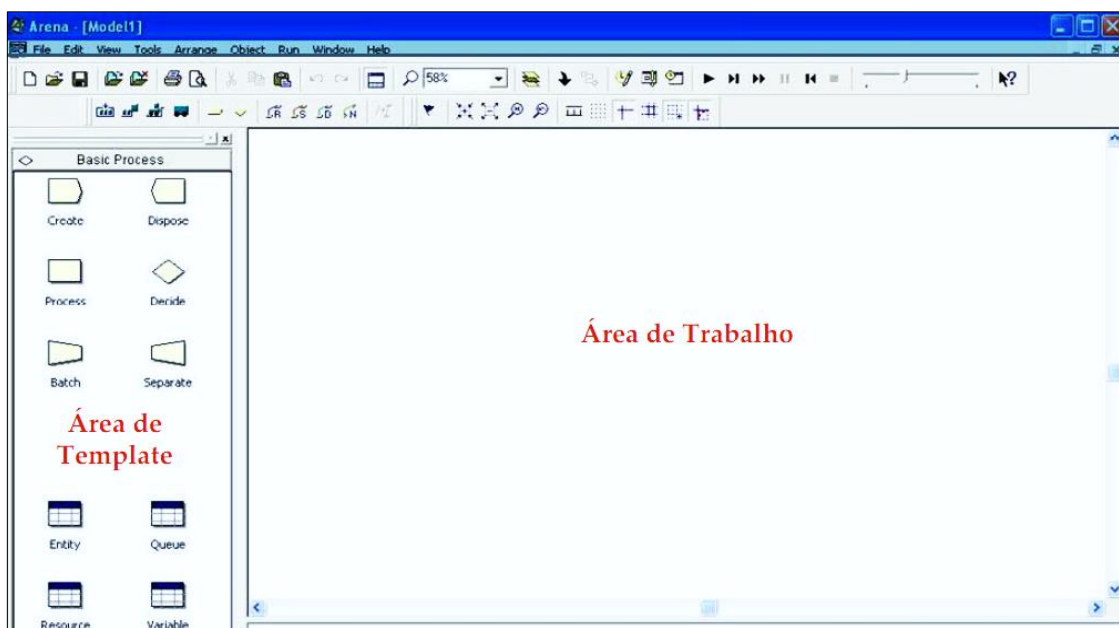


Figura 4 - Tela inicial do Software Arena

Na maioria dos casos de simulação, os processos que compõem o sistema simulado são *estocásticos*, inclusive neste trabalho. Esses tipos de sistemas apresentam variações aleatórias no seu estado ao longo do tempo, ou seja, são sistemas dinâmicos e com mudanças aleatórias em suas variáveis de estado (FREITAS FILHO, 2008).

*Number Out* é a soma das entidades de cada tipo que deixaram o sistema através de um bloco dispose, representando cada processo.

*Number In* soma das entidades de cada tipo que foram “criadas” nos blocos Create disponíveis.

*VA Time* corresponde ao tempo em que cada entidade do sistema passou em atividade de valor agregado

*NVA* corresponde ao tempo em que cada entidade do sistema passou em atividade que não agregavam valor

*WAIT Time* corresponde ao tempo que cada entidade passou em filas ou em qualquer processo ou atraso que tenha seu tempo alocado no tipo espera

*Total Time* corresponde ao tempo em que cada entidade passou dentro do sistema.

*WIP* soma das entidades de cada tipo que permaneceram dentro do sistema em algum processamento ao final da simulação ou replicação

*VA Time per Entity* valor agregado por entidade

*Waiting* corresponde ao tempo de espera em cada fila, o qual é definido como o período de tempo desde que a entidade entra na fila até a hora em que ela deixa

*Number Waiting* corresponde ao tamanho máximo que a fila alcançou em determinado período de tempo

*Utilization* refere-se a uma ponderação entre o tempo e o recurso passou sendo utilizado e o tempo que passou ocioso

*Number Busy* refere-se à média no tempo do número de unidades de determinado recurso que se mantiveram ocupadas

## Bloco de modelagem

O bloco de modelagem são fluxos que descrevem a lógica do processo de uma forma visual, que representa a figura abaixo.

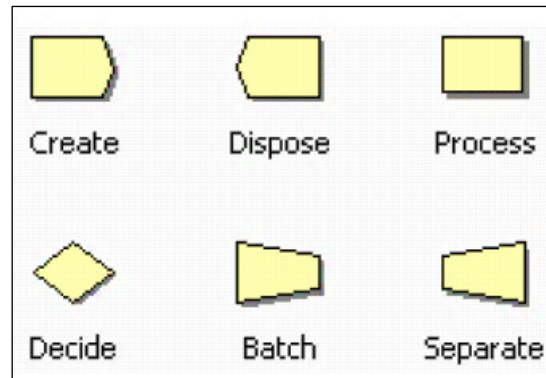


Figura 5-Módulo de fluxo básico

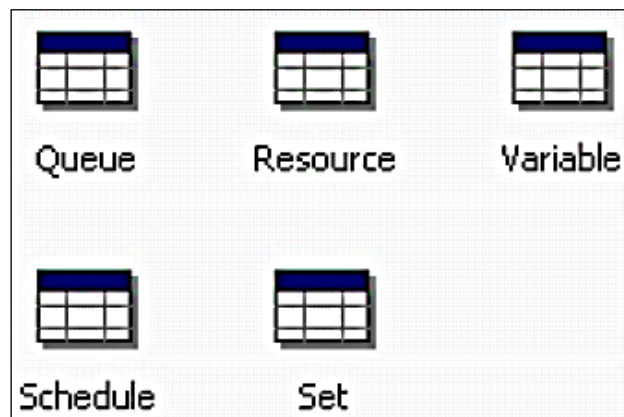


Figura 6- Módulo de Dados Básicos

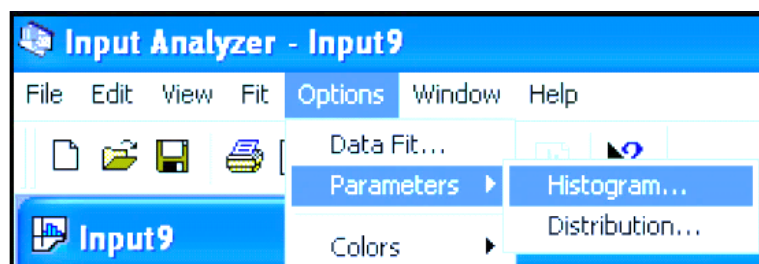


Figura 7- Acesso aos parâmetros de um histograma

```
Distribution Summary

Distribution:   Lognormal
Expression:   14 + LOGN(6.01, 2.29)
Square Error: 0.001818

Chi Square Test
  Number of intervals   = 30
  Degrees of freedom    = 27
  Test Statistic        = 322
  Corresponding p-value < 0.005

Kolmogorov-Smirnov Test
  Test Statistic        = 0.0478
  Corresponding p-value < 0.01
```

Figura 8- Resultado do ajuste de dado feito com Input Analyzer

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A simulação foi feita para obter o lead time de cada processo e conseqüentemente avaliar as repetições, onde a estrutura e matéria-prima utilizada foram utilizados quatro pranchões de louro gamela para confecção dos modelos I e II obtendo um produto final cadeira.

Foram utilizados 04 (quatro) pranchões para confecção dos modelos I e II, duas pessoas trabalharam na confecção dos dois modelos, a matéria-prima utilizada Louro Gamela- *Nectandra rubra* (Mez.) C.K. Allen Lauraceae. Com as seguintes medidas 2x23x13, pranchão foi desdobrado no pátio com uma serra circular manual.

### 4.1 MODELO I – PRODUTO CADEIRA QUADRADA



Foto: Kézia Macedo,

Produto cadeira quadrada

O objetivo do fluxograma a seguir descreve o mapeamento de cada processo para a construção do modelo computacional do produto cadeira modelol.

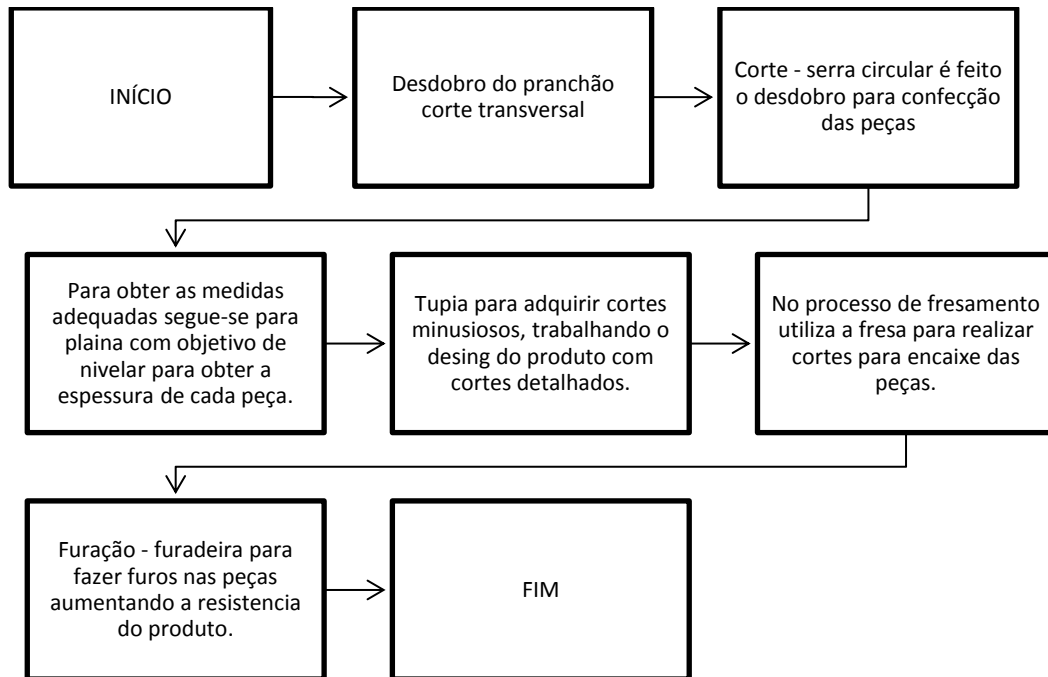


Figura 9. Fluxograma do modelo I – produto cadeira quadrada

- Na serra circular acontece o seccionamento do pranchão obtendo 3 (três) cortes iniciais sendo dois com 50 cm e o terceiro com 1m
- Na máquina serra circular é feito o desdobro para confecção das peças
- Para obter as medidas adequadas segue-se para o segundo maquinário chamado plaina com objetivo de nivelar para obter a espessura de cada peça.
- Próximo passo ao maquinário Tupia para adquirir cortes minuciosos, trabalhando o design do produto com cortes bem detalhados.
- Para obter o fresamento utiliza a fresa para realizar cortes para encaixe das peças.
- Por fim é utilizado a furadeira para fazer furos nas peças aumentando a resistência do produto.
- No Modelo I produto cadeira tendo as seguintes medidas 1x40x40 com 5 (cinco) repetições, com 17 peças
- 02-Perna Maior - 1 m
- 02-Perna Menor- 50 cm
- 04-Lateral Larga- 36 cm x 9 cm

- 04-Lateral Estreita- 36 cm x 4 cm
- 03-Encosto- 42 cm x 42 cm
- 02-Assento- 35 cm x 15 cm

### Fluxo da cadeira modelo I - resultado do Arena

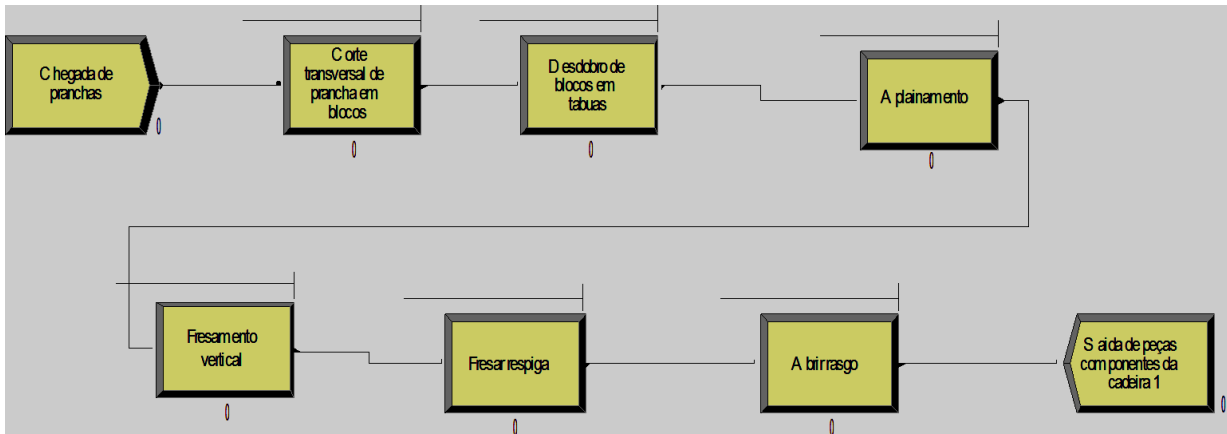


Figura 10 – fluxograma da cadeira modelo I, resultado do Arena

O fluxo implica em visualizar cada entidade, a *chegada da prancha* para o desenvolvimento do produto, *corte transversal de prancha em bloco* para facilitar a transformação das peças que formam o produto final, *desdobro de blocos em tábuas* nessa entidade já começa a dar forma às peças, *aplainamento* foram cortes feitos para ajustar no tamanho ideal, *fresamento vertical* corte definindo o tanho das peças, *fresar respiga* cortes realizados para junção das peças macho/fêmea, *abrir rasgo* cortes realizados para facilitar as montagens das peças e *saída de peças* componentes do modelo cadeira I.

Após o desdobro do pranchão na serra circular é obtido os cortes transformando em tábuas para compor as peças do produto com os tamanhos adequados.



Foto: Kézia Macedo, 2013.

Transformação da matéria-prima em peças que compõe Modelo I

A figura mostra as pernas maiores com os respectivos furos prontas para montagem.



Foto: Kézia Macedo, 2013.

Perna do Produto cadeira Modelo I

Peças estreitas que já passaram pela tupa onde foi feito o corte para encaixar nas outras peças para formar as pernas menores.





Foto: Kezia Macedo, 2013.

Peças estreitas que compõe lateral do Modelo I

Essas peças mais largas são componente da perna menor que tem por objetivo dá sustentação a outras peças que formam a perna menor.



Foto: Kezia Macedo, 2013.

Peça lateral da perna menor

Pernas menores prontas para receber as outras peças que compreende o modelo I



Foto: Kezia Macedo, 2013.

Pernas menores do Modelo I

O encosto do modelo I é composto por três peças.



Foto: Kezia Macedo, 2013.

Encosto do Modelo I



Conclusão do modelo I.  
Produto final do Modelo I

Para a confecção do modelo II foi utilizada a mesma espécie do Modelo I com os mesmos procedimentos iniciais, desdobro do pranchão, transformação em tábuas na espessura que o modelo especificava. Essas tábuas estavam sendo processadas na plaina.



Peças largas que compõe lateral do Modelo I

## Resultado da simulação do Arena – Modelo I

Resultado da Simulação ARENA		
Licença- Lucas: STUDENT	Resumo para replicação 1 de 1	
Projeto:SIMULAÇÃO PARA O PROCESSO PRODUTIVO DA CADEIRA MODELO I Data da Execução:11/25/2013		
Analista: Lucas	Data de revisão do modelo:11/25/2013	
Replicação terminou no tempo: 360 Horas /Unidades de Base de Tempo: Horas		
RELATORIO	Variáveis referente a entidades	MÉDIA
<b>Number out</b> (Número de peças que passaram pelo sistema)	Corte transversal de prancha em bloco	1.000
	Desdobro de blocos em tábuas	1.0000
	Aplainamento	1.0000
	Fresamento Vertical	1.0000
	Fresar respiga	1.0000
	Abrir rasgo	1.0000
<b>Number In</b> (Número de entidades gerados pelo sistema)	Corte transversal de prancha em bloco	2.0000
	Desdobro de blocos em tábuas	1.0000
	Aplainamento	1.0000
	Fresamento Vertical	1.0000
	Fresar respiga	1.0000
	Abrir rasgo	1.0000
<b>VA Time</b> (Tempo gasto na atividade)	Corte transversal de prancha em bloco	0.89486
	Desdobro de blocos em tábuas	0.03620
	Aplainamento	0.28589
	Fresamento Vertical	0.19217
	Fresar respiga	0.13333
	Abrir rasgo	0.15952
<b>NVA</b> (Tempo que não agrega valor)	Corte transversal de prancha em bloco	0.000
	Desdobro de blocos em tábuas	
	Aplainamento	
	Fresamento Vertical	
	Fresar respiga	
	Abrir rasgo	
<b>WAIT Time</b> (Tempo de Espera na fila)	Corte transversal de prancha em bloco	0.0000
	Desdobro de blocos em tábuas	0.0000
	Aplainamento	0.0000
	Fresamento Vertical	0.0000
	Fresar respiga	0.0000
	Abrir rasgo	0.0000
<b>TOTAL TIME</b> (Tempo total gasto no Processo)	Corte transversal de prancha em bloco	0.89486
	Desdobro de blocos em tábuas	
	Aplainamento	
	Fresamento Vertical	
	Fresar respiga	
	Abrir rasgo	
<b>WIP</b> (Número de peças que permaneceram em processamento no sistema após o término da simulação)	Corte transversal de prancha em bloco	0.0249
	Desdobro de blocos em tábuas	
	Aplainamento	
	Fresamento Vertical	
	Fresar respiga	
	Abrir rasgo	
<b>VA Time per Entity</b> (Tempo de processamento pela peça)	Corte transversal de prancha em bloco	0.8775
	Desdobro de blocos em tábuas	0.03620
	Aplainamento	0.28589
	Fresamento Vertical	0.19217
	Fresar respiga	0.1333
	Abrir rasgo	0.15952

<b>Wait Time per Entity</b> (Tempo de espera na fila por peça)	Corte transversal de prancha em bloco	
	Desdobro de blocos em tábuas	0.0000
	Aplainamento	0.0000
	Fresamento Vertical	0.0000
	Fresar respiga	0.0000
	Abrir rasgo	0.0000
<b>Total Time per Entity</b> (Tempo Total)	Corte transversal de prancha em bloco	
	Desdobro de blocos em tábuas	0.3620
	Aplainamento	0.28589
	Fresamento Vertical	0.19217
	Fresar respiga	0.13333
	Abrir rasgo	0.15952
<b>Accumulated</b> (Todos os valores acumulados)	Corte transversal de prancha em bloco	0.8775
	Desdobro de blocos em tábuas	
	Aplainamento	
	Fresamento Vertical	
	Fresar respiga	
	Abrir rasgo	
<b>FILA</b>		
<b>Waiting</b> (Tempo de Espera na fila)	Corte transversal de prancha em bloco	0.0000
	Desdobro de blocos em tábuas	0.0000
	Aplainamento	0.0000
	Fresamento Vertical	0.0000
	Fresar respiga	0.0000
	Abrir rasgo	0.0000
<b>Number Waiting</b> (Número médio de pessoas na fila)	Corte transversal de prancha em bloco	
	Desdobro de blocos em tábuas	
	Aplainamento	
	Fresamento Vertical	
	Fresar respiga	
	Abrir rasgo	
<b>RECURSO</b>		
<b>Utilization- Sistema</b> (Taxa de Ocupação do Sistema)		
<b>Number Busy</b> (Taxa de ocupação de Recurso)	Serra circular manual	2.4375E-04
	Plaina horizontal	7.9414E-04
	Fresamento Vertical	
	Tupia	9.0419E-04
	Furadeira	4.4310E-04

## Resultados da simulação para o processo produtivo da cadeira modelo I

A tabela 6 apresenta os resultados de trinta repetições da simulação de um período de quinze dias do processo produtivo da cadeira modelo 1.

Tabela 6. Modelagem do processo produtivo da cadeira modelo I no Arena

Modelagem do processo produtivo da cadeira modelo I no Arena			
	DISTRIBUIÇÃO	EXPRESSÃO	ERRO QUADRADO
<b>P1- corte transversal de prancha em bloco</b>	Triangular	TRIA(4.5, 5.5, 6.5)	0.0001
<b>P2- Desdobro de blocos em tábuas</b>	Triangular	TRIA(0.999, 1.88, 5)	0.011826
<b>P3 –Aplainamento</b>	Beta	7.5 + 43 * BETA(0.316, 0.361)	0.051108
<b>P4 -Fresamento vertical</b>	Weibull	10.5 + WEIB(2.67, 2.06)	0.008320
<b>P5- Fresar respiga</b>	Poisson	POIS(11.5)	0.052278
<b>P6 -Abrir rasgo</b>	Triangular	TRIA(4.5, 8, 10.5)	0.079274

O primeiro resultado do modelo I de simulação no software ARENA representou todos os processos de fabricação tanto para modelo I e II, não estão representado os estoques intermediários e parada, foi só o mapeamento do processo produtivo.

Na modelagem não foram levadas em consideração os estoques intermediários entre as etapas do processo o objetivo do estudo era avaliar o processamento entre cada etapa de fabricação e não o sistema de produção como um todo, então desconsideramos os tempos de espera para formação do lote e para formação de cada unidade de produto que foi fabricado.

O processo produtivo foi representado pela chegada da prancha, corte transversal da prancha em bloco. Desdobro de blocos em tábuas, aplainamento, fresamento vertical, fresamento em respiga e abertura de rasgo e saída das peças já fabricada para o processo de montagem pois o mesmo não foi modelado, somente o processo de fabricação das peças para os dois modelos de cadeira que foram estudados.

Os dois modelos foram representados com os tempos de processamento, não foi levada em consideração os tempos de espera no lote e tempo de movimentação, o que estava em evidência foram os tempos de fabricação e sua influência na capacidade produtiva.

Para o processo de modelagem no ARENA o procedimento iniciou com a identificação da distribuição de probabilidade que se ajustava aos dados observados aos tempos medidos em cada um dos processos para cada modelo de cadeira que foi fabricada.

No processo inicial de chegada de matéria-prima, no processo produtivo foi considerado um período de 15 dias ou semana a cada 15 dias era feito o pedido de encomenda de produção de conjunto de cadeiras.

Após a modelagem do processo de chegada de matéria-prima no sistema produtivo foi utilizado o INPUT ANALYSER para identificar a distribuição de probabilidade que se adequou aos dados observados em cada um dos processos

No processo I- CORTE TRANSVERSAL DE PRANCHA EM BLOCO, o INPUT ANALYSER identificou a distribuição TRIANGULAR com parâmetros 4.5, 5.5 e 6.5 como a melhor distribuição que melhor representou os tempos de processamento tendo um ERRO QUADRADO de 0.0001.

Processo II - DESDOBRO DE BLOCOS EM TÁBUAS após a aplicação do INPUT ANALYSER aos dados o mesmo identificou que a distribuição é TRIANGULAR com parâmetros TRIA (0.999, 1.88, 5) e ERRO QUADRADO de 0.011826, foi a distribuição de probabilidade que melhor representou a variação dos tempos de processamento no caso o desdobro de blocos em tábuas.

Processo III- APLAINAMENTO a distribuição BETA com a expressão  $7.5+43*BETA$  com parâmetros (0.316, 0.61) ERRO QUADRADO 0.051108 foi a melhor que se ajustou aos dados de tempo por aplainamento.

Processo IV- FRESAMENTO VERTICAL a distribuição que melhor se ajustou foi a WEIBULL com a expressão  $10.5+WEIB(2.67, 2.06)$  ERRO QUADRADO 0.008320.

Processo V- FRESAR RESPIGA a distribuição que melhor se adequou foi POISSON com os parâmetros POIS(11.5) ERRO QUADRADO 0.052278, portanto foi o que melhor representou aos tempos de processamento.

Processo VI- ABRIR RASGO a distribuição que melhor representou o processo foi a TRIANGULAR com expressão TRIA (4.5, 8, 10.5) e ERRO QUADRADO 0.079274.

#### 4.2 MODELO II – PRODUTO CADEIRA REDONDA



Foto: Kézia Macedo, 2013.

Produto cadeira redonda

O objetivo do fluxograma a seguir descreve o mapeamento de cada processo para a construção do modelo computacional do produto cadeira modelo II.

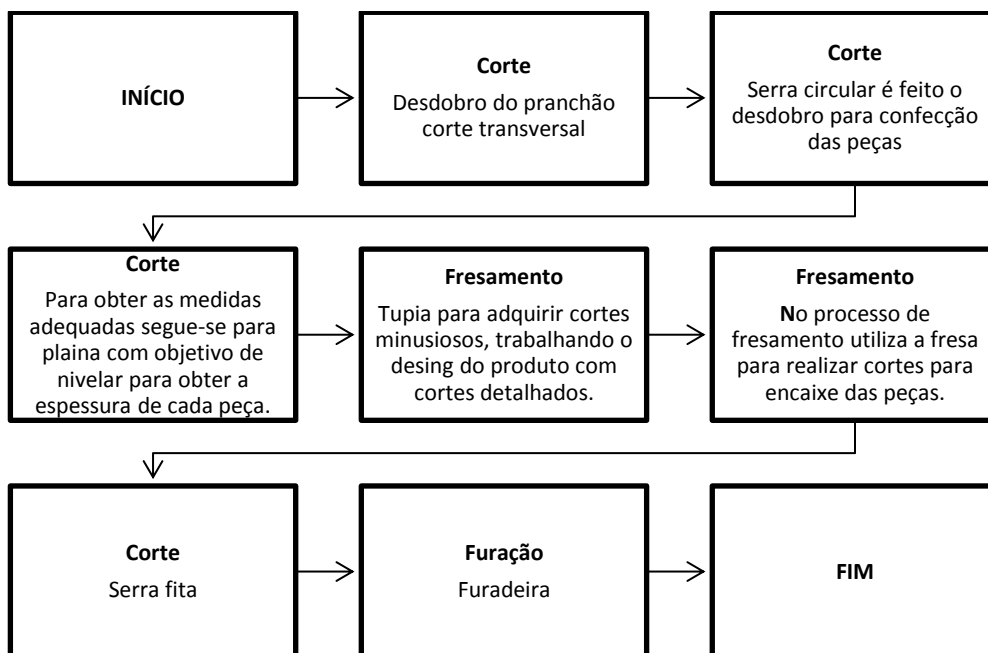


Figura 11- Fluxograma do modelo II – produto cadeira redonda



- Na serra circular acontece o seccionamento do pranchão obtendo 3 (três) cortes iniciais sendo dois com 50 cm e o terceiro com 1m.
- Na mesma máquina serra circular é feito o desdobro para confecção das peças.
- Para obter as medidas adequadas segue-se para o segundo maquinário chamado plaina com objetivo de nivelar para obter a espessura de cada peça.
- Próximo passo é a máquina Tupia para adquirir cortes mais elaborado trabalhando o design do produto.
- Para obter o fresamento utiliza a fresa para realizar cortes para encaixe das peças.
- O modelo II é um cadeira redonda para obter cortes em arco foi utilizada a serra fita.
- Por fim é utilizado a furadeira para fazer furos nas peças, aumentando a resistência do produto.
- No Modelo II produto cadeira tendo as seguintes medidas 1x40x40 com 5 (cinco) repetições, com 12 peças
  - 02-Perna Maior- 1 m
  - 02-Perna Menor- 50 cm
  - 02-Assento- 42 cm x 42 cm
  - 02-Encosto- 42 cm x 42 cm
  - 04-Peças pequenas- 15 x 8 cm

## Fluxo da cadeira modelo II - resultado do Arena

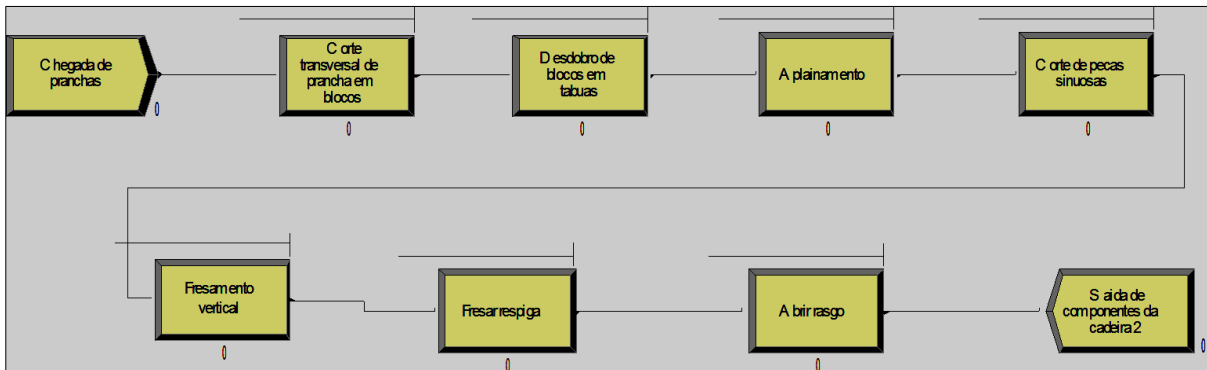


Figura 12 – Fluxograma da cadeira modelo II, resultado do Arena

O fluxo implica em visualizar cada entidade, em primeiro a *chegada da prancha* para o desenvolvimento do produto, seguindo para o *corte transversal de prancha em bloco*, que facilita a transformação das peças que formam o produto final, o *desdobro de blocos em tábuas*, onde as peças começam a ganhar forma, o *aplainamento* que foram cortes feitos para ajustar no tamanho ideal, o *corte de peças sinuosas*, *fresamento vertical* para definir o tamanho das peças, a *fresa respiga* com cortes realizados para junção das peças macho/fêmea, o *abrir rasgo* cortes, realizados para facilitar as montagens das peças e, finalizando, a *saída de peças*, componentes do modelo cadeira I.

Corte realizado pela serra fita obtendo as seguintes peças assento e encosto.



Foto: Kézia Macedo, 2013.

Processo de corte do encosto e assento do modelo II

Fase de montagem com pernas maiores, menores e assento.



Foto: Kézia Macedo, 2013.

Perna maior, perna menor e assento

Encosto finalizado pronto para ser inserido no produto final.



Foto: Kézia Macedo, 2013.

Encosto do Modelo II

Resultado de todos os processos.



Foto: Kézia Macedo, 2013.

Resultado da Simulação ARENA				
Licença- Lucas: STUDENT		Resumo para replicação 1 de 1		
Projeto:SIMULAÇÃO PARA O PROCESSO PRODUTIVO DA CADEIRA MODELO II				
Data da Execução :11/25/2013				
Analista: Lucas		Data de revisão do modelo:11/25/2013		
Replicação terminou no tempo: 360 Horas /Unidades de Base de Tempo: Horas				
RELATÓRIO		DESCRIÇÃO		MÉDIA
Number out (número de peças que passaram pelo sistema)	Corte transversal de prancha em bloco		1.0000	
	Desdobro de blocos em tábuas			
	Aplainamento			
	Fresamento Vertical			
	Fresar respiga			
Abrir rasgo				
PROCESSOS				
Number In (Número de entidades gerados pelo sistema)	Corte transversal de prancha em bloco		2.0000	
	Desdobro de blocos em tábuas			
	Aplainamento			
	Fresamento Vertical			
	Fresar respiga			
Abrir rasgo				
VA Time (Tempo gasto na atividade)	Corte transversal de prancha em bloco		1.3832 1	(Insuf) 1.3832 1.3832
	Desdobro de blocos em tábuas			
	Aplainamento			
	Fresamento Vertical			
	Fresar respiga			
Abrir rasgo				
NVA (Tempo que não agrega valor)	Corte transversal de prancha em bloco		.00000 .00000	(Insuf) .00000 1
	Desdobro de blocos em tábuas			
	Aplainamento			
	Fresamento Vertical			
	Fresar respiga			
Abrir rasgo				
WAIT Time (Tempo de Espera na fila)	Corte transversal de prancha em bloco		.00000 1	(Insuf) .00000 .00000
	Desdobro de blocos em tábuas			
	Aplainamento			
	Fresamento Vertical			
	Fresar respiga			
Abrir rasgo				
TOTAL TIME (Tempo total gasto no Processo)	Corte transversal de prancha em bloco		1.3832 1	(Insuf) 1.3832 1.3832
	Desdobro de blocos em tábuas			
	Aplainamento			
	Fresamento Vertical			
	Fresar respiga			
Abrir rasgo				
WIP (Número de peças que permaneceram em processamento no sistema após o término da simulação)	Corte transversal de prancha em bloco		.00384 1.0000	(Insuf) .00000 1.0000
	Desdobro de blocos em tábuas			
	Aplainamento			
	Fresamento Vertical			
	Fresar respiga			
Abrir rasgo				
VA Time per Entity (Tempo de processamento pela peça)	Corte transversal de prancha em bloco			
	Desdobro de blocos em tábuas			
	Aplainamento			
Fresamento Vertical				

	Fresar respiga	
	Abrir rasgo	

#### 4.3 RESULTADO DA SIMULAÇÃO DO ARENA – MODELO II

<b>Wait Time per Entity</b> (Tempo de espera na fila por peça)	Corte transversal de prancha em bloco	
	Desdobro de blocos em tábuas	
	Aplainamento	
	Fresamento Vertical	
	Fresar respiga	
	Abrir rasgo	
<b>Total Time per Entity</b> (Tempo Total)	Corte transversal de prancha em bloco	
	Desdobro de blocos em tábuas	
	Aplainamento	
	Fresamento Vertical	
	Fresar respiga	
	Abrir rasgo	
<b>Accumulated</b> (Todos os valores acumulados)	Corte transversal de prancha em bloco	
	Desdobro de blocos em tábuas	
	Aplainamento	
	Fresamento Vertical	
	Fresar respiga	
	Abrir rasgo	
	FILA	
<b>Waiting</b> (Tempo de Espera na fila)	Corte transversal de prancha em bloco	
	Desdobro de blocos em tábuas	
	Aplainamento	
	Fresamento Vertical	
	Fresar respiga	
	Abrir rasgo	
<b>Number Waiting</b> (Número médio de pessoas na fila)	Corte transversal de prancha em bloco	
	Desdobro de blocos em tábuas	
	Aplainamento	
	Fresamento Vertical	
	Fresar respiga	
	Abrir rasgo	
	RECURSO	
Instantaneous utilization- Sistema (Taxa de Ocupação do Sistema)	Furadeira	4.1300E-04 (Insuf) .00000 1.0000 .00000
	Tupia	.00108 (Insuf) .00000 1.0000 .00000
	Serra fita	3.0520E-04 (Insuf) .00000 1.0000 .00000
	Plaina horizontal	.00167 (Insuf) .00000 1.0000 .00000
	Serra circular manual	2.3348E-04 (Insuf) .00000 1.0000 1.0000
	Serra circular esquadrejadeira	1.4897E-04 (Insuf) .00000 1.0000 .00000

## Resultados da simulação para o processo produtivo da cadeira modelo II

O resultado do modelo II da simulação no software ARENA para os processos de fabricação no modelo II, não estão representado os estoques intermediários e

Modelagem do processo produtivo da cadeira modelo II no Arena			
	DISTRIBUIÇÃO	EXPRESSÃO	ERRO QUADRADO
P1 Corte transversal de prancha em bloco	Triangular	TRIA(4.5, 5, 6.5)	0.000000
P2 Desdobro de blocos em tábuas	Exponential	3 + EXPO(0.489)	0.069649
P3 Aplainamento	Beta	5.5 + 35 * BETA(1.1, 1.55)	0.016238
P4 Corte de peças sinuosas	Weibull	5.5 + WEIB(3.81, 1.57)	0.011627
P5 Fresamento Vertical	Beta	4.5 + 11 * BETA(1.15, 1.25)	0.027927
P6 Fresar respiga	Erlang	4.5 + ERLA(1.28, 3)	0.004224
P7 Abrir rasgo	Beta	7.5 + 3 * BETA(0.625, 0.625)	0.004634

parada, foi só o mapeamento do processo produtivo.

Tabela 7. Modelagem do processo produtivo da cadeira modelo II no Arena

Desconsideramos os estoques intermediários entre as etapas do processo. O objetivo do estudo foi avaliar o processamento entre cada etapa de fabricação e não o sistema de produção como um todo, então desconsideramos os tempos de espera para formação do lote, para formação de cada unidade de produto que foi fabricado.

O processo produtivo foi representado pela chegada da prancha, corte transversal da prancha em bloco. Desdobro de blocos em tábuas, aplainamento, corte de peças sinuosas, fresamento vertical, fresamento em respiga e abrir rasgo e saída das peças já fabricada para o processo de montagem pois o mesmo não foi modelado, somente o processo de fabricação das peças para os dois modelos de cadeira que foram estudados.

Após a modelagem do processo de chegada de matéria-prima no sistema produtivo foi utilizado o INPUT ANALYSER para identificar a distribuição de probabilidade que se adequou aos dados observados em cada um dos processos

No processo I- CORTE TRANSVERSAL DE PRANCHA EM BLOCO, o INPUT ANALYSER identificou a distribuição TRIANGULAR com Expressão TRIA (4.5, 5, 6.5) como a melhor distribuição que representou os tempos de processamento tendo um ERRO QUADRADO de 0.000000.

Processo II- DESDOBRO DE BLOCOS EM TÁBUAS após a aplicação do INPUT ANALYSER aos dados o mesmo identificou que a distribuição é EXPONENTIAL com parâmetros 3 + EXPO(0.489) e ERRO QUADRADO de 0.069649 foi a distribuição de probabilidade que melhor representou a variação dos tempos de processamento no caso o desdobro de blocos em tábuas.

Processo III- APLAINAMENTO a distribuição BETA com a expressão  $5.5 + 35 * BETA$  com parâmetros (1.1, 1.55) com ERRO QUADRADO 0.016238 foi a melhor que se ajustou aos dados de tempo por aplainamento.

Processo IV- CORTE DE PEÇAS SINUOSAS com uma distribuição Weibull com expressão  $5.5 + WEIB$  parâmetros (3.81, 1.57) e ERRO QUADRADO 0.011627 foi a o que melhor representou ao corte de peças sinuosas.

Processo V-FRESAMENTO VERTICAL a distribuição que melhor se ajustou foi a BETA tendo como expressão  $4.5 + 11 * BETA$  (1.15, 1.25) e ERRO QUADRADO de 0.027927

Processo VI- FRESAR RESPIGA a distribuição que melhor se adequou foi ERLANG com os parâmetros  $4.5 + ERLA(1.28, 3)$  ERRO QUADRADO 0.004224, portanto foi o que melhor representou aos tempos de processamento.

Processo VII- ABRIR RASGO a distribuição que melhor representou o processo foi Beta com expressão  $7.5 + 3 * BETA$  com parâmetros (0.625, 0.625) e ERRO QUADRADO 0.004634.

## 5. CONCLUSÃO

Após pesquisa intensiva sobre o processo de usinagem da madeira, que se encontra bem definido no capítulo quatro, Materiais e Métodos, os resultados alcançados podem, *grosso modo*, serem generalizados com aplicação em outros estudos ou situações além da utilização de modelagem e simulação no planejamento da capacidade produtiva numa indústria de artefatos de madeira.

Este estudo de caso representa uma abordagem metodológica de investigação que propositalmente atuou sobre uma situação específica de como a modelagem e a simulação podem contribuir para o aumento da capacidade produtiva num sistema de produção por projeto baseado em usinagem de artefatos de madeira.

Para isso, quatro passos foram executados: o mapeamento dos processos de produção por projeto, o cálculo do lead time do processo, o desenvolvimento do modelo e a simulação da operação por meio do software Arena.

A modelagem e a simulação do sistema de produção por projeto, caso da movelaria pesquisada, contribuiu para a representação real do sistema modelado na tentativa de atingir um grau de confiabilidade. Apesar de não se tratar de uma produção industrial, com linha de produção seriada, o estudo respeitou o processo de produção dentro da encomenda para verificar os tempos durante a execução da usinagem da madeira na produção de 10 cadeiras. Com isso, identificou-se um ritmo de produção lento, exigindo melhorias no processo a fim de atender a demanda.

Há desequilíbrio na produção por falta de alinhamento da produção à demanda, pois, identificou-se que a demanda está alinhada à produção, ou seja, o projeto é baseado totalmente no processo, não o processo ao projeto, desajustando-se à necessidade do cliente. Com isso, a capacidade produtiva apresenta-se inadequada por imprimir um ritmo de produção mais lento que o normal, o que evita refugo e retrabalho, mas, por outro lado, compromete o tempo de entrega dos projetos e início de outros.



Esse planejamento pode ser melhorado por meio da aplicação da modelagem e simulação que facilita a identificação dos tempos. Não foi considerado durante a pesquisa o *lead time produtivo*, como o somatório dos tempos de espera, inspeção e transporte. O item considerado foi o *lead time* do processamento em si e suas repetições para coleta de dados e inserção destes no software Arena, que forneceu os dados por meio de análise computacional, com baixo custo e alta eficiência.

A simulação foi realizada para obter o *lead time* de cada processo e conseqüentemente avaliar as repetições, com utilização de quatro pranchões de louro gamela para confecção dos modelos I e II obtendo o produto final cadeira, uma série de 5 cadeiras quadradas e outra série de 5 cadeiras redondas.

Foram considerados os tempos decorridos entre as falhas de equipamento, tempos de operação, volumes de produção, número de setup, roteiros de produção, capacidades e limitações dos recursos produtivos. O levantamento de dados buscou cobrir a variação dos fatores de entrada e as respostas do sistema de medidas para cada operação e nos eventos associados ao sistema. Considerando que a variação segue um padrão de distribuição normal, foram levantados os valores médios para cada variável, assim, representando o sistema real.

No que se refere ao planejamento, a modelagem e a simulação da produção por meio do Software Arena, a partir do mapeamento dos processos, possibilitou a simulação como uma estratégia de baixo custo, recomendado à movelaria para execução de projetos de maior escala para ampliar a capacidade produtiva e atender cliente corporativos de maior porte.

A implantação de novos processos, como desenvolver um fluxo contínuo para produzir uma peça possibilitando sua passagem pelo processo de usinagem imediatamente sem nenhuma parada. Para isso, deve-se incluir um operador para cada máquina de usinagem correspondendo a cada processo de corte, furação e fresamento.

Identificou-se problemas de manutenção corretiva que travou a produção e gerou estoque devido a máquina ficar com disponibilidade incerta, aguardando

manutenção. O mais adequado é a correção preventiva, registrada durante o planejamento para execução do projeto. Uma checagem funcional com avaliação das peças e ferramentas necessárias para a execução do setup pode amenizar esta questão, facilitando a identificação de peças da máquina danificadas que podem ser reparadas antecipadamente.

Outro item que não foi identificado durante a pesquisa é a utilização de dados para o *Índice de rejeição* que determina a quantidade de produtos defeituosos gerados pelo processo. Além disso, o número de pessoas necessárias para operar o processo era insuficiente, o que evidenciou o baixo valor do lead time.

Como melhoria dos processos, deve-se ampliar o *tempo de trocas*, algo fundamental na produção por projeto por se tratar justamente do tempo em que se leva para mudar a produção de um tipo de produto para outro. Outro ponto é a disponibilidade, ou seja, o tempo disponível por dia para a parada e manutenção.

Vale ressaltar que o fluxo contínuo de peças, os sistemas de troca rápida de ferramentas, operadores multifuncionais e a manutenção preventiva são itens que podem profissionalizar o setor que está em franco crescimento, visando as melhores práticas de mercado.

Desta forma, cabe dizer que utilização da modelagem e simulação no planejamento da capacidade produtiva numa indústria de artefatos de madeira é uma prática importante que, por meio técnicas e ferramentas, possibilita reduzir desperdícios e aumentar a eficiência. Fica a recomendação das implantações descritas dentro de uma linha de produção não-seriada, que tem em cada projeto o desafio de estabelecer um ritmo de entrega para cada demanda.

## 7. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Alcir R. B. **Reengenharia florestal: necessidade perante a evolução do mercado consumidor.** Revista da madeira. n. 21, p. 9, mar. /abr. 1998.

AURELIO, O mini dicionário da língua portuguesa. 5. Ed. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 2001.

BANKS, J.; CARSON, J.S. Discret Event System Simulation, Prentice may. Englewood Cliffs, NJ, 1984.

BARBOSA, Ana Paula; VIANEZ, B.F. VAREJÃO, M. J.; ABREU, R.L.S. **Considerações sobre o perfil tecnológico do setor madeireiro na Amazônia central.** Revista Acta Amazônica.Biodiversidade, pesquisa e desenvolvimento na Amazônia. Manaus, n.35, p 45-53. 1999.

BONDUELLE, Arnaud. **Usinagem, qualidade e custo.** Curso de Engenharia Industrial Madeireira e do Programa de Pós-graduação em Eng. Florestal,UFPR, Curitiba, 2001.

CAMARGO, R. **Rugosidade superficial nas operações de torneamento.** Santa Bárbara D'Oeste: SENAI. (2002)

CASTILLO, W. **Furação Profunda de Ferro Fundido Cinzento GG25 com Brocas de Metal-duro com Canais Retos.** Dissertação de Mestrado. Florianópolis – SC, 2005.

CAVALCANTE, M. J.; MOREIRA, E. O. **Metodologia da pesquisa para a prática de ensino:** livro didático. Palhoça/RS: Unisul, 2012.

COPATTO, A. S., **Análise da Corrente Crítica como alternativa para a gestão de projetos: Potencialidades de aplicação em um sistema produtivo ENGINEER-TOORDER,** dissertação de mestrado, Universidade Metodista de Piracicaba UNIMEP), Santa Bárbara d'Oeste, 2005.

COSTA, R. S., **Pontualidade total na produção sob encomenda: conceito, tecnologia e uso da simulação computacional na gestão do chão-de-fábrica,** Tese de doutorado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia, UFRJ, 1996.

CRUZ, T. **Reengenharia na prática:** metodologia do projeto com formulários. São Paulo, SP: Atlas, 1995.

- CURY, A. **Organização e métodos**: uma visão holística. 7. ed. rev. e ampl. São Paulo, SP: Atlas, 2000.
- FERNANDES, C. A. **Simulação da dinâmica operacional de uma linha industrial de abate de suínos**. Ciência e Tecnologia de Alimentos, 2006.
- FLEURY, A. C. C. et. al. –**Estratégias Competitivas e Competências Essenciais: Perspectivas para internacionalização da Indústria do Brasil**. Revista G&P Gestão e Produção, v.10, n.2, p. 129 – 144. São Paulo. (2003)
- FREITAS FILHO, P. J. de. **Introdução à modelagem e simulação de sistemas: com aplicações em Arena**. 2 ed. Florianópolis: Visual Books, 2008.
- GARCIA, E. S.; LACERDA, L. S.; AROZO, R. **Gerenciando incertezas no planejamento logístico: o papel do estoque de segurança**. Revista Tecnológica, v. 63, p. 36-42, fev. 2001.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 1996.
- GONÇALVES, M.T.T. **Processamento da Madeira**. Bauru-SP: Document Center Xerox –USC., Livro ISBN 85.901425-1-5. 2000.
- KONIG, W.; KLOCKE, F. **Fertigungsverfahren: drehen, fräsen, bohren**. 5. Ed. Berlin: Springer, 1997.
- LAW, A.M., KELTON, W.D, **Simulation Modeling and Analysis**, 2 Ed, McGraw-Hill, NY, 1991.
- LIMA, E. S. - **Exportações e design no setor moveleiro**. Revista da ABIMÓVEL.1998.
- LUCAS FILHO, F. C. **Análise da usinagem de madeiras visando a melhoria de processos em indústrias de móveis**. Tese (Qualificação ao Doutorado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis. 74 f. 2004
- MARTINS, Antonio Castilho. **Artefatos de Madeira: fabricação e fornecimento**. [S.l.], SEBRAE, 2012 - Idéias de Negócios – artefatos de madeira, fabricação e fornecimento.
- MELLO, Braulio Adriano de. **Modelagem e Simulação de Sistemas**. Santo Ângelo, 2001
- MOTOMURA, O. Jogos de empresa. In: BOOG, G. G. (Coord.). **Manual de Treinamento e desenvolvimento**. São Paulo: Makron Books, 1980.
- NEVES, E. B. PEREIRA, A. S. FERREIRA, C. C. PAES, R. L. **Abordagem metodológica do processo de desenvolvimento de produto (PDP) para projeto de um dispositivo filetador para garrafas PET**. 8º CBGDP . Núcleo integrado de pesquisa em produto. UNIPAMPA. Porto Alegre. 2011.

- NOZIK, L.K. & TURNQUIST, M.A. & NINGXIONG, X. **Managing portfolios of project uncertainty. Annals of Operations Research**, n. 132. p. 243-246, 2004.
- PEDGEN, C.D., SHANNON, R.E., SADOWSKI, R.P., **Introduction to Simulation Using SIMAN**, McGraw-hill, NY, 2. Ed., 1990.
- PEINADO, J; GRAEML, A.R. **Administração da produção: operações industriais e de serviços**. Curitiba : UnicenP, 750 p. 2007.
- PRADO, D. S. **Usando o Arena em Simulação**. v. 3, Belo Horizonte: INDG Tecnologia e Serviços, 2010.
- ROCHA, M. P. **Técnicas e Planejamento em Serrarias**. Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná FUPEF, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2002. Universidade Federal de Santa Catarina, 2007
- ROSA, S. E. S. da. **O setor de móveis na atualidade: uma análise preliminar. BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n. 25, p. 65-106, mar. 2007. Disponível em: <[http://www.bndespar.com.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes\\_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/bnset/set2503.pdf](http://www.bndespar.com.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/bnset/set2503.pdf)>. Acesso em: 27/09/2013.
- SALIBY, E. **Softwares para Simulação**. Rio de Janeiro, SOBRAPO – Pesquisa Operacional. V. 16, n. 1, 1996.
- SILVA, L. M. F.; PINTO, M. G.; SUBRAMANIAN, A. **Utilizando o software Arena como ferramenta de apoio ao ensino de Engenharia de Produção**. XVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Florianópolis, 2007.
- SLACK, N. *et. al.* **Administração da Produção**. São Paulo: Atlas. 1999.
- STALK, G., **Estratégia – A busca da vantagem competitiva**. 1a edição. Rio de Janeiro, 1998.
- STOETERAU, R. L. **Processos de Usinagem, curso de Engenharia Mecânica**. Santa Catarina: Universidade Federal de Santa Catarina, 2007.
- TOLEDO JÚNIOR, I.F.B. **Tempos e Métodos**. Série Racionalização Industrial. Editora Itys-Fides Bueno de Toledo Jr. e CIA. LTDA, 1989.
- TOLEDO JÚNIOR, Itys-Fides B. de; KURATOMI, S. **Cronoanálise – A base da racionalização, da produtividade, da redução de custos**. São Paulo: Itys-Fides, 2002.
- TUBINO, D. F. **Sistemas de produção: a produtividade no chão de fábrica**. Porto Alegre: Bookman, 2000.
- MORESCHI, J. C. **Propriedades da Madeira**. 4. ed. Curitiba/PR: UFPR, 2005.
- PELOSINI, R. **Conceitos de modelagem de dados**. Disponível em: <<http://pelosini.com.br/conceitos-de-modelagem-de-dados>>. Acesso em: 03/12/2013.

VAIDYANATHAN, K. **Case study in application of project scheduling system for construction supply chain management**. Tenth Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC-10) – Anais. Gramado, RS, 2002.

WALTER, C. & RIES, O. **A automação de engenharia de produto em um ambiente ETO/OKP**. Revista Máquinas e Equipamentos, São Paulo. p. 132-139, Agosto, 1996.

YIN, R.K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. Porto Alegre: Bookman, 2005.

YIN, Robert (1994). **Case Study Research: Design and Methods** (2ª Ed) Thousand Oaks, CA: SAGE Publications.

## APÊNDICE 1 – Tabelas da coleta de dados preenchidas

MADEIRA UTILIZADA				
NOME POPULAR		NOME CIENTÍFICO		
Louro Gamela		<i>Nectandra rubra</i> (Mez.) C.K. Allen Lauraceae		
AQUISIÇÃO				
QUANTIDADE	DESCRIÇÃO	DIMENSÕES	VALOR UNITÁRIO	VALOR TOTAL
2	PRANCHA	2 x 23 x 13	R\$ 80,00	R\$ 160,00

PRODUTO: CADEIRA						
MODELO I						
SERRA CIRCULAR - CORTE						
CADEIRA A	QUANT. PEÇAS	DIMENSÕES	TEMPOS (min)			
Perna Maior	2	1 m	4	4		
Perna Menor	2	50 cm	3	3		
Lateral Larga	4	36 cm x 9 cm	3	2,5	2,5	3
Lateral Estreita	4	36 cm x 4 cm	2	1,5	1,5	1,5
Encosto	3	42 cm x 42 cm	6,5	6	5	
Assento	2	35 cm x 15 cm	6	5		
CADEIRA B	QUANT. PEÇAS	DIMENSÕES	TEMPOS (min)			
Perna Maior	2	1 m	3,5	3		
Perna Menor	2	50 cm	2,5	2		
Lateral Larga	4	36 cm x 9 cm	2,5	2,5	2	2,5
Lateral Estreita	4	36 cm x 4 cm	2	1	1,5	1
Encosto	3	42 cm x 42 cm	5	4,5	4	
Assento	2	35 cm x 15 cm	5	4		
CADEIRA C	QUANT. PEÇAS	DIMENSÕES	TEMPOS (min)			
Perna Maior	2	1 m	3,5	3		
Perna Menor	2	50 cm	2	2,5		
Lateral Larga	4	36 cm x 9 cm	2,5	2,5	2	2
Lateral Estreita	4	36 cm x 4 cm	1,5	1	1	1,5
Encosto	3	42 cm x 42 cm	5	4	3,5	
Assento	2	35 cm x 15 cm	5	4		
CADEIRA D	QUANT. PEÇAS	DIMENSÕES	TEMPOS (min)			
Perna Maior	2	1 m	3	2,5		
Perna Menor	2	50 cm	2	2		
Lateral Larga	4	36 cm x 9 cm	2,5	2	2	1,5
Lateral Estreita	4	36 cm x 4 cm	1,5	1,5	1	1
Encosto	3	42 cm x 42 cm	4,5	4	3,5	
Assento	2	35 cm x 15 cm	4	3		
CADEIRA E	QUANT. PEÇAS	DIMENSÕES	TEMPOS (min)			
Perna Maior	2	1 m	2,5	2		
Perna Menor	2	50 cm	2	1,5		
Lateral Larga	4	36 cm x 9 cm	2	2	1,5	1,5
Lateral Estreita	4	36 cm x 4 cm	1,5	1	1	1
Encosto	3	42 cm x 42 cm	4	3,5	3	
Assento	2	35 cm x 15 cm	3,5	3		

<b>PRODUTO: CADEIRA</b>						
<b>MODELO I</b>						
<b>PLAINA - CORTE</b>						
<b>CADEIRA A</b>						
<b>QUANT. PEÇAS</b>	<b>DIMENSÕES</b>	<b>TEMPOS (s)</b>				
Perna Maior	2	1 m	50	45		
Perna Menor	2	50 cm	30	20		
Lateral Larga	4	36 cm x 9 cm	15	13	14	12
Lateral Estreita	4	36 cm x 4 cm	10	8	8,5	7
Encosto	3	42 cm x 42 cm	45	38	35	
Acento	2	35 cm x 15 cm	50	40		
<b>CADEIRA B</b>						
<b>QUANT. PEÇAS</b>	<b>DIMENSÕES</b>	<b>TEMPOS (s)</b>				
Perna Maior	2	1 m	50	45		
Perna Menor	2	50 cm	25	20		
Lateral Larga	4	36 cm x 9 cm	15	14	12	13
Lateral Estreita	4	36 cm x 4 cm	10	8,5	8	7
Encosto	3	42 cm x 42 cm	40	35	30	
Acento	2	35 cm x 15 cm	45	40		
<b>CADEIRA C</b>						
<b>QUANT. PEÇAS</b>	<b>DIMENSÕES</b>	<b>TEMPOS (s)</b>				
Perna Maior	2	1 m	45	40		
Perna Menor	2	50 cm	25	20		
Lateral Larga	4	36 cm x 9 cm	14	13	13	12
Lateral Estreita	4	36 cm x 4 cm	8,5	8	7,5	7
Encosto	3	42 cm x 42 cm	38	31	30	
Acento	2	35 cm x 15 cm	40	40		
<b>CADEIRA D</b>						
<b>QUANT. PEÇAS</b>	<b>DIMENSÕES</b>	<b>TEMPOS (s)</b>				
Perna Maior	2	1 m	40	30		
Perna Menor	2	50 cm	21	18		
Lateral Larga	4	36 cm x 9 cm	13	13	12	10
Lateral Estreita	4	36 cm x 4 cm	8	7	7	6
Encosto	3	42 cm x 42 cm	30	26	23	
Acento	2	35 cm x 15 cm	38	36		
<b>CADEIRA E</b>						
<b>QUANT. PEÇAS</b>	<b>DIMENSÕES</b>	<b>TEMPOS (s)</b>				
Perna Maior	2	1 m	35	30		
Perna Menor	2	50 cm	20	18		
Lateral Larga	4	36 cm x 9 cm	13	12	10	8
Lateral Estreita	4	36 cm x 4 cm	7	7	6	6
Encosto	3	42 cm x 42 cm	28	25	20	
Acento	2	35 cm x 15 cm	36	31		



PRODUTO: CADEIRA					
MODELO I					
TUPIA - FRESAMENTO					
CADEIRA A	QUANT. PEÇAS	DIMENSÕES	TEMPOS (s)		
Encosto	3	42 cm x 42 cm	15	13	14
CADEIRA B	QUANT. PEÇAS	DIMENSÕES	TEMPOS (s)		
Encosto	3	42 cm x 42 cm	15	13	13
CADEIRA C	QUANT. PEÇAS	DIMENSÕES	TEMPOS (s)		
Encosto	3	42 cm x 42 cm	14	13	12
CADEIRA D	QUANT. PEÇAS	DIMENSÕES	TEMPOS (s)		
Encosto	3	42 cm x 42 cm	13	12	12
CADEIRA E	QUANT. PEÇAS	DIMENSÕES	TEMPOS (s)		
Encosto	3	42 cm x 42 cm	12	11	11

PRODUTO: CADEIRA											
MODELO I											
FRESA - FRESAMENTO											
CADEIRA A	QUANT. PEÇAS	DIMENSÕES	QUANT. FRESAS	TEMPOS (s)							
Lateral Larga	4	36 cm x 9 cm	8	15	12	13	14	12	11	10	13
Lateral Estreita	4	36 cm x 4 cm	8	10	8	8,5	7	6	6,5	5	6
Encosto	3	42 cm x 42 cm	7	14	12	6	5,5	6	5	5	
CADEIRA B	QUANT. PEÇAS	DIMENSÕES	QUANT. FRESAS	TEMPOS (s)							
Lateral Larga	4	36 cm x 9 cm	8	15	14	12	13	11	11	10	12
Lateral Estreita	4	36 cm x 4 cm	8	10	8,5	8	7	6,5	6	6	5
Encosto	3	42 cm x 42 cm	7	13	11	6,5	6	6	5,5	5	
CADEIRA C	QUANT. PEÇAS	DIMENSÕES	QUANT. FRESAS	TEMPOS (s)							
Lateral Larga	4	36 cm x 9 cm	8	14	13	13	12	11	10	10	9
Lateral Estreita	4	36 cm x 4 cm	8	8,5	8	7,5	7	6,5	6,5	6	5,5
Encosto	3	42 cm x 42 cm	7	12	12	11	8	7	6	6	
CADEIRA D	QUANT. PEÇAS	DIMENSÕES	QUANT. FRESAS	TEMPOS (s)							
Lateral Larga	4	36 cm x 9 cm	8	13	13	12	10	9	8	8,5	7
Lateral Estreita	4	36 cm x 4 cm	8	8	7	7	6	6	5,5	5	5
Encosto	3	42 cm x 42 cm	7	12	11	9	8	8	7	7	
CADEIRA E	QUANT. PEÇAS	DIMENSÕES	QUANT. FRESAS	TEMPOS (s)							
Lateral Larga	4	36 cm x 9 cm	8	13	12	10	8	7	7	6	6
Lateral Estreita	4	36 cm x 4 cm	8	7	7	6	6	5,5	5	5	5
Encosto	3	42 cm x 42 cm	7	11	10	8	7	7	6	6	



PRODUTO: CADEIRA						
MODELO II						
SERRA CIRCULAR - CORTE						
CADEIRA A	QUANT. PEÇAS	DIMENSÕES	TEMPOS (min)			
Perna Maior	2	1 m	4	4		
Perna Menor	2	50 cm	3	3		
Assento	2	42 cm x 42 cm	10	8		
Encosto	2	42 cm x 42 cm	9	8		
Peças pequenas	4	15 x 8 cm	4,5	4	3,5	3
CADEIRA B	QUANT. PEÇAS	DIMENSÕES	TEMPOS (min)			
Perna Maior	2	1 m	4,5	4		
Perna Menor	2	50 cm	3	3		
Assento	2	42 cm x 42 cm	9	8		
Encosto	2	42 cm x 42 cm	8	8		
Peças pequenas	4	15 x 8 cm	4	4	3,5	3
CADEIRA C	QUANT. PEÇAS	DIMENSÕES	TEMPOS (min)			
Perna Maior	2	1 m	4	3		
Perna Menor	2	50 cm	3,5	3		
Assento	2	42 cm x 42 cm	10	9		
Encosto	2	42 cm x 42 cm	8	7,5		
Peças pequenas	4	15 x 8 cm	4	3	3,5	3
CADEIRA D	QUANT. PEÇAS	DIMENSÕES	TEMPOS (min)			
Perna Maior	2	1 m	3,5	3		
Perna Menor	2	50 cm	3	3		
Assento	2	42 cm x 42 cm	8	7,5		
Encosto	2	42 cm x 42 cm	7	7		
Peças pequenas	4	15 x 8 cm	3,5	3	4	3
CADEIRA E	QUANT. PEÇAS	DIMENSÕES	TEMPOS (min)			
Perna Maior	2	1 m	4	3		
Perna Menor	2	50 cm	3,5	3		
Assento	4	42 cm x 42 cm	8	7		
Encosto	4	42 cm x 42 cm	6,5	6		
Peças pequenas	3	15 x 8 cm	4	3	3,5	3

<b>PRODUTO: CADEIRA</b>						
<b>MODELO II</b>						
<b>PLAINA - CORTE</b>						
<b>CADEIRA A</b>	<b>QUANT. PEÇAS</b>	<b>DIMENSÕES</b>	<b>TEMPOS (s)</b>			
Perna Maior	2	1 m	40	35		
Perna Menor	2	50 cm	35	30		
Assento	2	42 cm x 42 cm	16	15		
Encosto	2	42 cm x 42 cm	10	9		
Peças pequenas	4	15 x 8 cm	36	30	25	22
<b>CADEIRA B</b>	<b>QUANT. PEÇAS</b>	<b>DIMENSÕES</b>	<b>TEMPOS (s)</b>			
Perna Maior	2	1 m	35	32		
Perna Menor	2	50 cm	27	25		
Assento	2	42 cm x 42 cm	15	14		
Encosto	2	42 cm x 42 cm	9	8		
Peças pequenas	4	15 x 8 cm	32	26	22	21
<b>CADEIRA C</b>	<b>QUANT. PEÇAS</b>	<b>DIMENSÕES</b>	<b>TEMPOS (s)</b>			
Perna Maior	2	1 m	33	29		
Perna Menor	2	50 cm	25	20		
Assento	2	42 cm x 42 cm	14	14		
Encosto	2	42 cm x 42 cm	8	7		
Peças pequenas	4	15 x 8 cm	28	23	20	20
<b>CADEIRA D</b>	<b>QUANT. PEÇAS</b>	<b>DIMENSÕES</b>	<b>TEMPOS (s)</b>			
Perna Maior	2	1 m	30	26		
Perna Menor	2	50 cm	22	18		
Assento	2	42 cm x 42 cm	13	12		
Encosto	2	42 cm x 42 cm	7	6		
Peças pequenas	4	15 x 8 cm	25	20	18	16
<b>CADEIRA E</b>	<b>QUANT. PEÇAS</b>	<b>DIMENSÕES</b>	<b>TEMPOS (s)</b>			
Perna Maior	2	1 m	25	20		
Perna Menor	2	50 cm	19	16		
Assento	2	42 cm x 42 cm	12	12		
Encosto	2	42 cm x 42 cm	6	6		
Peças pequenas	4	15 x 8 cm	20	17	15	13

<b>PRODUTO: CADEIRA</b>						
<b>MODELO II</b>						
<b>TUPIA - FRESAMENTO</b>						
<b>CADEIRA A</b>	<b>QUANT. PEÇAS</b>	<b>DIMENSSÕES</b>	<b>TEMPOS (s)</b>			
Assento	2	42 cm x 42 cm	15	14		
Encosto	2	42 cm x 42 cm	14	13		
Peças pequenas	4	15 x 8 cm	12	9	8	8
<b>CADEIRA B</b>	<b>QUANT. PEÇAS</b>	<b>DIMENSSÕES</b>	<b>TEMPOS (s)</b>			
Assento	2	42 cm x 42 cm	14	14		
Encosto	2	42 cm x 42 cm	13	12		
Peças pequenas	4	15 x 8 cm	10	9	8	7
<b>CADEIRA C</b>	<b>QUANT. PEÇAS</b>	<b>DIMENSSÕES</b>	<b>TEMPOS (s)</b>			
Assento	2	42 cm x 42 cm	14	13		
Encosto	2	42 cm x 42 cm	12	10		
Peças pequenas	4	15 x 8 cm	9	8	7	7
<b>CADEIRA D</b>	<b>QUANT. PEÇAS</b>	<b>DIMENSSÕES</b>	<b>TEMPOS (s)</b>			
Assento	2	42 cm x 42 cm	13	12		
Encosto	2	42 cm x 42 cm	9	8		
Peças pequenas	4	15 x 8 cm	8	7	6	6
<b>CADEIRA E</b>	<b>QUANT. PEÇAS</b>	<b>DIMENSSÕES</b>	<b>TEMPOS (s)</b>			
Assento	2	42 cm x 42 cm	12	12		
Encosto	2	42 cm x 42 cm	8	7		
Peças pequenas	4	15 x 8 cm	7	6	5	5

PRODUTO: CADEIRA							
MODELO II							
FRESA - FRESAMENTO							
CADEIRA A	QUANT. PEÇAS	DIMENSSÕES	QUANT. FRESAS	TEMPOS (s)			
Perna Maior	2	1 m	4	14	13	13	12
Perna Menor	2	50 cm	2	13	12		
Assento	2	42 cm x 42 cm	2	10	9		
Encosto	2	42 cm x 42 cm	2	8	7		
Peças pequenas	4	15 x 8 cm	4	9	9	8	8
CADEIRA B	QUANT. PEÇAS	DIMENSSÕES	QUANT. FRESAS	TEMPOS (s)			
Perna Maior	2	1 m	4	13	12	12	11
Perna Menor	2	50 cm	2	11	9		
Assento	2	42 cm x 42 cm	2	9	8		
Encosto	2	42 cm x 42 cm	2	7	7		
Peças pequenas	4	15 x 8 cm	4	9	8	7	7
CADEIRA C	QUANT. PEÇAS	DIMENSSÕES	QUANT. FRESAS	TEMPOS (s)			
Perna Maior	2	1 m	4	11	11	10	10
Perna Menor	2	50 cm	2	9	9		
Assento	2	42 cm x 42 cm	2	8	7		
Encosto	2	42 cm x 42 cm	2	7	6		
Peças pequenas	4	15 x 8 cm	4	8	8	7	6
CADEIRA D	QUANT. PEÇAS	DIMENSSÕES	QUANT. FRESAS	TEMPOS (s)			
Perna Maior	2	1 m	4	10	9	9	8
Perna Menor	2	50 cm	2	8	7		
Assento	2	42 cm x 42 cm	2	7	7		
Encosto	2	42 cm x 42 cm	2	6	6		
Peças pequenas	4	15 x 8 cm	4	8	7	6	6
CADEIRA E	QUANT. PEÇAS	DIMENSSÕES	QUANT. FRESAS	TEMPOS (s)			
Perna Maior	2	1 m	4	8	8	7	7
Perna Menor	2	50 cm	2	7	6		
Assento	2	42 cm x 42 cm	2	6	5		
Encosto	2	42 cm x 42 cm	2	5	5		
Peças pequenas	4	15 x 8 cm	4	7	6	6	5

PRODUTO: CADEIRA						
MODELO II						
SERRA FITA - CORTE						
CADEIRA A	QUANT. PEÇAS	DIMENSÕES	TEMPOS (min)			
Assento	2	42 cm x 42 cm	14	13		
Encosto	2	42 cm x 42 cm	13	12		
Peças pequenas	4	15 x 8 cm	12	10	9	9
CADEIRA B	QUANT. PEÇAS	DIMENSÕES	TEMPOS (min)			
Assento	2	42 cm x 42 cm	13	12		
Encosto	2	42 cm x 42 cm	10	9		
Peças pequenas	4	15 x 8 cm	10	9	8	8
CADEIRA C	QUANT. PEÇAS	DIMENSÕES	TEMPOS (min)			
Assento	2	42 cm x 42 cm	12	10		
Encosto	2	42 cm x 42 cm	9	8		
Peças pequenas	4	15 x 8 cm	9	8	7	7
CADEIRA D	QUANT. PEÇAS	DIMENSÕES	TEMPOS (min)			
Assento	2	42 cm x 42 cm	10	9		
Encosto	2	42 cm x 42 cm	8	8		
Peças pequenas	4	15 x 8 cm	8	7	7	6
CADEIRA E	QUANT. PEÇAS	DIMENSÕES	TEMPOS (min)			
Assento	2	42 cm x 42 cm	8	7		
Encosto	2	42 cm x 42 cm	7	6		
Peças pequenas	4	15 x 8 cm	7	6	6	6

## APÊNDICE 2 – Fotos das máquinas de usinagem

