

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

ANÁLISE DOS CUSTOS DE USINAGEM NA CONFECÇÃO DE PRODUTOS
DE MADEIRA

Manaus
2013

RENATA DO NASCIMENTO MELO

**ANÁLISE DOS CUSTOS DE USINAGEM NA CONFECÇÃO DE PRODUTOS
DE MADEIRA.**

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
2013

Ficha Catalográfica

S486u	Melo, Renata do Nascimento
	Análise dos custos de usinagem na confecção de produtos de madeira: estudo de caso /Renata Melo do Nascimento – Manaus, 2013. 93 p.: il.
	Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação Ciências Florestais e Ambientais- PPGCIFA. Universidade Federal do Amazonas. Orientador: Fernando Cardoso Lucas Filho
	1. Custos. 2. Tecnologia da Madeira. Usinagem. I.
Título.	CDU: 630*3(043.2) 2ed. 1987



Poder Executivo
Ministério da Educação
Universidade Federal do Amazonas
Faculdade de Ciências Agrárias
Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ciências Florestais e Ambientais - PPGCIFA



PARECER
Defesa nº 149

A banca examinadora, instituída pelo colegiado do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais, da Faculdade de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Amazonas, após arguir da mestranda **RENATA DO NASCIMENTO MELO**, em relação ao seu trabalho de dissertação intitulado "**ANÁLISE DOS CUSTOS DE USINAGEM NA CONFEÇÃO DE PRODUTOS DE MADEIRA**" é de parecer favorável à APROVAÇÃO da mestranda habilitando-a ao título de Mestre "Magister Scientiae" em Ciências Florestais e Ambientais, na área de concentração em **CIÊNCIAS FLORESTAIS E AMBIENTAIS (CIFA)**.

Professor Doutor Fernando Cardoso Lucas Filho
Professor da Faculdade de Ciências Agrária da Universidade Federal do Amazonas
Presidente da banca examinadora

Professor Doutor Nabor da Silveira Pio
Professor da Faculdade de Ciências Agrária da Universidade Federal do Amazonas
Primeiro examinador

Pesquisador Doutor Bazílio Frasco Vianez
Pesquisador do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia
Segundo examinador

Manaus, 17 de janeiro de 2014.

Prof. Dr. Nabor da Silveira Pio
Coordenador, em exercício, do Programa de Pós Graduação em Ciências Florestais e Ambientais - PPG-CIFA



Dedico

A meu filho Joaquim.

Ofereço

A todos os meus familiares, amigos, colegas e professores que de alguma forma contribuíram para a realização do trabalho.

Agradecimentos

Deus, pela criação do mundo e nele todos os recursos necessários para o ofício de mestre.

À Universidade Federal do Amazonas.

Ao Programa de Pós-Graduação Stricto-Sensu em Ciências Florestais e Ambientais por mais uma etapa de conhecimento.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq pela oportunidade de bolsa.

Aos Prof. Dr. Basílio Frasco Vianez e Nabor da Silveira Pio por fazerem parte da banca examinadora.

Ao Prof. Dr. Fernando Cardoso Lucas Filho pela orientação no presente trabalho.

A todos os professores que compõem o Programa de Pós-Graduação pelas aulas teóricas e práticas ministradas.

Aos amigos Ivone Araújo, Manoela Valente, Willians Telles, Kézia Macedo e Meireles Silva pela amizade fraterna, respeito e apoio prestado.

Especial agradecimento a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização e divulgação do trabalho.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Apresentação e contextualização da pesquisa.....	1
1.2. Problema de pesquisa.....	3
1.3. Objetivos.....	3
1.3.1. Objetivo geral.....	3
1.3.2. Objetivos específicos.....	3
1.4. Pressuposto da pesquisa.....	3
1.5. Justificativa da pesquisa.....	4
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	5
2.1. Usinagem da madeira.....	5
2.2. Classificação dos principais processos de usinagem.....	7
2.2.1. Corte.....	7
2.2.2. Fresamento.....	9
2.2.3. Furação.....	9
2.3. Rendimento na usinagem.....	10
2.4. Custos de usinagem.....	11
3. MATERIAL E MÉTODOS	25
3.1. Caracterização do local de estudo.....	25
3.2. Coleta dos dados.....	25
3.3. Determinação do custo da madeira.....	26
3.4. Determinação dos custos de usinagem.....	27
3.5. Método de amostragem e análise dos dados.....	30
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	34
5. CONCLUSÕES	58
6. RECOMENDAÇÕES	60
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	
APÊNDICES	

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. Correlação entre o tempo de execução e a velocidade de corte (Fonte: STEMMER, 2000).....	14
FIGURA 2. Influência da velocidade de corte sobre os custos e tempos de usinagem (Fonte: SILVA, 1994).....	22
FIGURA 3. Pranchões e corte transversal.....	26
FIGURA 4. Fonte: Livro MeetMinitab.....	32
FIGURA 5. Fonte: Livro MeetMinitab.....	32

LISTA DE TABELAS

MODELO I

TABELA 1. Tempo total de produção por peça (T_t)	.....	36
TABELA 2. Custo devido à ferramenta por peça (K_{fe})	.....	38
TABELA 3. Custos de usinagem por peça (K_{up})	.....	40
TABELA 4. Custo total de produção por peça (K_p)	.....	42
TABELA 5. Custo da hora máquina (K_t)	.....	43
TABELA 6. Soma dos custos de produção (C_e)	.....	43

MODELO II

TABELA 7. Tempo total de produção por peça (T_t)	.....	45
TABELA 8. Custo devido à ferramenta por peça (K_{fe})	.....	48
TABELA 9. Custos de usinagem por peça (K_{up})	.....	50
TABELA 10. Custo total de produção por peça (K_p)	.....	52
TABELA 11. Custo da hora máquina (K_t)	.....	53
TABELA 12. Soma dos custos de produção (C_e)	.....	53

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1. Histograma do custo de usinagem (Kup)/cadeira; Custo de madeira/cadeira.....	55
GRÁFICO 2. Histograma do custo de usinagem (Kup)/cadeira; Custo de madeira/cadeira.....	57

LISTA DE SIGLAS

ABPM	Associação brasileira de produtos de Madeira
PCP	Planejamento e controle de processos
MRPII	Recursos de manufatura
MODI	Modelo I
MODII	Modelo II
PMa	Perna maior
PMe	Perna menor
LLa	Lateral larga
Le	Lateral estreita
Enc	Encosto
Ass	Assento
PPq	Peças pequenas

LISTA DE SÍMBOLOS

t_{pr}	Tempos de preparação da tarefa
t_p	Tempos principais de execução
t_{df}	Tempo distribuído devido à ferramenta
T_v	Tempo de vida da ferramenta
v_{max}	Velocidade máxima
C_t	Constante dependente da ferramenta, máquina e peça
n	Expoente dependente das variáveis da máquina
t_{ff}	Tempo de troca da ferramenta
K_v	Custos dependentes da velocidade de corte
K_{fe}	Custos devidos à ferramenta por peça
K_t	Custos proporcionais ao tempo de execução de cada peça
C_{ftv}	Custo da ferramenta por vida T_v
V_i	Valor inicial da ferramenta
V_f	Valor final da ferramenta
n_a	Número de vezes que é possível reafiar a ferramenta
n_{a+1}	Número total de gumes da ferramenta
Z_{tv}	Número de peças usinadas durante a vida T_v de um gume da ferramenta
C_{rf}	Custo global de reafiação da ferramenta, incluindo despesas diretas e indiretas
C_p	Soma dos custos envolvidos na operação da máquina por minuto
t_g	Tempo global para execução das peças
T	Tempo de produção
m	Número de peças do lote
C_e	Soma dos custos de produção
K_c	Custo por peça produzida, independente da velocidade de corte

K_{fe}	Custo devido às ferramentas, por peça
K_t	Custos proporcionais ao tempo de execução de cada peça
T_t	Tempo total de produção por peça
t_c	Tempo de corte
t_s	Tempo de substituição da peça
h_t	Número de troca de ferramentas
t_{fa}	Tempo de afiação da ferramenta
t_i	Outros tempos improdutivos
Z	Número de peças
K_p	Custo total de produção por peça
K_{up}	Custo de usinagem por peça
K_m	Custo da matéria-prima
K_i	Custo geral indireto de produção por peça
S_h	Custo da hora trabalhada pelo operador incluindo encargos
S_m	Custo da máquina por hora trabalhada
K_{ui}	Custo indireto de usinagem
K_f	Custo da ferramenta por peça
Z_t	Número de peças usinadas por vida da ferramenta
min	Minutos
s	Segundos
h	Hora
R\$	Reais

RESUMO

Devido à necessidade de melhorar a gestão tanto de produtos quanto de processos na cadeia produtiva da madeira no Amazonas, surgiu a urgente necessidade de conhecer os fatores tecnológicos que influenciam nas tomadas de decisão. Entre os critérios de sucesso para o setor estão a gestão da qualidade, da capacidade produtiva e a gestão de custos. O presente estudo buscou determinar a relação entre os custos da matéria prima madeira e os custos de usinagem e os custos de usinagem nos processos de corte, fresamento e furação para saber quais os fatores críticos para os custos de usinagem na confecção de produtos de madeira na cidade de Manaus, do pressuposto de que a matéria prima não é um fator crítico de sucesso para os custos do produto, pois há uma crença cultivada pelo setor produtivo local de que a disponibilidade de madeira proporciona vantagens competitivas em relação a outras regiões produtoras. Mediante o trabalho desenvolvido na empresa, foram coletados os dados necessários para os cálculos da determinação dos custos, usando-se um produto com dois diferentes modelos. Após a identificação dos dados e realização dos cálculos, foi possível fazer por meio de tabelas e gráficos, a comparação entre os resultados obtidos nas operações analisadas, os resultados entre os modelos do produto e a relação entre os custos. As análises mostraram que houve diferença entre as variáveis no modelo I, apontando o processo de corte como o mais oneroso e no modelo II, apontando tanto o processo de corte como o processo de fresamento com resultados maiores, sendo o processo de furação, apresentando menor resultado para ambos os modelos. Entre os custos, a análise mostrou que os custos de usinagem por cadeira são maiores que o custo da madeira por cadeira. Os resultados obtidos também mostraram que as causas da baixa eficiência produtiva na usinagem de madeiras estão relacionadas, principalmente, ao desconhecimento dos custos do beneficiamento do produto, ausência de pesquisas mais direcionadas ao atendimento da demanda, falta de mão de obra qualificada, organização da empresa deficiente, ausência de informações métricas que possam auxiliar no planejamento dos custos. O trabalho contribuiu com a geração de conhecimento sobre a análise dos custos de usinagem, propiciando o melhor aproveitamento dos recursos e desmistificando a crença de que a disponibilidade de madeira é um fator crítico de sucesso para a produção de produtos de madeira na Amazônia.

Palavras chave: melhoria, processos, usinagem, custos, madeira, móveis.

ABSTRACT

Due the need of improving the management of both products as processes in the production chain of wood in the Amazon came the urgent need to meet the technological factors that influence decision making. Among the success criteria for the sector are quality management, production capacity and cost management. The present study sought to determine the relationship between the costs of raw wood and machining costs in the process of cutting, milling and drilling to find out which factors critical to machining costs in the manufacture of wood products in city of Manaus, the assumption that the raw material is not a critical success for the product cost factor because there is a cultivated by the local productive sector that the availability of wood provides a competitive advantage over other producing regions belief. Through the work of the company, required for calculation of costing data, using a product with two different models were listed. After identifying the data and the calculations, it was possible through tables and graphs, comparing the results obtained on the transactions analyzed, the results between product models and the relationship between the costs. The analyzes showed that there were differences between the variables in the model I, pointing the cutting process as the most costly and model II, both pointing the cutting process as the milling process with greater results, with the drilling process, presenting lower results for both models. Among the costs, the analysis showed that machining costs are higher chair by the cost per timber chair. The results also showed that the causes of low production efficiency in machining woods are mainly related to the lack of cost of improvement of the product, lack of research being directed at meeting demand, lack of skilled manpower, organization of company poor, no metric information that may assist in planning costs. The work contributed to the generation of knowledge about the analysis of machining costs, providing better utilization of resources and demystifying the belief that the availability of wood is a critical success for the production of wood products in Amazon factor.

Keywords: improvement processes, machining costs, wooden furniture.

INTRODUÇÃO

1.1. Apresentação e Contextualização da Pesquisa

No Brasil, o setor produtivo de madeiras e derivados enfrentam enormes dificuldades para tornar seus produtos competitivos. Entre os vários fatores que contribuem para isso estão a má gestão dos recursos produtivos e a tecnologia de fabricação ineficiente, gerando maiores custos e altos índices de perdas na produção, além do baixo nível da qualidade final dos produtos. Para resolver estes problemas há necessidade da integração entre o projeto de produtos e um sistema de gestão do processo mais eficaz (REMADE, 2007; ABPM - Associação Brasileira dos Produtos de Madeira; TOMASELLI, 1998; LUCAS FILHO, 2004).

Diante deste cenário, os atores da cadeia produtiva madeireira começam a buscar soluções para estas demandas e, através da identificação dos fatores relevantes para a melhoria dos processos, estabelecerem parâmetros competitivos para esses processos de modo a obter avanços na capacidade de manufatura e gerar produtos com menores custos, melhor qualidade e flexibilidade produtiva. Mas, para isso, é necessário conhecer o comportamento do sistema produtivo, prever as melhores condições de operação e propor alterações para alcançar estes objetivos (REMADE, 2007; ABPM - Associação Brasileira dos Produtos de Madeira; TOMASELLI, 1998; LUCAS FILHO, 2004).

A baixa competitividade dos produtos de origem florestal produzidos no Amazonas também é devida, entre outros fatores, à ineficiência no processamento industrial da madeira. Assim, surge a necessidade de gerar informações sobre o desempenho dos processos de fabricação aliada à compreensão e entendimento do sistema de produção e dos fatores de influência. Atualmente, torna-se premente a análise de perdas envolvidas na usinagem da madeira (FERROLHO, 2006).

Já existem vários estudos sobre a qualidade da madeira, suas propriedades e usos potenciais, mas ainda há a necessidade de estudar a melhoria do processo de fabricação, pois disso depende a utilização em regime de rendimento sustentado dos recursos florestais (FERROLHO, 2006).

Entre os fatores principais que contribuem para este cenário estão à limitação para o atendimento de um aumento de demanda devido à restrição da capacidade produtiva, delimitada pela carência de recursos produtivos como mão-de-obra e equipamentos e de controle dos custos, gerado pela falta de informações sobre custos de processamento (LUCAS FILHO, 2004).

Segundo LUCAS FILHO (Comunicação Pessoal, 2013), a melhoria do desempenho dos processos de fabricação depende da identificação dos fatores tecnológicos e organizacionais responsáveis pela ineficiência produtiva nas indústrias de artefatos de madeira no Amazonas. Como citado anteriormente por diversos autores, há necessidade em melhorar a gestão de produtos e de processos com vistas a melhorar a qualidade dos produtos, a produtividade e os custos.

A gestão dos custos nas indústrias que utilizam madeira é fundamental para alcançar níveis competitivos. Mas para implantar uma gestão que promova a competitividade, é necessário planejar e controlar os custos de produção. Um dos principais componentes dos custos de produção são os custos de fabricação e esses dependem, fundamentalmente, dos custos de usinagem. No entanto não há informações sobre métricas que possam auxiliar no planejamento desses custos (LUCAS FILHO, 2004).

Além disso, há uma crença cultivada pelo setor produtivo local de que a disponibilidade de madeira proporciona vantagens competitivas em relação a outras regiões produtoras (LUCAS FILHO, 2004).

Assim surge a necessidade em delimitar capacidades e limitações dos processos produtivos envolvidos na usinagem de produtos de madeira, para que, em conjunto com outras ações, possa dar suporte a tomadas de decisões gerenciais para a melhoria do processo de produção e custeio da atividade.

A presente pesquisa visa desmistificar essa crença, definindo, para os custos, os fatores críticos de sucesso para alcançar a competitividade na confecção de produtos de madeira na Amazônia.

1.2. Problema de pesquisa

Quais os fatores críticos para os custos de usinagem na confecção de produtos de madeira na cidade de Manaus?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo Geral

Determinar os custos de usinagem em processos de confecção de produtos de madeira: um estudo de caso em uma empresa na cidade de Manaus.

1.3.2. Objetivos específicos

Determinar a relação entre o custo da matéria prima madeira e os custos de usinagem.

Determinar os custos de usinagem nos processos de corte, fresamento e furação.

1.4. Pressuposto da Pesquisa

A matéria prima não é um fator crítico de sucesso para os custos do produto.

1.5. Justificativa da Pesquisa

Devido à necessidade de melhorar a gestão tanto de produtos quanto de processos na cadeia produtiva da madeira no Amazonas, surge a urgente necessidade de conhecer os fatores tecnológicos que influenciam nas tomadas de decisão. Entre os critérios de sucesso para o setor estão a gestão da qualidade, da capacidade produtiva e a gestão de custos. Este último necessita de informações que auxiliem no planejamento dos processos, para deste modo, estimar custos, conhecendo as relações de causa e efeito que auxiliam na maximização da produção com a minimização dos custos. O correto aproveitamento dos recursos florestais na Amazônia depende, dentre outros, do conhecimento dos custos do beneficiamento. Assim, o presente trabalho contribui com a geração de conhecimento sobre a análise dos custos de usinagem para assim, propiciar o melhor aproveitamento dos recursos e desmistificar a crença de que a disponibilidade de madeira é um fator crítico de sucesso para a produção de produtos de madeira na cidade de Manaus.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Usinagem da madeira

A madeira é um recurso natural renovável que possui vantagens competitivas em relação a outros materiais para construção. No entanto, ela necessita ser bem trabalhada para que os resultados obtidos não transformem essas vantagens em autênticas desvantagens. É importante entender que para bem trabalhar a madeira, é necessário conhecer suas propriedades, os parâmetros de usinagem a serem utilizados e suas relações. O conhecimento técnico da usinagem da madeira e suas relações de causa e efeito com as variáveis envolvidas na melhoria dos processos e a definição dos melhores parâmetros para essas variáveis, são primordiais para o posicionamento perante a concorrência e para o desenvolvimento de um processo de fabricação mais eficiente (SOUZA JUNIOR, 2009).

De modo geral, o índice de qualidade do produto do setor de preparação de madeiras depende da matéria-prima, dos equipamentos, do manuseio e da classificação do produto (SOUZA JUNIOR, 2009).

De acordo com Slack (2002), quanto maior a estrutura do produto, maior o número de operações necessárias para sua fabricação. Assim, um produto com mais componentes, possui um custo de fabricação maior, pois necessita de mais operações para a sua realização.

A manufatura é responsável pela execução do projeto e ela também é uma atividade de elevada complexidade. O processo de manufatura numa fábrica, num sentido amplo, é a combinação dos processos envolvidos na conversão de matérias-primas ou produtos semi-acabados em produtos finais. Existem vários processos de manufatura usados para converter matérias-primas em peças acabadas. Ainda de acordo com Bohes (2007), dentre os processos de usinagem de uma peça incluem-se torneamento, corte,

fresamento, furação, retificação, brochamento, etc., dependendo da forma desejada, dimensões, precisão e qualidade superficial da peça (BOHES, 2007).

A utilização de novas espécies para fabricação de peças e artefatos de madeira ou para outros fins é definida pelo conhecimento da forma de beneficiar sua madeira, que por ser um material extremamente heterogêneo e de propriedades anisotrópicas, isto é, possui comportamento diferente nos planos radial, tangencial e longitudinal, por esta razão, é necessária a identificação das variáveis tecnológicas que tornarão possíveis melhorias nos indicadores de qualidade e produtividade (TEIXEIRA, 2011).

O objetivo de usinar a madeira não é somente cortá-la, mas produzir uma forma desejada quanto às dimensões e à qualidade da superfície, tão exato e econômico quanto possível (LIMA, 1998). Os principais defeitos no processo de usinagem da madeira estão ligados a quatro fontes básicas, sendo:

- Variações das propriedades da madeira;
- Condições das máquinas - relacionadas diretamente aos desgastes dos componentes das máquinas que alteram o seu funcionamento.
- Ferramentas de corte - relacionado ao estado de conservação do gume de corte e a escolha da ferramenta mais adequada;
- Treinamento do operador - a regulagem e o ajuste correto das máquinas é função do grau de conhecimento do operador sobre todas as regulagens existentes que afetam diretamente a qualidade da superfície usinada.

BET (1999), afirma que as condições como tipo de máquina utilizada, desgaste da ferramenta, vibrações indesejadas, parâmetros de usinagem empregados e até mesmo o operador da máquina refletem de alguma maneira na geometria da superfície. Todo esse conjunto de informações fornece uma ferramenta muito útil para o controle de qualidade do processo de fabricação.

Antes da introdução do design próprio e do conhecimento das propriedades da madeira é importante que as empresas avancem na capacidade de manufatura, de forma a conseguirem produtos de baixo custo, elevada qualidade e flexibilidade produtiva. Para isso, é importante conhecer o comportamento dos processos de corte, fresamento e furação, que são considerados os principais processos de transformação da madeira em peças e/ou componentes de madeira e, também é a atividade que agrega maior valor ao produto e simultaneamente maior desperdício durante a sua produção (REVISTA DA MADEIRA, 2007).

2.2. Classificação dos Principais Processos de Usinagem

As atividades de transformação da madeira nas fábricas de móveis e artefatos se caracterizam por diversos tipos de processos de usinagem, como: serramento (corte), fresamento e furação, diferenciando-se de acordo com a função que a peça ou componente exercerá na montagem dos móveis ou artefatos.

A seqüência de operações varia de acordo com a rotina de operações estabelecida para a produção de cada peça e não segue necessariamente a seqüência apresentada. O seqüenciamento das operações depende da estrutura do produto, do modelo de organização utilizado (layout) e da programação da produção dimensionada de acordo com a capacidade dos recursos produtivos (SILVA,2002).

2.2.1. Corte

O corte convencional é definido como sendo a ação da ferramenta sobre uma peça de madeira, produzindo cavacos de dimensões variáveis (SILVA, 2002).

O cavaco pode ser definido como sendo o fragmento de madeira produzido pela ferramenta de corte. A formação destes cavacos depende da

geometria da ferramenta, do teor de umidade da madeira e do movimento da ferramenta com relação à orientação das fibras.

Segundo Woodson e Koch (1970), existem alguns parâmetros relacionados ao corte da madeira os quais, interferem na usinagem da madeira:

a) Ângulo de ataque (γ) – normalmente as forças de corte decrescem com o aumento de γ . Para cada espécie deverá existir uma faixa ótima para o ângulo de ataque, na qual será obtida a melhor qualidade de superfície;

b) Ângulo de folga (α) – este ângulo deverá ter um valor mínimo que permita a redução do contato da superfície de folga da ferramenta com a peça da madeira;

c) Ângulo da ferramenta (β) – este ângulo está relacionado à resistência da ferramenta de corte ao choque e ao desgaste;

d) Espessura de corte (e) – está diretamente relacionada às forças implicadas no processo de corte;

e) Orientação das fibras em relação ao corte – tendo em vista que a madeira apresenta resistências diferentes de acordo com a direção do esforço em relação às fibras, esta direção afeta as forças implicadas durante a usinagem;

f) Afição da ferramenta de corte – quando a ferramenta de corte não está bem afiada ou quando está desgastada, o ângulo de ataque diminui ou torna-se negativo, produzindo um afundamento na superfície da madeira o qual, ocasiona o aparecimento de forças de atrito elevadas;

g) Atrito entre o cavaco e a superfície de saída da ferramenta de corte – é em função do tipo de cavaco;

h) Vibração lateral – pode ocorrer em consequência da orientação das fibras em relação ao corte.

2.2.2. Fresamento

O fresamento periférico, popularmente conhecido como aplainamento no processo de usinagem da madeira, caracteriza pela remoção de cavacos na operação de desbaste ou acabamento de superfície. Para Silva (2002), 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 á 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.

2.2.3. Furação

De acordo com Souza (2011), furação é o processo mecânico de usinagem destinado à obtenção de um furo geralmente cilíndrico peça, com auxílio de uma ferramenta geralmente multicortante. Para tanto, a ferramenta ou a peça giram e simultaneamente a ferramenta ou a peça se deslocam segundo uma trajetória retilínea, coincidente ou paralela ao eixo principal da máquina. A furação é dividida nas operações:

- Furação em cheio: processo destinado à abertura de um furo cilíndrico numa peça, removendo todo o material compreendido no volume do furo final, na forma de cavaco. No caso de furos de grande profundidade há necessidade de ferramenta especial.
- Escareamento: processo destinado à abertura de um furo cilíndrico numa peça pré-furada.
- Furação escalonada: processo destinado à obtenção de um furo com dois ou mais diâmetros, simultaneamente.

- Furação de centros: processo destinado à obtenção de furos de centro, visando uma operação posterior na peça.
- Trepanação: processo de furação em que apenas uma parte de material compreendido no volume do furo final é reduzida a cavaco, permanecendo um núcleo maciço.

2.3. Rendimento na Usinagem

Para Bonduelle (2001) a busca por melhor qualidade e menor custo é uma constante nos setores industriais e deveria, particularmente, ser no setor industrial madeireiro. Para conciliar as duas necessidades, as melhorias no processo são fundamentais a partir da compra do material e das ferramentas até a expedição do produto acabado. Alguns cuidados como a escolha e o uso correto das ferramentas de corte, devem ser considerados com muito mais atenção, pois podem representar um ganho no custo final. Ferramentas não completamente adaptadas ou com condições de corte não otimizadas, podem elevar os custos através das manutenções e/ou as afiações. Ou seja, a vida útil das ferramentas e o tempo de máquina parada, para substituição das mesmas, em cada afiação ou troca de pastilhas, definem a perda ou o ganho financeiro em usinagem.

O máximo rendimento econômico da usinagem é obtido quando toda a potência disponível na máquina ferramenta é utilizada, ao mesmo tempo em que é assegurada uma vida suficientemente longa para a ferramenta. Para um dado material a usinar, ambos os fatores, vida da ferramenta e potência consumida, são funções das variáveis da ferramenta. O problema consiste em ajustar estas variáveis de modo que a máquina seja integralmente aproveitada e a vida da ferramenta seja máxima. A equação de Kienzle e as tabelas obtidas a partir de experimentos ajudam a alcançar este objetivo (STEMMER, 2000).

Na usinagem de madeiras no sentido longitudinal tangencial a elevação do rendimento do processo e, em alguns casos, a melhoria do acabamento superficial e da vida da ferramenta, é obtida pelo aumento da velocidade de

corde e empregando ferramentas de metal duro no fresamento de diversas espécies de madeira concluiu que o desgaste da cunha foi constante para todas as madeiras testadas em toda a faixa de velocidade experimentada, permitindo o aumento do rendimento do processo com a manutenção do acabamento superficial (FARIAS, 2000).

2.4. Custos de Usinagem

A determinação dos custos da produção é importante para facilitar a gestão da produção, ou seja, o planejamento e o controle dos recursos utilizados. Sem o conhecimento desses valores, é possível correr o risco de produzir peças com custos que extrapolem os preços que os consumidores estão dispostos a pagar (LUCAS FILHO, 2004).

O custo de produção de um lote de peças depende essencialmente do tempo necessário à execução do lote. Quanto à usinagem, o tempo de execução depende da usinabilidade do material e de todos os fatores que a afetam. Para correlacionar o tempo de execução com usinabilidade é necessário decompor o processo de fabricação nas suas diversas fases, ou de acordo com os tempos de preparação e execução da tarefa. Estes, por sua vez, são divididos nos seguintes componentes (STEMMER, 2000):

- Tempo de preparação básico da tarefa – é o tempo necessário para execução de todos os trabalhos indispensáveis para o início da tarefa, bem como, para recolocação da máquina e do local de trabalho, depois de concluída a tarefa, nas condições iniciais. Inclui tarefas como obtenção do material, ferramentas, dispositivos, acessórios, gabaritos, desenhos e especificações, montagem de ferramentas, acessórios e dispositivos, ajuste de velocidades de corte e de avanço, execução das peças de prova preenchimento de formulários e fichas de produção, desmontagem de ferramentas, acessórios e dispositivos, limpeza da máquina.
- Tempo de preparação distribuído da tarefa - e o tempo de preparação dispensado em razão de fatores ocasionais tais como dúvidas,

troca de material defeituoso, remoção de falhas na máquina, nos dispositivos e acessórios, acerto da qualidade do gume ou dos ângulos da ferramenta.

- Tempo básico de execução de uma peça – é o tempo estritamente necessário para execução de uma peça.

- Tempo principal – é o tempo em que ocorre efetiva remoção de material, fazendo com que a peça se aproxime da forma final desejada. Só nesta etapa há progresso real na consecução do objetivo visado. Este tempo pode ser facilmente calculado em função da velocidade de corte e de avanço, da profundidade de corte e do volume do material a remover. Pode ser dependente ou independente da habilidade do operador.

- Tempo secundário de execução – é o tempo necessário para realização de todos os trabalhos acessórios que se repetem regularmente para cada peça tais como pegar a peça e conduzi-la até a máquina, prender a peça, ligar a máquina, aproximar a ferramenta, ligar o avanço, mudar de rotação, parar a máquina, afastar a ferramenta, inspecionar, medir e retirar a peça da máquina, etc. Algumas vezes, são também chamados tempos improdutivos ou tempos mortos.

- Tempo distribuído de execução de uma peça – é a média, por peça, dos tempos acidentais que ocorrem na fase de execução do lote.

- Tempo distribuído devido ao pessoal – é o tempo despendido em tarefas como recebimento de salários, descanso, necessidades fisiológicas, acidentes, atrasos, tratamento médico, fadiga mental, física, etc.

- Tempo distribuído devido à ferramenta – é o tempo despendido na re-afiação, remoção e remontagem da ferramenta.

- Tempo distribuído devido ao equipamento e ao material – é o tempo gasto em tarefas como re-usinagem (retrabalho) de peças fora das especificações, re-arrumação das peças, eliminação de falhas e defeitos no equipamento e nos acessórios, remoção de cavacos, etc.

Ainda segundo Stemmer (2000), a redução do custo de produção depende quase que linearmente da redução do tempo global de execução do lote.

Para reduzir os tempos secundários de execução é possível prever peças em bruto na mão do operador, sujeição por placas e contra pontas pneumáticas, alimentação, medição durante a usinagem troca, alteração de velocidade de forma automática, emprego de máquinas com pré-seleção de velocidades de corte e de avanço, comando numérico ou programado (STEMMER, 2000).

Para redução do tempo principal de execução é possível utilizar a usinagem simultânea por várias ferramentas, aumento da velocidade de corte pelo uso de ferramentas mais resistentes ou materiais de melhor usinabilidade, aumento do avanço e/ou da profundidade de corte. Com o elevado desenvolvimento tecnológico de controle e de sistemas de troca de ferramentas, os tempos secundários para o processo de fresamento puderam ser reduzidos consideravelmente. Com isso, apresentou-se a redução dos tempos principais para algumas aplicações com grande potencial para a diminuição dos custos de produção, o que conduziu à otimização dos custos (FARIAS, 2000).

No entanto, com o aumento da velocidade de corte diminui a vida útil da ferramenta e com isso aumenta o tempo distribuído devido à retirada e re-afiação mais freqüente. O gráfico da (FIGURA 1) correlaciona a velocidade de corte com o tempo de execução do lote.

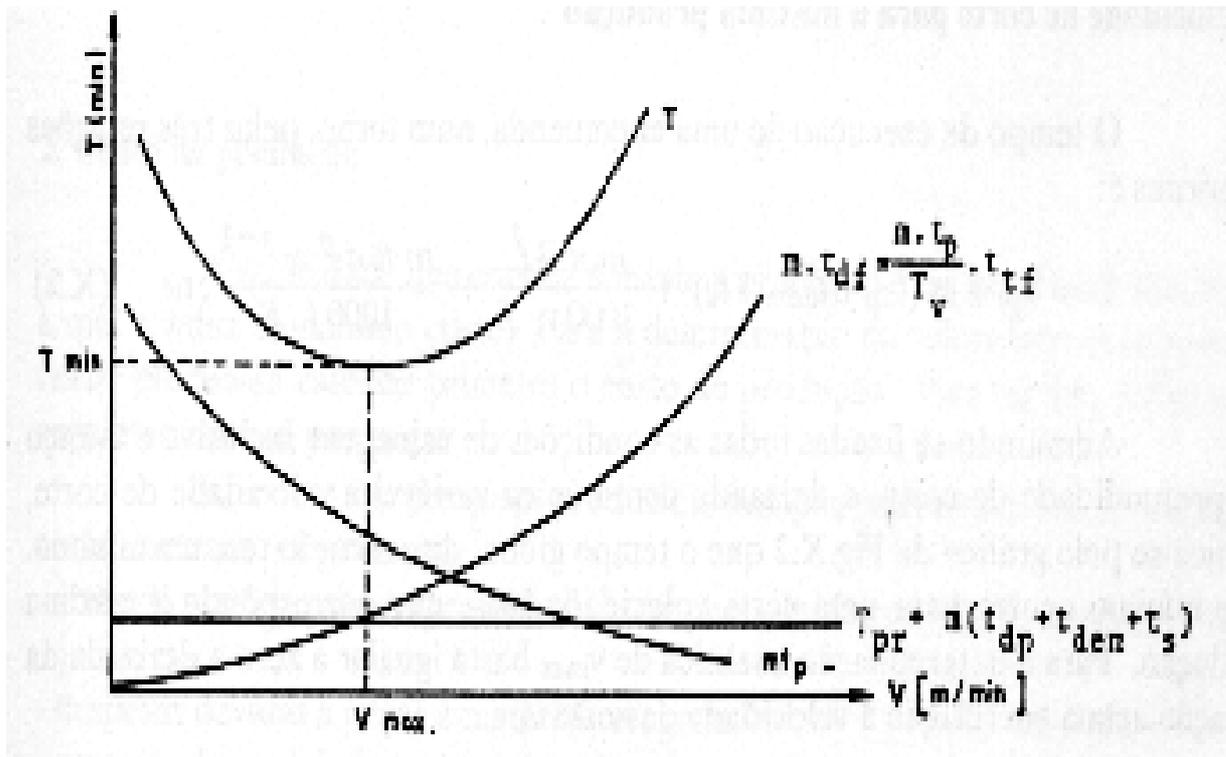


Figura 1: Correlação entre o tempo de execução e a velocidade de corte (STEMMER, 2000).

Da (FIGURA 1) é possível observar que os tempos de preparação da tarefa (t_{pr}) e os tempos distribuídos devido ao pessoal, ao equipamento e ao material, assim como os tempos secundários independem da velocidade de corte.

Os tempos principais de execução (t_p) diminuem com a velocidade de corte. O tempo distribuído devido à ferramenta (t_{df}) aumenta com a velocidade de corte, pois esta diminui acentuadamente o tempo de vida da ferramenta (T_v).

A velocidade de corte para máxima produção pode ser determinada se fixadas todas as condições de usinagem, inclusive o avanço e a profundidade de corte e, deixando como única variável a velocidade de corte. De acordo com a figura dois o tempo global de execução tem um valor mínimo. Este mínimo ocorre para certa velocidade máxima (v_{max}) que corresponde à máxima produção. Para determinação analítica de v_{max} basta igualar a zero a derivada

da equação do tempo de execução de uma encomenda em relação à velocidade de corte. Para uma operação de torneamento esta equação é a seguinte:

$$V_{\max} = \sqrt[x]{\frac{k}{(x-1)t_{tf}}} = \frac{C_t}{\sqrt[1/n]{\frac{(1-n)t_{tf}}{n}}}$$

Onde:

C_t = constante dependente da ferramenta, máquina e peça.

n = expoente dependente das variáveis da máquina, ferramenta e do processo.

t_{tf} = tempo de troca da ferramenta.

A vida da ferramenta para a máxima produção é dada pela seguinte equação:

$$tV_{\max} = \frac{1-n}{n} \cdot t_{tf}$$

A velocidade que conduz à máxima produção é em geral mais alta do que a que conduz ao mínimo custo (STEMMER, 2000). Para determinação da velocidade econômica do corte, será necessário calcular primeiro o custo de produção.

Custos por peça produzida, independentemente da velocidade de corte (K_c).

O valor de K_c inclui custos da matéria-prima, das despesas de almoxarifado, controle, corte, juros, etc. Além disso, inclui despesas devido a peças e material refugado e controle de qualidade.

- Custos dependentes da velocidade de corte (K_v).

Esse custo é subdividido em:

- Custos devidos à ferramenta, por peça (K_{fe}).
- Custos proporcionais ao tempo de execução de cada peça (K_t).

Segundo STEMMER (2000), o custo devido à ferramenta, por peça é obtido pela equação:

$$K_{fe} = \frac{C_{ftv}}{Z_{tv}} = \frac{\frac{V_i - V_f + na \cdot C_{rf}}{(na + 1)}}{\frac{T_v}{t_p}}$$

Onde:

C_{ftv} = custo da ferramenta por vida T_v .

V_i = valor inicial da ferramenta

V_f = valor final da ferramenta

na = número de vezes que é possível reafiar a ferramenta

$na+1$ = número total de gumes da ferramenta

Z_{tv} = número de peças usinadas durante a vida T_v de um gume da ferramenta

t_p = tempo principal de corte efetivo, por peça

T_v = vida da ferramenta.

C_{rf} = custo global de reafiação da ferramenta, incluindo despesas diretas e indiretas.

Para o cálculo do custo da hora-máquina será usada a seguinte equação:

$$K_t = C_p \cdot t_g$$

Onde:

C_p = soma dos custos envolvidos na operação da máquina por minuto.

t_g = tempo global para execução das peças (minutos).

$$t_g = \frac{T}{m}$$

Onde:

T = tempo de produção

m = número de peças do lote

Os custos envolvidos na operação da máquina são:

- Depreciação anual da máquina, dispositivos e acessórios.
- Juros do capital investido.
- Custo da área ocupada (aluguel, luz, limpeza, manutenção, etc.).
- Manutenção da máquina, dispositivos e acessórios.
- Custos de pessoal.
- Energia elétrica e outros insumos.
- Lubrificantes, fluidos de corte, etc.

A velocidade econômica de corte depende da determinação do custo de execução, por peça, de acordo com as relações acima e se resume na soma dos custos de produção:

$$C_e = K_c + K_{fe} + K_t$$

Onde:

K_c = custo por peça produzida, independente da velocidade de corte

K_{fe} = custo devido às ferramenta, por peça

K_t = custos proporcionais ao tempo de execução de cada peça

Portanto, para calcular o custo de produção de uma peça serão necessários que sejam conhecidos os diversos custos componentes, assim como os valores de $K = (C_t)^n$ e os valores de $1/n$, que correlacionam a velocidade de corte com a vida da ferramenta. Enquanto o valor de K_c (custo por peça produzida independente da velocidade de corte) permanece constante para qualquer velocidade de corte, as despesas correspondentes à troca e reafiação da ferramenta crescem e os correspondentes ao tempo principal de corte diminuem.

Porém, nem sempre a velocidade econômica é a mais recomendada. Ela estabelece condições de mínimo dispêndio. Na empresa, o que é desejado, entretanto, não é o mínimo dispêndio, mas sim o lucro máximo. Se o volume de pedidos é muito grande, é muitas vezes conveniente usar uma velocidade de corte mais alta para atender aos prazos de entrega e para com a maior produção, obter um maior lucro global.

GONÇALVES (2000) apresenta um método similar para definir as condições ótimas de corte, ou seja, das velocidades de corte para o mínimo custo e máxima produção. Para isso, será necessário determinar o ciclo e os tempos de usinagem. Para Gonçalves (2000), o ciclo de usinagem de uma peça, pertencente a um lote de “Z” peças, é constituído diretamente pelas seguintes fases:

- Colocação e fixação da peça em bruto ou semi acabada na máquina.
- Aproximação ou posicionamento da peça ou ferramenta para início do corte.
- Corte propriamente dito.
- Afastamento da peça ou ferramenta após o corte.

- Inspeção (se necessária) e retirada da peça usinada.

Além dessas fases, tomam parte indireta no ciclo de usinagem as seguintes:

- Preparo da máquina para a execução de “Z” peças.
- Troca de ferramenta (ajuste da ferramenta no suporte ou substituição da ferramenta).
- Afição da ferramenta.

O tempo total de produção por peça (T_t) para um lote de “Z” peças pode ser calculado pela equação:

$$T_t = \frac{t_c + t_s + t_p}{\frac{Z + h_t}{Z[t_{ft} + t_{fa}] + t_i}}$$

Onde:

t_c = tempo de corte

t_s = tempo de substituição da peça

t_p = tempo de preparo da máquina

h_t = número de troca de ferramentas

t_{ft} = tempo de troca da ferramenta

t_{fa} = tempo de afiação da ferramenta

t_i = outros tempos improdutivos

Z = número de peças

O custo total de produção por peça K_p é dado por:

$$K_p = K_{up} + K_m + K_i$$

Onde:

K_{up} = custo de usinagem por peça (R\$)

K_m = custo da matéria-prima (R\$)

K_i = custo geral indireto de produção por peça (R\$)

Sendo:

$$K_{up} = \frac{(S_h + S_m) Z_t}{60 + K_f + K_{ui}}$$

Onde:

S_h = Custo da hora trabalhada pelo operador incluindo encargos (R\$/hora)

S_m = Custo da máquina por hora trabalhada (R\$/hora)

K_{ui} = Custo indireto de usinagem (R\$)

K_f = Custo da ferramenta por peça (R\$)

Z_t = Número de peças usinadas por vida da ferramenta

Segundo Silva (1994) a otimização das condições de corte para processos de fabricação por usinagem tem papel importante na competitividade da cadeia produtiva da madeira. Mas, apesar disso, raramente os resultados das pesquisas nesta área são empregados em ambiente industrial. Estatísticas sobre a eficiência do setor indicam que apesar da maioria das máquinas-ferramentas apresentarem potência e velocidade para trabalhar em condições ótimas de usinagem, os tempos de corte são cerca de 40% maiores que o ideal.

O resultado é que a determinação destas condições ótimas de corte limita-se à utilização de valores recomendados e adaptados ao processo em que serão aplicados e que raramente são melhorados de acordo com os critérios de otimização.

Silva (1994) cita que para o aumento da produtividade na usinagem, é fundamental o controle dos processos de fabricação. Para esse controle é primordial a definição de parâmetros de usinagem, ferramenta de corte e material da peça. O controle tem o objetivo de reduzir as interferências de fatores que podem dificultar o cumprimento dos objetivos do processo de fabricação dentro dos padrões de qualidade e de custo estabelecidos. Por isso, a importância da determinação de condições ótimas de operação na usinagem para que seja feito o controle das operações dentro dos limites admissíveis.

Atualmente, existem máquinas ferramentas programáveis ou controladas por comando numérico o que facilita o controle das operações de corte. No entanto, há a necessidade de obter dados que alimentem a definição de limites e especificações para que elas operem dentro de condições ótimas, principalmente na usinagem de madeira onde há muitas variáveis desconhecidas devido à variabilidade das propriedades das diferentes espécies utilizadas.

Silva (1994) utiliza vários parâmetros para modelar o processo de usinagem com a finalidade de otimizá-lo. Entre esses parâmetros estão a velocidade de corte utilizando para isso a fórmula de Taylor para operações de torneamento, furação e fresamento, a fórmula estendida de Taylor proposta por Colding, a força de corte utilizando a fórmula de Kienzle. Os critérios de otimização utilizados por SILVA (1994) foram baseados em equações básicas da economia que permitem calcular custos e tempos de produção para operações de usinagem.

Ainda segundo Silva (1994), o custo total de usinagem compreende custos fixos (custos da matéria-prima, dispositivos, controle de qualidade, etc.),

custos associados com o tempo de utilização da máquina e os custos relativos à ferramenta (reafiação ou substituição).

Os tempos envolvidos na produção são classificados como tempo principal (durante o qual a ferramenta está efetivamente usinando), tempo de troca da ferramenta e tempo de preparação, que é o tempo necessário para execução de todos os trabalhos indispensáveis para início da tarefa.

A velocidade de corte tem influência na determinação destes fatores (tempos e custos) e em função destes, pode ser otimizada considerando os critérios de mínimo custo, mínimo tempo de fabricação e máxima produção (Figura 2).

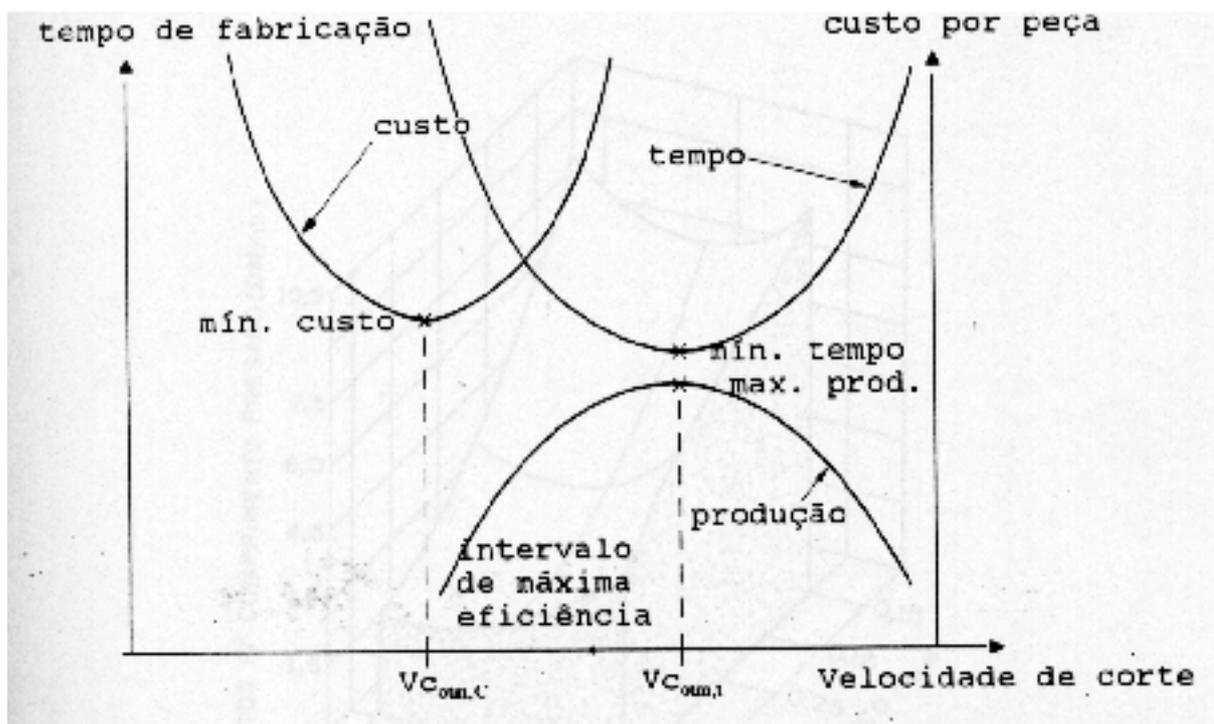


Figura 2: Influência da velocidade de corte sobre os custos e tempos de usinagem (SILVA, 1994).

A velocidade de corte para máxima produção é dada pela seguinte equação:

$$V_{C_{otm,p}} = \left(- \left(1 + \frac{1}{G} \right) \cdot \frac{t_c}{C^{\frac{1}{G}}} \right)^G$$

Onde:

G = expoente da equação de Taylor

C = Constante da equação de Taylor

t_c = tempo de troca da ferramenta.

A vida da ferramenta para a máxima produção é dada pela seguinte equação:

$$T_{otm,p} = - \left(1 + \frac{1}{G} \right) \cdot t_c$$

A velocidade de corte para o mínimo custo é dado, pela equação:

$$V_{C_{otm,c}} = \left(- \left(1 + \frac{1}{G} \right) \cdot \frac{(t_c + \frac{Ct}{Cm})}{C^{\frac{1}{G}}} \right) \cdot G$$

Onde:

Ct = custo por gume

Cm = custo de utilidade da máquina-ferramenta.

A vida da ferramenta para o mínimo custo é dado pela equação:

$$T_{otm,c} = - \left(1 + \frac{1}{G} \right) \cdot \left(t_c + \frac{Ct}{Cm} \right)$$

De acordo com a (FIGURA 2), o intervalo compreendido entre a velocidade de corte para o mínimo custo e a velocidade de corte para o mínimo tempo ou máxima produção determina os limites onde é possível obter a máxima eficiência produtiva. A escolha da melhor solução dependerá de uma solução de compromisso para que seja alcançado o melhor retorno ou a melhor rentabilidade nas operações de usinagem.

O tempo de usinagem utilizado para determinação da taxa de produção e custo de usinagem é calculado como função da vida da ferramenta a qual é calculada pela fórmula simplificada de Taylor. Para Silva (1994), isso é justificado pelo fato de que a velocidade de corte é a variável com maior influência sobre a vida da ferramenta. O avanço e a profundidade de corte têm caráter secundário na definição dos valores ótimos, pois o ponto ótimo para esses parâmetros tende para os valores máximos possíveis onde os custos de usinagem alcançam valores mínimos para o máximo avanço.

Segundo Silva (1994) o ajuste das informações provenientes de bancos de dados de usinagem, manuais ou tabelas de fabricantes de ferramentas é necessário para aperfeiçoar o processo de fabricação, uma vez que existem diferenças entre as condições práticas e as de ensaio para alimentação das fontes.

Utilizando a equação de Taylor como modelo do processo, esta correção pode ser feita através do controle de variáveis de estado do processo, vida ou desgaste da ferramenta, rugosidade superficial, forma do cavaco, força ou potência de corte. Para isso é necessário estimar os coeficientes da equação para que os valores ótimos sejam alcançados.

Silva (1994) a otimização dos parâmetros de usinagem necessita a realização de três etapas distintas:

- Aproveitar o conhecimento existente no campo da usinagem da madeira para determinar valores iniciais de condições de corte para o processo de otimização (primeira aproximação);
- Utilizar a experiência prévia sobre o processo de fabricação em questão para aprimorar a precisão na tentativa de atingir os valores ótimos;
- Observar o comportamento do processo para proceder às possíveis correções nos parâmetros de usinagem para compensar variações momentâneas em qualquer característica do processo de fabricação.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Caracterização do Local de Estudo

Os procedimentos metodológicos consistiram de uma pesquisa exploratória, realizada por meio de um estudo de caso, em uma marcenaria, localizada na Zona Oeste do Município de Manaus, fabricante de móveis e artefatos de madeira sob medida.

A empresa foi escolhida aleatoriamente dentre uma lista de marcenarias existentes na cidade.

A marcenaria conta com um fornecedor, Madeireira Santos, o qual é contatado quando esta não tem a madeira a ser utilizada para a confecção dos produtos. A empresa ainda conta com um número de 08 (oito) funcionários e normalmente trabalha com vários itens diferentes e simultaneamente no processo de produção e a cada 15 (quinze) dias, a empresa entrega o produto pronto.

Para efeito deste estudo, somente 02 (dois) funcionários trabalharam, considerando um produto (CADEIRA) com dois modelos diferentes (MODELO I e MODELO II), respeitando a capacidade instalada de fabricação da empresa.

3.2. Coleta dos dados

Para a confecção do produto cadeira foram utilizados quatro pranchões, sendo que para cada modelo do produto (Modelo I e Modelo II), foram utilizados dois pranchões medindo 2m x 230 mm x 70 mm cada iniciando o processo de fabricação.

Os pranchões foram seccionados em dois cortes transversais utilizando serra circular de 78 dentes, resultando em três blocos com dimensões de 1m, 50 cm, 50 cm cada. Esses blocos também foram seccionados em quatro cortes longitudinais utilizando a mesma serra circular. (FIGURA 3).



Figura 3: Pranchões e corte transversal.

A partir desses cortes, foi realizada a confecção das peças que compuseram o produto cadeira, Modelo I e Modelo II.

3.3. Determinação do custo da madeira

O custo da madeira foi obtido a partir da verificação dos valores de aquisição na lista de materiais no setor de Planejamento e Controle de Processos (PCP) da empresa. Esse custo foi obtido para uma espécie e para diferentes modelos de produto para, assim, cobrir toda a variação de preço e analisar a participação do custo da madeira, independente da estrutura do produto.

A madeira utilizada foi o Louro gamela (*Nectandra rubra* (Mez.) C. K. Allen Lauraceae).

As máquinas utilizadas para a confecção das peças foram: serra circular, serra de fita e plaina no processo de corte, tupia no processo de fresamento e furadeira no processo de furação. E as ferramentas usadas nos processos foram: serra, lâminas, fresa e brocas.

Para cada peça usinada, foi adquirido o tempo em minuto, de confecção da peça e feito o levantamento do quantitativo de cortes, fresamentos e furações (Apêndice).

3.4. Determinação dos custos de usinagem nos processos de corte, fresamento e furação.

Os dados para os cálculos dos custos de operação das máquinas utilizadas em cada um dos processos em análise (corte, fresamento e furação) foram obtidos no setor de planejamento e controle de processo (PCP) da empresa, na lista de recursos de manufatura (MRP II). Esses dados são:

Tempo de corte, dado através da soma dos tempos de corte de cada peça do Modelo I e da soma dos tempos de corte de cada peça do Modelo II.

Esses tempos foram necessários para a determinação do tempo total de produção por peça (T_t), conforme a (Eq. 1).

$$\text{Eq. (1). } T_t = \frac{t_c + t_s + t_p}{z + h_t} \cdot \frac{z}{z[t_{ft} + t_{fa}] + t_i}$$

Onde:

t_c = tempo de corte

t_s = tempo de substituição da peça

t_p = tempo de preparo da máquina

h_t = número de troca de ferramentas

t_{ft} = tempo de troca da ferramenta

t_{fa} = tempo de afiação da ferramenta

t_i = outros tempos improdutivos

Z = número de peças

Custo da hora-máquina determinado pela (Eq. 2):

$$\text{Eq. (2)} \quad K_t = C_p \cdot t_g$$

Onde:

C_p = soma dos custos envolvidos na operação da máquina por minuto.

T_g = tempo global para execução das peças (minutos). Calculado conforme (Eq. 3).

$$\text{Eq. (3)} \quad t_g = \frac{T}{m}$$

Onde:

T = tempo de produção (soma dos tempos)

m = nº de peças do lote (modelo I = 85 e modelo II = 60)

Determinação do custo devido às ferramentas (serra, lâmina, fresa e broca) nos processos de usinagem dada através da equação para o cálculo dos custos (Eq. 4):

$$\text{Eq. (4)} \quad K_{fe} = \frac{C_{ftv}}{Z_{tv}} = \frac{\frac{V_i - V_f + na \cdot C_{rf}}{(na+1)}}{\frac{T_v}{t_p}}$$

Onde:

K_{fe} = custos devidos à ferramenta, por peça.

V_i = valor inicial da ferramenta

V_f = valor final da ferramenta

na = número de vezes que é possível reafiar a ferramenta

$na+1$ = número total de gumes (dentes) da ferramenta

Z_{t_v} = número de peças usinadas durante a vida T_v de um gume da ferramenta

t_p = tempo principal de corte efetivo, por peça

T_v = vida da ferramenta.

C_{rf} = custo global de reafiação da ferramenta, incluindo despesas diretas e indiretas.

C_{ft_v} = custo da ferramenta por vida T_v .

Para a determinação do custo total de produção por peça (K_p), primeiramente foi necessário determinar o custo de usinagem por peça (K_{up}), conforme (Eq. 5).

$$\text{Eq. (5). } K_{up} = \frac{(S_h + S_m) Z_t}{60 + K_f + K_{ui}}$$

Onde:

S_h = Custo da hora trabalhada pelo operador incluindo encargos (R\$/hora)

S_m = Custo da máquina por hora trabalhada (R\$/hora)

K_{ui} = Custo indireto de usinagem (R\$)

K_f = Custo da ferramenta por peça (R\$)

Z_t = Número de peças usinadas por vida da ferramenta

Custo total de produção por peça (K_p) determinada pela (Eq. 6).

$$\text{Eq. (6) } K_p = K_{up} + K_m + K_i$$

Onde:

K_{up} = Custo de usinagem por peça (R\$)

K_m = Custo da matéria-prima (R\$)

K_i = Custo geral indireto de produção por peça (R\$)

Determinação da soma dos custos de produção dada pela (Eq. 7).

$$\text{Eq. (7). } Ce = K_c + K_{fe} + K_t$$

Onde:

K_c = custo por peça produzida (R\$)

K_{fe} = custo devido às ferramentas (R\$)

K_t = custo hora máquina (R\$)

3.5. Método de Amostragem e Análise dos Dados

As análises dos dados coletados foram direcionadas para o atendimento dos objetivos específicos da pesquisa.

Para as formas de apresentação de dados foram utilizadas tabelas e os meios (métodos estatísticos) usados para facilitar a interpretação e análise foram às estatísticas descritivas (custo médio e análise de variância gerada pelo Software Minitab versão 14) de 05 (cinco) unidades produzidas para cada um dos diferentes modelos de produto (MODELO I e MODELO II), totalizando 10 (dez) unidades, ou seja, 05 repetições para o Modelo I e 05 repetições para o Modelo II. O delineamento adotado neste experimento foi em bloco, pois se adapta a uma grande variedade de situações e é de simples análise.

Para determinar as médias e realizar a análise de variância dos custos foram utilizadas 475 observações para o Modelo I do produto, sendo: 340 observações para o processo de corte, 75 observações para o processo de

fresamento e 60 observações para o processo de furação. E para o Modelo II do produto foram utilizadas 365 observações, sendo: 240 observações para o processo de corte, 60 observações para o processo de fresamento e 65 observações para o processo de furação.

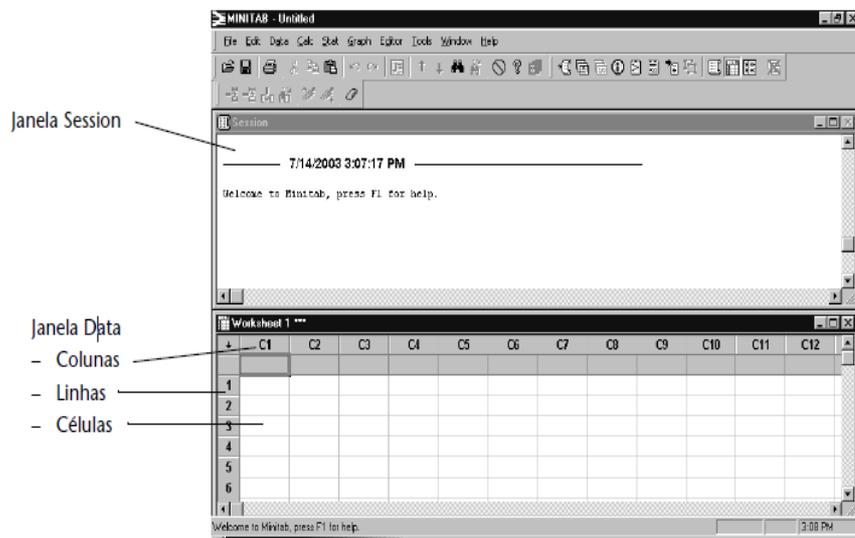
Os tempos das observações feitas para as peças de cada produto foram obtidos em unidade de minuto e segundo. Entretanto, de acordo com as fórmulas dos cálculos dos custos, a unidade precisaria ser dada em minuto. Portanto, todos os tempos adquiridos em unidade de segundo, foram fracionados em parcelas de minuto. A partir desses valores, foram tiradas as médias e o desvio padrão, onde o somatório das médias por bloco foi dividido pelo número de repetições, sendo que estes passos também foram feitos para o desdobro do pranchão e para a comparação das médias foi utilizado o Teste de Tukey, também chamado de diferença significativa honesta (KOEHLER, 2006).

A análise de variância dos custos foi utilizada para saber se há a influência dos custos da madeira nos custos de usinagem. Assim, foi possível analisar a influência da madeira nos custos de usinagem.

Foi aberta uma planilha no Minitab para gerar a análise de variância, obedecendo aos seguintes comandos:

- Start ► Programs ► Minitab 14 ► Minitab 14

Figura 4. Fonte: Livro MeetMinitab.



Os dados, ou seja, as variáveis para a análise foram organizadas em colunas e os respectivos nomes, na linha acima da coluna.

Figura 5. Fonte: Livro MeetMinitab.

	C1-T	C2-D	C3-D	C4	C5-T	C6	C7
Nome da coluna	Center	Order	Arrival	Days	Status	Distance	
Número da linha	1	Eastern	3/3/2003 8:34	3/7/2003 15:21	4.26264	On time	255
	2	Eastern	3/3/2003 8:36	3/6/2003 17:05	3.35417	On time	196
	3	Eastern	3/3/2003 8:38	*	* Back order		299
	4	Eastern	3/3/2003 8:40	3/7/2003 15:52	4.30000	On time	205
	5	Eastern	3/3/2003 8:42	3/9/2003 14:48	6.25417	Late	250
	6	Eastern	3/3/2003 8:43	3/8/2003 15:45	5.25306	On time	53
	7	Eastern	3/3/2003 8:50	3/7/2003 10:02	4.05000	On time	189
	8	Eastern	3/3/2003 8:56	3/8/2003 16:30	5.31597	On time	335

Após a organização dos dados, foi gerada a análise de variância, obedecendo aos seguintes comandos:

- Stat ► ANOVA ► One-way (unstacked)
- Responses ► select ► comparisons ► graphis ► ok

Análise de variância dos custos de usinagem x custos da madeira apresentada nos resultados e discussões.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O Modelo I do produto é constituído de dezessete peças, sendo: duas peças denominadas pernas maiores medindo 1m, duas peças pernas menores medindo 50 cm, quatro peças laterais largas medindo 36 cm x 09 cm, quatro peças laterais estreitas medindo 36 cm x 04 cm, três peças do encosto medindo 35 cm x 15 cm, duas peças do assento medindo 42 cm x 42 cm (ANEXO).

O Modelo II do produto é constituído de doze peças, sendo: duas peças denominadas pernas maiores medindo 1m, duas peças pernas menores medindo 50 cm, duas peças encosto medindo 42 cm x 42 cm, duas peças assento medindo 42 cm x 42 cm, quatro peças pequenas de sustentação do assento medindo 15 cm x 08 cm (ANEXO).

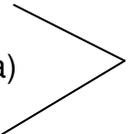
Cada pranchão foi obtido no valor de R\$ 80,00, totalizando R\$ 320,00. Entretanto, para uma análise estatística mais aprofundada, foram obtidos outros valores de aquisição para a mesma espécie de madeira, sendo estes: R\$ 90,00; R\$ 95,00; R\$ 103,00; R\$ 107,00.

Os dados obtidos para os cálculos dos custos de usinagem foram adquiridos na coleta dos mesmos e na elaboração de tabelas (APÊNDICE), conforme as observações que foram feitas. Estes dados foram:

MODELO I

$$\text{➤ Tempo total de produção por peça (Tt)} = \frac{tc+ts+tp}{\frac{Z+ht}{Z[t_{ft}+t_{fa}]+t_i}}$$

1. Tempo de substituição da peça	5 min
2. Tempo de preparo da máquina	6 min
3. Número de troca de ferramentas	1 vez
4. Tempo de troca da ferramenta	2 min
5. Tempo de afiação da ferramenta	0 min
6. Tempos improdutivos (tempos de parada)	138 min

- Almoço (2h/dia)
 - Lanche, café (10min/dia)
 - Banheiro (8min/dia)
- 
- 6 dias de trabalho

Onde: t_c = tempo de corte; t_s = tempo de substituição da peça; t_p = tempo de preparo da máquina; h_t = número de troca de ferramentas; t_{ft} = tempo de troca da ferramenta; t_{fa} = tempo de afiação da ferramenta; t_i = outros tempos improdutivos; Z = número de peças.

Tabela 1. Tempo total de produção por peça (Tt).

Operações	N	t _c	t _s	t _p	Z	ht	t _{ft}	t _{fa}	t _i	Tt
Corte	4	1,175	5	6	3	1	2	0	138	438min
	5	0,79	5	6	15	1	2	0	138	124min
	5	2,775	5	6	17	1	2	0	138	132min
	5	2,325	5	6	17	1	2	0	138	127min
	5	2,2876	5	6	17	1	2	0	138	127min
	5	1,64	5	6	17	1	2	0	138	121min
	5	4,3166	5	6	17	1	2	0	138	146min
	5	4,325	5	6	17	1	2	0	138	146min
	5	0,6448	5	6	17	1	2	0	138	111min
	5	0,3742	5	6	17	1	2	0	138	109min
	5	0,2122	5	6	17	1	2	0	138	107min
	5	0,1332	5	6	17	1	2	0	138	106min
	5	0,5518	5	6	17	1	2	0	138	110min
	5	0,6784	5	6	17	1	2	0	138	111min
Fresamento	5	0,2058	5	6	17	1	2	0	138	107min
	5	0,1226	5	6	17	1	2	0	138	106min
	5	0,1604	5	6	17	1	2	0	138	107min
Furação	5	0,1224	5	6	17	1	2	0	138	106min
	5	0,1172	5	6	17	1	2	0	138	106min
	5	0,084	5	6	17	1	2	0	138	106min

Tempo de corte (t_c) retirado do tempo médio mínimo, constantes nos apêndices 1, 2, 3, 4, 5 e da coleta de dados.

Comparando-se os valores do tempo total de produção (Tt) entre as operações de corte, fresamento e furação, observou-se que o maior tempo gasto foi no processo de corte, variando entre 438min a 106min. Enquanto que nos processos de fresamento e furação, os tempos mantiveram um equilíbrio.

$$\text{➤ Custos devido à ferramenta por peça } K_{fe} = \frac{C_{ftv}}{Z_{tv}} = \frac{\frac{V_i - V_f + na \cdot C_{rf}}{(na+1)}}{\frac{T_v}{t_p}}$$

1. Valor inicial serra (serra circular)	R\$ 180,00
2. Valor final serra (serra circular)	R\$ 70,00
3. Vida útil serra (serra circular)	3 anos
4. Valor inicial lâmina	R\$ 350,00
5. Valor final lâmina	R\$ 160,00
6. Vida útil lâmina	1,5 anos
7. Valor inicial fresa	R\$ 600,00
8. Valor final fresa	R\$ 400,00
9. Vida útil fresa	1,5 anos
10. Valor inicial broca	R\$ 120,00
11. Valor final broca	R\$ 70,00
12. Vida útil broca	2 anos
13. N ^o de vezes que é possível reafiar a ferramenta	6 vezes
14. Número total de gumes da ferramenta	78 dentes
15. Reafiação da ferramenta	R\$ 300,00

Onde: V_i = valor inicial da ferramenta; V_f = valor final da ferramenta; na = número de vezes que é possível reafiar a ferramenta; C_{rf} = custo global de reafiação da ferramenta, incluindo despesas diretas e indiretas; $na+1$ = número total de gumes (dentes) da ferramenta; T_v = vida da ferramenta; t_p = tempo principal de corte efetivo, por peça; Z_{tv} = número de peças usinadas durante a vida T_v de um gume da ferramenta; C_{ftv} = custo da ferramenta por vida T_v .

Tabela 2. Custos devido à ferramenta por peça (Kfe).

Operações	N	V _i	V _f	n _a	C _{rf}	n _a +1	T _v	t _p	K _{fe}
Corte	4	180,00	70,00	6	300,00	78	3	1,175	R\$9,59/min
	5	180,00	70,00	6	300,00	78	3	0,79	R\$6,44/min
	5	180,00	70,00	6	300,00	78	3	2,775	R\$22,65/min
	5	180,00	70,00	6	300,00	78	3	2,325	R\$18,97/min
	5	180,00	70,00	6	300,00	78	3	2,2876	R\$18,67/min
	5	180,00	70,00	6	300,00	78	3	1,64	R\$13,38/min
	5	180,00	70,00	6	300,00	78	3	4,3166	R\$35,23/min
	5	180,00	70,00	6	300,00	78	3	4,325	R\$35,30/min
	5	350,00	160,00	6	300,00	78	1,5	0,6448	R\$10,96/min
	5	350,00	160,00	6	300,00	78	1,5	0,3742	R\$6,36/min
	5	350,00	160,00	6	300,00	78	1,5	0,2122	R\$3,60/min
	5	350,00	160,00	6	300,00	78	1,5	0,1332	R\$2,26/min
	5	350,00	160,00	6	300,00	78	1,5	0,5518	R\$9,38/min
	5	350,00	160,00	6	300,00	78	1,5	0,6784	R\$11,53/min
Fresamento	5	600,00	400,00	6	300,00	78	1,5	0,2058	R\$3,51/min
	5	600,00	400,00	6	300,00	78	1,5	0,1226	R\$2,09/min
	5	600,00	400,00	6	300,00	78	1,5	0,1604	R\$2,74/min
Furação	5	120,00	70,00	6	300,00	78	2	0,1224	R\$1,45/min
	5	120,00	70,00	6	300,00	78	2	0,1172	R\$1,38/min
	5	120,00	70,00	6	300,00	78	2	0,084	R\$0,99/min

Tempo principal de corte efetivo (t_p) retirado do tempo médio mínimo, constantes nos apêndices 1, 2, 3, 4 e 5.

Comparando-se os valores dos custos devido à ferramenta por peça (K_{fe}) entre as operações de corte, fresamento e furação observou-se que houve variações em todos os valores apresentados e que o maior custo devido a ferramenta por peça encontra-se no processo de corte (R\$ 35,30/min).

➤ Custo de usinagem por peça $K_{up} = \frac{(S_h + S_m) Z_t}{60 + K_f + K_{ui}}$

1. Hora de trabalho do operador	R\$ 6,25/h
Trabalha 8h/dia	
Salário/mês	R\$ 1500,00
2. Encargos	
• 1/3 Férias	R\$ 500,00
• Décimo terceiro	R\$ 1500,00
3. Custo da máquina/h trabalhada:	
• Serra circular	R\$ 4,80
• Plaina	R\$ 4,00
• Tupia	R\$ 3,20
• Furadeira	R\$ 4,00
4. Nº de peças usinada/ vida da ferramenta (MOD I):	
• Serra	6
• Lâmina	11
• Fresa	11
• Broca	9
5. Custo da ferramenta/ peça	
• 48h/ semana ÷ 5 repetições = 9,6h/ semana × R\$6,25/ h = R\$ 60,00	
6. Custo indireto de usinagem	R\$ 30,00

Onde: S_h = Custo da hora trabalhada pelo operador incluindo encargos (R\$/hora); S_m = Custo da máquina por hora trabalhada (R\$/hora); K_{ui} = Custo indireto de usinagem (R\$); K_f = Custo da ferramenta por peça (R\$); Z_t = Número de peças usinadas por vida da ferramenta.

Tabela 3. Custos de usinagem por peça (Kup).

Operações	N	Sh	Sm	Zt	Kf	Kui	Kup
Corte	4	3506,25	4,80	6	60,00	30,00	R\$ 140,44
	5	3506,25	4,80	6	60,00	30,00	R\$ 140,44
	5	3506,25	4,80	6	60,00	30,00	R\$ 140,44
	5	3506,25	4,80	6	60,00	30,00	R\$ 140,44
	5	3506,25	4,80	6	60,00	30,00	R\$ 140,44
	5	3506,25	4,80	6	60,00	30,00	R\$ 140,44
	5	3506,25	4,80	6	60,00	30,00	R\$ 140,44
	5	3506,25	4,80	6	60,00	30,00	R\$ 140,44
	5	3506,25	4,80	6	60,00	30,00	R\$ 140,44
	5	3506,25	4,00	11	60,00	30,00	R\$ 257,41
	5	3506,25	4,00	11	60,00	30,00	R\$ 257,41
	5	3506,25	4,00	11	60,00	30,00	R\$ 257,41
	5	3506,25	4,00	11	60,00	30,00	R\$ 257,41
	5	3506,25	4,00	11	60,00	30,00	R\$ 257,41
Fresamento	5	3506,25	3,20	11	60,00	30,00	R\$ 257,35
	5	3506,25	3,20	11	60,00	30,00	R\$ 257,35
	5	3506,25	3,20	11	60,00	30,00	R\$ 257,35
Furação	5	3506,25	4,00	9	60,00	30,00	R\$ 210,61
	5	3506,25	4,00	9	60,00	30,00	R\$ 210,61
	5	3506,25	4,00	9	60,00	30,00	R\$ 210,61

Dados da tabela retirados da representação acima discriminada.

Comparando-se os valores dos custos de usinagem por peça (Kup) entre as operações de corte, fresamento e furação, observou-se que houve variação entre os custos no processo de corte (R\$ 257,41 a R\$ 140,44), bem como variação entre os processos de corte, fresamento e furação (R\$ 257,41 e

R\$ 140,44 no processo de corte, R\$257,35 no processo de fresamento e R\$210,61 no processo de furação).

➤ Custo total de produção por peça $K_p = K_{up} + K_m + K_i$

- | | |
|---|------------|
| 1. Custo da matéria prima (MOD I) | R\$ 160,00 |
| 2. Custo geral indireto de produção/ peça (MOD I) | R\$ 30,00 |

Onde: K_{up} = Custo de usinagem por peça (R\$); K_m = Custo da matéria-prima (R\$); K_i = Custo geral indireto de produção por peça (R\$).

Tabela 4. Custo total de produção por peça (kp).

Operações	N	K _{up}	K _m	K _i	K _p
Corte	4	140,44	160,00	30,00	R\$330,44
	5	140,44	160,00	30,00	R\$330,44
	5	140,44	160,00	30,00	R\$330,44
	5	140,44	160,00	30,00	R\$330,44
	5	140,44	160,00	30,00	R\$330,44
	5	140,44	160,00	30,00	R\$330,44
	5	140,44	160,00	30,00	R\$330,44
	5	140,44	160,00	30,00	R\$330,44
	5	140,44	160,00	30,00	R\$330,44
	5	257,41	160,00	30,00	R\$447,41
	5	257,41	160,00	30,00	R\$447,41
	5	257,41	160,00	30,00	R\$447,41
	5	257,41	160,00	30,00	R\$447,41
	5	257,41	160,00	30,00	R\$447,41
	5	257,41	160,00	30,00	R\$447,41
Fresamento	5	257,35	160,00	30,00	R\$447,35
	5	257,35	160,00	30,00	R\$447,35
	5	257,35	160,00	30,00	R\$447,35
Furação	5	210,61	160,00	30,00	R\$400,61
	5	210,61	160,00	30,00	R\$400,61
	5	210,61	160,00	30,00	R\$400,61

Dados da tabela retirada da representação acima discriminada e do resultado da Tabela 3.

Comparando-se os valores do custo total de produção por peça (kp) entre as operações de corte, fresamento e furação, observou-se que houve variação entre os custos no processo de corte (R\$ 447,41 a R\$ 330,44), bem como variação entre os processos de corte, fresamento e furação (R\$ 447,41 a

R\$ 330,44 no processo de corte, R\$ 447,35 no processo de fresamento e R\$ 400,61 no processo de furação).

➤ Custo da hora máquina $K_t = C_p \cdot t_g$ e $t_g = \frac{T}{m}$

Onde: C_p = soma dos custos envolvidos na operação da máquina por minuto;
 T_g = tempo global para execução das peças (minutos) e T = tempo de produção (soma dos tempos); m = nº de peças do lote (modelo I = 85 e modelo II = 60).

Tabela 5. Custo da hora máquina (K_t).

T	m	t_g	C_p	K_t
2653	85	31,21min	R\$ 216,48/min	R\$ 6756,72

Dados da tabela retirados do material e métodos e do resultado da Tabela 2.

➤ Soma dos custos de produção $C_e = K_c + K_{fe} + K_t$

- Custo por peça produzida (k_c)

Conjunto 5 cadeiras R\$ 300,00

$K_c = R\$ 60,00$

Onde: K_c = custo por peça produzida (R\$); K_{fe} = custo devido às ferramentas (R\$); K_t = custo hora máquina (R\$).

Tabela 6. Soma dos custos de produção (C_e).

K_c	K_{fe}	K_t	C_e
60,00min	R\$ 216,48/min	R\$ 6756,34	R\$ 7032,82

Dados da tabela retirados dos resultados da Tabela 2 e Tabela 5.

MODELO II

$$\text{➤ Tempo total de produção por peça (Tt)} = \frac{t_c + t_s + t_p}{\frac{Z + h_t}{Z[t_{ft} + t_{fa}] + t_i}}$$

1. Tempo de substituição da peça	5 min
2. Tempo de preparo da máquina	6 min
3. Número de troca de ferramentas	1 vez
4. Tempo de troca da ferramenta	2 min
5. Tempo de afiação da ferramenta	0 min
6. Tempos improdutivos (tempos de parada)	138 min
<ul style="list-style-type: none"> • Almoço (2h/dia) • Lanche, café (10min/dia) • Banheiro (8min/dia) 	6 dias de trabalho

Onde: t_c = tempo de corte; t_s = tempo de substituição da peça; t_p = tempo de preparo da máquina; h_t = número de troca de ferramentas; t_{ft} = tempo de troca da ferramenta; t_{fa} = tempo de afiação da ferramenta; t_i = outros tempos improdutivos; Z = número de peças.

Tabela 7. Tempo total de produção por peça (Tt).

Operações	N	t _c	t _s	t _p	Z	ht	t _{ft}	t _{fa}	t _i	Tt
Corte	4	1,175	5	6	3	1	2	0	138	438min
	5	0,79	5	6	15	1	2	0	138	124min
	5	3,15	5	6	12	1	2	0	138	135min
	5	2,7	5	6	12	1	2	0	138	131min
	5	8,65	5	6	12	1	2	0	138	188min
	5	7,3	5	6	12	1	2	0	138	175min
	5	2,9628	5	6	12	1	2	0	138	133min
	5	10,8	5	6	12	1	2	0	138	208min
	5	8,9	5	6	12	1	2	0	138	190min
	5	6,75	5	6	12	1	2	0	138	170min
	5	0,6412	5	6	12	1	2	0	138	111min
	5	0,3778	5	6	12	1	2	0	138	109min
	5	0,226	5	6	12	1	2	0	138	107min
	5	0,125	5	6	12	1	2	0	138	106min
	5	0,545	5	6	12	1	2	0	138	110min
Fresamento	5	0,178	5	6	12	1	2	0	138	107min
	5	0,149	5	6	12	1	2	0	138	106min
	5	0,215	5	6	12	1	2	0	138	107min
	5	0,173	5	6	12	1	2	0	138	107min
	5	0,1238	5	6	12	1	2	0	138	106min
Furação	5	0,1202	5	6	12	1	2	0	138	106min
	5	0,114	5	6	12	1	2	0	138	106min
	5	0,109	5	6	12	1	2	0	138	106min

Tempo de corte (tc) retirado do tempo médio mínimo, constantes nos apêndices 1,6, 7, 8, 9, 10 e da coleta de dados.

Comparando-se os valores do tempo total de produção (Tt) entre as operações de corte, fresamento e furação, observou-se que o maior tempo gasto foi no processo de corte, variando entre 438min a 106min. Enquanto que no processo de fresamento os tempos mantiveram um equilíbrio e no processo de furação os tempos foram iguais.

$$\text{➤ Custos devido à ferramenta por peça } K_{fe} = \frac{C_{ftv}}{Z_{tv}} = \frac{\frac{V_i - V_f + na \cdot C_{rf}}{(na+1)}}{\frac{T_v}{t_p}}$$

1. Valor inicial serra (serra circular)	R\$ 180,00
2. Valor final serra (serra circular)	R\$ 70,00
3. Vida útil serra (serra circular)	3 anos
4. Valor inicial serra (serra fita)	R\$ 200,00
5. Valor final serra (serra fita)	R\$ 110,00
6. Vida útil serra (serra fita)	1,5 anos
7. Valor inicial lâmina	R\$ 350,00
5. Valor final lâmina	R\$ 160,00
6. Vida útil lâmina	1,5 anos
7. Valor inicial fresa	R\$ 600,00
8. Valor final fresa	R\$ 400,00
9. Vida útil fresa	1,5 anos
10. Valor inicial broca	R\$ 120,00
11. Valor final broca	R\$ 70,00
12. Vida útil broca	2 anos
13. Nº de vezes que é possível reafiar a ferramenta	6 vezes
14. Número total de gumes da ferramenta	78 gumes

15. Reafiação da ferramenta

R\$ 300,00

Onde: V_i = valor inicial da ferramenta; V_f = valor final da ferramenta; n_a = número de vezes que é possível reafiar a ferramenta; C_{rf} = custo global de reafiação da ferramenta, incluindo despesas diretas e indiretas; n_{a+1} = número total de gumes (dentes) da ferramenta; T_v = vida da ferramenta; t_p = tempo principal de corte efetivo, por peça; Z_{t_v} = número de peças usinadas durante a vida T_v de um gume da ferramenta; C_{ft_v} = custo da ferramenta por vida T_v .

Tabela 8. Custos devido à ferramenta por peça (Kfe).

Operações	N	V _i	V _f	n _a	C _{rf}	n _a +1	T _v	t _p	K _{fe}
Corte	4	180,00	70,00	6	300,00	78	3	1,175	R\$9,59/min
	5	180,00	70,00	6	300,00	78	3	0,79	R\$6,44/min
	5	180,00	70,00	6	300,00	78	3	3,15	R\$25,71/min
	5	180,00	70,00	6	300,00	78	3	2,7	R\$22,03/min
	5	180,00	70,00	6	300,00	78	3	8,65	R\$70,60/min
	5	180,00	70,00	6	300,00	78	3	7,3	R\$59,58/min
	5	180,00	70,00	6	300,00	78	3	2,9628	R\$24,18/min
	5	200,00	110,00	6	300,00	78	1,5	1,08	R\$17,55/min
	5	200,00	110,00	6	300,00	78	1,5	0,89	R\$14,42/min
	5	200,00	110,00	6	300,00	78	1,5	0,795	R\$12,88/min
	5	350,00	160,00	6	300,00	78	1,5	0,6412	R\$10,90/min
	5	350,00	160,00	6	300,00	78	1,5	0,3778	R\$6,42/min
	5	350,00	160,00	6	300,00	78	1,5	0,226	R\$3,84/min
	5	350,00	160,00	6	300,00	78	1,5	0,125	R\$2,12/min
	5	350,00	160,00	6	300,00	78	1,5	0,545	R\$9,2min
Fresamento	5	600,00	400,00	6	300,00	78	1,5	0,178	R\$3,04/min
	5	600,00	400,00	6	300,00	78	1,5	0,149	R\$2,54/min
	5	600,00	400,00	6	300,00	78	1,5	0,215	R\$3,67/min
	5	600,00	400,00	6	300,00	78	1,5	0,173	R\$2,95min
	5	600,00	400,00	6	300,00	78	1,5	0,1238	R\$2,11min
Furação	5	120,00	70,00	6	300,00	78	2	0,1202	R\$1,42/min
	5	120,00	70,00	6	300,00	78	2	0,114	R\$1,35/min
	5	120,00	70,00	6	300,00	78	2	0,109	R\$1,29/min

Tempo principal de corte efetivo (t_p) retirado do tempo médio mínimo, constantes nos apêndices 1, 6, 7, 8, 9 e 10.

Comparando-se os valores dos custos devido à ferramenta por peça (K_{fe}) entre as operações de corte, fresamento e furação, observou-se que houve variações em todos os resultados apresentados e que o maior custo devido a ferramenta por peça encontra-se no processo de corte (R\$ 174,46/min).

➤ Custo de usinagem por peça $K_{up} = \frac{(S_h + S_m) Z_t}{60 + K_f + K_{ui}}$

1. Hora de trabalho do operador	R\$ 6,25/h
Trabalha 8h/dia	
Salário/mês	R\$ 1500,00
2. Encargos	
• 1/3 Férias	R\$ 500,00
• Décimo terceiro	R\$ 1500,00
3. Custo da máquina/h trabalhada:	
• Serra circular	R\$ 4,80
• Plaina	R\$ 4,00
• Tupia	R\$ 3,20
• Furadeira	R\$ 4,00
• Serra fita	R\$ 1,92
4. Nº de peças usinadas/ vida da ferramenta (MOD II):	
• Serra	4
• Lâmina	8
• Fresa	8
• Broca	6
• Serra	8
5. Custo da ferramenta/ peça	
• 48h/ semana ÷ 5 repetições = 9,6h/ semana × R\$6,25/ h = R\$ 60,00	
6. Custo indireto de usinagem	R\$ 30,00

Onde: S_h = Custo da hora trabalhada pelo operador incluindo encargos (R\$/hora); S_m = Custo da máquina por hora trabalhada (R\$/hora); K_{ui} = Custo

indireto de usinagem (R\$); K_f = Custo da ferramenta por peça (R\$); Z_t = Número de peças usinadas por vida da ferramenta.

Tabela 9. Custos de usinagem por peça (K_{up}).

Operações	N	Sh	Sm	Zt	Kf	Kui	Kup
Corte	5	3506,25	4,80	4	60,00	30,00	R\$93,62
	5	3506,25	4,80	4	60,00	30,00	R\$93,62
	5	3506,25	4,80	4	60,00	30,00	R\$93,62
	5	3506,25	4,80	4	60,00	30,00	R\$93,62
	5	3506,25	4,80	4	60,00	30,00	R\$93,62
	5	3506,25	4,80	4	60,00	30,00	R\$93,62
	5	3506,25	4,80	4	60,00	30,00	R\$93,62
	5	3506,25	1,92	8	60,00	30,00	R\$187,10
	5	3506,25	1,92	8	60,00	30,00	R\$187,10
	5	3506,25	1,92	8	60,00	30,00	R\$187,10
	5	3506,25	4,00	8	60,00	30,00	R\$187,21
	5	3506,25	4,00	8	60,00	30,00	R\$187,21
	5	3506,25	4,00	8	60,00	30,00	R\$187,21
	5	3506,25	4,00	8	60,00	30,00	R\$187,21
	5	3506,25	4,00	8	60,00	30,00	R\$187,21
Fresamento	5	3506,25	3,20	8	60,00	30,00	R\$187,17
	5	3506,25	3,20	8	60,00	30,00	R\$187,17
	5	3506,25	3,20	8	60,00	30,00	R\$187,17
Furação	5	3506,25	4,00	6	60,00	30,00	R\$140,41
	5	3506,25	4,00	6	60,00	30,00	R\$140,41
	5	3506,25	4,00	6	60,00	30,00	R\$140,41

Dados da tabela retirados da representação acima discriminada.

Comparando-se os valores dos custos de usinagem por peça (K_{up}) entre as operações de corte, fresamento e furação, observou-se que houve variação entre os custos no processo de corte (R\$ 187,21 a R\$ 93,62), bem como variação entre os processos de corte, fresamento e furação (R\$ 187,21 a R\$ 93,62 no processo de corte, R\$187,17 no processo de fresamento e R\$140,41 no processo de furação).

➤ Custo total de produção por peça $K_p = K_{up} + K_m + K_i$

- | | |
|--|------------|
| 1. Custo da matéria prima (MOD II) | R\$ 160,00 |
| 2. Custo geral indireto de produção/ peça (MOD II) | R\$ 40,00 |

Onde: K_{up} = Custo de usinagem por peça (R\$); K_m = Custo da matéria-prima (R\$); K_i = Custo geral indireto de produção por peça (R\$).

Tabela 10. Custo total de produção por peça (kp).

Operações	N	K _{up}	K _m	K _i	K _p
Corte	4	93,62	160,00	40,00	R\$200,00
	5	93,62	160,00	40,00	R\$200,00
	5	93,62	160,00	40,00	R\$200,00
	5	93,62	160,00	40,00	R\$200,00
	5	93,62	160,00	40,00	R\$200,00
	5	93,62	160,00	40,00	R\$200,00
	5	93,62	160,00	40,00	R\$200,00
	5	187,10	160,00	40,00	R\$387,10
	5	187,10	160,00	40,00	R\$387,10
	5	187,10	160,00	40,00	R\$387,10
	5	187,21	160,00	40,00	R\$200,00
	5	187,21	160,00	40,00	R\$200,00
	5	187,21	160,00	40,00	R\$200,00
	5	187,21	160,00	40,00	R\$200,00
	Fresamento	5	187,17	160,00	30,00	R$387,17
5		187,17	160,00	30,00	R\$387,17
5		187,17	160,00	30,00	R\$387,17
Furação	5	140,41	160,00	30,00	R\$340,41
	5	140,41	160,00	30,00	R\$340,41
	5	140,41	160,00	30,00	R\$340,41

Dados da tabela retirada da representação acima discriminada e do resultado da Tabela 9.

Comparando-se os valores do custo total de produção por peça (kp) entre as operações de corte, fresamento e furação, observou-se que houve variação entre os custos no processo de corte (R\$ 387,10 a R\$ 200,00), bem como variação entre os processos de corte, fresamento e furação (R\$ 387,10 a

R\$ 200,00 no processo de corte, R\$ 387,17 no processo de fresamento e R\$ 340,41 no processo de furação).

➤ Custo da hora máquina $K_t = C_p \cdot t_g$ e $t_g = \frac{T}{m}$

Onde: C_p = soma dos custos envolvidos na operação da máquina por minuto; T_g = tempo global para execução das peças (minutos) e T = tempo de produção (soma dos tempos); m = nº de peças do lote (modelo I = 85 e modelo II = 60).

Tabela 11. Custo da hora máquina (K_t).

T	m	t_g	C_p	K_t
3286	60	54,76min	R\$ 313,83/min	R\$ 17185,33

Dados da tabela retirados do material e métodos e do resultado da Tabela 8.

➤ Soma dos custos de produção $C_e = K_c + K_{fe} + K_t$

- Custo por peça produzida (k_c)

Conjunto 5 cadeiras R\$ 300,00

$K_c = R\$ 60,00$

Onde: K_c = custo por peça produzida (R\$); K_{fe} = custo devido às ferramentas (R\$); K_t = custo hora máquina (R\$).

Tabela 12. Soma dos custos de produção (C_e).

K_c	K_{fe}	K_t	C_e
60,00min	R\$ 313,83/min	R\$ 17185,33	R\$ 17559,16

Dados da tabela retirados dos resultados da Tabela 8 e Tabela 11.

Comparando-se o Modelo I e o Modelo II, observou-se que em todas as operações realizadas e parâmetros analisados, o Modelo II sobressaiu-se ao Modelo I. Isso devido ao Modelo II haver mais peças trabalhadas que no Modelo I. Portanto, quanto maior for o grau de trabalho em uma peça, maior é o custo de usinagem.

ANOVA

Análise de variância dos custos de aquisição da matéria prima (madeira) x custos de usinagem.

MODELO I

ANOVA: Custo Usinagem (Kup)/cadeira; Custo de madeira/cadeira

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	136298	136298	53,94	0,000
Error	23	58120	2527		
Total	24	194418			

S = 50,27 R-Sq = 70,11% R-Sq(adj) = 68,81%

Individual 95% CIs For Mean Based on

Pooled StDev

Nível	N	Mean	StDev	
Custo Usinagem	20	203,59	55,30	(--*--)
Custo de madeira	5	19,00	2,14	(-----*-----)

-----+-----+-----+-----+-----

0 70 140 210

Pooled StDev = 50,27

Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals

All Pairwise Comparisons

Individual confidence level = 95,00%

Custo Usinagem (Kup)/cadeira subtracted from:

Lower Center Upper

Custo de madeira -236,59 -184,59 -132,60

+-----+-----+-----+-----

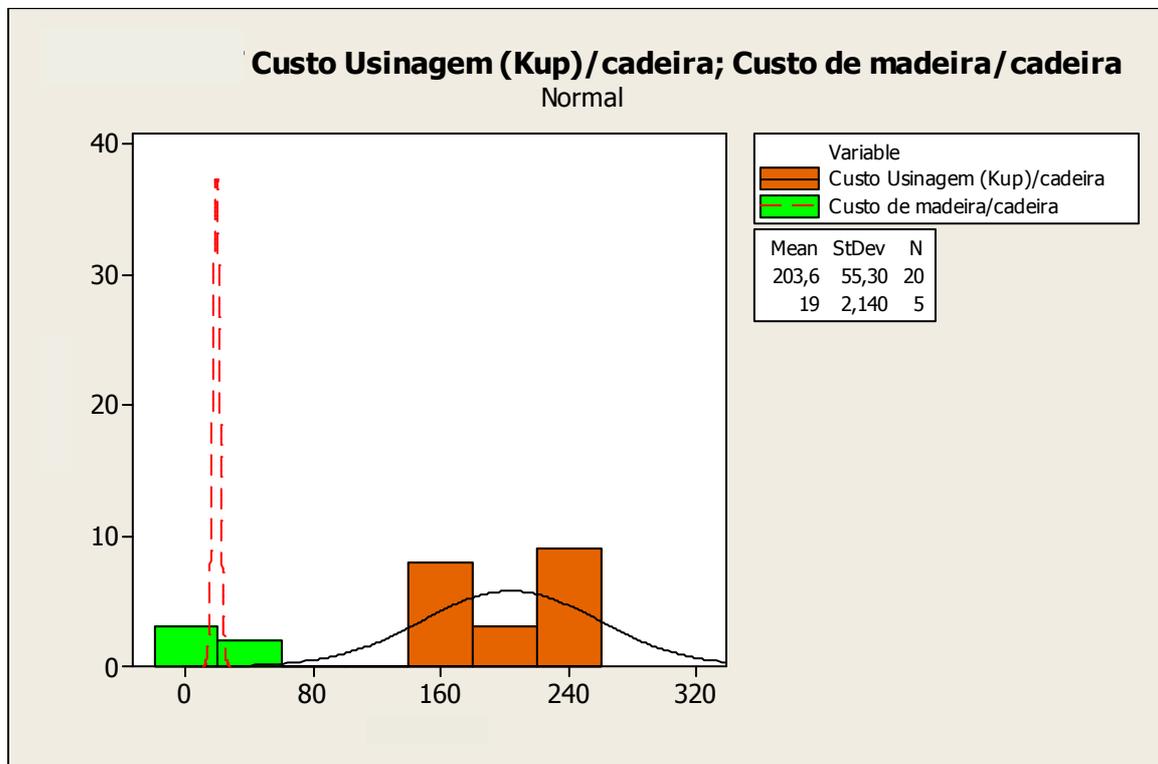
Custo de madeira (-----*-----)

+-----+-----+-----+-----

-240 -160 -80 0

Entre a variável de resposta (Custo da Madeira/Cadeira) e o fator (Custo de Usinagem - Kup/Cadeira), o nível de significância (F) foi alto, portanto a análise de variância feita, mostrou-se significativa.

Gráfico 1. Histograma do Custo Usinagem (Kup)/cadeira; Custo de madeira/cadeira



Dados gerados através do Software Minitab.

O Gráfico 1, demonstra que o custo de usinagem/cadeira é maior que o custo da madeira/cadeira.

MODELO II

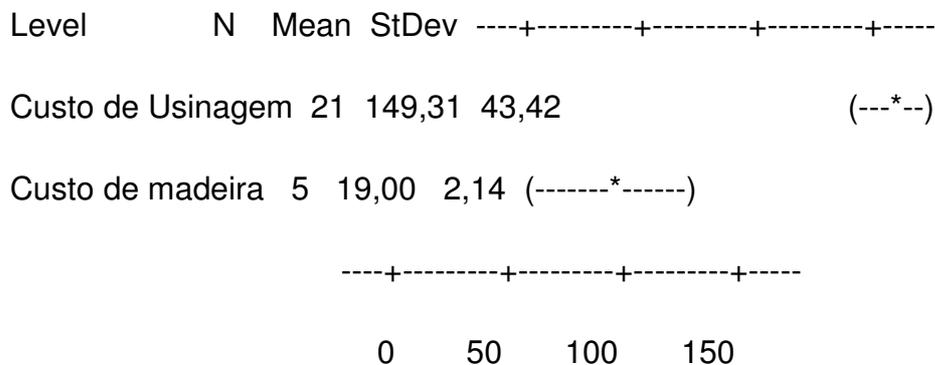
ANOVA: Custo de Usinagem (Kup)/cadeira; Custo de madeira/cadeira

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	68572	68572	43,62	0,000
Error	24	37732	1572		
Total	25	106304			

S = 39,65 R-Sq = 64,51% R-Sq(adj) = 63,03%

Individual 95% CIs For Mean Based on

Pooled StDev



Pooled StDev = 39,65

Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals

All Pairwise Comparisons

Individual confidence level = 95,00%

Custo de Usinagem (Kup)/cadeira subtracted from:

Lower Center Upper

Custo de madeira -171,03 -130,31 -89,58

-----+-----+-----+-----+

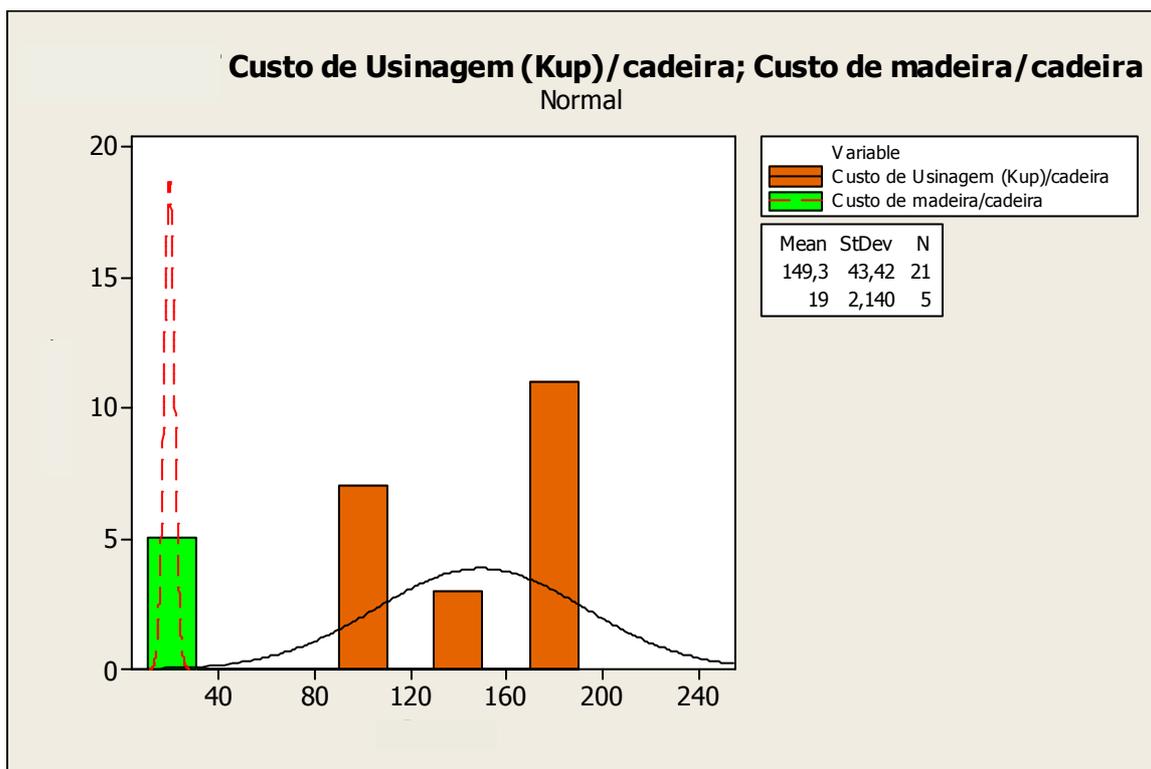
Custo de madeira (-----*-----)

-----+-----+-----+-----+

-120 -60 0 60

Entre a variável de resposta (Custo da Madeira/Cadeira) e o fator (Custo de Usinagem-Kup/Cadeira), o nível de significância (F) foi alto, portanto a análise de variância feita, mostrou-se significativa.

Gráfico 2. Histograma do Custo de Usinagem (Kup)/cadeira; Custo de madeira/cadeira



Dados gerados através do Software Minitab.

O Gráfico 2, demonstra que o custo de usinagem/cadeira é maior que o custo da madeira/cadeira.

5. CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos foi possível chegar às seguintes conclusões:

A partir da análise dos principais processos de usinagem abordados, corte, fresamento, furação e a relação entre os custos da matéria prima madeira e os custos de usinagem com dados obtidos no ambiente trabalhado, foi possível gerar as informações necessárias à melhoria da qualidade da capacidade produtiva da empresa.

Os resultados mostraram que as causas da baixa eficiência produtiva na usinagem de madeiras estão relacionadas, principalmente, ao desconhecimento dos custos do beneficiamento do produto, ausência de pesquisas mais direcionadas ao atendimento da demanda, falta de mão de obra qualificada, organização da empresa deficiente, ausência de informações métricas que possam auxiliar no planejamento dos custos e todos esses fatores em conjunto, causam incerteza no dimensionamento, planejamento e controle dos processos de usinagem.

A análise dos processos de usinagem mostrou que no produto cadeira modelo I, o processo de corte sobressaiu-se aos demais processos, fresamento e furação em todas as variáveis avaliadas, ou seja, foi no processo de corte que se observou maior tempo total de produção por peça (T_t), maior custo devido às ferramentas (K_{fe}), maior custo de usinagem por peça (K_{up}), maior custo total de produção por peça (K_p), enquanto o processo de fresamento apresentou valores equilibrados e o processo de furação mostrou o menor valor em todas as avaliações.

No produto cadeira modelo II, o processo de corte apresentou maior valor para as variáveis: tempo de produção total por peça (T_t), custos devido às ferramentas por peça (K_{fe}) e custo de usinagem por peça (K_{up}). Enquanto na variável custo total de produção por peça (K_p), o processo de fresamento mostrou maiores valores observados e o processo de furação, os menores valores em todas as variáveis analisadas.

Nas variáveis custos da hora máquina (Kt) e soma dos custos de produção (Ce), em ambos os modelos I e II, os valores obtidos foram diferentes para cada modelo e entre os modelos, havendo maior valor para o modelo II, devido a maior quantidade de fresamento, ou seja, maior número de peças trabalhadas.

A análise de variância dos custos de aquisição da matéria prima madeira e os custos de usinagem mostraram significância para os dois modelos I e II, demonstrando que o custo de usinagem por cadeira é maior que o custo da madeira por cadeira, ou seja, o custo da matéria prima é menor que o custo de usinagem.

Para o caso em tese, as operações de corte foram os principais componentes dos custos de fabricação que sobrepuseram ao custo da madeira.

A agregação de valor na usinagem para este caso, ou seja, para os modelos estudados (I, II), mostrou que o custo de madeira não é um fator crítico para o custo do produto. Provavelmente, devido ao baixo processamento das peças regionais, já que a usinagem na região é mínima.

Para a empresa na qual o estudo de caso foi realizado, o trabalho foi importante, pois a ajudou a identificar de forma mais precisa as variáveis (tempo total de produção por peça, custo devido à ferramenta por peça, custo de usinagem por peça, custo total de produção por peça, custo da hora máquina, custos total de produção) e os parâmetros (dimensionamento, planejamento e controle dos processos de usinagem) mais adequados para a medição de sua atual capacidade produtiva, viabilizando, portanto, uma forma da mesma planejar ações (organização dos procedimentos, pesquisas de custo, utilização correta da matéria prima) que visam o aumento de sua produção e a otimização de seus recursos (gastos desnecessários).

Para o setor moveleiro, o trabalho foi relevante, pois se concluiu que o custo de usinagem é mais importante que o custo da madeira para a fabricação de móveis.

5.1 RECOMENDAÇÕES

Com base nos resultados e conclusões deste trabalho, como forma de complementar a presente pesquisa e dar continuidade na busca pela melhoria dos processos recomendam-se para futuros trabalhos de pesquisa nesta área:

Simplificar o processamento de fabricação, talvez reduzindo o número de operações.

Melhorar o processo de fabricação de corte.

Avaliar o rendimento dos processos de usinagem de corte, fresamento e furação.

Incluir nas análises outras implicações que possam ser relevantes, programas de melhoramento, técnicas diversificadas de desdobro, secagem, colagem etc.

Visando identificar outros pontos de melhoria do sistema, inserir a análise de processos como o lixamento, a montagem e o acabamento da superfície das peças.

Relacionar aspectos de motivação e de qualificação da mão-de-obra com a melhoria dos indicadores de qualidade e produtividade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABPM. **Mercado internacional mostra potencial para produtos brasileiros**. Wood Magazine. N.º. 47, p.5. Jan./fev.(1998).

BET, L. **Estudo da medição da textura se superfícies com sondas mecânicas e com sondas ópticas tipo seguidor**. Tese (Doutorado) PPEM, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis (1999).

BOHES, L. **Apostila de Usinagem** – Universidade Federal de Santa Catarina (2007).

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

FARIAS, Marzely Gorges. **As questões ambientais e o processo de fresamento em alta velocidade de madeiras de floresta plantada *eucalyptus grandise eucalyptus dunnii***. Tese (Doutorado) - Programa de pós-graduação em engenharia mecânica. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis (2000).

FERROLHO, C. A. P. Dissertação para obtenção do grau de mestre (Instituto Superior de Agronomia), “**Análise de Rendimentos Mássicos na Indústria de Mobiliário**”, Universidade Técnica de Lisboa (2006).

FURASTÉ, P.A. **Normas Técnicas para o Trabalho Científico**; especificação das normas da ABNT, 17.ed – Porto Alegre: Dáctão Plus (2013).

GONÇALVES, M.T.T. **Processamento da Madeira**. Bauru-SP: Document Center Xerox - USC, Livro ISBN 85.901425-1-(2000).

KOEHLER, H.S. **Apostila de Estatística Experimental**, Universidade Federal do Paraná, Curitiba-PR (2006).

LIMA, E. S. - **Exportações e *design* no setor moveleiro**. Revista Abimovel (1998).

LUCAS FILHO, F. C. (Comunicação Pessoal), Orientação a Resultados-Elaboração de Mapa de Competências e Plano de Ações para Implementação de Soluções aos Problemas do Setor de Madeira e Móveis no Amazonas. **Projeto da Rede de Serviços Tecnológicos de Madeira e Móveis do Amazonas – RST (2013).**

LUCAS FILHO, F. C. **Análise da usinagem de madeiras visando à melhoria de processos em indústrias de móveis.** Tese (Doutorado), Universidade Federal Santa Catarina, Florianópolis (2004).

PANSHIN, F. & ZEEUW, A. J. **Textbook of Wood Technology**, McGraw-Hill. New York (1980).

REVISTA DA MADEIRA - Edição N°108 – Outubro de 2007.

SILVA, Alexandre Dias. **Uma metodologia para otimização automática de parâmetros de usinagem.** Tese (Doutorado). Programa de pós-graduação em engenharia mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis (1994).

SILVA, J. C. **Caracterização da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden, de diferentes idades, visando sua utilização na indústria moveleira.** Tese (Doutorado) – Programa de pós-graduação em engenharia florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba (2002).

SLACK, N; CHAMBERS, S; JOHNSTON, R. **Administração de produção.** 2 ed. São Paulo: Atlas (2002).

SOUZA, A. J. **ENGO 3343 Processos de Fabricação de Usinagem – Parte I.** Apostila – Escola de Engenharia – Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (2011).

SOUZA JUNIOR, N. D. **“Qualidade de Superfície na Produção de Peças S2S no Setor de Usinagem de uma Indústria de Molduras de Pinus”** - Trabalho de Conclusão de Curso para a obtenção do título de “Engenheiro Industrial Madeireiro” – UFPA (2009).

STEMMER, Gaspar Erich. **Ferramentas de corte I**. 5. ed. Florianópolis. Ed. da UFSC, (2000).

TEIXEIRA, J.A.T; CÂNDIDO, G.A;ABREU, A.F. A utilização dos materiais no *Design* e a Competitividade da Indústria Moveleira da Região Metropolitana de Curitiba: um estudo de caso. **Revista Produção**, v.11, n. 1, p.27-41 (2001).

TOMASELLI, Ivan. As perspectivas para o setor florestal Brasileiro. **Revista Referência**, Curitiba, v.2 n.3., p.28, jan./fev (2000).

WOODSON, J; KOCH, L. Parâmetros de corte da madeira. **Apostila de Usinagem**, Curitiba/ PR (1970).

APÊNDICES

MOD I E MOD II (PROCESSO DE CORTE - PRANCHÕES)			
REDUÇÃO DE BLOCO			
OPERAÇÕES	N	TEMPO MÉDIO (min)	DESVIO PADRÃO
Corte transversal	4	$\frac{4,7}{4} = 1,175$	0,141421356
Corte longitudinal	5	$\frac{3,95}{5} = 0,79$	0,42031734

MOD I (PROCESSO DE CORTE - SERRA CIRCULAR - SERRA)			
OPERAÇÕES	N	TEMPO MÉDIO (min)	DESVIO PADRÃO
Perna Maior	5	$\frac{2,625 + 3,25 + 3,25 + 2,5 + 2,25}{5} = 2,775$	0,454147553
Perna Menor	5	$\frac{3,375 + 2,25 + 2,375 + 1,75 + 1,875}{5} = 2,325$	0,64104407
Lateral Larga	5	$\frac{2,875 + 2,5625 + 1,5 + 2,375 + 2,125}{5} = 2,2876$	0,518411034
Lateral Estreita	5	$\frac{1,625 + 1,5625 + 1,5 + 1,825 + 1,6875}{5} = 1,64$	0,124812359
Encosto	5	$\frac{6 + 4,25 + 4 + 3,75 + 3,5833}{5} = 4,3166$	0,974323754
Assento	5	$\frac{5,75 + 4,75 + 4,125 + 3,5 + 3,5}{5} = 4,325$	0,95032889

MOD I (PROCESSO DE CORTE - PLAINA - LÂMINA)			
OPERAÇÕES	N	TEMPO MÉDIO (min)	DESVIO PADRÃO
Perna Maior	5	$\frac{0,778 + 0,73 + 0,655 + 0,573 + 0,488}{5} = 0,6448$	0,117096968
Perna Menor	5	$\frac{0,428 + 0,388 + 0,375 + 0,335 + 0,345}{5} = 0,3742$	0,036995946
Lateral Larga	5	$\frac{0,226 + 0,229 + 0,216 + 0,2 + 0,19}{5} = 0,2122$	0,016798809
Lateral Estreita	5	$\frac{0,145 + 0,145 + 0,134 + 0,128 + 0,114}{5} = 0,1332$	0,012988456
Encosto	5	$\frac{0,63 + 0,612 + 0,597 + 0,478 + 0,442}{5} = 0,5518$	0,085564011
Assento	5	$\frac{0,748 + 0,728 + 0,68 + 0,643 + 0,593}{5} = 0,6784$	0,062954746

MOD I (PROCESSO DE FRESAMENTO - TUPIA - FRESA)			
OPERAÇÕES	N	TEMPO MÉDIO (min)	DESVIO PADRÃO
Lateral Larga	5	$\frac{0,223 + 0,223 + 0,213 + 0,195 + 0,175}{5} = 0,2058$	0,020668817
Lateral Estreita	5	$\frac{0,135 + 0,135 + 0,125 + 0,113 + 0,105}{5} = 0,1226$	0,013371612
Encosto	5	$\frac{0,169 + 0,164 + 0,154 + 0,171 + 0,144}{5} = 0,1604$	0,01128273

MOD I (PROCESSO DE FURAÇÃO - FURADEIRA - BROCA)			
OPERAÇÕES	N	TEMPO MÉDIO (min)	DESVIO PADRÃO
Perna Maior	5	$\frac{0,137 + 0,132 + 0,12 + 0,115 + 0,108}{5} = 0,1224$	0,011970798
Perna Menor	5	$\frac{0,118 + 0,14 + 0,105 + 0,113 + 0,11}{5} = 0,1172$	0,013590438
Encosto	5	$\frac{0,09 + 0,09 + 0,085 + 0,08 + 0,075}{5} = 0,084$	0,006519202

MOD II (PROCESSO DE CORTE - SERRA CIRCULAR - SERRA)			
OPERAÇÕES	N	TEMPO MÉDIO (min)	DESVIO PADRÃO
Perna Maior	5	$\frac{3,375 + 3,375 + 3,375 + 2,75 + 2,875}{5} = 3,15$	0,31124749
Perna Menor	5	$\frac{3,125 + 2,625 + 3 + 2,25 + 2,5}{5} = 2,7$	0,3601215
Assento	5	$\frac{10 + 8,5 + 9,8 + 7,75 + 7,5}{5} = 8,65$	1,083974169
Encosto	5	$\frac{7,75 + 7,5 + 7,75 + 7,25 + 6,25}{5} = 7,3$	0,622495
Peças Pequenas	5	$\frac{4,375 + 3,063 + 2,813 + 2,313 + 2,25}{5} = 2,9628$	0,8598129

MOD II (PROCESSO DE CORTE - SERRA FITA)			
OPERAÇÕES	N	TEMPO MÉDIO (min)	DESVIO PADRÃO
Assento	5	$\frac{1,35 + 1,25 + 1,1 + 0,95 + 0,75}{5} = 1,08$	0,23874673
Encosto	5	$\frac{1,25 + 0,95 + 0,85 + 0,75 + 0,65}{5} = 0,89$	0,2302173
Peças Pequenas	5	$\frac{1 + 0,875 + 0,775 + 0,7 + 0,625}{5} = 0,795$	0,147266765

MOD II (PROCESSO DE CORTE - PLAINA - LÂMINA)			
OPERAÇÕES	N	TEMPO MÉDIO (min)	DESVIO PADRÃO
Perna Maior	5	$\frac{0,785 + 0,698 + 0,655 + 0,568 + 0,5}{5} = 0,6412$	0,11112021
Perna Menor	5	$\frac{0,478 + 0,4 + 0,37 + 0,328 + 0,313}{5} = 0,3778$	0,065713
Assento	5	$\frac{0,255 + 0,24 + 0,23 + 0,205 + 0,2}{5} = 0,226$	0,023291629
Encosto	5	$\frac{0,155 + 0,14 + 0,12 + 0,105 + 0,105}{5} = 0,125$	0,022079
Peças Pequenas	5	$\frac{0,601 + 0,604 + 0,595 + 0,479 + 0,446}{5} = 0,545$	0,0762791

MOD II (PROCESSO DE FRESAMENTO - TUPIA - FRESA)			
OPERAÇÕES	N	TEMPO MÉDIO (min)	DESVIO PADRÃO
Perna Maior	5	$\frac{0,22 + 0,205 + 0,18 + 0,155 + 0,13}{5} = 0,178$	0,03650342
Perna Menor	5	$\frac{0,205 + 0,165 + 0,15 + 0,12 + 0,105}{5} = 0,149$	0,0392747
Assento	5	$\frac{0,24 + 0,23 + 0,22 + 0,205 + 0,18}{5} = 0,215$	0,023452079
Encosto	5	$\frac{0,22 + 0,205 + 0,18 + 0,14 + 0,12}{5} = 0,173$	0,042367
Peças Pequenas	5	$\frac{0,153 + 0,138 + 0,125 + 0,11 + 0,093}{5} = 0,1238$	0,0234243

MOD II (PROCESSO DE FURAÇÃO - FURADEIRA - BROCA)			
OPERAÇÕES	N	TEMPO MÉDIO (min)	DESVIO PADRÃO
Perna Maior	5	$\frac{0,14 + 0,128 + 0,12 + 0,113 + 0,1}{5} = 0,1202$	0,01510629
Perna Menor	5	$\frac{0,143 + 0,107 + 0,113 + 0,107 + 0,1}{5} = 0,114$	0,0168523
Peças Pequenas	5	$\frac{0,127 + 0,122 + 0,112 + 0,097 + 0,087}{5} = 0,109$	0,016807736

MOD I E MOD II (PROCESSO DE CORTE - PRANCHÕES)						
REDUÇÃO DE BLOCO						
	QUANTIDADE	TEMPOS (min)				MÉDIA
Corte transversal	4	4,8	4,6			4,7
Corte longitudinal	5	4,5	4	3,8	3,5	3,95

MODELO I (PROCESSO DE CORTE - SERRA CIRCULAR - SERRA)													
	PEÇAS	QT. PEÇAS	DIMENSSÕES	QT. CORTE	TEMPOS (min)								MÉDIA
	CAD A	Perna Maior	2	1m	8	2	3	2,5	3				
Perna Menor		2	50cm	8	4	3,5	3	3					3,375
Lateral Larga		4	36cm x 9cm	16	3	2,5	2,5	3	2	2,5	3	3	2,6875
Lateral Estreita		4	36cm x 4cm	16	2	1,5	1,5	1,5	1	2	2	1,5	1,625
Encosto		3	35cm x 15cm	12	6,5	6	5	6,5	6	6			6
Assento		2	42cm x 42cm	8	6	5	6	6					5,75
CAD B	PEÇAS	QT. PEÇAS	DIMENSSÕES	QT. CORTE	TEMPOS (min)								MÉDIA
	Perna Maior	2	1m	8	3,5	3	3,5	3					3,25
	Perna Menor	2	50cm	8	2,5	2	2,5	2					2,25
	Lateral Larga	4	36cm x 9cm	16	2,5	2,5	2	2,5	3	3	2,5	2,5	2,5625
	Lateral Estreita	4	36cm x 4cm	16	2	1	1,5	1	2	1,5	1,5	2	1,5625
	Encosto	3	35cm x 15cm	12	5	4,5	4	4,5	4	3,5			4,25
CAD C	PEÇAS	QT. PEÇAS	DIMENSSÕES	QT. CORTE	TEMPOS (min)								MÉDIA
	Perna Maior	2	1m	8	3,5	3	3,5	3					3,25
	Perna Menor	2	50cm	8	2	2,5	3	2					2,375
	Lateral Larga	4	36cm x 9cm	16	2,5	2,5	2	2	2,5	2,5	3	3	1,5
	Lateral Estreita	4	36cm x 4cm	16	1,5	1	1	1,5	2	2	1,5	1,5	1,5
	Encosto	3	35cm x 15cm	12	5	4	3,5	4	4	3,5			4
CAD D	PEÇAS	QT. PEÇAS	DIMENSSÕES	QT. CORTE	TEMPOS (min)								MÉDIA
	Perna Maior	2	1m	8	3	2,5	2,5	2					2,5
	Perna Menor	2	50cm	8	2	2	1,5	1,5					1,75
	Lateral Larga	4	36cm x 9cm	16	2,5	2	2	1,5	3	3	2,5	2,5	2,375
	Lateral Estreita	4	36cm x 4cm	16	1,5	1,5	1	1	2	2	3	2,5	1,8125
	Encosto	3	35cm x 15cm	12	4,5	4	3,5	4	3,5	3			3,75
CAD E	PEÇAS	QT. PEÇAS	DIMENSSÕES	QT. CORTE	TEMPOS (min)								MÉDIA
	Perna Maior	2	1m	8	2,5	2	2	2,5					2,25
	Perna Menor	2	50cm	8	2	1,5	2	2					1,875
	Lateral Larga	4	36cm x 9cm	16	2	2	1,5	1,5	3	2,5	2,5	2	2,125
	Lateral Estreita	4	36cm x 4cm	16	1,5	1	1	1	2,5	2,5	2	2	1,6875
	Encosto	3	35cm x 15cm	12	4	3,5	3	4	3,5	3,5			3,58333
Assento	2	42cm x 42cm	8	3,5	3	4	3,5					3,5	

MODELO I (PROCESSO DE CORTE - PLAINA - LÂMINA)														
	PEÇAS	QUANT. PEÇAS	DIMENSSÕES	QUANT. CORTE	TEMPOS EM FRAÇÃO DE (min)								MÉDIA	
	CADEIRA A	Perna Maior	2	1m	8	0,86	0,8	0,75	0,7					
Perna Menor		2	50cm	8	0,5	0,33	0,53	0,35						0,428
Lateral Larga		4	36cm x 9cm	16	0,25	0,21	0,23	0,2	0,23	0,23	0,25	0,21		0,226
Lateral Estreita		4	36cm x 4cm	16	0,16	0,13	0,14	0,11	0,16	0,16	0,15	0,15		0,145
Encosto		3	35cm x 15cm	12	0,75	0,63	0,58	0,66	0,61	0,55				0,63
Assento		2	42cm x 42cm	8	0,83	0,66	0,75	0,75						0,748
CADEIRA B	PEÇAS	QUANT. PEÇAS	DIMENSSÕES	QUANT. CORTE	TEMPOS EM FRAÇÃO DE (min)								MÉDIA	
	Perna Maior	2	1m	8	0,83	0,75	0,71	0,63						0,73
	Perna Menor	2	50cm	8	0,41	0,33	0,38	0,43						0,388
	Lateral Larga	4	36cm x 9cm	16	0,25	0,23	0,2	0,21	0,25	0,25	0,23	0,21		0,229
	Lateral Estreita	4	36cm x 4cm	16	0,16	0,14	0,13	0,11	0,16	0,16	0,15	0,15		0,145
	Encosto	3	35cm x 15cm	12	0,66	0,58	0,5	0,66	0,66	0,61				0,612
Assento	2	42cm x 42cm	8	0,75	0,66	0,75	0,75						0,728	
CADEIRA C	PEÇAS	QUANT. PEÇAS	DIMENSSÕES	QUANT. CORTE	TEMPOS EM FRAÇÃO DE (min)								MÉDIA	
	Perna Maior	2	1m	8	0,75	0,66	0,63	0,58						0,655
	Perna Menor	2	50cm	8	0,41	0,33	0,4	0,36						0,375
	Lateral Larga	4	36cm x 9cm	16	0,23	0,21	0,21	0,2	0,23	0,23	0,21	0,21		0,216
	Lateral Estreita	4	36cm x 4cm	16	0,14	0,13	0,12	0,11	0,15	0,15	0,14	0,13		0,134
	Encosto	3	35cm x 15cm	12	0,63	0,51	0,5	0,66	0,65	0,63				0,597
Assento	2	42cm x 42cm	8	0,66	0,66	0,7	0,7						0,68	
CADEIRA D	PEÇAS	QUANT. PEÇAS	DIMENSSÕES	QUANT. CORTE	TEMPOS EM FRAÇÃO DE (min)								MÉDIA	
	Perna Maior	2	1m	8	0,66	0,6	0,53	0,5						0,573
	Perna Menor	2	50cm	8	0,35	0,3	0,36	0,33						0,335
	Lateral Larga	4	36cm x 9cm	16	0,21	0,21	0,2	0,16	0,21	0,21	0,2	0,2		0,2
	Lateral Estreita	4	36cm x 4cm	16	0,13	0,11	0,11	0,1	0,15	0,14	0,15	0,13		0,128
	Encosto	3	35cm x 15cm	12	0,5	0,43	0,38	0,53	0,53	0,5				0,478
Assento	2	42cm x 42cm	8	0,63	0,6	0,66	0,68						0,643	
CADEIRA E	PEÇAS	QUANT. PEÇAS	DIMENSSÕES	QUANT. CORTE	TEMPOS EM FRAÇÃO DE (min)								MÉDIA	
	Perna Maior	2	1m	8	0,58	0,5	0,46	0,41						0,488
	Perna Menor	2	50cm	8	0,4	0,33	0,35	0,3						0,345
	Lateral Larga	4	36cm x 9cm	16	0,21	0,2	0,16	0,13	0,21	0,21	0,2	0,2		0,19
	Lateral Estreita	4	36cm x 4cm	16	0,11	0,11	0,1	0,1	0,13	0,13	0,12	0,11		0,114
	Encosto	3	35cm x 15cm	12	0,46	0,41	0,33	0,5	0,5	0,45				0,442
Assento	2	42cm x 42cm	8	0,6	0,51	0,63	0,63						0,593	

MODELO II (PROCESSO DE CORTE - SERRA CIRCULAR - SERRA)													
CADEIRA A	PEÇAS	QUANT. PEÇAS	DIMENSSÕES	QUANT. CORTE	TEMPOS (min)								MÉDIA
		Perna Maior	2	1 m	8	4	4	3	2,5				
	Perna Menor	2	50 cm	8	3	3	3,5	3					3,125
	Assento	2	42 cm x 42 cm	4	10	10							10
	Encosto	2	42 cm x 42 cm	4	7,5	8							7,75
	Peças pequenas	4	15 x 8 cm	16	4,5	4	3,5	3	4	5,5	5,5	5	4,375
CADEIRA B	PEÇAS	QUANT. PEÇAS	DIMENSSÕES	QUANT. CORTE	TEMPOS (min)								MÉDIA
		Perna Maior	2	1 m	8	4,5	4	3	3,5				
	Perna Menor	2	50 cm	8	3	3	2,5	2					2,625
	Assento	2	42 cm x 42 cm	4	9	8							8,5
	Encosto	2	42 cm x 42 cm	4	8	7							7,5
	Peças pequenas	4	15 x 8 cm	16	4	4	3,5	3	3	2,5	2,5	2	3,063
CADEIRA C	PEÇAS	QUANT. PEÇAS	DIMENSSÕES	QUANT. CORTE	TEMPOS (min)								MÉDIA
		Perna Maior	2	1 m	8	4	3	3,5	3				
	Perna Menor	2	50 cm	8	3,5	3	2,5	3					3
	Assento	2	42 cm x 42 cm	4	10	9							9,5
	Encosto	2	42 cm x 42 cm	4	8	7,5							7,75
	Peças pequenas	4	15 x 8 cm	16	4	3	3,5	3	2	2	2,5	2,5	2,813
CADEIRA D	PEÇAS	QUANT. PEÇAS	DIMENSSÕES	QUANT. CORTE	TEMPOS (min)								MÉDIA
		Perna Maior	2	1 m	8	3,5	3	2,5	2				
	Perna Menor	2	50 cm	8	3	3	1,5	1,5					2,25
	Assento	2	42 cm x 42 cm	4	8	7,5							7,75
	Encosto	2	42 cm x 42 cm	4	7	7,5							7,25
	Peças pequenas	4	15 x 8 cm	16	3,5	3	4	3	1,5	1,5	1	1	2,313
CADEIRA E	PEÇAS	QUANT. PEÇAS	DIMENSSÕES	QUANT. CORTE	TEMPOS (min)								MÉDIA
		Perna Maior	2	1 m	8	4	3	2,5	2				
	Perna Menor	2	50 cm	8	3,5	3	2	1,5					2,5
	Assento	2	42 cm x 42 cm	4	8	7							7,5
	Encosto	2	42 cm x 42 cm	4	6,5	6							6,25
	Peças pequenas	4	15 x 8 cm	16	4	3	3,5	3	1,5	1	1	1	2,25

MODELO II (PROCESSO DE CORTE - SERRA FITA)								
CADEIRA A	PEÇAS	QUANT. PEÇAS	DIMENSSÕES	QUANT. CORTE	TEMPOS (min)			MÉDIA
	Assento	2	42 cm x 42 cm	4	1,4	1,3		1,35
	Encosto	2	42 cm x 42 cm	4	1,3	1,2		1,25
	Peças pequenas	4	15 x 8 cm	4	1,2	1	0,9 0,9	1
CADEIRA B	PEÇAS	QUANT. PEÇAS	DIMENSSÕES	QUANT. CORTE	TEMPOS (min)			MÉDIA
	Assento	2	42 cm x 42 cm	4	1,3	1,2		1,25
	Encosto	2	42 cm x 42 cm	4	1	0,9		0,95
	Peças pequenas	4	15 x 8 cm	4	1	0,9	0,8 0,8	0,875
CADEIRA C	PEÇAS	QUANT. PEÇAS	DIMENSSÕES	QUANT. CORTE	TEMPOS (min)			MÉDIA
	Assento	2	42 cm x 42 cm	4	1,2	1		1,1
	Encosto	2	42 cm x 42 cm	4	0,9	0,8		0,85
	Peças pequenas	4	15 x 8 cm	4	0,9	0,8	0,7 0,7	0,775
CADEIRA D	PEÇAS	QUANT. PEÇAS	DIMENSSÕES	QUANT. CORTE	TEMPOS (min)			MÉDIA
	Assento	2	42 cm x 42 cm	4	1	0,9		0,95
	Encosto	2	42 cm x 42 cm	4	0,8	0,7		0,75
	Peças pequenas	4	15 x 8 cm	4	0,8	0,7	0,7 0,6	0,7
CADEIRA E	PEÇAS	QUANT. PEÇAS	DIMENSSÕES	QUANT. CORTE	TEMPOS (min)			MÉDIA
	Assento	2	42 cm x 42 cm	4	0,8	0,7		0,75
	Encosto	2	42 cm x 42 cm	4	0,7	0,6		0,65
	Peças pequenas	4	15 x 8 cm	4	0,7	0,6	0,6 0,6	0,625

MODELO II (PROCESSO DE CORTE - PLAINA - LÂMINA)														
CADEIRA A	PEÇAS	QUANT. PEÇAS	DIMENSSÕES	QUANT. CORTE	TEMPOS EM FRAÇÃO DE (min)								MÉDIA	
	Perna Maior	2	1 m	8	0,75	0,7	0,83	0,86						0,785
	Perna Menor	2	50 cm	8	0,58	0,5	0,5	0,33						0,478
	Assento	2	42 cm x 42 cm	4	0,26	0,25								0,255
	Encosto	2	42 cm x 42 cm	4	0,16	0,15								0,155
	Peças pequenas	4	15 x 8 cm	16	0,75	0,63	0,58	0,66	0,61	0,55	0,53	0,5		0,601
CADEIRA B	PEÇAS	QUANT. PEÇAS	DIMENSSÕES	QUANT. CORTE	TEMPOS EM FRAÇÃO DE (min)								MÉDIA	
	Perna Maior	2	1 m	8	0,71	0,63	0,75	0,7						0,698
	Perna Menor	2	50 cm	8	0,45	0,41	0,41	0,33						0,4
	Assento	2	42 cm x 42 cm	4	0,25	0,23								0,24
	Encosto	2	42 cm x 42 cm	4	0,15	0,13								0,14
	Peças pequenas	4	15 x 8 cm	16	0,66	0,58	0,5	0,66	0,66	0,61	0,58	0,58		0,604
CADEIRA C	PEÇAS	QUANT. PEÇAS	DIMENSSÕES	QUANT. CORTE	TEMPOS EM FRAÇÃO DE (min)								MÉDIA	
	Perna Maior	2	1 m	8	0,63	0,58	0,75	0,66						0,655
	Perna Menor	2	50 cm	8	0,41	0,33	0,41	0,33						0,37
	Assento	2	42 cm x 42 cm	4	0,23	0,23								0,23
	Encosto	2	42 cm x 42 cm	4	0,13	0,11								0,12
	Peças pequenas	4	15 x 8 cm	16	0,63	0,51	0,5	0,66	0,65	0,63	0,63	0,55		0,595
CADEIRA D	PEÇAS	QUANT. PEÇAS	DIMENSSÕES	QUANT. CORTE	TEMPOS EM FRAÇÃO DE (min)								MÉDIA	
	Perna Maior	2	1 m	8	0,53	0,5	0,66	0,58						0,568
	Perna Menor	2	50 cm	8	0,36	0,3	0,35	0,3						0,328
	Assento	2	42 cm x 42 cm	4	0,21	0,2								0,205
	Encosto	2	42 cm x 42 cm	4	0,11	0,1								0,105
	Peças pequenas	4	15 x 8 cm	16	0,5	0,43	0,38	0,53	0,53	0,5	0,5	0,46		0,479
CADEIRA E	PEÇAS	QUANT. PEÇAS	DIMENSSÕES	QUANT. CORTE	TEMPOS EM FRAÇÃO DE (min)								MÉDIA	
	Perna Maior	2	1 m	8	0,46	0,41	0,6	0,53						0,5
	Perna Menor	2	50 cm	8	0,31	0,26	0,33	0,35						0,313
	Assento	2	42 cm x 42 cm	4	0,2	0,2								0,2
	Encosto	2	42 cm x 42 cm	4	0,11	0,1								0,105
	Peças pequenas	4	15 x 8 cm	16	0,46	0,41	0,33	0,5	0,5	0,45	0,46	0,46		0,446

MODELO II (PROCESSO DE FRESAMENTO - TUPIA - FRESA)									
CADEIRA A	PEÇAS	QUANT. PEÇAS	DIMENSSÕES	QUANT. FRES	TEMPOS EM FRAÇÃO DE (min)				MÉDIA
	Perna Maior	2	1 m	4	0,23	0,21			0,22
	Perna Menor	2	50 cm	2	0,21	0,2			0,205
	Assento	2	42 cm x 42 cm	4	0,25	0,23			0,24
	Encosto	2	42 cm x 42 cm	4	0,23	0,21			0,22
	Peças pequenas	4	15 x 8 cm	4	0,2	0,15	0,13	0,13	0,153
CADEIRA B	PEÇAS	QUANT. PEÇAS	DIMENSSÕES	QUANT. FRES	TEMPOS EM FRAÇÃO DE (min)				MÉDIA
	Perna Maior	2	1 m	4	0,21	0,2			0,205
	Perna Menor	2	50 cm	2	0,18	0,15			0,165
	Assento	2	42 cm x 42 cm	4	0,23	0,23			0,23
	Encosto	2	42 cm x 42 cm	4	0,21	0,2			0,205
	Peças pequenas	4	15 x 8 cm	4	0,16	0,15	0,13	0,11	0,138
CADEIRA C	PEÇAS	QUANT. PEÇAS	DIMENSSÕES	QUANT. FRES	TEMPOS EM FRAÇÃO DE (min)				MÉDIA
	Perna Maior	2	1 m	4	0,18	0,18			0,18
	Perna Menor	2	50 cm	2	0,15	0,15			0,15
	Assento	2	42 cm x 42 cm	4	0,23	0,21			0,22
	Encosto	2	42 cm x 42 cm	4	0,2	0,16			0,18
	Peças pequenas	4	15 x 8 cm	4	0,15	0,13	0,11	0,11	0,125
CADEIRA D	PEÇAS	QUANT. PEÇAS	DIMENSSÕES	QUANT. FRES	TEMPOS EM FRAÇÃO DE (min)				MÉDIA
	Perna Maior	2	1 m	4	0,16	0,15			0,155
	Perna Menor	2	50 cm	2	0,13	0,11			0,12
	Assento	2	42 cm x 42 cm	4	0,21	0,2			0,205
	Encosto	2	42 cm x 42 cm	4	0,15	0,13			0,14
	Peças pequenas	4	15 x 8 cm	4	0,13	0,11	0,1	0,1	0,11
CADEIRA E	PEÇAS	QUANT. PEÇAS	DIMENSSÕES	QUANT. FRES	TEMPOS EM FRAÇÃO DE (min)				MÉDIA
	Perna Maior	2	1 m	4	0,13	0,13			0,13
	Perna Menor	2	50 cm	2	0,11	0,1			0,105
	Assento	2	42 cm x 42 cm	4	0,2	0,16			0,18
	Encosto	2	42 cm x 42 cm	4	0,13	0,11			0,12
	Peças pequenas	4	15 x 8 cm	4	0,11	0,1	0,08	0,08	0,093

MODELO II (PROCESSO DE FURAÇÃO - FURADEIRA - BROCA)											
CADEIRA A	PEÇAS	QUANT. PEÇAS	DIMENSSÕES	QUANT. FUROS	TEMPOS EM FRAÇÃO DE (min)						MÉDIA
	Perna Maior	2	1 m	8	0,16	0,13	0,13	0,14			0,14
	Perna Menor	2	50 cm	6	0,16	0,14	0,13				0,143
	Peças pequenas	4	15 x 8 cm	12	0,15	0,13	0,13	0,12	0,12	0,11	0,127
CADEIRA B	PEÇAS	QUANT. PEÇAS	DIMENSSÕES	QUANT. FUROS	TEMPOS EM FRAÇÃO DE (min)						MÉDIA
	Perna Maior	2	1 m	8	0,15	0,12	0,11	0,13			0,128
	Perna Menor	2	50 cm	6	0,11	0,11	0,1				0,107
	Peças pequenas	4	15 x 8 cm	12	0,13	0,13	0,13	0,12	0,11	0,11	0,122
CADEIRA C	PEÇAS	QUANT. PEÇAS	DIMENSSÕES	QUANT. FUROS	TEMPOS EM FRAÇÃO DE (min)						MÉDIA
	Perna Maior	2	1 m	8	0,13	0,12	0,12	0,11			0,12
	Perna Menor	2	50 cm	6	0,12	0,11	0,11				0,113
	Peças pequenas	4	15 x 8 cm	12	0,12	0,12	0,11	0,11	0,11	0,1	0,112
CADEIRA D	PEÇAS	QUANT. PEÇAS	DIMENSSÕES	QUANT. FUROS	TEMPOS EM FRAÇÃO DE (min)						MÉDIA
	Perna Maior	2	1 m	8	0,12	0,11	0,11	0,11			0,113
	Perna Menor	2	50 cm	6	0,11	0,11	0,1				0,107
	Peças pequenas	4	15 x 8 cm	12	0,1	0,1	0,1	0,1	0,09	0,09	0,097
CADEIRA E	PEÇAS	QUANT. PEÇAS	DIMENSSÕES	QUANT. FUROS	TEMPOS EM FRAÇÃO DE (min)						MÉDIA
	Perna Maior	2	1 m	8	0,11	0,1	0,1	0,09			0,1
	Perna Menor	2	50 cm	6	0,11	0,1	0,09				0,1
	Peças pequenas	3	15 x 8 cm	12	0,1	0,1	0,09	0,08	0,08	0,07	0,087



Fotos do Produto Cadeira MODELO I.



Fotos do Produto Cadeira MODELO II.