

UNIVERSIDADE TÉCNICA DE LISBOA
INSTITUTO SUPERIOR DE AGRONOMIA

Análise de rendimentos mássicos na indústria de
mobiliário

“Dissertação apresentada neste Instituto para
obtenção do grau de Mestre”

Carlos Alberto Pereira Ferrolho

ORIENTADOR: Doutor José Vicente Rodrigues Ferreira.

CO-ORIENTADOR: Doutora Helena Margarida Nunes Pereira

JURI:

PRESIDENTE- Doutora Helena Margarida Nunes Pereira, Professora Catedrática do Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa.

- VOGAIS**
- Doutora Maria Emília Calvão Moreira Silva, Professora Auxiliar da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro;
 - Doutora Maria de Fátima Cerveira Tavares, Professora Auxiliar do Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa;
 - Doutor José Vicente Rodrigues Ferreira, Professor Adjunto da Escola Superior de Tecnologia do Instituto Politécnico de Viseu.

Mestrado em Engenharia de Materiais Lenhocelulósicos

Lisboa
2006

*À Manela e à Inês,
As grandes razões do meu empenhamento...*

AGRADECIMENTOS

Os meus agradecimentos vão em primeiro lugar para os meus orientadores, *Doutora Helena Pereira e Doutor José Vicente*, pela sua inteira disponibilidade na orientação desta dissertação.

À minha família, que nunca regateou esforços no apoio e na motivação que sempre manifestou durante a realização deste trabalho, mesmo quando por esta razão tiveram que abdicar da minha presença.

A todos os colegas que directa ou indirectamente estiveram envolvidos neste projecto, em particular ao Eng. *Nuno Garrido*, os meus sinceros agradecimentos por todo o apoio e colaboração.

ÍNDICE

DEDICATÓRIA	iv
AGRADECIMENTOS	v
LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE QUADROS	xi
RESUMO	xii
ABSTRACT	xiii
1 INTRODUÇÃO	14
1.1 – Motivação da pesquisa	14
1.2 – Contextualização e apresentação do problema de pesquisa	15
1.3 – Objectivos	18
1.3.1 Objectivo geral	18
1.3.2 Objectivo específico	18
1.4 Premissas da pesquisa	18
1.4.1 Premissa básica	18
1.4.2 Premissas secundárias	19
1.5 Justificação da Pesquisa	19
1.6 Relevância do estudo	20
1.7 Delimitação do assunto da pesquisa	21
1.8 Estrutura da tese	22
1.9 Benefícios da pesquisa	23
2 REVISÃO DA LITERATURA	24
2.1 Características da indústria de móveis	24
2.2 Mercado de móveis: caracterização geral	24
2.3 Principais características do segmento de móveis de madeira	25
2.4 Factores de sucesso do produto	27
2.5 Propriedades da madeira	28

2.6 Defeitos da madeira	31
2.6.1 Defeitos de produção	32
2.6-2 Defeitos de exploração	35
2.6.3 Defeito de secagem	35
2.6.4 Defeito de conversão e de laboração	35
2.7 Processo produtivo e tecnologia de fabricação de móveis	36
2.7.1 Processo de fresamento	36
2.7.2 Processo de corte com serras circulares	38
2.7.3 Processo de furação	41
2.8 Influência das propriedades da madeira na maquinação	43
2.9 Melhoria	47
3 METODOLOGIA	49
3.1 Classificação da pesquisa	49
3.2 Definição do instrumento de recolha de dados	50
3.2.1 Definição das variáveis em estudo	51
3.3 Metodologia para determinação do rendimento mássico	52
3.4 Métodos de análise dos dados	56
3.4.1 Identificação das causas da baixa rentabilidade da madeira	56
3.4.2 Identificação das variáveis relevantes para a melhoria dos processos	57
3.4.3 Efeito da maquinação da madeira sobre a eficiência dos processos	57
4 RESULTADOS E DISCUÇÕES	58
4.1 Considerações iniciais	58
4.1.1 Caracterização dos processos de maquinação da madeira	58
4.2 Programa de calculo de desperdícios	62
4.3 Causas dos desperdícios e perdas na qualidade e na produtividade	64
4.4 Conhecimento das propriedades da madeira e dos parâmetros de maquinação	67
4.5 Operações em estudo	69
4.5.1 Operação multisserra (corte)	69
4.5.2 Operação Molduradora (fresar)	72
4.5.3 Operação Radial (corte)	73
4.5.4 Operação Tupia (fresar)	74
4.5.5 Operação Furadora	75
4.5.6 Operação Lixar	76

5 CONCLUSÕES	79
5.1 Recomendações	80
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	82
BIBLIOGRAFIA	86
APÊNDICES	88

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Exportação de móveis entre 2002 e 2005 (Fonte: Apima).	15
Figura 2 - Diagrama ilustrando os factores de sucesso para a competitividade na indústria de móveis (LUCAS FILHO 2002).	16
Figura 3 - Variáveis que contribuem para a eficiência nos processos de maquinagem da madeira (LUCAS FILHO, 2002).	17
Figura 4 - Esquema ilustrando a focalização e os limites da pesquisa dentro da cadeia produtiva de portas de carvalho.	21
Figura 5 - Distribuição das empresas do sector da Indústria da Madeira e Mobiliário existentes em Portugal continental (Fonte: Ministério do Trabalho e da Solidariedade).	25
Figura 6 - Empresas do sector da Indústria da Madeira e Mobiliário existentes na região autónoma da Madeira.	26
Figura 7 - Empresas do sector da Indústria da Madeira e Mobiliário existentes na região autónoma dos Açores.	26
Figura 8 - Estrutura anatómica da madeira das angiospermas (<i>hardwoods</i>).	29
Figura 9 - Presença de nós.	33
Figura 10 - Ilustração de rotura de vigas flectidas com influência dos nós.	33
Figura 11 - Podridão branca.	34
Figura 12 - Ataque a insectos xilófagos.	34
Figura 13 - Fendas de secagem.	35
Figura 14 - Perfis para serras circulares (TUSET e DURAN, 1986).	40
Figura 15 - Broca helicoidal: ângulo de incidência (α), ângulo de saída (γ) e ângulo do gume transversal (ψ) (STEMMER, 2001).	42
Figura 16 - Parâmetros fundamentais da geometria de broca (STEMMER, 1995).	43
Figura 17 - Sistemas de corte na secção transversal da madeira (Baseado em KOCH, 1964).	45
Figura 18 - Etapas da pesquisa.	50
Figura 19 - Metodologia para determinação do rendimento mássico numa linha de produção de portas em madeira de carvalho.	52
Figura 20 - Madeira de carvalho em tábua.	53

Figura 21 – Multisserra.	53
Figura 22 – Molduradora.	54
Figura 23 - Radial.	54
Figura 24 – Tupia.	55
Figura 25 – Furadora.	55
Figura 26 – Lixadora.	56
Figura 27 - Fluxo de produção de portas em madeira carvalho.	58
Figura 28 - Princípio construtivo de cabeçotes que utilizam pastilhas cambiáveis (a, b) e do balanceamento hidrodinâmico (c). Fonte: Leitz ferramentas.	60
Figura 29 - Pastilhas de metal duro utilizadas no fresamento de perfil e no aplainamento. Fonte: Frezite ferramentas.	60
Figura 30 - Percentagem de desperdícios nas várias operações.	65
Figura 31 – Frequência de ocorrência de defeitos de maquinação de acordo com o tipo.	66
Figura 32 – Frequência de ocorrência de defeitos da madeira.	68
Figura 33 - Corte de uma tábua na Multisserra.	69
Figura 34 - Desperdícios Multisserra (largura da tábua Vs desperdício).	69
Figura 35 - Rendimento VS Desperdício.	70
Figura 36 - Rendimento mássico.	71
Figura 37 - Desperdício Multisserra.	71
Figura 38 - Moldurar régua.	72
Figura 39 - Desperdício molduradora.	72
Figura 40 - Cortar réguas.	73
Figura 41 - Desperdício radial.	73
Figura 42 - Respigar travessas.	74
Figura 43 - Desperdício tupia.	74
Figura 44 - Furação de travessas.	75
Figura 45 - Desperdício furadora.	75
Figura 46 - lixar portas.	76
Figura 47 - Desperdício lixagem.	76
Figura 48 - Desperdício por porta.	77
Figura 49 - Comparação rendimento versus desperdícios.	77

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Ângulos de saída recomendados em função do tipo de madeira e de corte.	40
Quadro 2 - Ângulos de incidência recomendados em função do tipo de corte e de madeira.	41
Quadro 3 - Ferramentas utilizadas no processo de corte (desdobro) da madeira.	59
Quadro 4 - Ferramentas mais utilizadas nos processos de furação da madeira.	61

RESUMO

Devido à baixa competitividade no processamento industrial e da necessidade de gerar informações sobre o desempenho dos processos de fabricação de móveis aliados à compreensão e entendimento do sistema de produção e dos factores de influência, torna-se premente a análise de desperdícios envolvidos na maquinação da madeira. Quando alguém fala em desperdícios todos concordam que eles não só existem como estão arraigados na cultura do país e das empresas. O que ninguém dá conta é quanto representam. 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. O presente trabalho pretende apresentar os balanços de massa, bem como, a quantificação dos rendimentos da matéria-prima no processo de laboração de portas para mobiliário em madeira de carvalho, desde a entrada da matéria-prima até ao produto final, portas maciças. Assim sendo, recorreu-se a uma empresa de mobiliário a fim de se contabilizar os desperdícios na produção de portas maciças ao longo de toda a linha de fabrico. Deste modo, iniciou-se o estudo cubicando todas as pranchas de madeira à entrada e à saída de cada operação. Simultaneamente foram pesados, numa balança electrónica, todos os desperdícios provenientes de cada uma das operações. Depois de registados estes dados procedeu-se ao tratamento dos mesmos. Para cada operação foi elaborado um gráfico com vista a analisar os desperdícios na mesma. Finalmente foram comparados e analisados, por análise gráfica, os desperdícios nas diversas operações, permitindo concluir qual a operação que gera mais desperdício, bem como a quantidade dos mesmos.

Palavras-chave: Balanços, rendimentos, desperdícios, portas em madeira maciça, produção.

TITLE OF THE DISSERTATION: Analysis of mass incomes in the industrial of furniture

ABSTRACT

The analysis of waste involved in wood machinery becomes urgent, due to the low competitiveness in the process industry, the need to generate information on the performance of the manufacturing processes of furniture as well as to the comprehension and understanding of the production system and the factors of influence. Whenever people are told about waste materials, everyone agrees that not only do waste products exist but also make part of the country's and enterprises' culture. Nevertheless, no one is aware of how much they represent. There are already several studies about the quality of wood, its properties and potential usage. However, the improvement of the manufacturing process still need further research, because the use under a sustained output rating and the subsequent development of a cluster of wood depend on that.

The present work aims at presenting the mass balances as well as the quantification of raw material output in the labouring process of oak wooden doors for furniture, since the entering of the raw material until the final product, massive doors. Therefore, one appealed to an enterprise of furniture to keep count of the waste produced in the manufacturing of massive doors throughout the whole production line. Thus, one started the research by cubing all the plates of wood on the way in and out of each operation. Simultaneously, all the waste proceeding from each operation was weighed on an electronic scale. After having been written down, all these data were duly processed. A graph for each operation was designed in order to analyse its waste product. Finally, all the waste products of the different operations were compared and analysed through graphic analysis that allowed concluding which operation had the highest waste output as well as its amount.

Key-words: balances, output, waste, massive doors, production

1 INTRODUÇÃO

1.1 Motivação da pesquisa

Para a identificação das melhores formas de industrializar a madeira é necessário compreender a interacção entre as propriedades da madeira e os recursos utilizados para a sua transformação em produtos fabricados. Por esse prisma, a indústria de móveis é a actividade que agrega maior valor á madeira durante a sua industrialização. Dentro desse sector, algumas operações são fundamentais para avaliar a viabilidade técnica e económica do uso de espécies de madeira.

Em Portugal, já há pólos industriais dedicados à produção de móveis de madeira com alguma capacidade tecnológica. Um desses pólos está concentrado na zona de Paços de Ferreira. Apesar de se tratar de empresas muitas delas de pequena dimensão, começam já a aparecer algumas com alguma dimensão exportadora de móveis de madeira maciça para o segmento residencial. Mas, mesmo sendo um centro de referência industrial na área das madeiras, ainda há muitos problemas relacionados com a falta de eficiência produtiva, principalmente quando comparados aos grandes países exportadores de móveis como a Itália e a Alemanha (NAHUZ,1999).

Por isso, a necessidade de entender as relações entre as propriedades da madeira e proporcionar avanços sobre a melhor forma de maquiná-la, bem como a difusão desse conhecimento pelas cadeias produtivas de móveis que também utilizam madeiras de florestas tropicais, mas, principalmente nas regiões onde é grande o desfasamento tecnológico.

Deste modo, tentando redireccionar a mudança de rumos nos estudos sobre a utilização da madeira, o presente trabalho pretende melhorar a compreensão dos factores relevantes para a melhoria dos processos de transformação da madeira em peças e componentes de móveis bem como a análise de desperdícios, e assim contribuir para a disseminação deste conhecimento nas regiões carentes de tecnologia e a difusão de uma cultura industrial baseada nos exemplos de sucesso de algumas empresas portuguesas e dos modelos industriais adoptados nos países mais competitivos do sector.

Os benefícios deste estudo, baseados na análise da eficiência de ambientes industriais representativos da realidade e dos problemas enfrentados por essas empresas, certamente vão de encontro ás grandes questões dos conhecimentos sobre a melhor forma de utilizar a madeira.

1.2 Contextualização e apresentação do problema de pesquisa

A indústria de móveis de madeira em Portugal vem apresentando um crescimento ano após ano, apesar do cenário macroeconómico e de dificuldades estruturais e conjunturais.

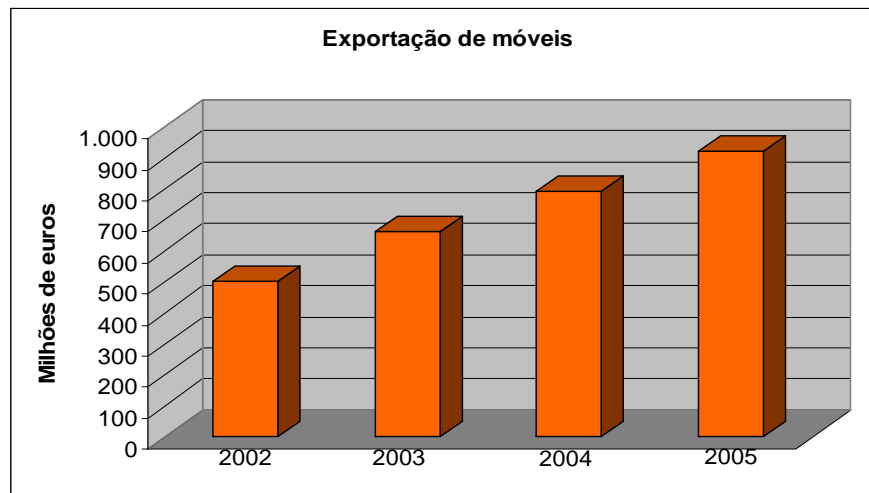


Figura 1 - Exportação de móveis entre 2002 e 2005. (Fonte: Apima)

A falta de competitividade é ainda uma realidade nas indústrias portuguesas. Esta falta de competitividade associada à ausência de um design próprio, organização industrial pouco desenvolvida, cultura industrial atrasada, ausência de estratégias comerciais competitivas, e altos índices de desperdícios, geram maiores custos de produção, além do baixo nível da qualidade final.

A Figura 2 mostra, de forma esquemática, os factores de sucesso que contribuem para a competitividade do sector.

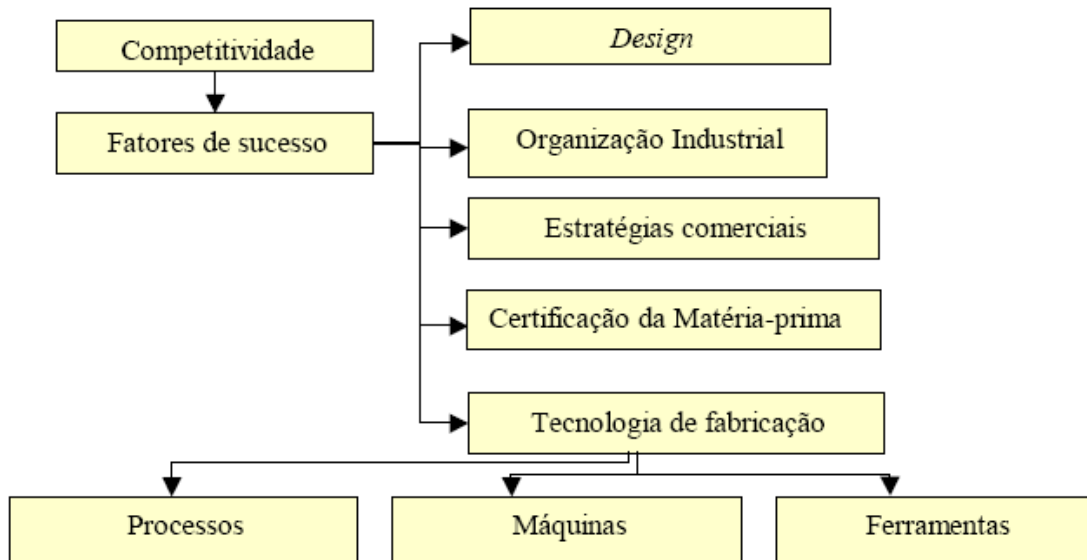


Figura 2 - Digrama ilustrando os factores de sucesso para a competitividade na indústria de móveis (LUCAS FILHO,2002).

Estes factores críticos para a competitividade também são conhecidos, num espectro mais amplo, como factores de influência do negócio e, por conseguinte, de suas operações. São conhecidos também como factores empresariais e factores organizacionais de sucesso. A obtenção de dados sobre o desempenho dos processos de fabricação e a sua correcta interpretação e análise, pode resultar num suporte mais efectivo quando da selecção de alternativas de soluções para um determinado problema de projecto do sistema produtivo.

Essa abordagem de análise baseada no diagnóstico da eficiência do processo produtivo é comum em alguns segmentos industriais mais avançados, mas desconhecida ou pouco praticada em outros. No caso das indústrias de madeira, o perfil é o de uma actividade onde as práticas organizacionais e operacionais são menos conhecidas e claramente definidas, mas o resultado é bem conhecido e traduz-se num alto índice de desperdício e rejeição, baixo valor agregado ao produto final, e baixa eficiência produtiva o que se reflecte na inexistência de uma estratégia direccionada para a melhoria do processo produtivo. A indústria de transformação da madeira apresenta deficiência competitiva causada, entre outros factores, pela má gestão dos recursos produtivos, principalmente em empresas de pequeno e médio porte. Este cenário foi descrito também por ALMEIDA (1998) e BONDUELLE (1997), segundo os quais há a necessidade da integração entre o projecto de produtos e o sistema de gestão do processo mais eficaz como forma de resolver o problema e evitar desperdícios.

Devido a este cenário, os actores desta cadeia produtiva começam a procurar metodologias no sentido de entender o comportamento dos factores relevantes para a melhoria da eficiência do sistema de fabricação e garantir o bom desempenho dos processos. A Figura 3 representa de forma esquemática as variáveis que contribuem para a eficiência da maquinação da madeira, mostrando os *inputs*, representados pelas propriedades da ferramenta, da madeira e condições de corte na maquinação, o processo de maquinação em si e os *outputs*, medidos em termos de medidas de qualidade, produtividade e rendimento.

Assim, tentando dar um primeiro passo na tentativa de “antever e compreender o comportamento dos processos e seus parâmetros envolvidos na maquinação da madeira” e propor soluções baseadas numa melhor resposta técnica/económica, o objectivo desta proposta consiste na análise dos processos de fabricação, apoiada nos conhecimentos da engenharia industrial e da gestão de processos de produção.

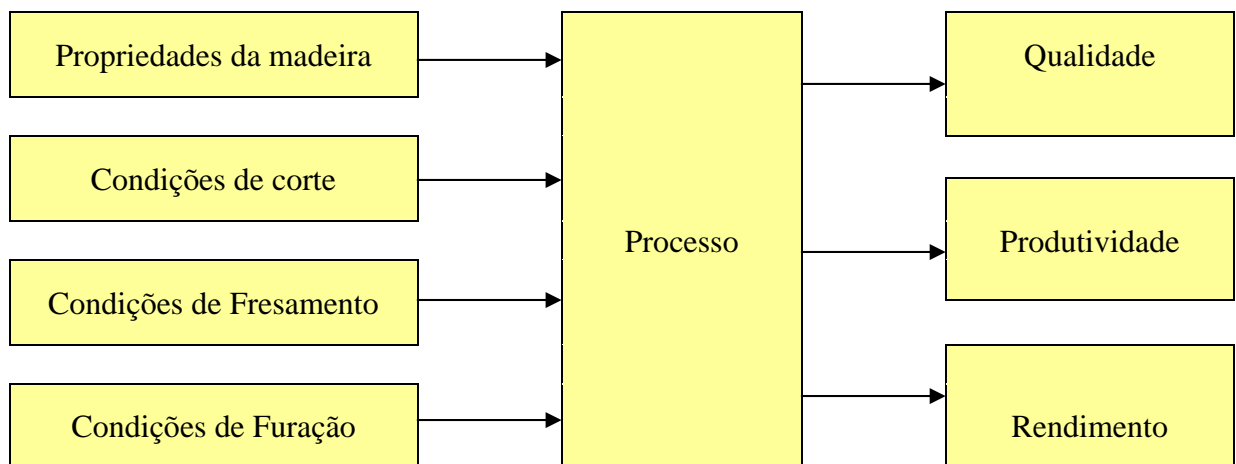


Figura 3 - Variáveis que contribuem para a eficiência nos processos de maquinação da madeira (LUCAS FILHO, 2002)

A maquinação da madeira, análise de desperdício e suas relações de causa efeito com variáveis envolvidas na melhorias de 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.

1.3 Objectivos

Diante deste contexto e da necessidade de gerar informações que contribuam para a melhoria da eficiência dos processos de maquinação envolvidos na fabricação de móveis de madeira os objectivos deste estudo são os seguintes:

1.3.1 Objectivo geral

A partir da análise do desempenho dos processos de maquinação da madeira, na fabricação de portas para mobiliário de cozinha, quantificar os desperdícios totais resultante do processo produtivo.

1.3.2 Objectivo específico

Para suportar o cumprimento do objectivo geral, são propostos os seguintes objectivos específicos:

Identificar e quantificar os desperdícios em cada operação do processo produtivo.

1.4 Premissas da pesquisa

1.4.1 Premissa básica

Qual é a premissa básica?

A premissa básica deste trabalho é melhorar a compreensão dos sistemas de fabricação permite uma melhor orientação para a tomada de decisões na fase de planeamento do processo, oferecendo o suporte tecnológico necessário para o melhor dimensionamento dos processos de fabricação de portas de madeira para o mobiliário de cozinha, visando a melhoria destes.

1.4.2 Premissas secundárias

Quais são as premissas secundárias?

São premissas secundárias deste trabalho:

A adoção de valores de referência para as operações dos sistemas de produção permite o estabelecimento de padrões de desempenho operacional, próximos daqueles esperados pelo mercado, tendo em vista a competitividade deste mercado;

A compreensão dos sistemas de produção de portas de madeira maciças e as relações entre as variáveis envolvidas nos processos de maquinação permitem uma melhoria expressiva nos processos de produção e facilitam o planeamento do sistema produtivo.

1.5 Justificação da Pesquisa

A maior parte das empresas da Indústria de Mobiliário, embora tantas vezes conhecedoras não só dos seus meios e potencialidades, como dos equipamentos existentes no mercado, não conseguem, por excesso de empenho nas tarefas diárias, procurar as melhores soluções para a eficiência da organização, para as alterações dos métodos de produção e para a introdução de novas tecnologias, conjunto este indispensável para conseguir uma maior competitividade e rentabilidade.

Assim sendo, com este trabalho pretende-se estudar/calcular a quantidade de desperdícios ao longo de uma linha de produção de portas em madeira, de modo a identificarem-se as operações críticas. Estes pontos são importantes para que se processe uma optimização dos cortes com a consequente redução do custo unitário de produção e aumento da capacidade competitiva.

Para implementar tais iniciativas, além do conhecimento das propriedades das madeiras utilizadas, é primordial melhorar o conhecimento sobre a melhor forma de industrializa-las, estudando os factores que contribuem para a eficiência dos processos de transformação da madeira em peças e componentes de móveis. O problema em estudo propiciará uma avaliação dos sistemas de fabricação como forma de melhorar o planeamento do processo e a produção de móveis de madeira.

A definição das variáveis envolvidas no processo produtivo de transformação da madeira em móveis, bem como o estabelecimento de suas relações com os demais recursos envolvidos na produção permitirão dimensionar o processo no sentido de maximizar a produtividade reduzindo assim os desperdícios. A rentabilidade da actividade será maior quanto mais eficiente forem os processo de transformação da matéria-prima e quanto mais ajustados ao mercado estiverem os padrões de qualidade dos produtos.

1.6 Relevância do estudo

O conhecimento do desempenho do conjunto, máquina ferramenta para cada operação e para cada tipo de material da peça, proporciona o estabelecimento de parâmetros competitivos para o processo de maquinação tais como: a melhor geometria para cada ferramenta; as melhores condições de corte; e, os materiais mais adequados, para que se alcance o melhor desempenho no processo de transformação da madeira em móveis ou componentes.

Várias pesquisas têm abordado a análise de sistemas produtivos na indústria da madeira, entre as desenvolvidas por BONDUELLE (1997), LIMA (1998), SILVA (1999), TOMASELLI (2000) e FARIAS (2000). Estes estudos fazem o levantamento de indicadores das áreas de actuação para obter-se a melhoria dos processos produtivos. Porém, não está contemplado nestes estudos a análise de desperdícios da matéria-prima.

Várias outras pesquisas foram direccionadas para os processos básicos de maquinação e seus avanços, incluindo estudos da interacção entre material da ferramenta e material da peça, o desenvolvimento de máquinas utilizadas no processamento da madeira, os métodos de avaliação da qualidade da superfície maquinada utilizando mecanismos ópticos, o monitoramento e controle dos processos utilizando indicadores como potência consumida, emissão acústica, por fim, a avaliação do defeito da madeira sobre o desgaste.

Entre os principais estudos destes temas estão as pesquisas desenvolvidas por MOTE (1979), THUNEL (1982), MCKENZIE (1993), KOMATSU (1993), HUBER (1997), BIRKELAND (1997), MUNZ (1997), SCHAJER (1999), SZYMANI (2001), MEAUSOONE (2001), TANAKA (2001), LEMASTER (2001). Porém, todas estão voltadas para a análise da interacção ferramenta-madeira procurando identificar relações para estimar a melhoria de algumas propriedades isoladas das ferramentas e condições de corte em laboratório, sem a devida avaliação dos resultados práticos destas interacções em termos da melhoria da

eficiência produtiva no ambiente fabril. Também estes estudos não contemplam os desperdícios ao longo de uma linha de produção.

Por isso, baseado no actual estado da arte e da tecnologia sobre o assunto, justifica-se a importância deste estudo, o qual baseia-se na necessidade de gerar alternativas para a melhoria da qualidade dos produtos e da eficiência dos processos de transformação industrial da madeira, o que resultaria em menos desperdício de recursos produtivos, redução dos custos da produção e melhoria da qualidade dos produtos fabricados.

1.7 Delimitação do assunto da pesquisa

Esta pesquisa analisa o processo de fabricação numa indústria de móveis (linha de portas), procurando caracterizar os aspectos como qualidade de produto, eficiência produtiva e análise de desperdícios (operação de corte, fresamento, furação, e lixagem) para, a partir de resultados de investigações teóricas e práticas, propor alterações e estabelecer procedimentos que procurem melhorar a produtividade do processo de produção e avaliar a quantidade de desperdício. A figura 4 ilustra a focalização do trabalho dentro da cadeia produtiva.

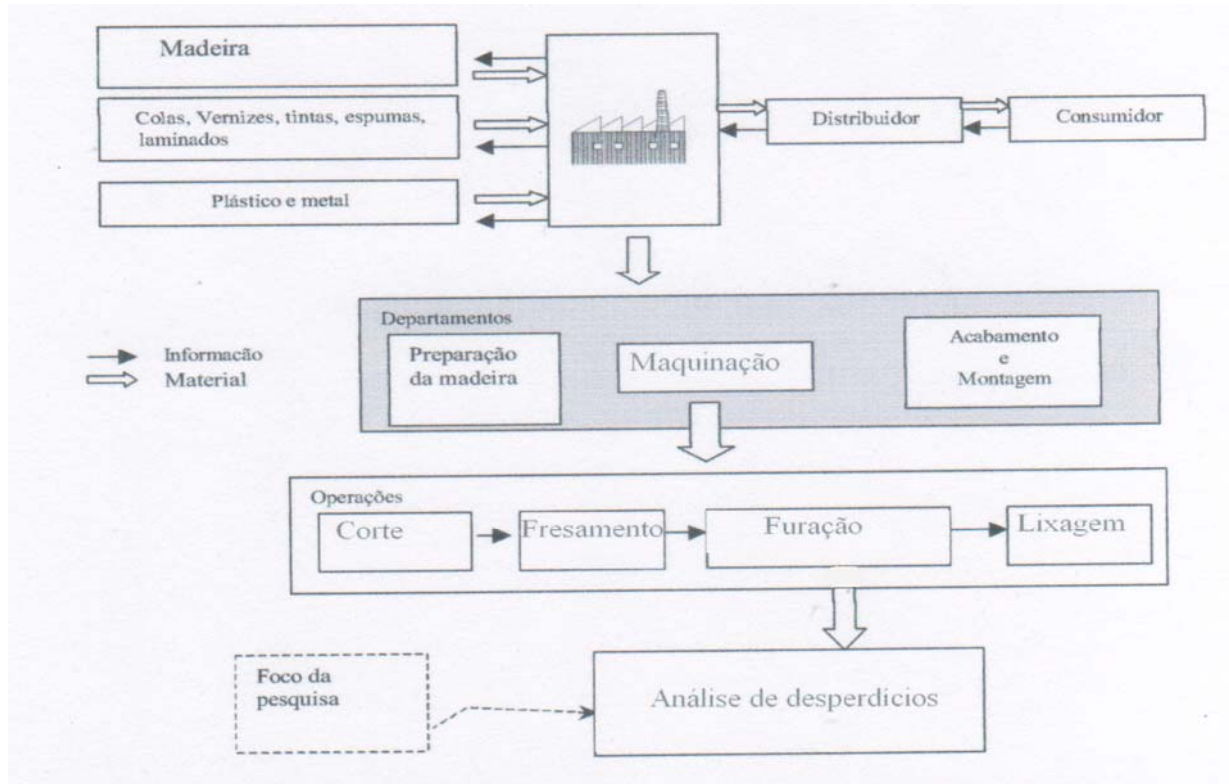


Figura 4 - Esquema ilustrando a focalização e os limites da pesquisa dentro da cadeia produtiva de portas de carvalho.

A escolha de uma empresa de móveis de cozinha deve-se ao facto de se enquadrar num segmento industrial onde há maior carência de informações sobre factores de melhoria do processo, vem como a quantificação de desperdícios.

A focalização do estudo neste segmento da indústria de móveis de cozinha facilitará, também, a utilização dos resultados para auxiliar na melhoria dos processos de transformação noutras empresas de madeira que utilizem processos de produção semelhantes.

A pesquisa abordará apenas os processos de maquinação das indústrias da chamada segunda transformação da madeira (carpintarias, empresa de mobiliário, etc.). Outras operações de corte envolvidas nas demais fases tais como abate, descasque, desgalhamento, selecção do toro, serração do toro em tábuas ou pranchas não serão abordadas nesta pesquisa.

Serão estudadas as quantidades de desperdícios na produção de portas para mobiliário de cozinha, observando os índices de falhas e rejeição dos produtos fabricados, ou seja, a eficiência nos processos de corte, fresamento, furação e lixagem dos componentes das portas.

O principal foco da pesquisa será a análise da eficiência dos processos de maquinação, o qual terá ligação directa com rendimentos e desperdícios.

1.8 Estrutura da tese

O trabalho divide-se em 5 capítulos. No capítulo 1 são abordados aspectos relativos à contextualização e apresentação do problema de pesquisa, relevância, originalidade e contribuição científica do estudo e justificação da pesquisa, bem como os resultados esperados, seus avanços e contribuições para a actividade do planeamento do processo produtivo.

No capítulo 2 é apresentado um estado da arte sobre os assuntos envolvidos na pesquisa envolvendo as abordagens sobre o planeamento da estratégia produtiva, dificuldades na implementação e limitações de aplicação na busca pela melhoria do desempenho do processo de transformação da madeira de móveis e os respectivos desperdícios ao longo da cadeia produtiva.

No capítulo 3 é apresentada a metodologia para alcançar os objectivos propostos, estatísticas, métodos e análise de dados. No capítulo 4 são apresentados e discutidos os resultados obtidos pela aplicação da metodologia onde foi avaliada a eficácia do método em alcançar os objectivos propostos, suas virtudes e deficiências.

Finalmente, no capítulo 5, são apresentadas as conclusões da pesquisa, a síntese dos resultados e a adequação aos objectivos propostos, a confirmação ou negação das premissas do estudo e apresentadas recomendações para futuros trabalhos de pesquisa na área como forma de complementar os resultados aqui desenvolvidos.

1.9 Benefícios da pesquisa

O presente estudo traz vários benefícios para a actividade do planeamento e produção em indústrias de móveis de madeira, considerado factor fundamental para a melhoria da competitividade do sector. Entre os benefícios da pesquisa estão:

- Geração de informações necessárias para a melhoria dos processos de maquinação, salientando as questões relacionadas com a produção de móveis de madeira a partir da análise do processo pelo qual o mesmo é produzido.

- A análise do desempenho das operações no que se refere ao desperdício gerado em cada operação envolvida no processo.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Características da indústria de móveis

Os diversos estudos realizados para melhorar a eficiência produtiva nas indústrias do sector têm sido desenvolvidos visando não somente reduzir a perda e volume de resíduos gerados na fabricação, mas, também melhorar a gestão da empresa a qual deve empenhar-se em implementar uma estratégia para melhorar métodos e processos no sentido de agregar valor aos produtos e gerar produtos com padrão de qualidade e preços competitivos. (ALMEIDA, 1998).

Para BONDUELLE (1997) a competitividade de empresas madeireiras está intimamente relacionada com a qualidade dos produtos e com a eficácia dos processos. Países desenvolvidos como Itália e Alemanha mantêm as suas vantagens competitivas baseando-se no grau de modernização das suas máquinas e equipamentos, pois a indústria de máquinas para móveis nesses países está bem actualizada tecnologicamente. Esses países estão entre os líderes do comércio internacional de móveis e são caracterizadas pela sua organização industrial, com reduzida verticalização da produção, especialização das diversas etapas e tipos de produtos desenvolvidos.

2.2 Mercado de móveis: caracterização genérica

O mercado consumidor de móveis concentra-se, basicamente, nos países desenvolvidos. Os países europeus somados com EUA, Canada e Japão foram responsáveis por aproximadamente 85% das importações mundiais de móveis. O principal país importador de móveis é os EUA (21%), respondendo por 1/5 das importações mundiais. Entretanto, a principal região importadora é a Europa, que representa mais da metade das importações mundiais (52%).

Um ponto que merece destaque é a tendência de crescimento do comércio internacional de móveis, não apenas para produtos acabados, mas também para partes desses produtos, peças e produtos semi-acabados. Assim como as importações, as exportações também estão concentradas nos países desenvolvidos. A Europa participa com mais de 60%

das exportações mundiais de móveis. Apenas a Itália, que exerce a liderança neste mercado, responde por 18%, sendo seguida por Alemanha (10%) e Dinamarca (5%). EUA e Canadá respondem por 14% das exportações mundiais. Apenas estes cinco países controlam quase metade das exportações mundiais de móveis.

2.3 Principais características do segmento de móveis de madeira

Em Portugal, assim como em outros países, a indústria de móveis caracteriza-se pela organização em pólos regionais, sendo o principal na zona norte (Paços de Ferreira). Como se pode verificar através da figura 5 a maioria das empresas (58,2%) localiza-se no Norte do país surgindo em segundo lugar, as regiões Centro, Lisboa e Vale do Tejo com 17,6% das empresas em cada.

Quanto às regiões autónomas, é no arquipélago dos Açores que se concentra o maior número de empresas (102), enquanto que no arquipélago da Madeira existem registos de 77 empresas (Figura 6 e Figura 7).

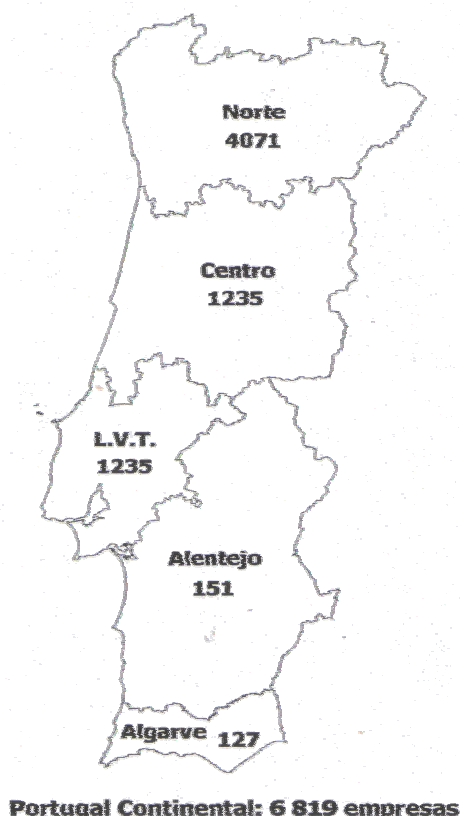


Figura 5: Distribuição das empresas do sector da Indústria da Madeira e Mobiliário existentes em Portugal continental.

(Fonte: Ministério do Trabalho e da Solidariedade 2006)

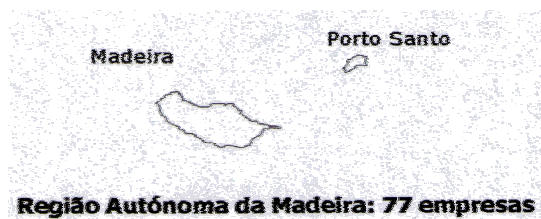


Figura 6: Empresas do sector da Indústria da Madeira e Mobiliário existentes na região autónoma da Madeira.

(Fonte: Ministério do Trabalho e da Solidariedade 2006)

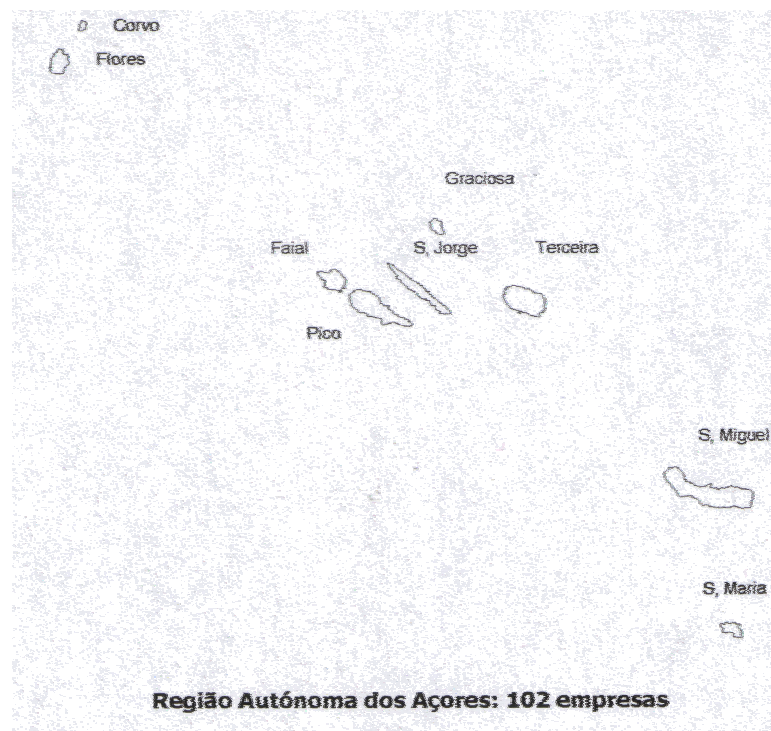


Figura 7: Empresas do sector da Indústria da Madeira e Mobiliário existentes na região autónoma dos Açores.

(Fonte: Ministério do Trabalho e da Solidariedade 2006)

Neste sector industrial, apesar de ser heterogéneo podem, no entanto, ser assinaladas as seguintes características genéricas: o predomínio de pequenas e médias empresas (onde

existem muitas unidades de estrutura familiar); a mão-de-obra pouco qualificada; a existência de diferenças acentuadas nas tecnologias utilizadas; e os distintos níveis de produtividade.

2.4 Factores de sucesso do produto

Numa pesquisa (ABIMOVEL 2002) sobre os factores competitivos do sector de móveis, as empresas destacam, em primeiro lugar, o preço e depois a marca dos produtos como sendo os principais factores que explicam o sucesso na comercialização. Em geral, as grandes empresas ressaltaram a marca dos seus produtos, enquanto as pequenas e médias (PME) destacaram o preço, como factor competitivo mais importante. Portanto, a procura pela melhoria da eficiência produtiva, a qual tem efeito directo sobre os custos e a formação do preço, torna-se factor decisivo na busca da competitividade. Além da melhoria dos processos de produção outro factor de competitividade destacado foi o design dos produtos. No processo de produção, o design é uma actividade importante na estratégia empresarial, que visa fixar a marca do produto no mercado e estreitar o relacionamento entre empresa e consumidor.

Deste modo, o design constitui um factor essencial para agregar valor e criar identidades visuais para produtos, serviços e empresas definindo, em última análise, a personalidade das empresas no mercado. Hoje é identificado como um elemento estratégico de diferenciação comercial das empresas.

Segundo FERREIRA (1986) o design de móveis ocupa-se do desenvolvimento de produtos que constituem a mobília no ambiente doméstico ou de trabalho. Para isso, muitos materiais foram utilizados ao longo dos tempos. Contudo, a madeira continua a ser o material mais utilizado na fabricação de móveis.

TEIXEIRA (2001) concluiu que os factores que contribuem para a competitividade no mercado de móveis são a actualização dos equipamentos, especialização produtiva, o controlo de desperdícios, a diferenciação e o design em detrimento do preço. Mas em relação ao uso de novos materiais, as empresas dependem de inovações tecnológicas oriundos de fontes externas.

A importância do *design* para a competitividade das empresas incentivou alguns países a desenvolverem acções governamentais, visando incentivar, promover e proteger a inovação. Para se conseguir produtos diferenciados, exclusivos e com preço competitivo é preciso contar com tecnologia adequada. As máquinas mais modernas contam com sistema de controlo, definido a partir de uma programação que busca obter a melhor maneira de realizar

certas tarefas contribuindo assim para a redução de desperdícios. É a chamada "tecnologia inteligente", que funciona através de alimentação de dados, que pode ser feita através de um único computador, conectado em rede com a fábrica. O melhor é que tecnologias assim permitem a programação e controle para diferentes tarefas, podendo gerar produtos diferentes ao mesmo tempo. Com regulação automática das máquinas o *lay-out* pode mudar a configuração de forma rápida e automática (MALDONADO, 2001).

2.5 Propriedades da madeira

O conhecimento das propriedades da madeira e do seu comportamento durante a maquinação é de fundamental importância para a sua correcta utilização, bem como para a sua selecção, permitindo assim um melhor aproveitamento e consequentemente reduzir o desperdício.

Vários estudos sobre a qualidade da madeira e suas propriedades têm sido desenvolvidos ao longo dos anos. Entre os mais importantes para os propósitos deste trabalho estão os de KOCH (1964), PANSIN & ZEEUW (1980), KOLLMANN; COTÊ (1984), TUSET e DURAN (1986).

A madeira é um produto do tecido xilemático dos vegetais superiores, localizados em geral no tronco e galhos das árvores, com células especializadas na sustentação e condução de seiva. O xilema é um tecido estruturalmente complexo composto por um conjunto de células com forma e função diferenciadas e é o principal tecido condutor de água nas plantas vasculares. Possui ainda as propriedades de ser condutor de sais minerais, armazenar substâncias e sustentar o vegetal, SOUZA(1999).

Os principais tipos de células encontradas no xilema são fibras, elementos de vaso, raios, traqueídeos, parênquima axial e algumas estruturas especiais são características de determinadas espécies, géneros ou famílias, como os canais resiníferos, canais secretores axiais, fibrotraqueídeos e outras. A Figura 8, ilustra a estrutura microscópica de uma madeira de folhosas, mostrando os principais elementos constituintes do lenho (KOLLMANN; COTÊ, 1984).

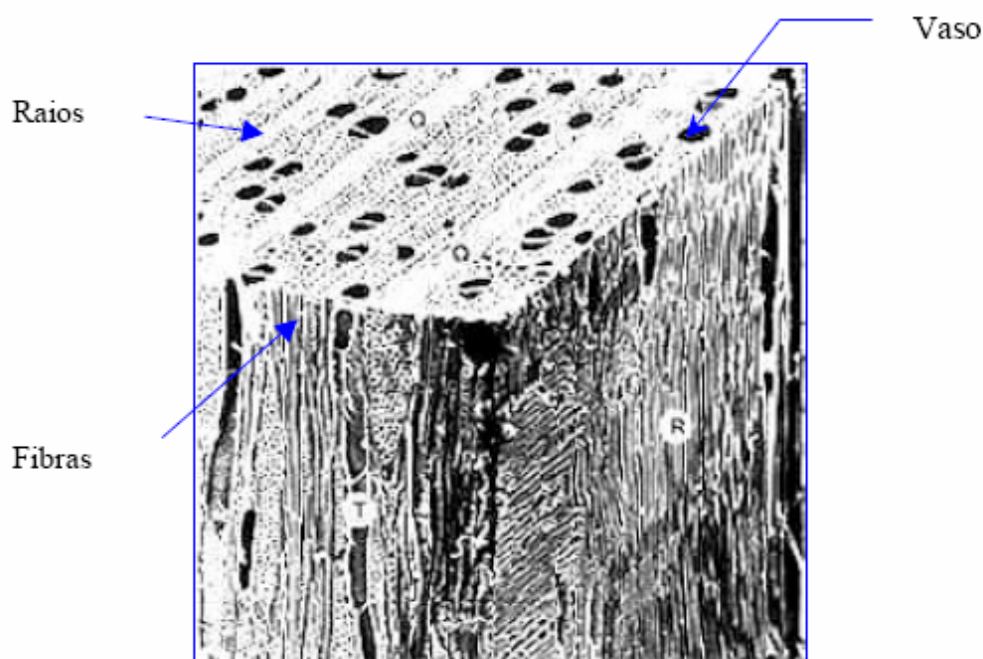


Figura 8 - Estrutura anatômica da madeira das angiospermas (*hardwoods*).

Fonte: IAWA – www.iawa.com¹

¹ IAWA – *International anatomist of wood association*

As propriedades mecânicas definem o comportamento da madeira quando submetida a esforços de natureza mecânica. Para sua classificação e definição da aptidão ao melhor uso industrial são determinadas a resistência à compressão axial (na direção paralela às fibras), à flexão estática, resistência à tração, cisalhamento nos sentidos paralelo e normal às fibras, compressão perpendicular às fibras, resistência à flexão dinâmica (impactos ou choques), elasticidade e, especialmente importante para a maquinação, a resistência a penetração localizada, ao desgaste e abrasão, conhecida por dureza superficial (KOCH, 1964).

SILVA (1994) afirma que o desenho dos móveis deve basear-se nas características técnicas da madeira utilizada e as dimensões de cada componente, por sua vez, devem estar adaptadas à resistência da madeira em questão e ao tipo de carga que o móvel deverá suportar em serviço. Ressaltam, ainda, a importância da massa específica e do módulo de elasticidade (MOE) e módulo de ruptura (MOR) na utilização da madeira para fabricação de móveis. Para madeiras utilizadas em componentes de móveis com elevado esforço, como peças de cadeiras, camas, mesas, estantes, bancos e sofás, o mesmo autor recomenda um material que apresentasse

valores próximos de 120 kgf/cm² de módulo de elasticidade e de 800 kgf/cm² de módulo de ruptura.

Outras características da madeira são capazes de serem percebidas pelos sentidos humanos tais como visão, olfacto e tacto e são conhecidas como propriedades organolépticas. Elas têm considerável influência sobre as características valorizadas na produção de móveis. Entre elas estão a cor, o odor, a resistência ao corte manual, peso específico, textura, direcção das fibras (grão), figura e o brilho (KOLLMANN; COTÊ, 1984).

Do ponto de vista químico, o xilema é um tecido composto por vários polímeros orgânicos. A parede celular do xilema tem como estrutura básica a celulose que representa cerca de 40-45% do peso seco da maioria das madeiras. Além da celulose está presente na madeira a hemicelulose, formada por muitas combinações de pentoses de açúcares (xylose e arabinose). O terceiro maior constituinte da madeira é a lenhina, molécula polifenólica tridimensional, pertencente ao grupo dos fenilpropanos, de estrutura complexa e alto peso molecular. Confere à madeira a resistência característica a esforços mecânicos.

Outras substâncias químicas estão ainda presentes nas madeiras, como os extrativos (resinas, taninos, óleos, gomas, compostos aromáticos e sais de ácidos orgânicos).

Segundo SILVA (2002) a massa específica da madeira é o resultado de uma complexa combinação dos seus constituintes internos. É uma propriedade importante e fornece inúmeras informações sobre as características da madeira, devido à sua íntima relação com várias outras propriedades, tornando-se um parâmetro normalmente utilizado para qualificar a madeira, nos diversos segmentos da actividade industrial.

Para PANSHIN & ZEEUW (1980), a massa específica pode variar entre géneros, espécies do mesmo género, árvores da mesma espécie e, até mesmo, entre diferentes partes da mesma árvore. À medida que o peso específico aumenta, elevam-se proporcionalmente a resistência mecânica e a durabilidade e, em sentido contrário, diminuem a permeabilidade a soluções preservantes e a trabalhabilidade.

SILVA *et al.* (1999) asseguraram que a massa específica é um bom indicador de qualidade da madeira, em função das várias correlações com outras propriedades, tais como propriedades mecânicas, e, características anatómicas importantes para a definição da maquinabilidade.

O teor de humidade é uma propriedade física que tem grande influência na maquinação da madeira. A água na madeira pode estar presente preenchendo os espaços vazios dentro das células ou entre elas (água livre ou água de capilaridade), pode estar aderida à parede das células (água de adesão) ou pode estar na estrutura química do próprio tecido (água de constituição). Esta última, somente pode ser eliminada através da combustão do

material. O ponto de saturação das fibras (PSF) é o teor de humidade no qual a madeira deixa de ter água livre e passa a ter somente água de adesão e água de constituição (KOLLMANN; COTÉ, 1984).

Alguns defeitos naturais presentes na madeira também têm influência sobre o desempenho dos processos de maquinação e contribuem para os desperdícios finais da madeira. Entre os principais defeitos da madeira para a sua utilização industrial estão a granulometria irregular, variações na largura dos anéis de crescimento, crescimento excêntrico, o lenho de reacção, nós, tecidos de cicatrização, defeitos na forma do tronco, defeitos de secagem, defeitos de processamento e a influência de agentes físicos e bióticos.

Segundo LYPTUS (2002), os problemas decorrentes das variações de granulometria, cor, rachaduras superficiais, empenamentos leves e contracções podem ser corrigidos ou minimizados através de técnicas adequadas de processamento (desdobro e secagem), maquinação e acabamento.

2.6 Defeitos da madeira

Um dos aspectos mais importantes no estudo das madeiras é, indiscutivelmente, o que respeita aos defeitos, à sua formação e às consequências tecnológicas no aproveitamento da matéria lenhosa, uma vez que todas as irregularidades ou desvios na madeira diminuem a sua capacidade de utilização.

Os defeitos são entendidos como irregularidades, discontinuidades ou anomalias estruturais, alterações químicas ou de coloração, modificação morfológica do fuste ou das peças, originada durante a vida da árvore, na exploração e transporte da madeira, na conversão primária, na secagem, em diversas operações tecnológicas, sempre que qualquer um destes aspectos comprometa o valor intrínseco da madeira. São portanto, considerados defeitos da madeira todas as irregularidades ou imperfeições, na sua constituição e estrutura, que alterem e prejudiquem as suas propriedades físicas e mecânicas e por conseguinte, a sua utilização.

A Norma Portuguesa NP-180 define as mais importantes causas de desvalorização das madeiras, as quais podem agrupar-se quanto à origem, da seguinte forma:

- Defeitos produzidos durante a formação do lenho;

- Defeitos produzidos durante a exploração das madeiras;
- Defeitos produzidos durante a secagem;
- Defeitos produzidos durante a conversão e a laboração.

2.6.1 Defeitos de produção

Grande parte dos defeitos que as madeiras apresentam ocorre durante a formação do lenho. Contudo, a sua natureza é diversa: genética, edafo-climática, cultural e biótica. Os defeitos de origem genética estão relacionados com factores que se manifestam por desvios de ordem morfológica da árvore ou da estrutura anatómica. Podem mencionar-se quanto ao primeiro aspecto, os defeitos de conformação do fuste – fuste torto, fuste escasso e fuste espiralado entre outros. Também se incluem aqui os nós e o fuste rajado, aspectos intimamente ligados e que constituem graves defeitos para a madeira. Nos defeitos de estrutura, igualmente de natureza genética, devem citar-se o fio torcido e o fio revesso, bem como o fio ondulado e o fio irregular. O desvio do fio é avaliado pelo afastamento angular das fibras em relação a uma linha paralela ao eixo ou às arestas da peça. O fio torcido advém de uma orientação anómala, das células lenhosas que em vez de se disporem paralelamente à medula, se distribuem segundo uma espiral em torno dela.

As condições do solo e do clima em que a árvore se desenvolve são responsáveis pelos defeitos de natureza edafo-climática. Como exemplos temos o anel largo, o anel estreito, bem como em certos casos o fio torcido. O perfil do solo e a irregularidade da queda pluviométrica influenciam o aparecimento destes defeitos. Por outro lado, o próprio porte da árvore pode ser condicionado pela estrutura do terreno. Além disso, os lenhos de reacção e o fuste com medula excêntrica, podem ser atribuídos a causas externas que dependem do clima e do solo. As condições meteorológicas podem estar na origem de defeitos acidentais, quase sempre incontrolláveis pelo homem e muitas vezes de considerável gravidade. Incluem-se aqui o anel descontínuo, falso borne, forquilha, bolsa de resina, bolsa de goma e fendas formadas durante a vida da árvore.

Os defeitos de origem cultural estão relacionados com o modo de cultivo da árvore. Os defeitos mais usuais são os desvios na proporção ou no tipo dos elementos constitutivos do lenho, caso do anel estreito, anel largo, anel desigual, lenho de reacção entre outros, bem como as particularidades morfológicas, caso dos nós (Figura 9), fuste escasso, fuste torto e feridas de resinagem. Os nós são um dos maiores problemas que afectam as propriedades

mecânicas da madeira. É exemplo disso a ruptura de vigas com nós de crescimento, quando submetidas à flexão (Figura 10).



Figura 9 - Presença de nós

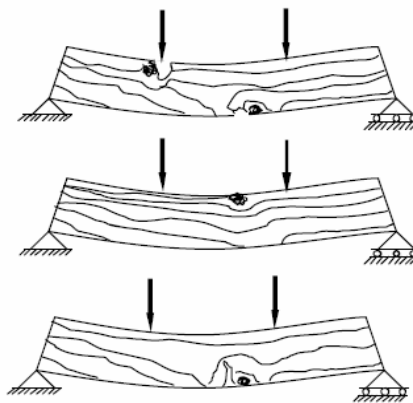


Figura 10 - Ilustração de ruptura de vigas flectidas com influência dos nós.

Os defeitos originados pela acção de seres vivos (fungos e insectos) designam-se por bióticos. Mencionam-se, como mais importantes, as podridões (Figura 11), os ataques de insectos (Figura 12), os tumores e cancos.



Figura 11- Podridão branca

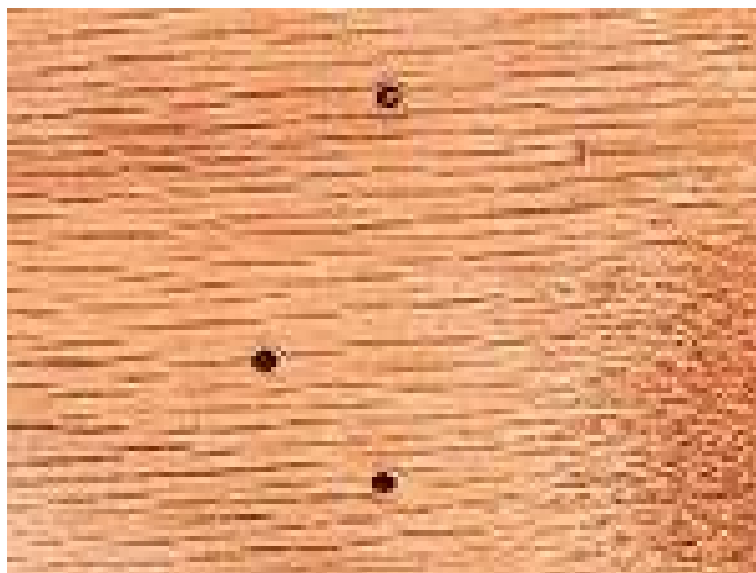


Figura 12 - Ataque a insectos xilófagos

2.6.2 Defeitos de exploração

Os defeitos de exploração ocorrem na altura das operações de colheita e de transporte. Dizem respeito ao abate (cavidade de abate, falha de abate e fractura de abate), à extracção, à conservação na mata (azulado, fendimento terminal) e ao transporte.

2.6.3 Defeitos de secagem

Os defeitos de secagem ocorrem durante a dissecação do lenho. Os defeitos mais frequentes são as fendas de secagem como rachas (Figura 13) e fendimento superficial, empenos em forma de arco, em meia-cana, em aduela, em hélice, colapso e queimado de estufa.

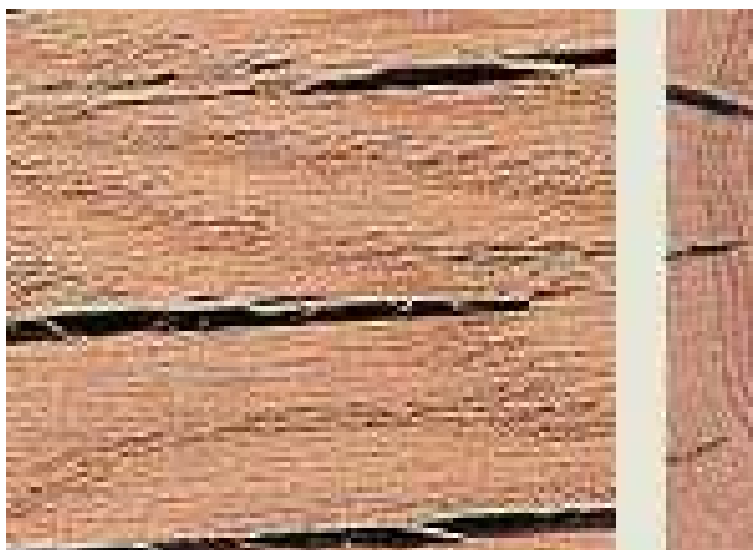


Figura 13 - Fendas de secagem

2.6.4 Defeitos de conversão e de laboração

Os defeitos de conversão e de laboração resultam da má utilização das máquinas e ferramentas. Os defeitos mais correntes são a falha, o descaio, o desvio de dimensões, o

desvio de corte, o fio diagonal, os ressaltos, os riscos de serra e as rugosidades. Um dos defeitos mais importantes resulta da peça serrada conter medula, o que provoca diminuição da resistência mecânica e facilita o ataque biológico, e podem originar fendas no cerne próximo da medula decorrentes de fortes tensões internas devido ao processamento.

2.7 Processo produtivo e tecnologia de fabricação de móveis

O padrão tecnológico da indústria portuguesa de móveis é reconhecidamente muito heterogéneo, variando de zona para zona, e de acordo com o porte das empresas.

Entretanto, antes da introdução do design próprio, é importante que as empresas avancem na capacidade de produção, 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 móveis e, também, é a actividade que agrega maior valor ao produto e simultaneamente maior desperdício durante a sua produção.

2.7.1 Processo de fresamento

No seu livro sobre acabamento da madeira, GONÇALVES (2000) cita, entre as operações mais importantes, o fresamento periférico e o corte ortogonal. Os movimentos relativos entre peça e ferramenta, no caso do fresamento periférico, são classificados em fresamento discordante e concordante, classificação também adoptada para maquinação de metais. Em todos os casos são importantes os conhecimentos da velocidade de corte, da velocidade de avanço, do ângulo de direcção efectiva e do ângulo de direcção de avanço, além das grandezas de percurso.

O fresamento periférico, também chamado de aplainamento para processos de maquinação da madeira, envolve a remoção de cavaco em operação de desbaste ou acabamento da superfície. O conjunto do cabeçote, porta-ferramentas com lâminas de corte, mais suportes de fixação é de uso universal em máquinas para trabalhar madeira nos processos de aplainamento e fresamento nas mais variadas formas (rasgos, rebaixos, chanfros, molduramento em perfis, etc). Vários estudos sobre o fresamento da madeira relacionam

geometria e material da ferramenta, condições de corte e propriedades da madeira. Entre eles estão os trabalhos de KOCH (1964), KOLLMANN; COTÊ (1984) e GONÇALVES (2000).

O processo de fresamento é considerado, por vários autores de trabalhos sobre maquinação da madeira, a operação mais importante na produção de peças e componentes de móveis de madeira. Entre eles estão as pesquisas de KOLLMANN; COTÊ (1984), BIANCHI (1996) e FARIAS (2000), sendo que o fresamento de perfil (perfilagem periférica e de topo), devido à diversidade de possibilidades de aplicações é considerado o mais importante na indústria das madeiras.

Segundo BIANCHI (1996), como o movimento da lâmina de corte em relação à peça apresenta as componentes de velocidade de giro da ferramenta e avanço da peça, a resultante é um ciclóide, em geral alongado, pois a velocidade tangencial da ferramenta é superior ao avanço da peça. Como no caso dos metais, a maquinação da madeira por fresamento pode ser concordante ou discordante. No primeiro caso, o acabamento final da peça é melhor e a potência de maquinação é maior, porém, o fresamento discordante continua a ser mais utilizado devido a menor perigosidade para o operador.

STEMMER (2001) no seu livro sobre maquinação de metais, chama a atenção para as características do processo de fresamento. Segundo o autor, normalmente a peça efectua o movimento de avanço em baixa velocidade enquanto que a ferramenta gira a uma velocidade relativamente alta (da ordem de 10 a 150 m/s). Essa relação também é válida para madeira. (FARIAS, 2000) e STEMMER (1995) classificam o fresamento em plano, circular, de forma de perfis e de geração. No seu livro sobre ferramentas de corte, STEMMER (2001), mostra os métodos de fresamento empregados (periférica concordante e discordante e frontal), o grau de acabamento e suas relações com as condições de corte e geometria das ferramentas, os tipos de fresas suas formas geométricas, componentes e funções.

A tecnologia de fresamento em altas velocidades, devido á sua grande produtividade, permite a produção de peças a custos menores e com padrões de acabamento comparáveis aos obtidos no processo de lixamento (FARIAS, 2000).

Para BIANCHI (1996) o fresamento de madeira, na linguagem da indústria madeireira, trata de uma operação de aplainamento lateral ou de topo. O fresamento apresentará características diferentes conforme a orientação das fibras da madeira em relação ao movimento da ferramenta.

Nas fresas para maquinação de madeira disponíveis no mercado, as lâminas de corte podem ser soldadas ou montadas sobre o corpo da ferramenta por meio de parafusos. Neste

último caso, há maior facilidade para afiação das lâminas, porém, em contrapartida, há necessidade de um alinhamento preciso das lâminas quando da sua montagem sobre o corpo.

As operações de fresamento são realizadas utilizando fresas de perfil recto ou multiraios.

Nas operações de fresamento de perfil, o desempenho das fresas depende, também, de algumas relações geométricas que têm influência na estabilidade e segurança da ferramenta. Para isso é importante conhecer as relações entre o diâmetro da fresa, a profundidade de corte e o diâmetro interno (diâmetro do eixo) para que a ferramenta opere sem problemas. No desenvolvimento do projecto da fresa a determinação do diâmetro externo é feita em função da profundidade de corte e do diâmetro do eixo.

2.7.2 Processos de corte com serras circulares

Os processos de corte são realizados, principalmente, por serras circulares. As serras circulares apresentam uma grande variedade de diâmetros, espessuras, número de dentes e formatos dos dentes. Regra geral, quanto maior o diâmetro do disco, maior sua espessura. São considerados discos finos aqueles que apresentam a espessura igual ou menor que o diâmetro dividido por 200 (GONÇALVES, 2000).

Quanto ao tipo, as serras podem ser classificadas em serra de dentes fixos e serra dentes de postiços. As serras de dentes fixos são geralmente confeccionadas em aço carbono através do processo de estampagem, que define o formato dos dentes, os quais são posteriormente travados e afiados.

Quanto às serras de dentes postiços, vários modelos são fabricados para aplicações especiais, no entanto os mais comuns são os dentes com ponta de metal duro, conhecidos também como, ponta de carboneto de tungsténio, pastilhas de carboneto ou carboneto e pastilhas de *widia*.

Nas serras de dentes com metal duro, as pastilhas são soldadas em rebaixos preparados na superfície frontal dos dentes da lâmina e posteriormente afiados. O processo de fixação mais comum é a soldagem por indução com adição de lâmina de prata.

GONÇALVES (2000) apresenta alguns parâmetros de corte empregados para serras de dentes fixos em aço carbono e serras de dentes soldados em carboneto de tungsténio. A velocidade de corte para aplicação geral em corte longitudinal de madeiras moles varia de 47 a 50m/s. Para madeiras duras de 35 a 45 m/s.

O número de dentes é afretado pelo tipo de trabalho, acabamento ou desbaste, altura dos dentes, espécie de madeira, tipo de cavaco produzido, potência de corte necessária, velocidade de corte e velocidade de avanço.

O corte de madeira “verde” requer menor número de dentes do que para o corte de madeira seca em corte de acabamento. O corte transversal também requer um número de dentes maior que para o corte longitudinal. Para serras de corte longitudinal é recomendado o uso de discos com 32 a 42 dentes e para serras destopadeiras de pêndulo, de 60 a 78 dentes. Quanto mais moles e “verde” a madeira, menor o número de dentes. Para madeira de dicotiledôneas de média e alta massa específica e seca são utilizadas serras com 42 dentes.

A altura dos dentes depende do passo entre eles, a fim de garantir uma boa rigidez. Para isso, é recomendado manter a relação altura/ passo entre 0,35 e 0,50. Quanto à potência requerida, esta aumenta à medida que aumenta o número de dentes para o mesmo diâmetro de disco.

A velocidade de avanço, assim como outros parâmetros, também são afectados por factores como tipo de madeira, teor de humidade, potência disponível e altura de corte.

GONÇALVES e RUFFINO (1989) ao estudarem os processos e parâmetros de corte no serramento de madeiras, concluíram que, para discos de serras com dentes travados, velocidade de avanço entre 10 e 20 m/min, passos inferiores a 50 mm e cortes longitudinais de madeiras secas, há um decréscimo do número de dentes conforme cresce a altura de corte para diferentes diâmetros de disco. GONÇALVES (2000) apresenta diferentes perfis de dentes de serras de aço carbono (Figura 14) que são classificados do seguinte modo:

- a) Recomendado para corte longitudinal de desdobro, de refilamento e de resserra;
- b) Utilizado para corte transversal, em serramento de destopo;
- c) Utilizado em corte de até 35 mm de altura em corte longitudinal de acabamento e madeira seca;
- d) Utilizado em cortes longitudinais e transversais de acabamento fino;
- e) Com limitador de avanço de peças com elevada espessura, utilizado em máquinas de avanço automático.

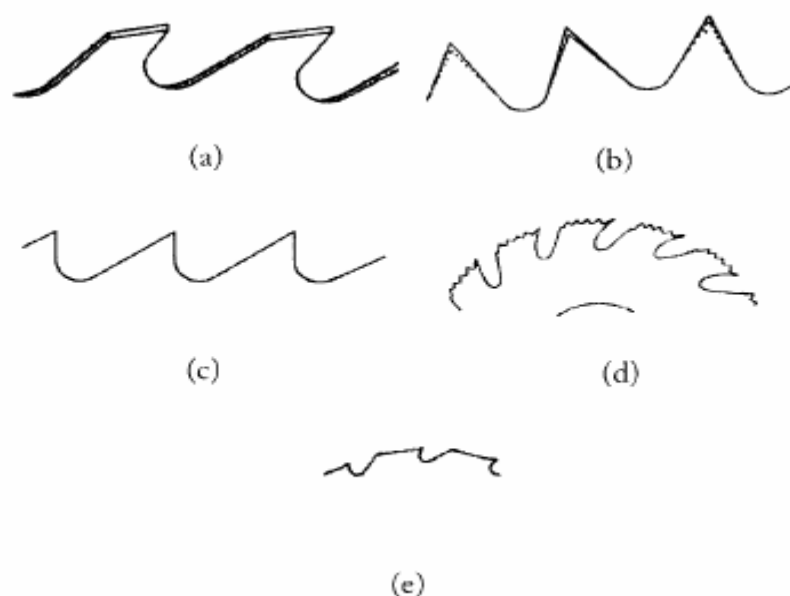


Figura 14 - Perfis para serras circulares (TUSET e DURAN, 1986)

A geometria do gume cortante dos dentes das serras também depende do tipo de madeira, teor de humidade, direcção das fibras em relação à direcção de corte e potência de corte. Para madeiras moles, geralmente são utilizadas ângulos de saída elevados. Para madeiras duras é necessário usar valores menores, os quais tendem a elevar a potência de corte. GONÇALVES (2000) afirma que, geralmente quanto maior o ângulo de saída, menor o esforço de corte necessário, porém, menor rigidez do gume e pior a qualidade da superfície da peça maquinada.

GONÇALVES (2000) apresenta uma relação de valores recomendados para ângulos de saída e de folga das ferramentas em função do tipo de trabalho e de madeira utilizadas (Quadro 1).

Quadro 1 – Ângulos de saída recomendados em função do tipo de madeira e de corte

Corte longitudinal	Madeira verde de baixa massa específica	Dentes travados	$\gamma = 15^\circ$ a 25°
		Dentes recalçados	$\gamma = 20^\circ$ a 25°
	Madeira seca, média e alta massa específica		$\gamma = 15^\circ$ a 20°
Corte transversal	Madeira verde de baixa massa específica		$\gamma = 15^\circ$
	Madeira seca, média e alta massa específica		$\gamma = 10^\circ$
	Destopamento pendular		$\gamma = 5^\circ$ a -5°

Fonte: Adaptado de Gonçalves (2000).

Os ângulos de incidência recomendados são mostrados no quadro 2:

Quadro 2 – Ângulos de incidência recomendados em função do tipo de corte e de madeira.

Corte longitudinal	Seccionamento e desdobro de madeiras moles	$\alpha = 20^\circ$
	Acabamento	$\alpha = 10^\circ$
	Serramento em geral de madeiras de média à alta massa específica	$\alpha = 15^\circ$
Corte transversal	Dentes de perfil a	$\alpha = 15^\circ$ a 18°
	Dentes de perfil b	$\alpha = 60^\circ$
	Dentes de perfil c	$\alpha = 45^\circ$

Fonte: Adaptado de Gonçalves (2000).

2.7.3 Processo de furação

No processo de furação da madeira são utilizadas brocas chatas e helicoidais. A furação é uma operação de desbaste, mas geralmente no caso de maquinação de madeira, não são necessárias operações subsequentes para dar acabamento ou melhorar a precisão do furo.

Segundo STEMMER (1995) na furação são levados em consideração factores como o diâmetro do furo, profundidade, tolerâncias de forma e de medidas, volume de produção. As operações de furação realizam-se sempre sob condições relativamente severas. A velocidade de corte não é uniforme e varia desde zero no centro do furo até um máximo na periferia.

As brocas helicoidais são as mais utilizadas. Elas são formadas por canais helicoidais com dois gumes principais, um gume transversal, guias e nervuras e haste. A Figura 15 mostra as principais propriedades geométricas de uma broca helicoidal.

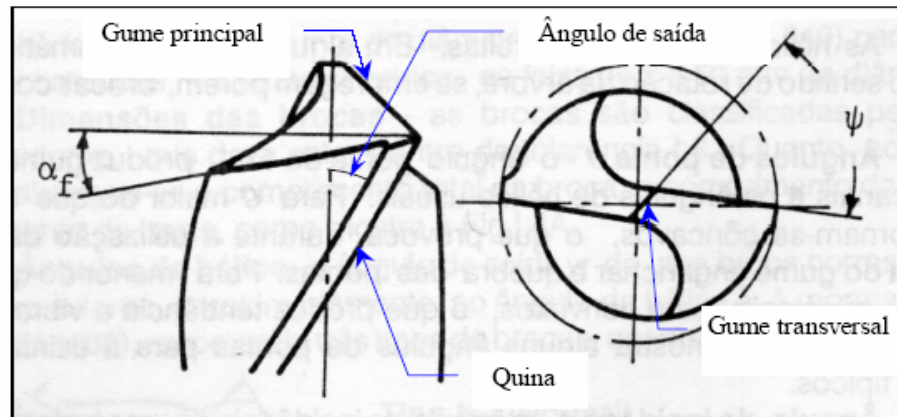


Figura 15 - Broca helicoidal: ângulo de incidência (α_f), ângulo de saída (γ) e ângulo do gume transversal (ψ). (STEMMER, 2001).

Entre os factores que afectam o desempenho da ferramenta durante a maquinação estão os ângulos de hélice (ângulo de saída), de ponta e de incidência. Outros factores como diâmetro e material da ferramenta, tipo de afiação e condições de trabalho (diâmetro do furo, profundidade, locação do furo, velocidade de corte, avanços e forças e momentos de corte) também têm um papel decisivo na optimização da maquinação por furação.

Vários exemplos de condições de trabalho para brocas helicoidais são mostrados por STEMMER (1995) onde estas são determinadas para diferentes materiais maquinados. Na furação de madeiras, a operação pode ser dividida em furação cilíndrica e furação de rasgos. Para furação cilíndrica são utilizados equipamentos como furadoras vertical simples, horizontal simples e múltipla. Para furação de rasgos são utilizadas máquinas como furadora oscilante, furadora de corrente e furadora alternativa.

Os parâmetros fundamentais da geometria da broca helicoidal são mostrados na Figura 16, onde d é o diâmetro do encabadouro, L o comprimento do encabadouro, D o diâmetro da broca, L_T o comprimento total, L_U o comprimento de corte e L_p comprimento da ponta.

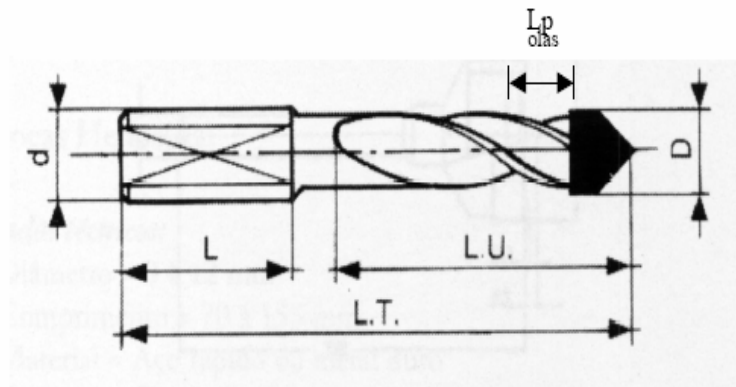


Figura 16 - Parâmetros fundamentais da geometria de broca. (STEMMER, 1995)

Para melhoria dos processos de fresamento e furação é fundamental a compreensão de variáveis de entrada do processo de transformação, tais como, as condições de corte nas quais as ferramentas irão actuar sobre a peça, a geometria e os materiais das ferramentas utilizados no processamento da madeira, as propriedades e a maquinação da madeira e suas interações com as características das ferramentas e as condições de corte e os resultados obtidos a partir dessas interações, tais como, qualidade da peça maquinada e a produtividade destes processos.

2.8 Influencia das propriedades da madeira na maquinação

SILVA *et al* (1999) estudaram as relações entre a anatomia da madeira e a qualidade da maquinação e acabamento da superfície e concluíram que a qualidade final de um produto relaciona-se com as operações de maquinação e com a estrutura física e anatómica da madeira. Relativamente à estrutura microscópica da madeira, em qualquer operação de maquinação as fibras da madeira são arrancadas e, raramente, cortadas. Este efeito pode ser explicado pela grande dimensão dos gumes de corte das ferramentas em relação às dimensões das fibras. As fibras apresentam dimensões, geralmente, menores que os raios dos gumes das ferramentas utilizadas na maquinação, principalmente quando são utilizados materiais que não

permitem a confecção de gumes muito “vivos”. Neste caso as fibras da madeira são raspadas ou arrancadas e não cortadas.

Os principais defeitos nos processos de fresamento, corte e furação, estão ligados às variações nas propriedades da madeira, às condições das máquinas e das ferramentas de corte e da prática do operador da máquina. Em geral a presença de sílica (cristais de óxido de silício) confere certa resistência à madeira, mas possui efeito negativo quanto ao desgaste das ferramentas de corte.

Madeiras com grã irregular apresentam superfície áspera nas regiões nas quais a ferramenta corta em sentido contrário à direção normal dos tecidos.

A presença de substâncias especiais tais como canais celulares, resinas e células oleíferas, presentes em certas espécies, dificulta as operações de desdobro e de beneficiamento por processos de fresamento, corte e furação quando são danosas à saúde ou aderem às ferramentas.

Segundo GONÇALVES (2000), em razão da sua estrutura, as propriedades mecânicas e físicas da madeira variam de acordo com a direção considerada (anisotropia). Portanto, o corte na madeira não pode ser abordado sem a consideração do seu comportamento anisotrópico. Por isso, foi sugerida por especialistas em maquinação da madeira a adoção de uma convenção definindo as principais direções de corte. KIVIMAA (1952) determinou uma considerável influência do sentido de corte sobre as forças de maquinação. Inicialmente, definiu o corte ortogonal como sendo a situação onde o gume da ferramenta é perpendicular à direção do movimento de avanço da peça. Máquinas como serra-fita, serra circular e plainas de corte plano podem ser estudadas utilizando o princípio do corte ortogonal. McKENZIE (1964) propôs, também, uma notação com dois números para descrever situações diferentes de corte que podem ocorrer durante o corte ortogonal da madeira. O primeiro representa o ângulo entre o gume da ferramenta e a fibra da madeira. O segundo indica o ângulo entre a direção de corte e a fibra da madeira. Esta notação define as três principais direções de corte (Figura 17), chamados 90-0, 90-90, e 0-90. A situação 90-0 (direção longitudinal ou axial) é encontrada em ações de corte como no processo de fresamento, em aplainamento ou desengrosso e trabalhos de corte de molduras na direção paralela às fibras. O trabalho de serra-fita é um típico 90-90 (direção tangencial – corte perpendicular às fibras). O corte 0-90 ocorre na direção radial – corte perpendicular às fibras.

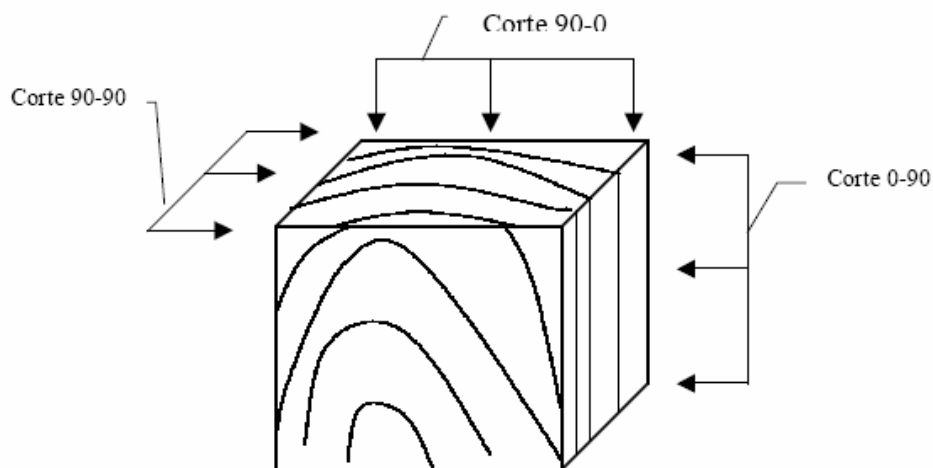


Figura 17 – Sistemas de corte na secção transversal da madeira (Baseado em KOCH, 1964).

Segundo KIVIMAA citado por FARIAS (2000), as maiores forças de maquinação aparecem no sentido radial, as menores no sentido transversal.

DOI e YOKOYAMA (1977) apresentaram uma outra forma de classificação, combinando a direcção de corte com a direcção de penetração do gume em função dos sentidos do crescimento radial e axial da madeira.

O fresamento periférico, também chamado de aplainamento para processos de maquinação da madeira, envolve a remoção de cavaco em operação de desbaste ou acabamento. Vários estudos sobre o fresamento da madeira relacionam geometria e material da ferramenta, condições de corte e propriedades da madeira.

A determinação da força e potência de corte também é outro factor importante para a optimização das condições de corte. Para isso, é comum utilizar a pressão específica de corte para diferentes espécies de madeira, conhecendo-se as características geométricas da ferramenta, principalmente o ângulo de saída (γ), a constante específica do material ($Kc1.1$) e o coeficiente adimensional ($1-mc$) da equação de Kienzle (FARIAS, 2000).

Outro factor importante para a compreensão da maquinação da madeira e suas propriedades é o efeito da direcção das fibras em relação ao corte. Muitas pesquisas sobre forças de maquinação levaram à conclusão de que no corte ortogonal, a direcção 90-0 combinada com a direcção ($Z\pm, \theta$) do método sugerido por KIVIMAA (1952), minimiza o efeito dos anéis de crescimento e variações na massa específica. KIVIMAA (1952) concluiu, por exemplo, que para remover um cavaco com 0,1mm de espessura precisava de 8,6% a mais

de força paralela usando uma outra orientação quando comparado com a orientação sugerida acima (direção de corte axial e direção de penetração tangencial). Outra pesquisa sobre o efeito da direção das fibras em relação ao corte foi feita por AMEMIYA citada por GONÇALVES (2000). Nessa pesquisa, os autores concluíram que as componentes de força paralela e normal variam com o ângulo da fibra em relação à direção de corte. A força de corte paralela aumenta com o ângulo das fibras quando este aumenta de 0° para 90° e de 180° para 270° e decresce quando o ângulo das fibras aumenta de 90 para 180° e de 270° a 360°. O valor absoluto da força normal foi máximo para valores de ângulo de 45°, 135°, 225° e 315° e mínimo para 90° e 180°.

A massa específica é a propriedade física mais representativa da qualidade da madeira. Para representar as forças de corte envolvidas na maquinação da madeira não é diferente. Na ausência de qualquer informação empírica a respeito das forças envolvidas numa dada condição de maquinação para uma determinada espécie, pode-se fazer uma aproximação, comparando-se às informações sobre duas outras espécies de massa específica conhecida através de uma proporcionalidade linear de forças e massa específica. Entretanto, este procedimento seria uma primeira aproximação, visto que as interações entre as espécies, teor de humidade, espessura de cavaco e ângulo de saída da ferramenta são factores complexos demais para serem tão simplesmente representados (KOLLMANN; COTÊ, 1984).

Em vista das grandes variações nas propriedades físicas entre as espécies, não é surpresa que algumas espécies não sigam a relação baseada na massa específica. Entre os factores que causam essas diferenças estão a presença de sílica ou outros depósitos de minerais abrasivos nas células, teor de resina, porosidade, dimensões das fibras, orientação da grã e a presença de nós, os quais, segundo diversos autores como KOCH (1964), KOLLMANN; COTÊ (1984), PANSHIN & ZEEUW (1980), LUCAS FILHO (1997) e SILVA (2002), tem grande influência na qualidade da superfície e na eficiência dos processos de transformação da madeira.

Entre as diversas relações tentando representar a variação das forças de corte com a massa específica da madeira estão as realizadas por KIVIMAA (1952) e KOCH (1964). Nelas a influência da massa específica sobre as forças de corte é algo, ainda, obscuro e sem clara definição, apresentando uma grande dispersão dos dados em torno da curva que representa a relação.

Outra relação importante é a influência do teor de humidade da madeira. Segundo KOCH (1964) e KOLLMANN; COTÊ (1984) geralmente as forças de corte para o corte ortogonal na direção 90-0, permanece aproximadamente constante na madeira seca até 8%

de humidade, e então cai para aproximadamente $\frac{1}{4}$ ou metade desse valor quando o teor de humidade na madeira se aproxima do ponto de saturação das fibras.

KOCH (1964) apresenta alguns resultados da influência do teor de humidade, considerando determinados ângulos de saída, espessura de cavaco e espécies de madeira. Neles, basicamente, as forças de corte diminuem quando o teor de humidade é aumentado, ou seja, uma relação inversamente proporcional.

Segundo LUCAS FILHO (1997) esse efeito pode ser justificado pela adsorção de água na parede celular, aumentando os espaços intermicelares e reduzindo a resistência mecânica da madeira quando é aumentado o teor de humidade. De modo inverso, quando a madeira é seca a teores de humidade abaixo do ponto de saturação das fibras (PSF), há uma redução dos espaços submicroscópicos entre as microfibrilas formadoras da parede celular, aumentando a rigidez da mesma e com isso, aumentando a resistência mecânica de modo exponencial.

No entanto, na prática da maquinação da madeira para fabricação de móveis, o teor de humidade é geralmente fixo, pois há necessidade do controle dimensional das peças durante o processo de fabricação devido à anisotropia dimensional da madeira que ocorre juntamente com o processo de perda ou ganho de humidade. Por isso, dificilmente, a madeira é maquinada com teores de humidade diferentes da humidade de equilíbrio. A madeira é previamente seca e acondicionada antes da sua maquinação. Portanto, o efeito do teor de humidade não é tão relevante, pois o mesmo pouco varia durante o processo de maquinação de peças ou componentes de móveis de madeira (LUCAS FILHO, 1997).

Por fim, alguns estudos relacionam o efeito da temperatura da madeira sobre a sua maquinação. Segundo GONÇALVES (2000) existe limitada informação experimental a respeito da influência da temperatura. KOCH (1964) relata que é provável que existam fortes interações entre temperatura da peça, teor de humidade, ângulo de saída e espessura de cavaco, o que limita a verificação experimental isolada deste factor.

2.9 Melhoria da competitividade na industria de móveis

Para avaliar a competitividade PALADINI (1995) cita que é preciso estabelecer um conjunto de indicadores que utilizem como referência variáveis de desempenho, capacitação e estratégia. Os indicadores de desempenho referem-se à avaliação do sistema produtivo, envolvendo fragilidades e potencialidades da organização mediante a avaliação da eficiência da empresa. Os indicadores de capacitação referem-se à organização como um todo, actuando

como mediadores das acções de apoio ao processo produtivo. Os indicadores estratégicos abrangem procedimentos de gestão estratégica que acompanham as mudanças de mercado com a medição da eficácia.

Segundo SLACK *et al.* (1997) a melhoria do desempenho pode ser agrupada em melhoria da produção, a prevenção e recuperação de falhas e a administração da qualidade. Para a melhoria da produção é fundamental estabelecer métodos de avaliação da operação produtiva. Entre as medidas do desempenho são citadas, entre outras, o número de defeitos por unidade, índice de rejeição (desperdícios), tempo médio entre falhas, o *lead-time* de pedido, o tempo de ciclo, tempo de *setup*, capacidade de produção, custo por hora de operação, valor agregado, utilização de recursos. Os padrões de desempenho podem balizar os valores mínimos/máximos para cada medida de desempenho em função das metas estabelecidas no planeamento estratégico, limite este que, fora dos quais, as operações inviabilizam a produção ou a tornam pouco competitiva. Entre os padrões podem ser utilizados padrões de desempenho alvos, padrões estabelecidos da concorrência, padrões absolutos, tal como a meta de defeitos zero e o *benchmarking* (comparação das medidas de desempenho entre duas ou mais empresas) para, deste modo, eleger as prioridades de melhorias e as áreas de melhoria em cada prioridade.

As técnicas para a melhoria do desempenho, mais utilizadas, são a análise I/O (*input/output*), a análise de efeito e modo de falha (FMEA), as cartas de controle estatístico dos processos, os fluxogramas, os diagramas de relacionamento, diagramas de causa e efeito. Neste estudo foram utilizadas as relações I/O para avaliar a quantidades de desperdícios ao longo da linha de produção de portas de madeira de carvalho.

3 METODOLOGIA

3.1 Classificação da pesquisa

Este capítulo apresenta a forma como foi executada a pesquisa e a metodologia adoptada. A presente pesquisa é classificada, sob o ponto de vista da sua natureza, como pesquisa aplicada, uma vez que o objectivo é gerar conhecimentos para aplicação prática, dirigida à solução de problemas específicos envolvidos na produção industrial da madeira. Quanto à forma de abordagem do problema este estudo pode ser classificado como quantitativo, o qual procurou a interpretação dos fenómenos pelo uso de uma metodologia baseada na análise de desperdícios do sistema de fabricação de portas de madeira. Do ponto de vista do seu objectivo, o presente estudo pode ser classificado como pesquisa explicativa, a qual visou identificar os factores que determinam ou contribuem para a ocorrência dos fenómenos, aprofundou o conhecimento da realidade porque buscou explicar a razão, o “porquê” das coisas e permitiu a definição das relações de causa e efeito entre os factores inerentes à maquinação da madeira envolvidos no seu processamento e a eficiência do processo de produção.

Os procedimentos técnicos envolveram o estado da arte, baseado em pesquisa bibliográfica sobre o tema do estudo, juntamente com pesquisa documental (capítulo 2), o levantamento de dados sobre o comportamento do fenómeno que se desejava conhecer e a selecção de variáveis que influem no objecto de estudo, a forma de controle e a análise dos efeitos que as variáveis produziram no objecto de estudo, no caso dos desperdícios nos processos de maquinação da madeira.

A Figura 18, ilustra os passos da pesquisa, mostrando as diferentes fases desenvolvidas na mesma, a metodologia de recolha dos dados, as variáveis medidas e analisadas em cada fase e as técnicas de análise dos dados utilizadas para alcançar os objectivos propostos.

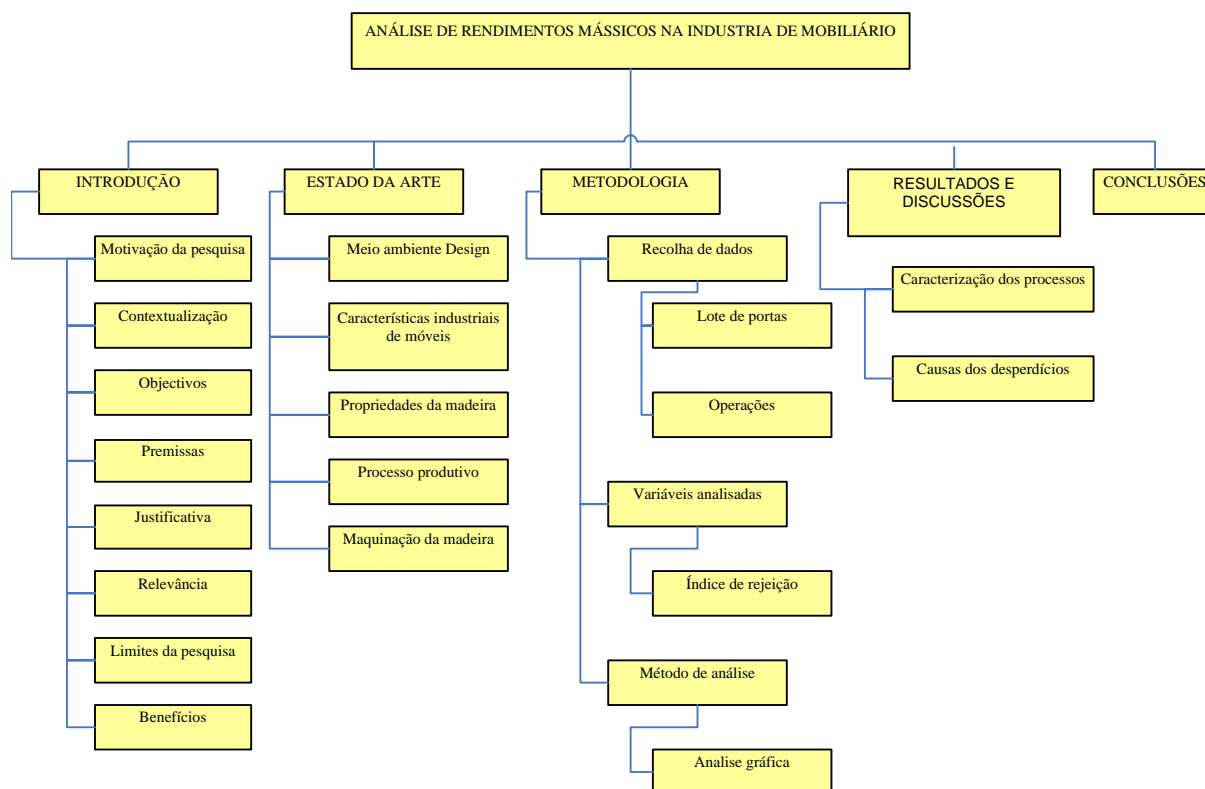


Figura 18 - Etapas da pesquisa

3.2 Definição do instrumento de recolha de dados

Para a análise de desperdícios foram recolhidos dados referentes ao processo de produção de uma linha de portas de madeira obtidos numa empresa de mobiliário de cozinha. Para a recolha de dados foi feito um estudo num lote de portas de madeira de carvalho com o intuito de obter dados quantitativos sobre o processo de produção e os respectivos desperdícios em cada operação.

A selecção desta empresa fabricante de móveis de cozinha foi baseada em critérios como interesse pelos resultados da pesquisa, disponibilidade total e abertura para a realização deste estudo. A empresa participante nesta pesquisa prefere manter o anonimato devido ao fornecimento de informações estratégicas tais como medidas de desempenho e práticas de gestão da qualidade e da produtividade.

Foi apresentada uma contextualização do problema de pesquisa à empresa, explicando a importância deste estudo, bem como, os objectivos, sua metodologia e os benefícios esperados com a sua conclusão como forma de melhorar a percepção do tema de pesquisa e a

importância da colaboração da empresa no sentido de contribuir com a mesma, fornecendo dados importantes para a gerência da empresa.

Os dados obtidos, foram recolhidos numa linha de produção de portas de madeira, procurando relacionar os parâmetros de maquinação utilizados na empresa e o desempenho dos processos de transformação da madeira e os respectivos desperdícios.

O instrumento de recolha de dados proporcionou uma interação efectiva entre o ambiente, o informante e a pesquisa.

3.2.1 Definição das variáveis em estudo

Os dados foram recolhidos numa empresa de mobiliário de cozinhas mais concretamente na linha de produção de portas, procurando identificar registos sobre o desempenho de cada processo em estudo (fresamento, corte e furação e lixagem). Em cada processo foram obtidas informações sobre as condições de operação, e espécies de madeira para, assim, correlacioná-las com os respectivos indicadores de desperdícios e de produtividade.

Inicialmente foram realizadas pesquisas documentais preliminares com o intuito de facilitar e sistematizar a recolha de dados relevantes, tais como operações envolvidas na fabricação de móveis de madeira, recursos de transformação, configurações desses recursos, variáveis e atributos que influem no desempenho de cada recurso de transformação. Os dados levantados junto da produção incluíram, os volumes de produção, volume de madeira à entrada e à saída de cada operação.

Para estabelecer medidas de desempenho do sistema de produção foram levantados dados para as seguintes variáveis:

1. Variável indicadora da qualidade: Índice de rejeição, levantado para cada processo de maquinação expresso em percentagem do número total de peças produzidas;
2. Variáveis indicadoras de produtividade: Volume de madeira à entrada/saída de cada operação.

Assim, através dos dados recolhidos foram gerados gráficos relacionando o desempenho de cada processo de transformação, de forma a auxiliar na gestão da produção e orientação para melhoria do processo. Os gráficos gerados mostram a tendência da variação das medidas de desempenho em função dos parâmetros de maquinação obtida em cada processo de transformação da madeira e orientam as mudanças nos factores relevantes de

modo a alcançar a melhoria do desempenho pelo monitoramento dos processos de corte, fresamento, furação e lixagem.

O levantamento de dados procurou cobrir toda a variação envolvida nas operações e nos eventos associados ao sistema para, desse modo, configurar parâmetros de entrada (medida das tábuas de madeira) e suas relações com as respostas do sistema de produção (índice de rejeição, produtividade dos processos de corte, fresamento, furação e lixagem) com respeito a alterações nos parâmetros de entrada.

3.3 Metodologia para determinação do rendimento mássico

A metodologia utilizada para determinação do rendimento mássico na linha de produção de portas em madeira de carvalho encontra-se esquematizada na Figura 19. Antes de cada operação de maquinação, procedeu-se à cubicagem de cada uma das tábuas. Após a maquinação fez-se a cubicagem da madeira maquinada para assim se poder contabilizar os desperdícios em cada operação. Para fazer este tipo de trabalho foi desenvolvido um programa informático (apêndice 1) que permite calcular os desperdícios em cada operação de uma forma simples e rápida. Para calcular os desperdícios de um determinado lote de portas é necessário apenas introduzir as medidas das tábuas necessárias para a sua fabricação.

As máquinas envolvidas neste estudo foram as seguintes: “multi-serra”, “molduradora”, “radial”, “tupia”, “furadora” e “lixadora”.

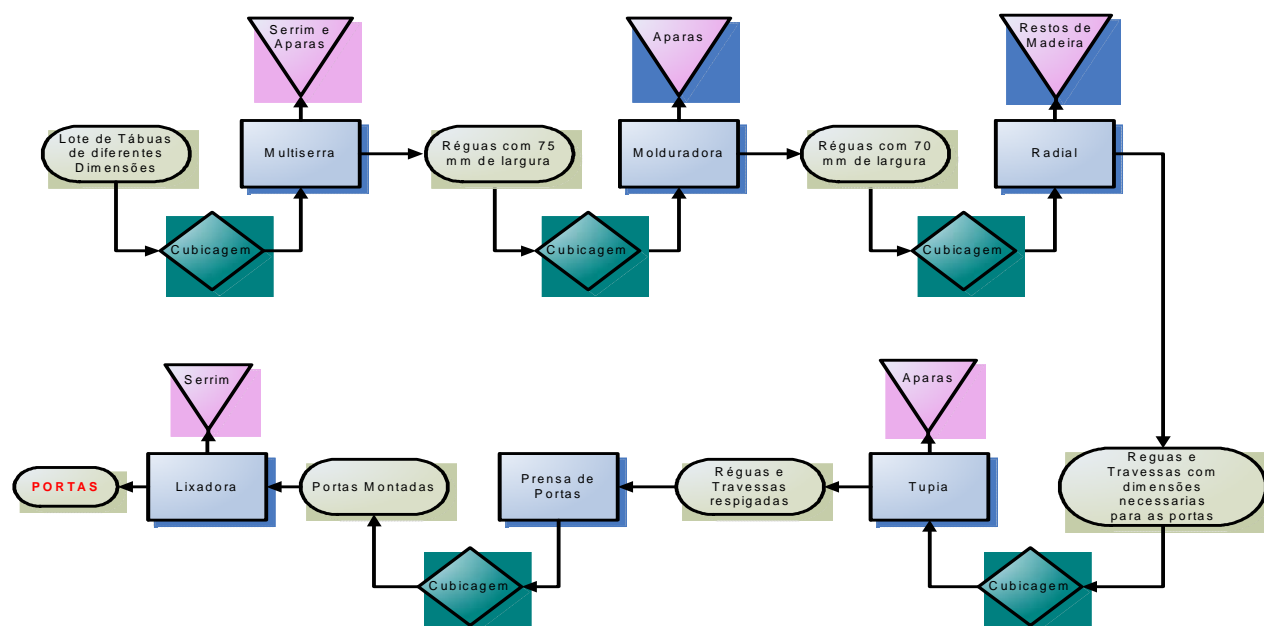


Figura 19 - Metodologia para determinação do rendimento mássico numa linha de produção de portas em madeira de carvalho.

Para a realização deste estudo foi utilizada madeira de carvalho em tábua cuja a largura e comprimento é variável como se pode verificar através da Figura 20.



Figura 20 - Madeira de carvalho em tábua

“**Multisserra**” – A operação na “multisserra” consistiu em fazer o desdobro das pranchas em réguas com uma largura de 75 mm ao longo do comprimento das tábuas utilizando uma serra circular com 3mm de espessura (figura 21).

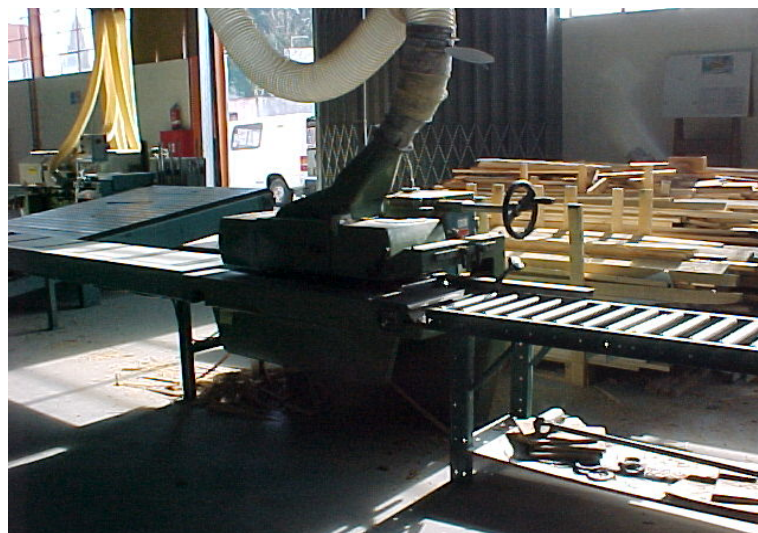


Figura 21- “Multisserra”

“Molduradora” – A operação na “molduradora” consistiu em aplainar as quatro faces das régua provenientes da operação na “multisserra”. À saída desta operação as tábuas ficam com uma largura de 70 mm.

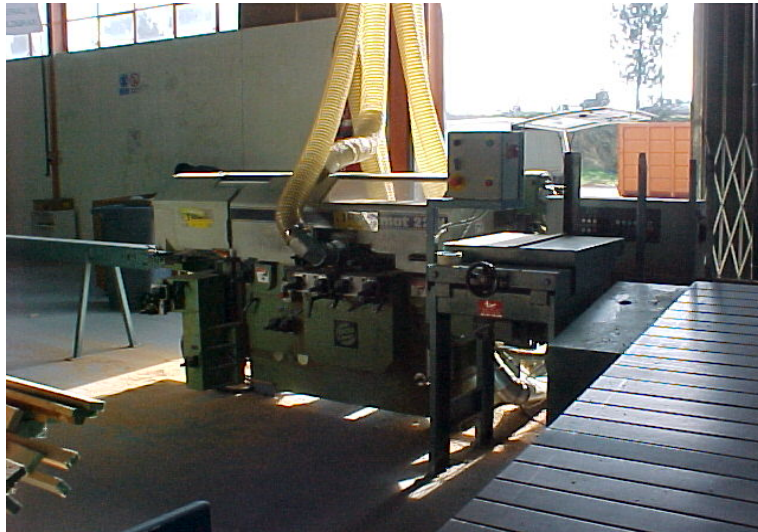


Figura 22- “Molduradora”

“Radial” – A operação na máquina radial consistiu em cortar, nas devidas dimensões, as régua aplainadas na “molduradora”. O produto obtido à saída desta operação tem o nome de travessas e consueiras, necessárias à elaboração das respectivas portas. Nesta operação faz-se uma selecção da madeira, rejeitando-se aquela que apresentar defeitos (nós, fissuras, manchas, etc.) (Carvalho A., 1996). A redução de desperdício depende da qualidade da matéria-prima.



Figura 23 – “Radial”

“Tupia” – A operação na “tupia” consiste em fazer as respigas a todas as travessas para depois poderem encaixar no rasgo das consueiras.



Figura 24 – “Tupia”

“Furadora” – A operação na furadora consiste em fazer furos não passantes nas travessas e consueiras, furos esses necessários às ligações entre componentes.



Figura 25 – “Furadora”

“Lixadora” – A operação na “lixadora” consiste em lixar a superfície das portas depois de devidamente montadas com as travessas e consueiras, provenientes da operação anterior. As portas ficam com a espessura final de 22 mm, ficando prontas a levar o acabamento.



Figura 26 – “Lixadora”

3.4 Métodos de análise dos dados

As análises dos dados recolhidos foram direccionadas para o atendimento dos objectivos específicos da pesquisa. Para apresentação dos dados utilizaram-se tabelas e gráficos. Para facilitar a interpretação e análise de dados foi desenvolvido um software próprio, procurando-se, com isso, compreender o comportamento do sistema mediante alterações nas condições de corte, fresamento, furação e lixagem e identificar os factores mais relevantes para melhoria dos processos de transformação da madeira.

A análise dos dados tomaram como base os indicadores de desempenho dos processos. Os critérios mínimos de desempenho do processo foram obtidos para cada objectivo estratégico e reflectem os valores estabelecidos pelos usuários do conjunto máquina-ferramenta efectivamente praticados na fábrica.

3.4.1 Identificação das causas da baixa rentabilidade da madeira

A qualidade do processo produtivo foi avaliada pela aquisição de dados sobre o índice de peças com defeitos e refugo, os tipos de defeitos e o número de falhas gerados durante o processo produtivo.

A avaliação da qualidade das peças de madeira maquinadas foi realizada segundo a norma Portuguesa NP-180, que define as mais importantes causas de desvalorização da madeira (capítulo 2).

Os processos onde foram recolhidos os dados foram o fresamento frontal e de perfil, a furação, o corte paralelo às fibras e o corte transversal às fibras e na lixagem. Os principais defeitos de maquinação foram descritos com base na norma NP 180.

Para além dos defeitos de maquinação, foram também contabilizados todos os outros defeitos da madeira, nomeadamente os defeitos de produção, exploração e de secagem.

Todos estes defeitos foram objecto de análise em cada operação ao longo da linha de produção para assim se poder contabilizar os desperdícios obtidos em todo o processo.

3.4.2 Identificação das variáveis relevantes para a melhoria dos processos.

A identificação das variáveis relevantes para a melhoria dos processos de fresamento, corte e furação foi realizada a partir de uma análise das condições de corte e a massa específica da madeira e os indicadores de desempenho (índice de rejeição, volume de madeira maquinada). Para a selecção das variáveis relevantes para a melhoria do processo de maquinação foram estabelecidas relações entre as variáveis que traduzem essas propriedades a partir dos dados recolhidos. As variáveis mais relevantes foram, as variáveis de entrada ou factores de controlo nos seus diferentes níveis e as respostas do sistema medidas na forma de indicadores de desperdício e de rentabilidade.

3.4.3 Efeito da maquinação da madeira sobre a eficiência dos processos.

A avaliação do efeito da maquinação da madeira de carvalho sobre a eficiência dos processos foi feita a partir, do índice de rejeição e do volume de madeira maquinada em cada operação, ao longo da linha da produção de portas. Para cada operação da linha de produção foi feita uma análise de desperdícios tendo sido feito uma comparação entre o índice de rejeição e o volume de madeira maquinada. Para estabelecer uma medida física, em cada operação foram feitas medições da madeira à entrada/saída.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Considerações iniciais

4.1.1 Caracterização dos processos de maquinação da madeira.

As indústrias de móveis em Portugal possuem uma estrutura produtiva pouco verticalizada, com produção de móveis do segmento residencial destinados aos mercados interno e externo. A pesquisa procurou cobrir os processos de maquinação numa empresa de médio porte para assim, caracterizar o leque de problemas enfrentados durante a maquinação de madeira e quantificar os consequentes desperdícios durante a produção de portas de madeira de carvalho.

Um dos problemas presentes na recolha de dados foi a ausência de registos históricos das variáveis envolvidas no estudo. Variáveis de resposta como índice de rejeição e rendimento foram de difícil obtenção por não haver nenhuma estatística e controle destas variáveis. Da mesma forma, alguns parâmetros de corte também não estavam claramente definidos na empresa e dependiam quase que exclusivamente da experiência dos operadores de máquinas. Mas, com o levantamento de dados da produção e manutenção e entrevistas com alguns desses operadores foi possível levantar informações relevantes e que contribuíram muito para a realização deste trabalho.

A actividade de maquinação da madeira na fábrica de móveis em estudo caracteriza-se, basicamente, por diversos tipos de processos, como o corte, fresamento, furação e a lixagem da madeira, diferenciando-se de acordo com a função que a peça ou componente exercerá na montagem das portas.

As operações básicas de maquinação são representadas pela Figura 27, onde é apresentado o fluxo genérico do processo de maquinação, observado na empresa onde este estudo foi realizado.

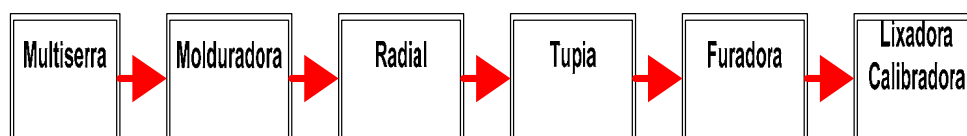


Figura 27 – Fluxo de produção de portas em madeira carvalho.



A sequência de operações varia de acordo com a rotina das operações estabelecidas para a produção de cada peça e não segue necessariamente a mesma sequência apresentada na Figura 27. Uma determinada peça pode ser executada com apenas três operações, desdobro, fresamento e furação, sem necessariamente passar pelas operações de corte e perfilagem. A sequência das operações depende da estrutura do produto, do modelo de organização utilizado (*layout*) e da programação da produção, dimensionada de acordo com as capacidades dos recursos produtivos.

No caso em estudo, produção de portas de madeira de carvalho, é possível estabelecer uma ordem lógica para as operações.

A operação inicial é o desdobro, que se caracteriza por um corte longitudinal (paralelo às fibras) nas tábuas de madeira, utilizando a máquina multisserra. Esta máquina está equipada com serras circulares e executam as operações sob diferentes condições de corte e com diferentes configurações de acordo com o material maquinado, e com as características do projecto da peça.

No quadro 3 estão representadas as serras utilizadas no processo de corte da madeira.

Quadro 3 – Ferramentas utilizadas no processo de corte (desdobro) da madeira.

Operação	Ferramenta	Função	Exemplo
Corte transversal	Serra circular	Dimensionar o comprimento da peça	
Corte longitudinal	Serra circular	Dimensionar a largura da peça	

A segunda operação é uma operação de fresamento, e consiste em fresar as peças longitudinalmente. Esta operação é feita numa molduradora que é uma máquina que faz simultaneamente o fresamento longitudinal e o desengrosso das peças. Nesta operação as ferramentas utilizadas são cabeçotes com 3 a 4 facas rectas em aço ou desintegradores com múltiplas pastilhas de metal duro calçadas no corpo do cabeçote. O grupo de operações de fresamento tem como finalidade dar forma aos perfis de madeira que serão utilizados na montagem de peças conjugadas e melhorar o acabamento da superfície.

As configurações de ferramenta, principalmente nas operações de fresamento, variam bastante de acordo com a função que a peça irá exercer na construção e montagem das portas. Nos processos de aplainamento e fresamento de perfil são utilizados, além de pastilhas

soldadas no corpo da ferramenta, cabeçotes porta-facas que dão suporte às pastilhas recambiáveis de metal duro ou aço rápido, calçadas sobre um suporte onde as mesmas são aparafusadas no corpo da ferramenta. Em alguns casos, são utilizados cabeçotes hidrocêntricos de balanceamento dinâmico para reduzir as vibrações, permitir maiores velocidades de corte, maior estabilidade e reduzir ruídos e riscos de acidentes. A Figura 28 mostra o princípio construtivo destes cabeçotes.

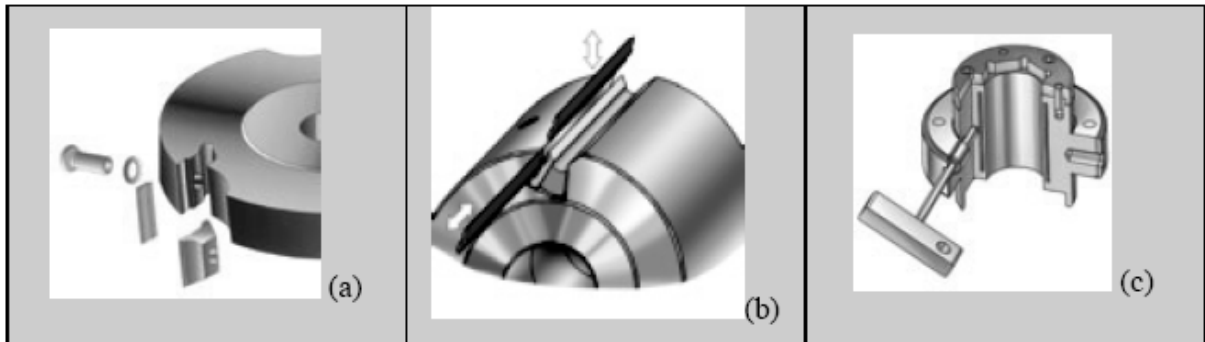


Figura 28 – Princípio construtivo de cabeçotes que utilizam pastilhas cambiáveis (a, b) e do balanceamento hidrodinâmico (c). Fonte: Leitz ferramentas.

Para obtenção dos perfis são utilizados vários tipos de pastilhas recambiáveis com diversos formatos de acordo com a função que a peça maquinada irá desempenhar na montagem das portas. A Figura 29 mostra o tipo de pastilhas (rectas e molduradas) utilizadas para geração destes perfis fresados.



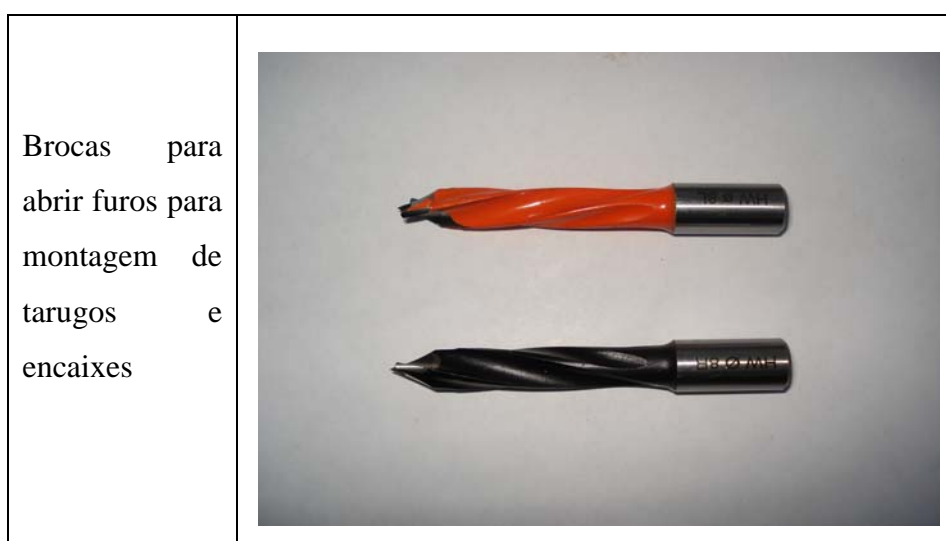
Figura 29 - Pastilhas de metal duro utilizadas no fresamento de perfil e no aplainamento. Fonte: Frezite ferramentas.

A terceira operação é uma operação de corte transversal para dimensionar as peças necessárias à realização das portas em termos de comprimento. Desta operação surgem as travessas e consueiras necessárias à produção do lote de portas de carvalho. Nesta operação são utilizadas serras circulares, e neste caso a máquina chama-se radial. A seguir a esta operação vem o fresamento transversal das travessas. Esta operação é feita na máquina tupia. Depois de serem devidamente fresadas as travessas e consueiras vão ser furadas numa furadora horizontal. Este processo tem como finalidade abrir furos neste caso não passantes para a conexão entre peças componentes das portas. Para esta operação, são utilizadas máquinas chamadas furadoras, equipadas com brocas seleccionadas em função do tipo de furo a ser executado (função do furo), do material maquinado e das características da máquina.

O processo de furação no trabalho em estudo é uma furação paralela às fibras no caso das travessas e perpendicular às fibras no caso das consueiras, executado numa furadora horizontal, e que utiliza como ferramentas de corte brocas helicoidais e, muito raramente, brocas chatas. Assim como nas demais operações de maquinação, a configuração da broca depende do tipo de material a ser maquinado, das especificações de projecto da peça e das condições de corte nas quais a ferramenta irá operar.

O Quadro 4 mostra as ferramentas mais utilizadas nos processos de furação da madeira.

Quadro 4 – Ferramentas utilizadas na furação da madeira



Por fim é feita a montagem de todos os componentes e depois da porta devidamente montada é feita uma lixagem final para que a porta fique devidamente calibrada. Esta operação é feita na máquina lixadora calibradora.

4.2 Programa de calculo de desperdícios

Para o cálculo de desperdícios foi elaborado um programa informático que permite de uma forma rápida calcular os desperdícios de um determinado lote de portas.

A operacionalidade deste programa faz-se atendendo aos seguintes procedimentos: começa-se por introduzir a largura da régua, seguindo-se o imput da quantidade de tábuas e respectivas dimensões. Obtém-se o cálculo do desperdício, de cada operação, carregando no respectivo botão. Após esta operação o programa fornece-nos os respectivos desperdícios.

Exemplo do programa de cálculo de desperdício

Largura da Régua:

Qtd.	Largura	Comp.	Esp.
4	170	3650	26
3	140	3650	26
2	150	3650	26
14	320	3650	26
6	210	3650	26
4	180	3650	26
3	130	3650	26
3	175	3650	26
5	215	3650	26
10	250	3650	26
5	190	3650	26
9	200	3650	26
4	160	3650	26
1	105	3650	26
8	295	3650	26
5	165	3650	26
10	240	3650	26
2	230	3650	26
4	225	3650	26
2	145	3650	26
5	110	3650	26

Qtd.	Comp.	Multiserra	Molduradora	Radial	Tupia	Furadora	Lixadora
<input type="text" value="0"/>	193	RENĐIMENTO: 80,3 DESPERDICIO: 19,70 Volume 1: 2,24 Volume 2: 1,8	RENĐIMENTO: 75,93 DESPERDICIO: 24,07 Volume 1: 1,8 Volume 2: 1,37	RENĐIMENTO: 83,54 DESPERDICIO: 16,46 Volume 1: 1,37 Volume 2: 1,14	RENĐIMENTO: 94,62 DESPERDICIO: 5,38 Volume 1: 1,14 Volume 2: 1,08	RENĐIMENTO: 98,70 DESPERDICIO: 1,3 Volume 1: 1,08 Volume 2: 1,07	RENĐIMENTO: 95,45 DESPERDICIO: 4,55 Volume 1: 1,07 Volume 2: 1,02
<input type="text" value="4"/>	243						
<input type="text" value="120"/>	293						
<input type="text" value="68"/>	343						
<input type="text" value="166"/>	393						
<input type="text" value="0"/>	443						
<input type="text" value="166"/>	493						
<input type="text" value="0"/>	593						
<input type="text" value="2"/>	693						
<input type="text" value="0"/>	793						
<input type="text" value="72"/>	138						
<input type="text" value="36"/>	278						
<input type="text" value="0"/>	348						
<input type="text" value="0"/>	448						
<input type="text" value="30"/>	560						
<input type="text" value="312"/>	700						
<input type="text" value="24"/>	900						
<input type="text" value="28"/>	1308						

4.3 Causas dos desperdícios e perdas na qualidade e na produtividade

A partir deste estudo foi possível realizar uma avaliação qualitativa e quantitativa sobre o desempenho dos processos de maquinação e os desperdícios gerados ao longo da linha de produção de portas. Na avaliação qualitativa foram levantadas informações sobre os problemas enfrentados na maquinação de madeiras, o posicionamento e as estratégias da empresa para superar estes problemas.

Quanto à estratégia competitiva da empresa a sua prioridade vai para a qualificação da mão-de-obra, estratégias comerciais e o marketing. Para a empresa em estudo, a qualificação dos recursos humanos na produção e a solidificação da marca são os principais pontos chaves para a melhoria do desempenho do segmento perante a concorrência. Diferente dos resultados obtidos por BONDUELLE (1997) e COUTINHO (1999) para os quais a falta de competitividade está associada a factores como o sistema de gestão do processo e a ineficiência produtiva. Com a realização deste estudo pode constatar-se que a desqualificação da mão-de-obra está relacionada com os altos índices de desperdícios, perdas de produção e baixos índices de qualidade e produtividade. A qualidade das peças e a produtividade dependem do grau de envolvimento dos operadores quanto à observação e cumprimento de procedimentos e rotinas que visam reduzir os desperdícios.

O design do produto, a certificação da matéria-prima e a tecnologia de fabricação utilizada na produção das peças e componentes são factores importantes para a competitividade das empresas.

Quando foi analisada a cadeia de operações envolvidas na transformação da madeira em peças componentes de móveis foi possível obter informações básicas para o planeamento e dimensionamentos dos processos. Na análise do fluxo de fabricação, foi possível constatar que, dentre as operações aqui estudadas, o fresamento é a operação que causa a maior limitação de capacidade, ou seja esta operação é considerada o gargalo porque é a operação que tem maior número de paragens para troca de ferramentas e também é a operação que apresenta maior percentagem de desperdício.

A operação de corte aparece em segundo lugar como a operação que causa restrições de capacidade e de desperdícios. Os mesmos cuidados dedicados ao fresamento devem ser dados com relação ao dimensionamento desta operação para, assim, alcançar a melhoria no fluxo de produção. A operação que causa a menor restrição de capacidade é a furação, mas nesta operação é necessário conhecer as capacidades e limitações para otimizar a utilização

dos recursos e reduzir a probabilidade de ocorrências de falhas. Nesta operação os desperdícios representam valores bastante baixos, cerca de 1,3% para o lote em estudo.

A Figura 30 mostra a percentagem de desperdícios nas diversas operações. No que se refere aos desperdícios produzidos nas operações de fresamento, Molduradora e Tupia, estes representam 24,07% e 5,38% respectivamente. Os desperdícios produzidos na operação de corte representam um valor de 19,70% para o caso da Multisserra e 16,46% para a Radial. No que se refere aos desperdícios nas operações furação e lixagem, estes apresentam valores bastante insignificantes, 1,3% e 4,55% respectivamente.

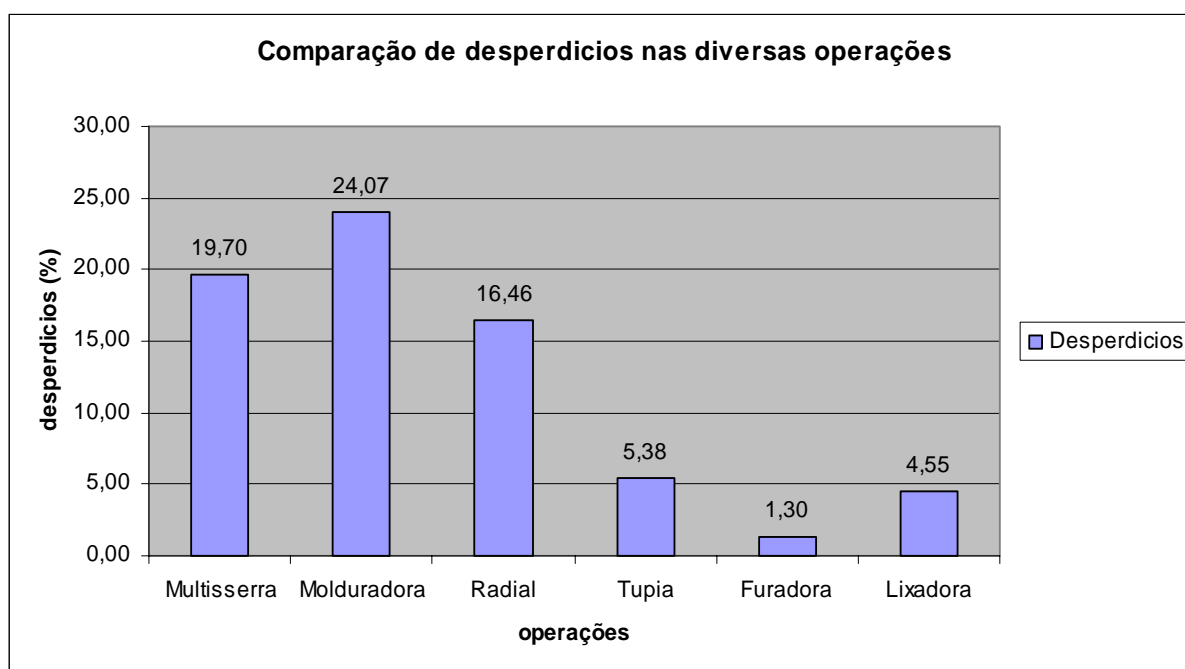


Figura 30- Percentagem de desperdícios nas várias operações

O tipo de defeito mais frequente nos processos de maquinação, de acordo com este estudo foi o “arrepimento” da superfície, caracterizado pela formação de cavaco (KOCH, 1964) durante os processos de maquinação, resultado que está de acordo com a classificação utilizada por GONÇALVES (2000). Para reduzir a frequência deste tipo de defeito é necessário aumentar os ângulos de saída para diminuir o atrito entre a superfície de saída e o cavaco e verificar o grau de arredondamento do gume (raio do gume) evitando ultrapassar o limite de desgaste admissível para, deste modo, manter o “fio” de corte.

A figura 31 mostra, numa escala de 1 até 8, a ocorrência de defeitos de maquinação de acordo com o tipo. Com o conhecimento do tipo de defeito é possível identificar, mais

facilmente as possíveis causas e os factores que estão correlacionados com essa ocorrência e, assim, controlar os factores dentro de limites aceitáveis para reduzir a frequência dos mesmos.

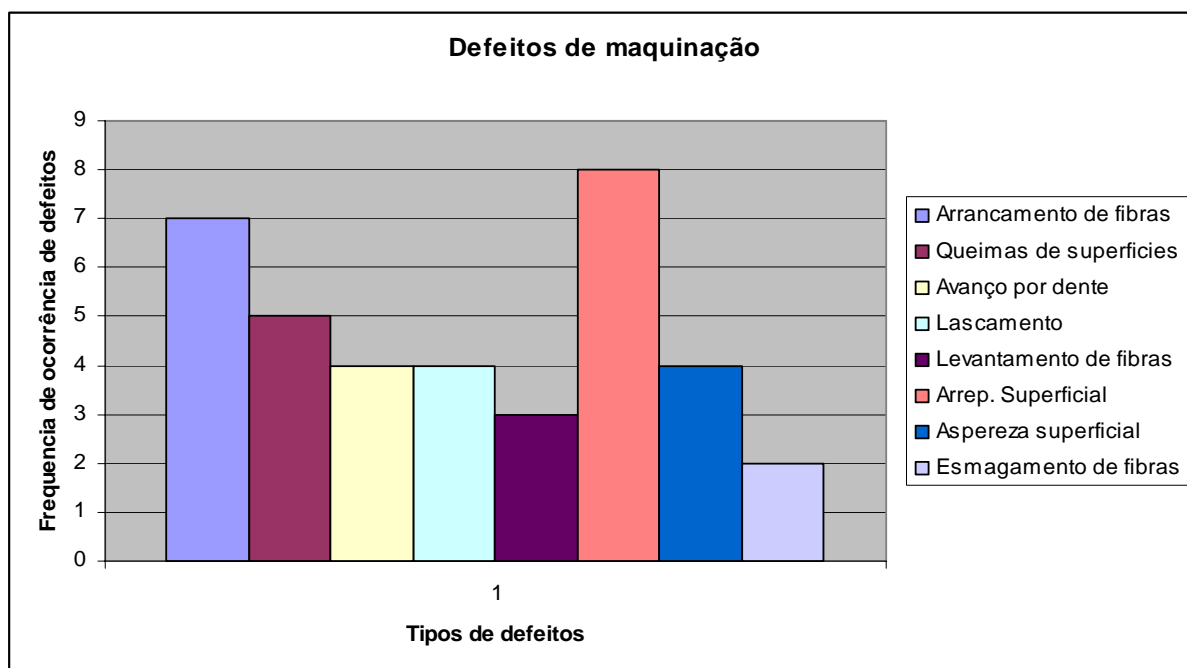


Figura 31- Frequência de ocorrência de defeitos de maquinação de acordo com o tipo.

Por exemplo, no caso da empresa desejar reduzir o tempo de máquina e o número de setups para aumentar a sua capacidade produtiva e utilizar uma nova espécie de madeira, os limites de controle para os índices de rejeição não são conhecidos, o que torna, tanto a programação como o controle da produção, difícil. Neste caso, a determinação destes limites é realizada a partir de um método de tentativa de erro, facto este que contribui para o aumento dos custos de produção e do índice de rejeição.

Um dos motivos para este quadro de situações é a falta de pesquisas sobre este assunto. A determinação do índice de desperdícios em cada operação e a melhoria das condições de corte, fresamento e furação para cada grupo de espécie de madeira são áreas fundamentais para a melhoria do desempenho dos processos de maquinação. A partir da determinação do índice de desperdícios é possível estabelecer medidas de controlo do processo.

A ausência de um método padronizado e normalizado, baseado na avaliação de parâmetros quantitativos para avaliação da qualidade foi citada como causa da baixa eficiência na maquinação da madeira. A identificação do padrão de qualidade aceitável, que

aqui é puramente subjectivo e depende muitas vezes da análise visual do analista da qualidade, inclui muitos erros e dificulta a análise dos processos. Mesmo utilizando este critério de avaliação foi possível relacionar os índices de desperdícios em cada operação.

Nos estudos desenvolvidos em condições de laboratório, entre eles podem ser citados como exemplo os realizados por FARIAS (2000), LESMASTER et al. (2001) e GURAU (2001), não são consideradas as realidades tecnológicas vividas nas empresas, por isso, muitos dos avanços sugeridos por estes estudos não são praticadas nas indústrias, devido entre outros factores, às limitações tecnológicas e financeiras para a montagem de laboratórios sofisticados com equipas dedicadas ao monitoramento e controle dos processos de maquinação.

Várias características da madeira influenciam no desempenho dos processos de maquinação. Para os fabricantes de móveis a textura da madeira e a direcção do grã são as características da madeira que têm maior influência sobre o desempenho dos processos de maquinação. A seguir, o teor de sílica e o teor de goma e resina são características que também interferem na qualidade e produtividade dos processos. Estas informações confirmam os estudos de SILVA (1999) que mostram a influência de algumas propriedades anatómicas da madeira sobre o desempenho dos processos de maquinação e os respectivos desperdícios.

4.4 Conhecimento das propriedades da madeira e dos parâmetros de maquinação.

A utilização de espécies com ausência de defeitos naturais também contribui para a melhoria do desempenho da maquinação. O controle dos processos preliminares tais como o desdobro e a secagem da madeira reduzem a ocorrência de defeitos de precisão dimensional das peças maquinadas.

O desconhecimento das relações de causa e efeito entre os parâmetros do processo e as respostas do mesmo na introdução de novas espécies de madeira, dificulta o planeamento e o controle da maquinação.

A utilização de geometrias e condições de corte impróprias contribui para a redução da eficiência, pois estas condições estão associadas ao aumento de desperdícios nas operações de maquinação.

Finalmente outros factores citados são a precária organização industrial e os aspectos culturais quanto à aceitação de inovações que dificultam a implantação de medidas que visam melhorar os índices de desempenho na maioria das empresas do sector. Isto confirma avaliação feita por BARBOSA *et al.* (1999) os quais chegaram a conclusões semelhantes.

Na figura 32 podemos ver os defeitos da madeira que contribuem juntamente com os defeitos de maquinação (Figura 31) para o índice de desperdícios.

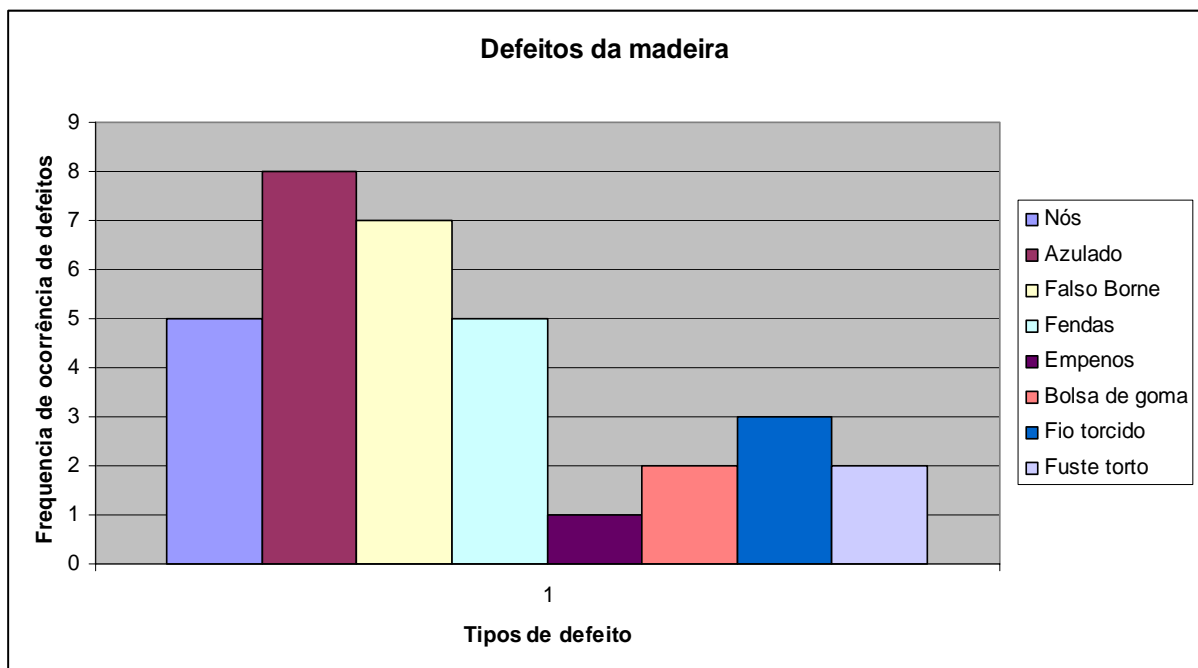


Figura 32- Frequência de ocorrência de defeitos da madeira.

4.5 Operações estudadas

4.5.1 Operação “Multisserra” (corte)

A operação na máquina multisserra consistiu em serrar as tábuas em régua com largura de 75 mm ao longo do comprimento das tábuas utilizando uma serra circular com 3mm de espessura (Figura.33). É importante referir que as tábuas tinham larguras diferentes por isso cada tábua teve desperdícios diferentes. O total de desperdícios obtidos nesta operação foi de 19,70%.



Figura 33 - Corte de uma tábua na “Multisserra”

A Figura 34 apresenta um gráfico que traduz a relação entre o rendimento versus desperdício em cada tábua. Por exemplo para uma tábua de 140 mm de largura pode-se observar através do gráfico que esta apresenta um desperdício de cerca de 46,43%.

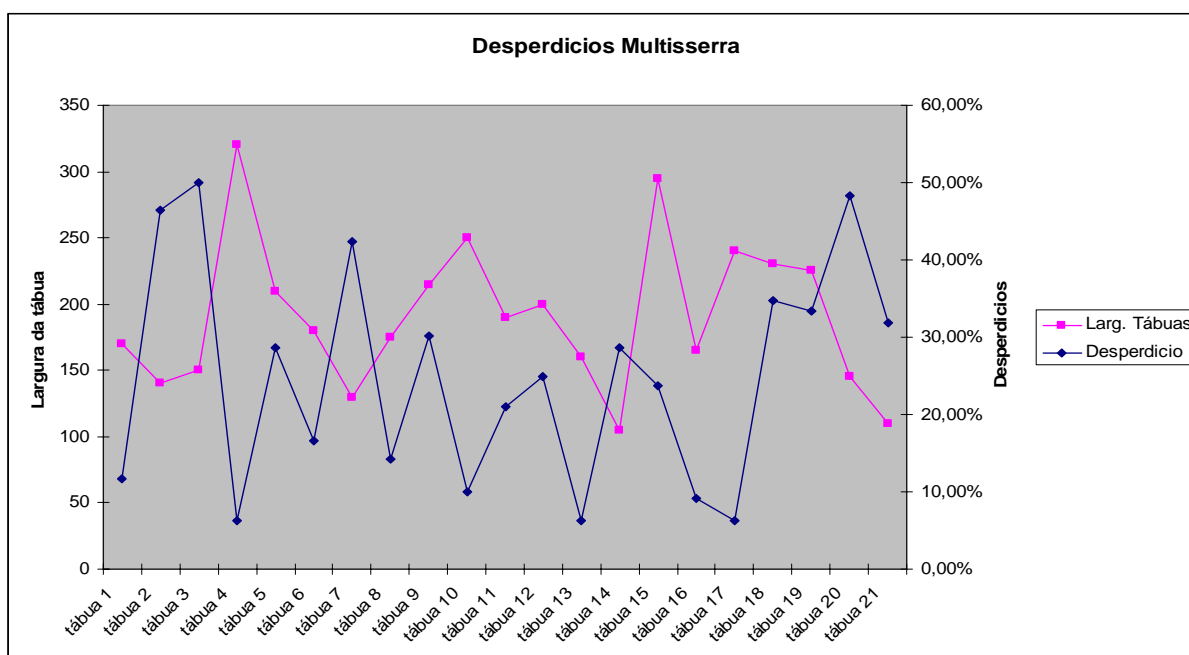


Figura 34 - Desperdícios na máquina “Multisserra” operação de corte (largura da tábua Versos desperdício)

O gráfico da Figura 35 traduz a relação entre o rendimento versus desperdício em cada tábua. Por exemplo para uma tábua de 140 mm de largura pode-se observar através do gráfico que esta apresenta um desperdício de 46,43% e um rendimento de 53,57%.

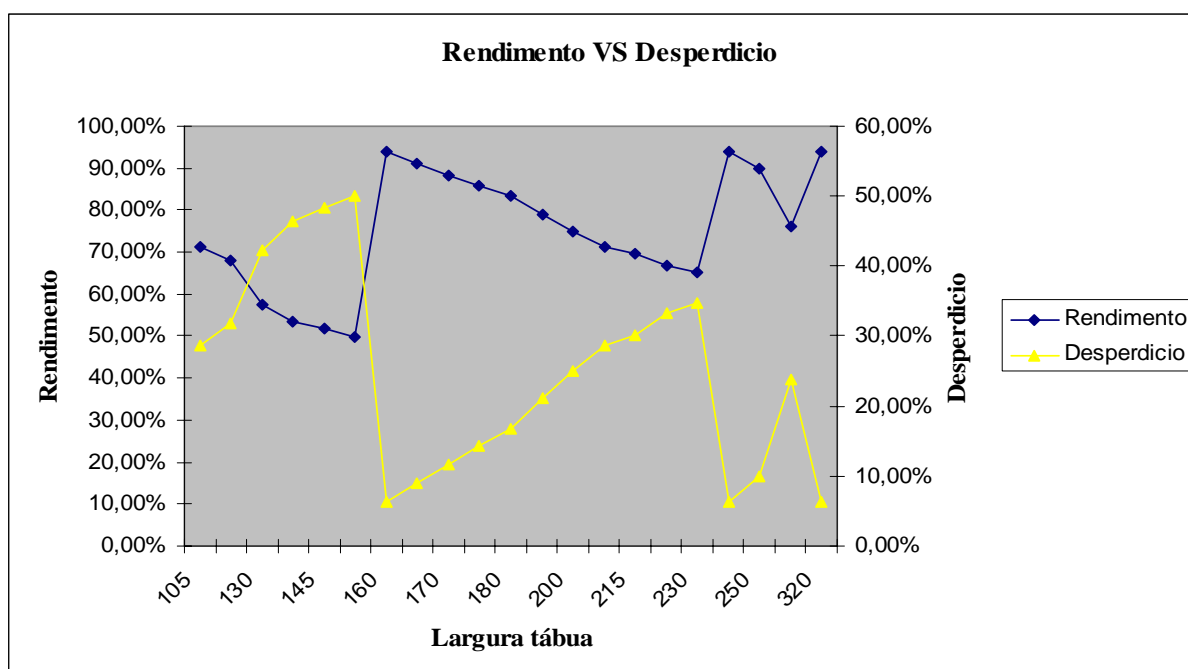


Figura 35- Rendimento VS Desperdício na máquina “multisserra” operação de corte

O rendimento mássico para cada tábua mediante a respectiva largura está representado na Figura 36. Podemos verificar através da análise do gráfico que para a produção de régua de 75 mm necessárias à fabricação do lote em estudo, devemos evitar a utilização de tábuas com larguras entre 90 mm a 150 mm, 190mm a 230 mm, 270mm a 310 mm e 370 mm a 390mm, pois estas têm desperdícios que podem ir até aos 50%. Para obtermos um rendimento mássico devemos utilizar para a produção deste lote de portas tábuas com larguras entre 160mm a 180mm, 240mm a 260mm e 320mm a 340mm.

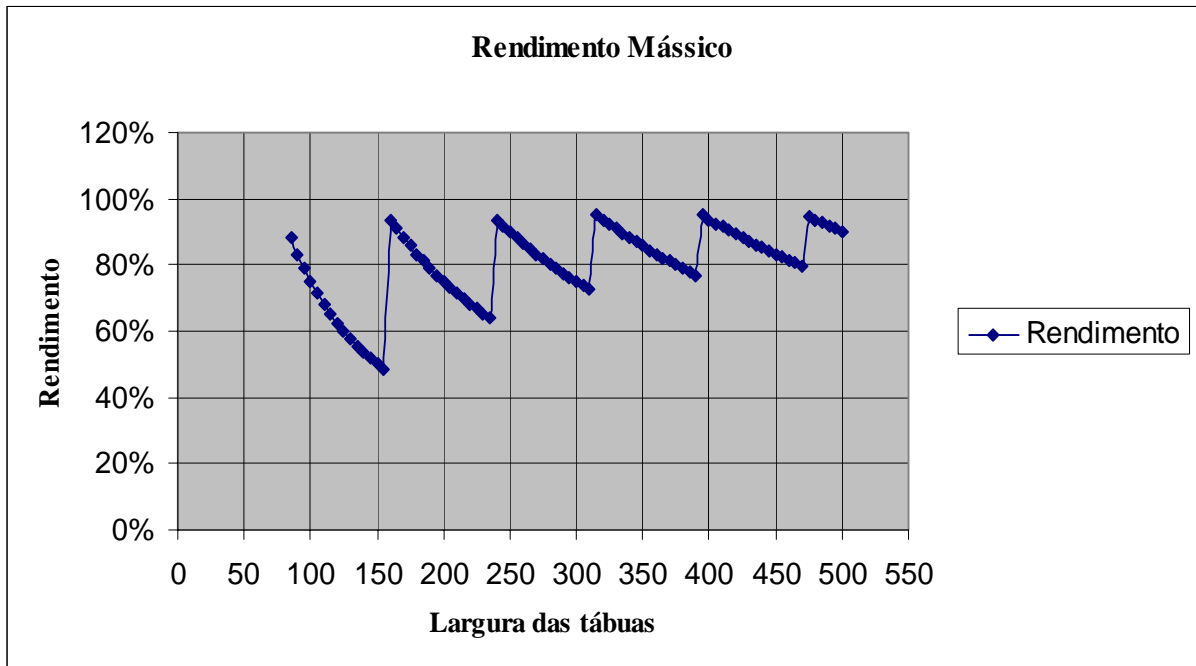


Figura 36- Rendimento mássico

A Figura 37 representa a percentagem desperdício e de aproveitamento final nesta operação. Como podemos observar através do gráfico esta operação teve um desperdício de 19,70%:

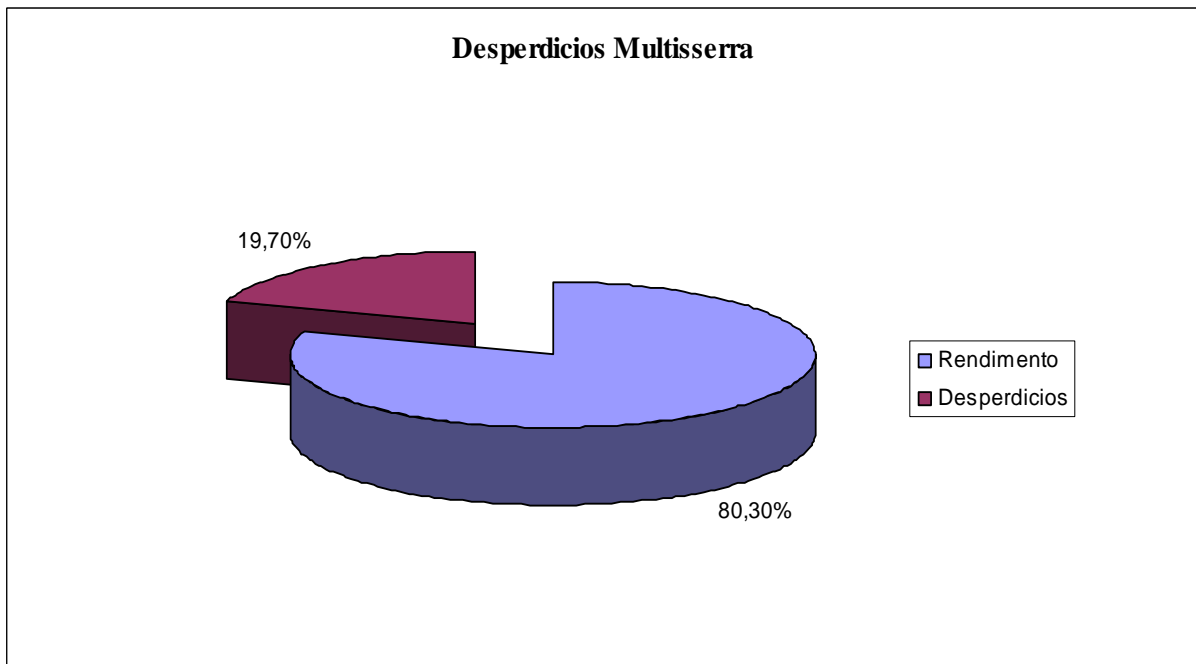


Figura 37- Desperdício na máquina “multisserra” operação de corte

4.5.2 Operação “Molduradora” (fresar)

A operação na máquina “molduradora” consistiu em aplainar as quatro faces das régua provenientes da operação na “multisserra” conforme se pode observar pela Figura 38. À saída desta operação as tábuas ficaram com uma largura de 70 mm.



Figura 38 – “Moldurar” régua

A figura 39 mostra o desperdício e rendimento final nesta operação. Como podemos observar através do gráfico esta operação teve um desperdício de 24,07%.

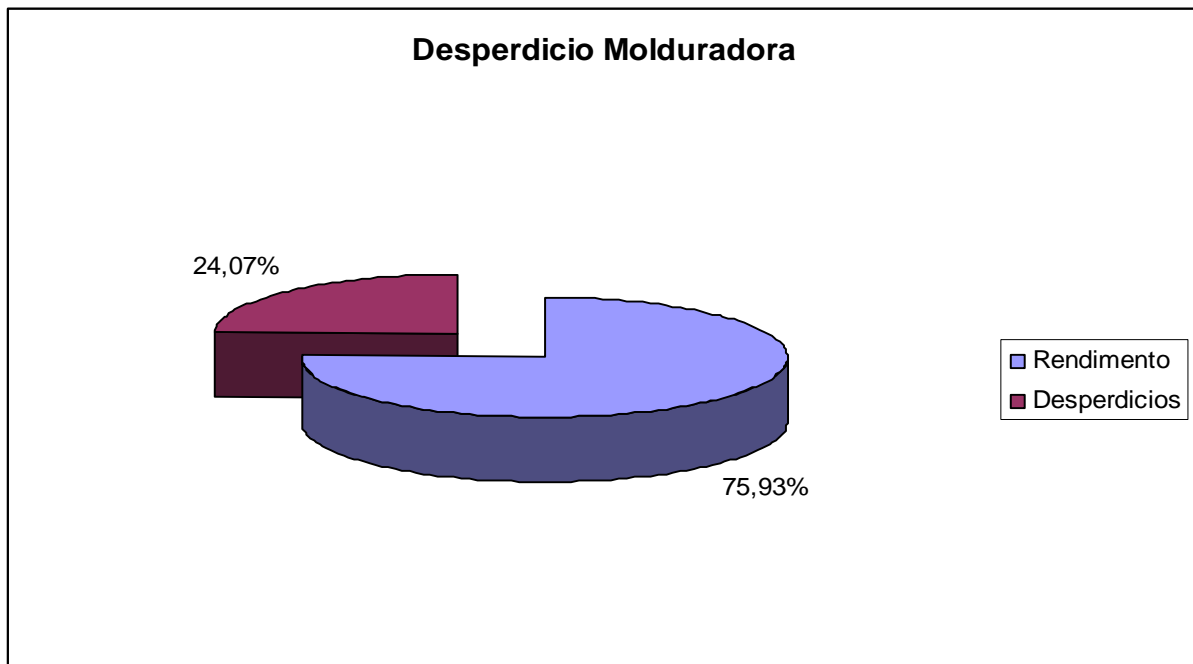


Figura 39 - Desperdício na máquina “molduradora” operação de “fresagem”

4.5.3 Operação “Radial” (corte)

A operação na máquina radial consistiu em cortar, conforme se pode observar na Figura 40, nas devidas dimensões, as régulas aplainadas na molduradora. O produto obtido à saída desta operação tem o nome de travessas e consueiras, necessárias à elaboração das respectivas portas. Nesta operação fez-se, à semelhança do que é vulgarmente feito, uma selecção da madeira, rejeitando-se aquela que apresentar defeitos (nós, fissuras, manchas, etc.). Nesta operação a redução de desperdício depende essencialmente da qualidade da madeira.



Figura 40 - Cortar réguas

A Figura 41 mostra o desperdício e rendimento final nesta operação. Como podemos observar através do gráfico esta operação produziu um desperdício de 16,46%.

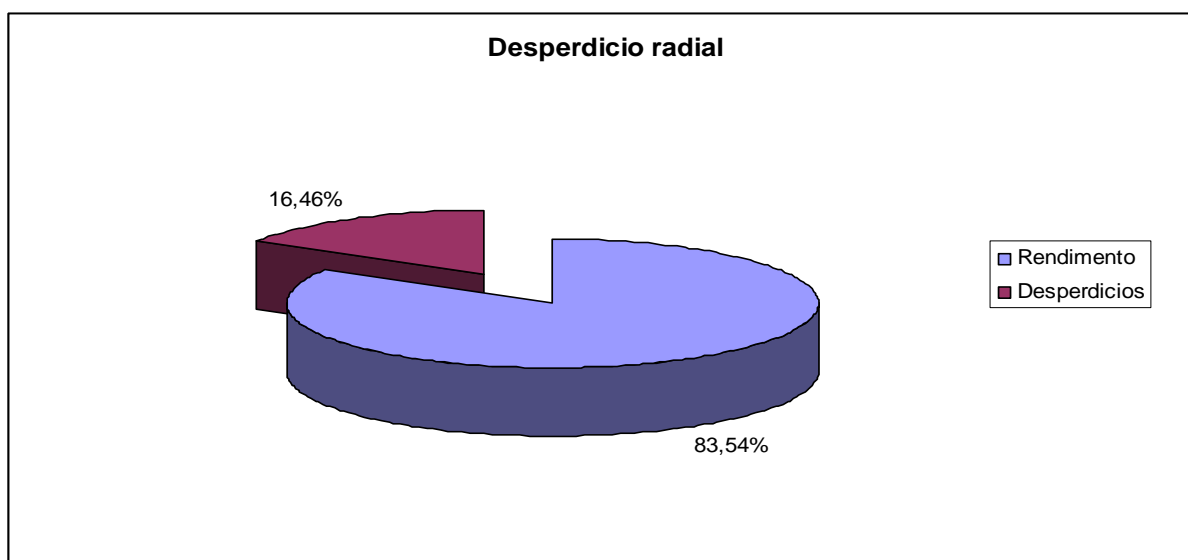


Figura 41 - Desperdício na máquina “radial” na operação “corte”

4.5.4 Operação “Tupia” (fresar)

A operação na máquina “tupia” consistiu em fazer as respigas conforme se pode observar pela Figura 42 em todas as travessas para depois poderem encaixar no rasgo das consueiras.



Figura 42 – “Respigar” travessas

A Figura 43 mostra o desperdício e o rendimento final nesta operação. Como podemos observar pelo gráfico, esta operação teve um desperdício de 5,38 %. Nesta operação o desperdício tem valores bastante baixos. Aqui o desperdício é apenas o que se refere à madeira que é necessário retirar das travessas para que se possa fazer a respiga.

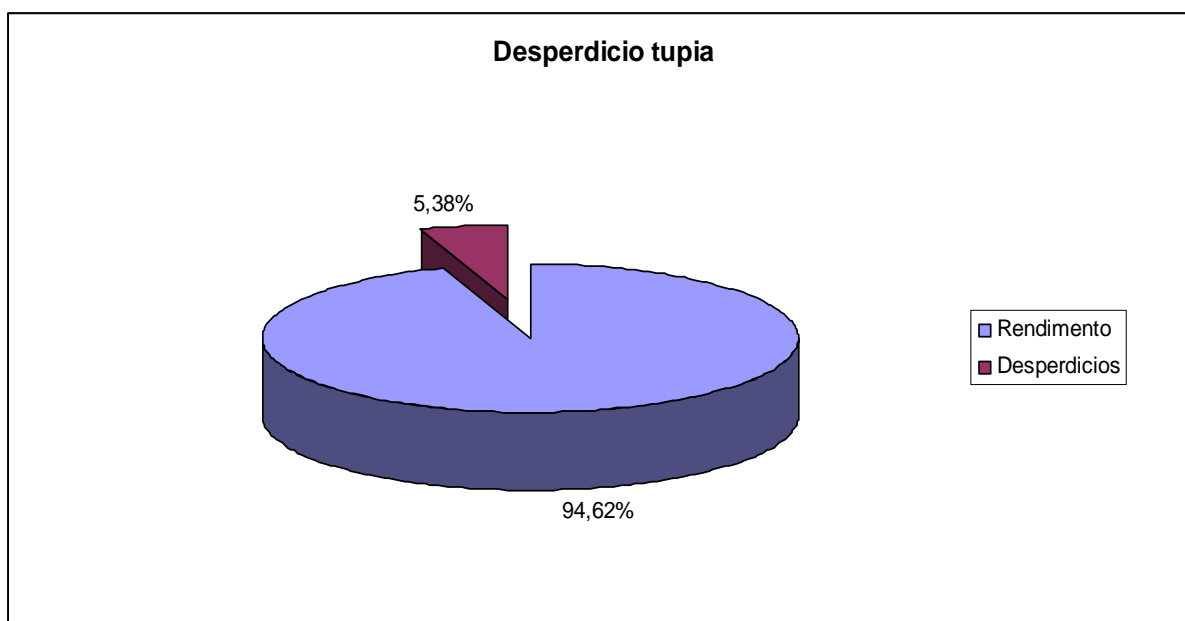


Figura 43 – Desperdício na máquina “tupia” e operação de fresagem

4.5.5 Operação “Furadora”

A operação na máquina furadora consistiu em fazer furos conforme se pode observar pela Figura 44 em todas as travessas e consueiras necessários à fabricação das portas de carvalho. Esses furos são necessários para fazer a ligação entre as travessas e consueiras para assim se poder montar e dar forma às portas.



Figura 44 – “Furação” de travessas

A Figura 45 mostra o desperdício e rendimento final nesta operação. Como podemos observar através do gráfico esta operação teve um desperdício de 1,30 %. Nesta operação o desperdício tem valores bastante baixos. Aqui o desperdício é apenas o que se refere à madeira que é necessário retirar para fazer o furo nas travessas e consueiras. Esse furo serve para reforçar a ligação entre travessas e consueiras.

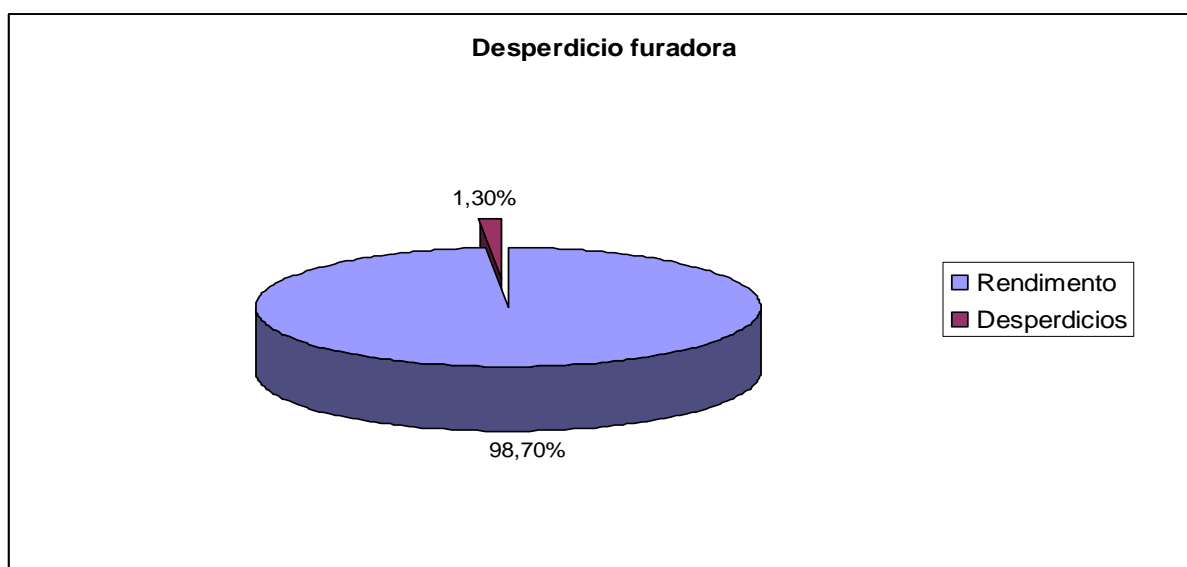


Figura 45 – Desperdício na máquina “furadora” e operação “furação”

4.5.6 Operação “lixadora”

A operação na máquina “lixadora” consistiu em lixar a superfície das portas depois de devidamente montadas com as travessas e consueiras, conforme se mostra na Figura 46. As portas ficam com a espessura final de 22 mm, e prontas a levar o acabamento.



Figura 46 – “Lixar” portas

A Figura 47 mostra o desperdício e rendimento final nesta operação. Como podemos observar através do gráfico esta operação teve um desperdício de 4,55 %. Todas as portas depois de montadas passam pela operação de lixagem para que sejam devidamente calibradas. Aqui o desperdício corresponde ao que é necessário lixar para que as portas fiquem com uma espessura final de 22mm e prontas a levar o acabamento final.

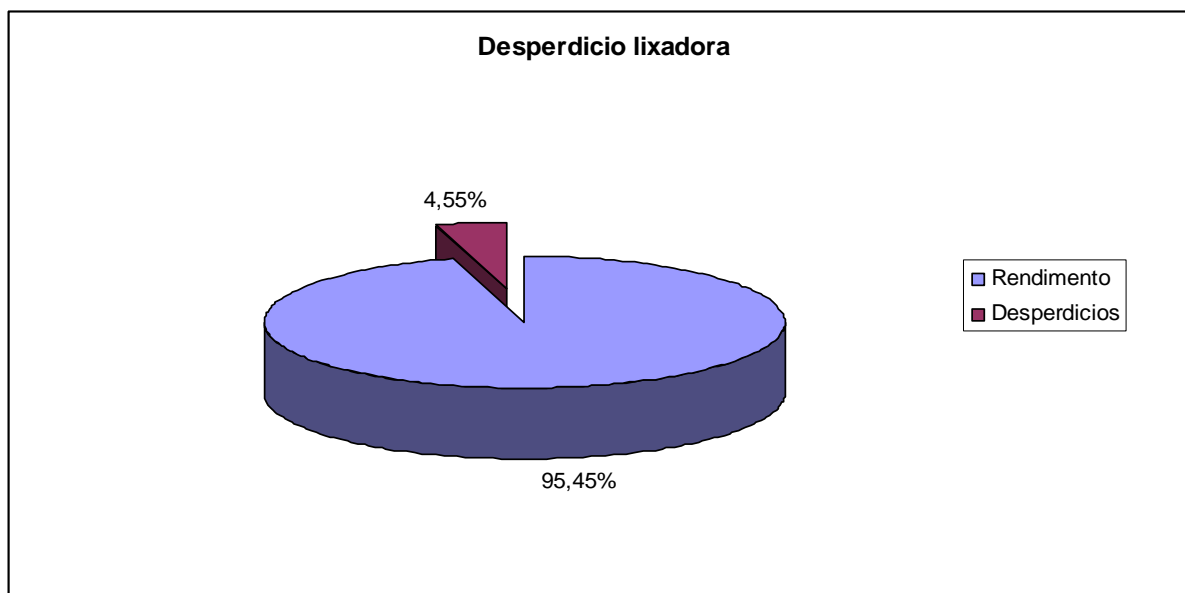


Figura 47 - Desperdício na máquina “lixadora” e operação de “lixagem”

Na Figura 48 podemos observar o desperdício gerado na produção de cada porta. Como se pode verificar nesta operação o desperdício varia com a dimensão da porta, ou seja quanto maior for a porta maior é o desperdício.

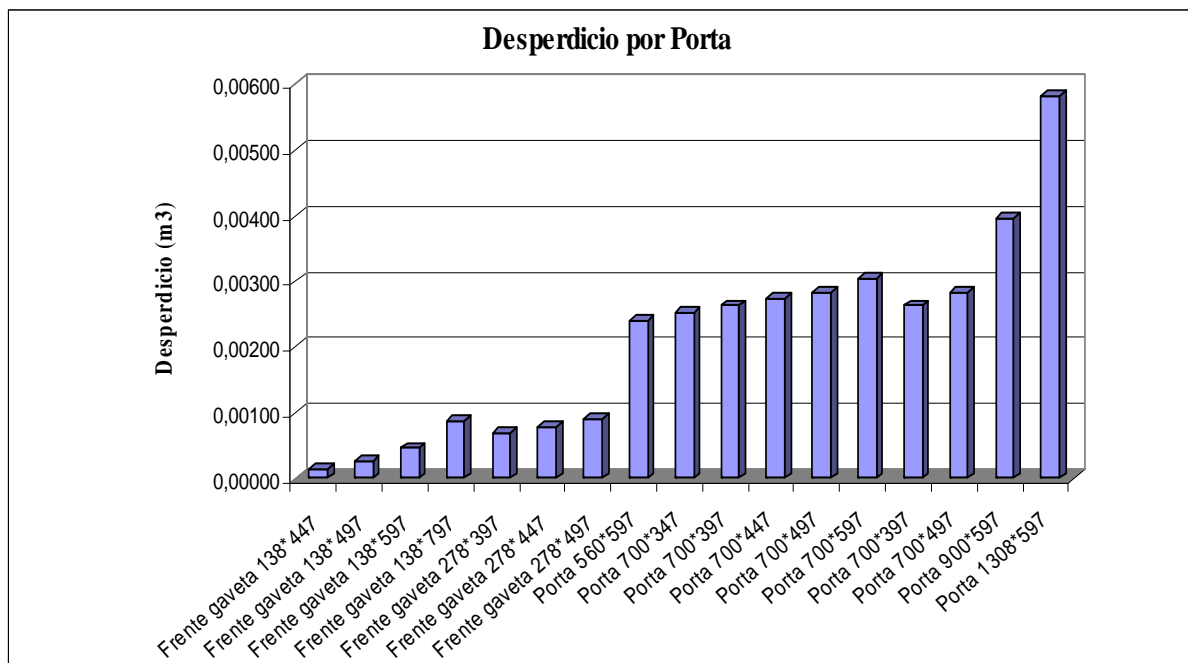


Figura 48 - Desperdício total gerado na produção de portas e gavetas de madeira de carvalho

Comparando o volume inicial da matéria-prima, madeira de carvalho, com o volume apresentado no produto final (portas), podemos concluir que em termos de balanço de massa, a quantidade de desperdício foi mais de metade da matéria-prima inicial, representando 54,46%, apenas 45,54 % da matéria-prima foi incorporada (Figura 49).

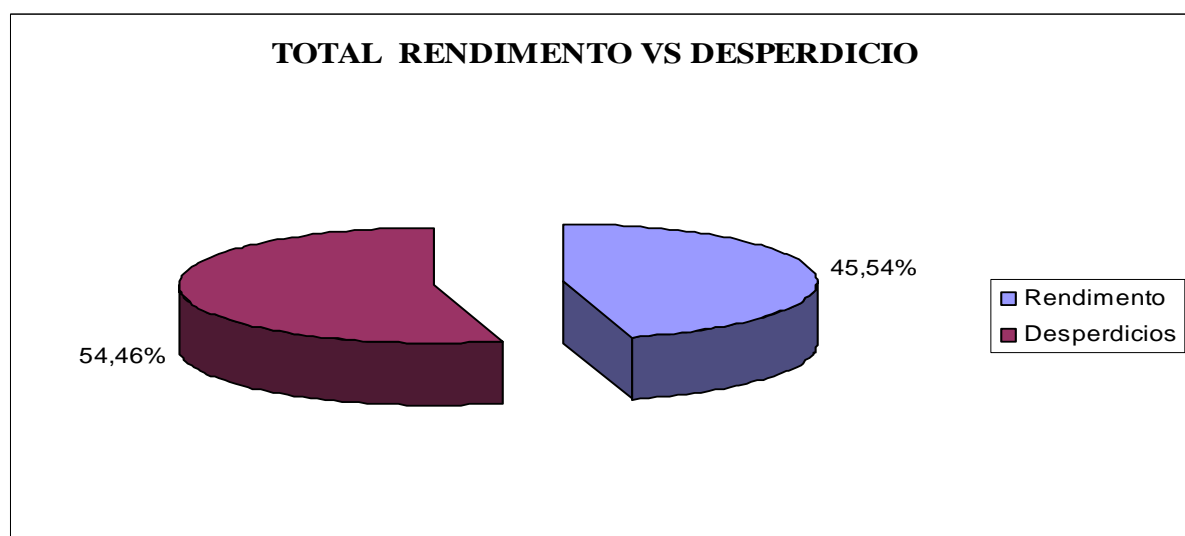


Figura 49 – Representação do balanço de massa na produção de portas e gavetas de madeira de carvalho

Estes valores são diferentes dos encontrados por um estudo que foi feito pelo INETI, Instituto Nacional de Engenharia e Tecnologia Industrial onde apresenta no seu Guia Técnico Sector da Industria da Madeira e Mobiliário valores de rendimento no sector de mobiliário de 60,5 %.

Como podemos observar, através dos respectivos gráficos, ao longo do processo de fabrico existem pontos onde o desperdício é superior em relação aos outros, nomeadamente, na “multisserra” (19,70%) na “molduradora” (24,07%), e finalmente na “radial” (16,46 %). Estas são as operações críticas, já que as restantes operações representam valores de desperdícios bastante baixos. A “tupia” apresenta valores de desperdício de 5,38%, a “furadora” 1,30% e a “lixadora” 4,55%.

Feita a análise dos rendimentos mássicos em cada uma das operações, pode-se concluir que a optimização do corte será condição necessária para diminuir a quantidade de desperdícios, bem como a qualidade inicial das tábuas de madeira. No caso da “Multisserra”, é importante seleccionar a largura das tábuas para múltiplos de 75mm para assim se reduzir os desperdícios.

5 CONCLUSÕES

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

A partir da análise dos processos de maquinação da madeira de carvalho, com dados obtidos em ambiente fabril, foi possível gerar as informações necessárias à melhoria da eficiência produtiva nas fábricas de móveis.

A análise dos processos mostrou que as causas da baixa eficiência produtiva na maquinação de madeiras estão relacionadas, principalmente, com o desconhecimento dos fenómenos envolvidos na maquinação e da interação entre os parâmetros de “corte”, “fresamento”, “furação” e as medidas de desempenho, muitas vezes negligenciadas devido à ausência de pesquisas sobre este assunto.

A falta de mão-de-obra mais qualificada, a organização industrial deficiente, também são factores que levam a uma menor eficiência na maquinação de madeira, causando incertezas no dimensionamento, planeamento e controle dos processos de maquinação.

Além disso, a ausência de métodos quantitativos e critérios padronizados para avaliação da qualidade da madeira contribui para a indefinição das relações de causa e efeito, dificultando a introdução de mudanças que visam a melhoria dos processos de maquinação.

A identificação dos melhores parâmetros para cada um destes factores pode ser realizada a partir da análise dos gráficos que correlacionam medidas de desempenho e parâmetros de maquinação com a identificação do padrão de qualidade aceitável e da produtividade desejada em cada processo.

A utilização do programa desenvolvido para calcular os desperdícios e rendimentos, permite estimar o índice de rejeição e o volume de madeira maquinada. Isto facilita o planeamento e o controle dos processos de maquinação, uma vez que fornece os valores de desperdícios e rendimentos do sistema de fabricação para cada operação do processo produtivo, permitindo avaliar os resultados da viabilidade da maquinação de um lote de tábuas de madeira para executar um determinado número de portas.

O desperdício no caso da “multisserra” depende principalmente das larguras das tábuas utilizadas num determinado lote e menos das propriedades da madeira. As relações entre as variáveis relevantes mostram que o desempenho da maquinação nesta operação está intimamente relacionado com as larguras das tábuas. Por isso, é recomendada a utilização de tábuas com larguras múltiplos de 75 mm para assim se atingir melhorias significativas em

termos de produtividade. Assim será possível contribuir para a competitividade dos processos produtivos diminuindo os desperdícios na operação “multisserra”.

O presente estudo, contribui com a identificação de valores de desperdícios nas várias operações, de modo a melhorar a eficiência produtiva no processamento de portas de madeira de carvalho. A partir da identificação das causas do baixo desempenho e da melhor compreensão das relações de causa e efeito entre maquinação da madeira e os desperdícios nas operações dos processos produtivos é possível ajustar os parâmetros de modo a obter melhorias na eficiência produtiva e assim a contribuir para um maior aproveitamento da madeira.

O conhecimento das relações entre os parâmetros de maquinação e as medidas de desempenho facilitam o dimensionamento, o planeamento e o controle dos processos de industrialização da madeira, pois permitem prever o comportamento do sistema perante alterações dos parâmetros de maquinação.

Assim, a análise da maquinação da madeira de um lote de portas contribui para a geração de conhecimentos necessários à melhoria dos processos e da eficiência produtiva nas indústrias de móveis, reduzindo desperdícios, possibilitando a utilização de novas espécies de madeira, aumentando a qualidade e a produtividade das operações, delimitando restrições e capacidades de acordo com o conhecimento das máquinas e das propriedades das madeiras utilizadas na produção de portas de madeira de carvalho.

Em conclusão e comparando o volume inicial da matéria-prima, madeira de carvalho, com o volume apresentado no produto final (portas), podemos concluir que em termos de balanço de massa, a quantidade de desperdícios representa mais de metade da matéria-prima inicial 54,46%, e que apenas 45,54 % da matéria-prima foi incorporada.

5.1 Recomendações

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

Testar outros modelos para avaliação das relações entre as respostas do sistema de fabricação e os parâmetros de maquinação/desperdícios. Utilizar modelos de simulação mais

refinados e detalhados para avaliação de outras variáveis (vida da ferramenta, qualidade das peças) sobre o desempenho dos processos.

Testar a aplicação dos modelos de simulação no planeamento e projecto do sistema de fabricação.

Relacionar o desempenho dos processos com a classe de qualidade da madeira para diferentes espécies. Estudar a relação entre o tipo, o tamanho e o patamar tecnológico das fábricas com o desempenho dos processos de maquinação.

Minimizar o efeito dos factores que influem nos resultados, mas que não estão sob controlo (tempo de vida da ferramenta) e analisar o efeito de propriedades (acabamento, mecânicas) não contempladas neste estudo.

Desenvolver análise dos resultados físicos e económicos da maquinação, com avaliação dos tempos de produção e custos dos processos para determinar os melhores parâmetros de maquinação, visando criar alternativas viáveis para a indústria da madeira.

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

Utilizar outros métodos de análise tais como projectos experimentais, simulações análise de componentes. Desenvolver um banco de dados de maquinação para madeiras incluindo informações sobre os parâmetros recomendados para maquinação de diferentes espécies.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, Alcir R. B. Reengenharia florestal: necessidade perante a evolução do mercado consumidor. **Revista da madeira**. n. 21, p. 9, mar. /abr. 1998.
- BARBOSA, Ana Paula; VIANEZ, B.F.; VAREJÃO, M. J.; ABREU, R.L.S. Considerações sobre o perfil tecnológico do setor madeireiro na Amazônia central. **Revista Acta Amazônica**. Biodiversidade, pesquisa e desenvolvimento na Amazônia. Manaus, n.35, p 45-53. 1999.
- BIANCHI, Kleber Eduardo. **Concepção de uma máquina CNC para medição e usinagem de peças de madeira**. 1996. Dissertação. Programa de pós-graduação em engenharia mecânica, UFSC, Florianópolis.
- BIRKELAND, R. Wood machining-Research and education, where are we going?. **Proceedings of the 13th International Wood Machining Seminar Vol.1** p.17-22. 1997.
- BONDUELLE, Arnaud.; **Usinagem, material de corte e desgaste do gume**. Curso de Engenharia Industrial Madeireira e Programa de Pós-graduação em Eng. Florestal, UFPR, Curitiba, 2000.
- BONDUELLE, G. M. **Avaliação e análise dos custos da má qualidade na indústria de painéis de fibras**. 1997. Tese (Doutorado) PPGEP - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- CARVALHO, A., 1996 Madeiras Portuguesas, Vol. I Direcção Geral das Florestas, Lisboa.
- COUTINHO, LUCIANO “*Design* como Fator de Competitividade na Indústria Moveleira”. NEIT/UNICAMP. **Relatório setorial SEBRAE – FINEP- ABIMOVEL**, São Pulo, 1999.
- DOI, O; YOKOYAMA, M. Cutting force analysis of wood I. **Bulletin of the JSME**, v.18, n.140.p.240-246, 1977.
- FARIAS, Marzely Gorges. **As questões ambientais e o processo de fresamento em alta velocidade de madeiras de floresta plantada *eucalyptus grandis* e *eucalyptus dunnii***. 2000. Tese (Doutorado) - Programa de pós-graduação em engenharia mecânica. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda. **Novo dicionário da língua portuguesa**. 2ed. Rio de Janeiro. Editora Nova Fronteira S.A., 1986.
- GONÇALVES, M.T.T. ; RUFFINO, R.T. Mecanismo de formação do cavaco na usinagem da madeira – In: **ENBRAMEM**, 3., São Carlos, 1989. Anais. São Paulo, LaMEM/EESC/USP. v.4,p.163-202, 1989.

- GONÇALVES, M.T.T. **Processamento da Madeira**. Bauru-SP: Document Center Xerox – USC, Livro ISBN 85.901425-1-5. 2000.
- GURAU, L., MANSFIELD-WILLIAMS, H.D. and IRLE, M.A. A comparison of Laser Triangulation and Stylus Scanning for measuring the Roughness of Sanded Wood Surfaces. **In:Proc. of the 5th International Conference on the Development of Wood Science, Wood Technology and Forestry**. 5th – 7th September Ljubliana, Slovenia. 2001.
- HUBER; H.. BITTNER H.G. Presentation of a lily automatic working equipment for hardeningcircular saws and knives a new technology. **Proceedings of the 13th International WoodMachining Seminar** vol.1 p.277-288. 1997.
- KIVIMAA, E. Die scnittkraft in der holzbearbeitung. **Holz als roh und werkstoff**, v.10, N.3, p.94-108. 1952.
- KOCH, P.. **Wood Machining Processes**. New York. Ronald Press Company. 1964. 530p.
- KOLLMANN, F.F.P.; CÔTE, W.A.J. **Principles of Wood Science and Technology**. New ork.1984. v.1, 592 p.
- KOMATSU, Masayuki. Machining Performance of a Router Bit in the Peripheral Milling of Wood I. Effects of the radial rake angle of the peripheral cutting-edge on the cutting force and machinesurface roughness. **Mokuzai Gakkaishi** 39(6) pp.628-635. 1993.
- LEMASTER; R. L; SALONI; D; RODKWAN, S.. Update of Process Monitoring and Control Research at North Carolina State University. **Proceedings of the 15th International Wood Machining Seminar** p.511-522. 2001
- LIMA, E. S. - Exportações e *design* no setor moveleiro. **Revista da ABIMÓVEL**.1998.
- LYPTUS – Recomendações técnicas de usinagem, colagem e acabamento. 17p. 2002.
- MALDONADO, LUCIA M. O. Como utilizar o registro de exportação simplificado – **Revista Comércio exterior** n.. 20. p.14-30. 2001.
- McKENZIE, W.. Wood is easy to cut -or is it?. **Proceedings of the 11th International Wood Machining Seminar** p.26-40. 1993.
- McKENZIE, W.M. Fundamental aspects of the wood cutting process. **Forest Products Journal**,v.10, n.9, p.447-456. 1964.
- MEAUSOONE; P.J A. Aguilera; P. Martin. Choice of Optimal Cutting Conditions in Wood Machining using the "Coupled Tool-Material" Method. **Proceedings of the 15th InternationalWood Machining Seminar** p.37-48. 2001.
- MOTE, C. D Jr. Overview of saw *design* and operations research Results and priorities. **Proceedings of the Sixth International Wood Machining Seminar** p.11-25. 1979.
- MÜNZ, U. V.. Wood processing tools of German manufacturers. **Proceedings of the 13th**

International Wood Machining Seminar Vol.2 p.829-830. 1997.

NAHUZ, F. Fabricação de painéis de Madeira. Uma análise de desempenho. **Wood Magazine**,v.6, n.4, p 25-28. 1999.

PALADINI, Edson Pacheco. **Gestão da qualidade no processo: a qualidade na produção de bens e serviços**. São Paulo. Atlas, 1995.

PANSHIN, A J & DE ZEEUW, C. **Textbook of Wood Technology**. McGraw-Hill. New York.1980.

SCHAJER; G. WANG, S. Effect of workpiece interaction on circular saw cutting stability.

Proceedings of the 14th International Wood Machining Seminar Vol.1 p.173-186. 1999.

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

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

SILVA, J.; MATTOS, J; MUNIZ, G.B. Influência das características anatômicas da madeira na sua usinagem. **XV Congresso florestal brasileiro**. Belo Horizonte, 1999. Anais. p-232-239. 1999.

SLACK, Nigel *et al.*. **Administração da Produção**. São Paulo. Atlas, 1997.

SOUZA, P. Viabilidade de exploração da Madeira em florestas tropicais. **Wood Magazine**, v3, n.4, Curitiba, p. 16-19, 1999.

STEMMER, Gaspar Erich. **Ferramentas de corte I**. 5. ed. Florianópolis. Ed. da UFSC, 2001.

STEMMER, Gaspar Erich. **Ferramentas de corte II**. 2. ed. Florianópolis. Ed. da UFSC,1995.

SZYMANI; R.; TYLCZAK; J. H.; HAWK; J. A.; ZIOMEK-MOROZ, M.; WO, J. B. C. Investigations of Wear Resistance of New Stellite 700 Series Grades Used for Saw Tipping. **Proceedings of the 15th International Wood Machining Seminar** p.133-140. 2001.

TANAKA; C. ZHU; N. OHTANI, T. Automatic Detection of Router Bit Failure During Machining. **Proceedings of the 15th International Wood Machining Seminar** p.523-532.2001.

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

THUNELL, B. Estimating production capacity during sawmill planning. **Proceedings of the Seventh International Wood Machining Seminar** p.18-32. 1982

TUSET, R.; DURAN, F. **Manual de Madera Comerciales, Equipos y Processos de Utilizacion**.Montevideo1986. Editorial Agropecuaria Hemisferia Sur S. R. L.

BIBLIOGRAFIA

- APIMA, 2006. Associação Portuguesa das Indústrias de Mobiliário e afins.
- BALDWIN, R. F. **Operations Management in the forest products industry.** Miller Freeman. San Francisco. 1984.
- CARVALHO, A.,1996 Madeiras Portuguesas, Vol. I Direcção Geral das Florestas, Lisboa.
- CARVALHO, A.,1996 Madeiras Portuguesas, Vol. II Direcção Geral das Florestas, Lisboa.
- COLLIER, J. W. **Wood finishing.** V, 6. Pergamon Press. Rome. 1967.
- GROSSMAN, E.; NAVEIRO, R. M. **A atividade de desenvolvimento de projeto de produto na indústria de móveis.** III CBGDP, Florianópolis, 2001.
- HASEN, H. J. **Modern timber design.** John Wiley & Sons. New York, 1962.
- HOCQUET, M. **Manuel d'entretien et d'affûtage des lames de scies à ruban et scies alternatives.** CTBA - Centre Technique du Bois et de L'amieublement. France. 1983.
- HOLTMAN, D. F. **Wood construction. Principles. Practice. Details.** McGraw-Hill. New York.1929.
- HORTEN, H. E. **Woodworking machines - in 4 languages.** CR Books. London. 1968.
- INETI, 2000.GuiaTécnico – Sector da Indústria da Madeira e do Mobiliário.
- JURAN, J. M. **Controle de qualidade.** Handbook, vol. 1, McGraw-Hill, 1991.
- MÉNARD. S. **P'Usinage du Bois.** CRIMBO - Centre de Resaerche industrielle du meuble et du bois ouvré. France, 1995.
- MERCIER, C. **L'affutage des outils à bois et dérivés.** Éditions H. Vial – París 1978 .
- MONTGOMERY, D.C. **Design and analysis of experiments,** 4a. Ed., John Wiley & Sons, 1997.
- OLIVÉRIO, J. L. **Projeto da Fábrica,** São Paulo, Instituto Brasileiro do Livro Científico Ltda,1985.
- PESSOA, D. **Avaliação de sistemas de produção a partir de parâmetros de desempenho e produtividade.** São Paulo. Atlas/USP, 1998.
- PINTO, J. K.; SLEVIN, D. P. **Critical success factors in succesful project implementation.** IEEE Transactions on Engineering Management, v. 34, n.1, Feb. 1987.
- PORTER, M. E. **Vantagem competitiva das nações.** Ed. Campus, Rio de Janeiro, 1989.
- REVISTA COMÉRCIO EXTERIOR – número 20 pag. 18-24. **A importância do design.**
- SHINGO, Shigeo. **O sistema Toyota de produção: do ponto de vista da engenharia de produção.** Porto Alegre. Bookman, 1996.
- SINK, D. S.; TUTTLE, T. C. **Planejamento e medição para performance.** Rio de Janeiro.

Bibliografia

Qualitymark, 1993.

SULE, D.R.. **Manufacturing Facilities**, Boston-EUA, PWS-KENT Publishing Company, 1992.

TIMBER ENGINEERING COMPANY. **Timber design and construction Handbook**. McGraw-Hill. New York, 1956.

TUBINO, Dálvio Ferrari. **Sistemas de produção: a produtividade no chão de fábrica**. Porto Alegre. Bookman, 1999.

APÊNDICES

APÊNDICE 1 - Programa para calculo de desperdícios

```
Private Sub CommandButton1_Click()
```

```
    Dim Multiserra As Worksheet
```

```
    Dim Lt As Double
```

```
    Dim ed As Double
```

```
    Dim Lr As Double
```

```
    Dim Np As Double
```

```
    Dim D As Double
```

```
    Dim et As Double
```

```
    Dim Ltmax As Integer
```

```
    Dim Ltmin As Integer
```

```
    'definir a folha do excel como multiserra
```

```
    Set Multiserra = Worksheets(1)
```

```
    Multiserra.Activate
```

```
    Multiserra.Visible = xlSheetVisible
```

```
    'LER VALORES
```

```
    Lt = Ltmin
```

```
    ed = 3
```

```
    Lr = TextBox1.Value
```

```
    Np = 0
```

```
    et = 26
```

```
    Ltmin = 70
```

```
    Ltmax = 500
```

```
    X = 2
```

```
    Y = 1
```

```
    Linha_do_LOTE = 2
```

```
    'LIMPAR LINHA E COLUNAS
```

```
    For w = 5 To 95
```

```
        For z = 1 To 14
```

```
            Multiserra.Cells(w, z) = ""
```

```
        Next z, w
```

'DESENHAR TITULOS

Multiserra.Cells(2, 1) = "Largura da Régua"

Multiserra.Cells(5, 1) = "Largura da Tábua"

Multiserra.Cells(5, 2) = "N.º de Peças"

Multiserra.Cells(5, 3) = "Rendimento"

Multiserra.Cells(5, 4) = "Desperdicio"

Multiserra.Cells(2, 2) = Lr

Lt = 75

Do

For w = 6 To 90

Lt = Lt + 5

Multiserra.Cells(w, 1) = Lt

Np = Int((Lt - ed) / (Lr + ed))

Multiserra.Cells(w, 2) = Np

R = (Lr * et * Np) / (Lt * et)

Multiserra.Cells(w, 3) = R

D = ((Lt * et) - (Lr * et * Np)) / (Lt * et)

Multiserra.Cells(w, 4) = D

Next w

Loop While Lt < Ltmax

End Sub

Private Sub CommandButton2_Click()

End

End Sub

Private Sub CommandButton3_Click()

Dim LOTE As Worksheet

Dim Multiserra As Worksheet

Dim Auxiliar As Worksheet

Dim Lrl As Double

Set Auxiliar = Worksheets(6)

Set Multiserra = Worksheets(1)

Set LOTE = Worksheets(2)

LOTE.Activate

LOTE.Visible = xlSheetVisible

X = 2

L = 6

Do

Lrl = LOTE.Cells(X, 2)

```
Do
  Lr = Multiserra.Cells(L, 1)
  If (Lr1 = Lr) Then
    LOTE.Cells(X, 6) = Multiserra.Cells(L, 2)
    LOTE.Cells(X, 7) = Multiserra.Cells(L, 3)
    LOTE.Cells(X, 8) = Multiserra.Cells(L, 4)
  End If
  L = L + 1
Loop While Lr <> ""
L = 6
X = X + 1
Loop While LOTE.Cells(X, 2) <> ""

TextBox170.Value = Round(LOTE.Cells(29, 9) * 100, 2)
TextBox171.Value = Round(LOTE.Cells(30, 9) * 100, 2)
TextBox200.Value = Round(LOTE.Cells(26, 5), 2)
TextBox201.Value = Round(LOTE.Cells(26, 10), 2)
Auxiliar.Cells(2, 1) = TextBox200.Value
Auxiliar.Cells(2, 2) = TextBox201.Value
Auxiliar.Cells(2, 5) = TextBox170.Value
Auxiliar.Cells(2, 6) = TextBox171.Value
End Sub

Private Sub CommandButton4_Click()
Dim LOTE As Worksheet
Set LOTE = Worksheets(2)

LOTE.Activate
LOTE.Visible = xlSheetVisible

L = 2
LOTE.Cells(L, 1) = TextBox2.Value
LOTE.Cells(L, 2) = TextBox3.Value
LOTE.Cells(L, 3) = TextBox4.Value
LOTE.Cells(L, 4) = TextBox5.Value
L = 3
LOTE.Cells(L, 1) = TextBox6.Value
LOTE.Cells(L, 2) = TextBox7.Value
LOTE.Cells(L, 3) = TextBox8.Value
LOTE.Cells(L, 4) = TextBox9.Value
L = 4
LOTE.Cells(L, 1) = TextBox10.Value
LOTE.Cells(L, 2) = TextBox11.Value
LOTE.Cells(L, 3) = TextBox12.Value
LOTE.Cells(L, 4) = TextBox13.Value
L = 5
```

LOTE.Cells(L, 1) = TextBox14.Value
LOTE.Cells(L, 2) = TextBox15.Value
LOTE.Cells(L, 3) = TextBox16.Value
LOTE.Cells(L, 4) = TextBox17.Value
L = 6
LOTE.Cells(L, 1) = TextBox18.Value
LOTE.Cells(L, 2) = TextBox19.Value
LOTE.Cells(L, 3) = TextBox20.Value
LOTE.Cells(L, 4) = TextBox21.Value
L = 7
LOTE.Cells(L, 1) = TextBox22.Value
LOTE.Cells(L, 2) = TextBox23.Value
LOTE.Cells(L, 3) = TextBox24.Value
LOTE.Cells(L, 4) = TextBox25.Value
L = 8
LOTE.Cells(L, 1) = TextBox26.Value
LOTE.Cells(L, 2) = TextBox27.Value
LOTE.Cells(L, 3) = TextBox28.Value
LOTE.Cells(L, 4) = TextBox29.Value
L = 9
LOTE.Cells(L, 1) = TextBox30.Value
LOTE.Cells(L, 2) = TextBox31.Value
LOTE.Cells(L, 3) = TextBox32.Value
LOTE.Cells(L, 4) = TextBox33.Value
L = 10
LOTE.Cells(L, 1) = TextBox34.Value
LOTE.Cells(L, 2) = TextBox35.Value
LOTE.Cells(L, 3) = TextBox36.Value
LOTE.Cells(L, 4) = TextBox37.Value
L = 11
LOTE.Cells(L, 1) = TextBox38.Value
LOTE.Cells(L, 2) = TextBox39.Value
LOTE.Cells(L, 3) = TextBox40.Value
LOTE.Cells(L, 4) = TextBox41.Value
L = 12
LOTE.Cells(L, 1) = TextBox42.Value
LOTE.Cells(L, 2) = TextBox43.Value
LOTE.Cells(L, 3) = TextBox44.Value
LOTE.Cells(L, 4) = TextBox45.Value
L = 13
LOTE.Cells(L, 1) = TextBox46.Value
LOTE.Cells(L, 2) = TextBox47.Value
LOTE.Cells(L, 3) = TextBox48.Value
LOTE.Cells(L, 4) = TextBox49.Value
L = 14
LOTE.Cells(L, 1) = TextBox50.Value

```
LOTE.Cells(L, 2) = TextBox51.Value
LOTE.Cells(L, 3) = TextBox52.Value
LOTE.Cells(L, 4) = TextBox53.Value
L = 15
LOTE.Cells(L, 1) = TextBox54.Value
LOTE.Cells(L, 2) = TextBox55.Value
LOTE.Cells(L, 3) = TextBox56.Value
LOTE.Cells(L, 4) = TextBox57.Value
L = 16
LOTE.Cells(L, 1) = TextBox58.Value
LOTE.Cells(L, 2) = TextBox59.Value
LOTE.Cells(L, 3) = TextBox60.Value
LOTE.Cells(L, 4) = TextBox61.Value
L = 17
LOTE.Cells(L, 1) = TextBox62.Value
LOTE.Cells(L, 2) = TextBox63.Value
LOTE.Cells(L, 3) = TextBox64.Value
LOTE.Cells(L, 4) = TextBox65.Value
L = 18
LOTE.Cells(L, 1) = TextBox66.Value
LOTE.Cells(L, 2) = TextBox67.Value
LOTE.Cells(L, 3) = TextBox68.Value
LOTE.Cells(L, 4) = TextBox69.Value
L = 19
LOTE.Cells(L, 1) = TextBox70.Value
LOTE.Cells(L, 2) = TextBox71.Value
LOTE.Cells(L, 3) = TextBox72.Value
LOTE.Cells(L, 4) = TextBox73.Value
L = 20
LOTE.Cells(L, 1) = TextBox74.Value
LOTE.Cells(L, 2) = TextBox75.Value
LOTE.Cells(L, 3) = TextBox76.Value
LOTE.Cells(L, 4) = TextBox77.Value
L = 21
LOTE.Cells(L, 1) = TextBox78.Value
LOTE.Cells(L, 2) = TextBox79.Value
LOTE.Cells(L, 3) = TextBox80.Value
LOTE.Cells(L, 4) = TextBox81.Value
```

End Sub

```
Private Sub CommandButton5_Click()
Dim molduradora As Worksheet
Dim LOTE As Worksheet
Dim XX, XX1, XX2, XX3 As Integer
```

Dim Auxiliar As Worksheet

```
Set LOTE = Worksheets(2)
Set molduradora = Worksheets(3)
Set Auxiliar = Worksheets(6)
```

```
L = 2
Do
reguaslote = LOTE.Cells(L, 9)
```

```
    Comp1 = LOTE.Cells(L, 3)
    Esp1 = LOTE.Cells(L, 4)
    Lar1 = TextBox1.Value
    Comp2 = Comp1
    Lar2 = Lar1 - 5
    Esp2 = Esp1 - 3
    rasgo = (20 * 9) * Comp1
    V11 = Comp1 * Esp1 * Lar1
    V12 = (Comp2 * Esp2 * Lar2) - (20 * 9 * Comp2)
    If (V11 <> 0) Then
        D = V12 / V11
        R = 1 - D
        molduradora.Cells(L, 1) = reguaslote
        molduradora.Cells(L, 2) = Lar2
        molduradora.Cells(L, 3) = Esp2
        molduradora.Cells(L, 4) = Comp2
        molduradora.Cells(L, 5) = D
        molduradora.Cells(L, 6) = R
    Else: End If
```

```
TextBox172.Value = Round(molduradora.Cells(30, 10) * 100, 2)
TextBox173.Value = Round(molduradora.Cells(31, 10) * 100, 2)
```

```
Auxiliar.Cells(3, 5) = TextBox172.Value
Auxiliar.Cells(3, 6) = TextBox173.Value
```

```
TextBox202.Value = Round(Auxiliar.Cells(3, 1), 2)
TextBox203.Value = Round(Auxiliar.Cells(3, 2), 2)
```

```
L = L + 1
Loop While reguaslote <> ""
```

End Sub

Private Sub CommandButton6_Click()

Dim TUPIA As Worksheet

Dim R1, R2, R3, R4, R5, R6, R7, R8, R9, R10 As Integer

Dim Auxiliar As Worksheet

Set Auxiliar = Worksheets(6)

Set TUPIA = Worksheets(4)

TUPIA.Activate

TUPIA.Visible = xlSheetVisible

LarguraReg = TextBox1.Value

DespTupiaRegua = 2 * (2 * (LarguraReg * 6.5 * 18))

R1 = Round(TextBox176.Value, 0)

R2 = Round(TextBox177.Value, 0)

R3 = Round(TextBox178.Value, 0)

R4 = Round(TextBox179.Value, 0)

R5 = Round(TextBox180.Value, 0)

R6 = Round(TextBox181.Value, 0)

R7 = Round(TextBox182.Value, 0)

R8 = Round(TextBox183.Value, 0)

R9 = Round(TextBox184.Value, 0)

R10 = Round(TextBox185.Value, 0)

VR1 = R1 * LarguraReg * 22 * 193

VR2 = R2 * LarguraReg * 22 * 243

VR3 = R3 * LarguraReg * 22 * 293

VR4 = R4 * LarguraReg * 22 * 343

VR5 = R5 * LarguraReg * 22 * 393

VR6 = R6 * LarguraReg * 22 * 443

VR7 = R7 * LarguraReg * 22 * 493

VR8 = R8 * LarguraReg * 22 * 593

VR9 = R9 * LarguraReg * 22 * 693

VR10 = R10 * LarguraReg * 22 * 793

TOTALREGUAS = Round(R1 + R2 + R3 + R4 + R5 + R6 + R7 + R8 + R9 + R10, 0)

Apêndices

VOLUMETOTALREGUA = VR1 + VR2 + VR3 + VR4 + VR5 + VR6 + VR7 + VR8 +
VR9 + VR10

TOTALDESP = TOTALREGUAS * DespTupiaRegua

PERDESP = (TOTALDESP / VOLUMETOTALREGUA) * 100

TextBox175.Value = Round(PERDESP, 2)

REND = 100 - PERDESP

TextBox174.Value = Round(REND, 2)

Auxiliar.Cells(5, 5) = TextBox174.Value

Auxiliar.Cells(5, 6) = TextBox175.Value

TextBox206.Value = Round(Auxiliar.Cells(5, 1), 2)

TextBox207.Value = Round(Auxiliar.Cells(5, 2), 2)

End Sub

Private Sub CommandButton7_Click()

Dim TUPIA As Worksheet

Dim R1, R2, R3, R4, R5, R6, R7, R8, R9, R10 As Integer

Dim R11, R12, R13, R14, R15, R16, R17, R18 As Integer

Dim Furadora As Worksheet

Dim Volumefuro As Integer

Dim Auxiliar As Worksheet

Set Auxiliar = Worksheets(6)

Set Furadora = Worksheets(5)

Set TUPIA = Worksheets(4)

TUPIA.Activate

TUPIA.Visible = xlSheetVisible

LarguraReg = TextBox1.Value - 5

DespTupiaRegua = 2 * (2 * (LarguraReg * 6.5 * 18))

R1 = Round(TextBox176.Value, 0)

R2 = Round(TextBox177.Value, 0)

R3 = Round(TextBox178.Value, 0)

R4 = Round(TextBox179.Value, 0)

R5 = Round(TextBox180.Value, 0)

R6 = Round(TextBox181.Value, 0)

R7 = Round(TextBox182.Value, 0)

Apêndices

R8 = Round(TextBox183.Value, 0)
R9 = Round(TextBox184.Value, 0)
R10 = Round(TextBox185.Value, 0)

R11 = Round(TextBox190.Value, 0)
R12 = Round(TextBox191.Value, 0)
R13 = Round(TextBox192.Value, 0)
R14 = Round(TextBox193.Value, 0)
R15 = Round(TextBox194.Value, 0)
R16 = Round(TextBox195.Value, 0)
R17 = Round(TextBox196.Value, 0)
R18 = Round(TextBox197.Value, 0)

VR1 = R1 * LarguraReg * 22 * 193
VR2 = R2 * LarguraReg * 22 * 243
VR3 = R3 * LarguraReg * 22 * 293
VR4 = R4 * LarguraReg * 22 * 343
VR5 = R5 * LarguraReg * 22 * 393
VR6 = R6 * LarguraReg * 22 * 443
VR7 = R7 * LarguraReg * 22 * 493
VR8 = R8 * LarguraReg * 22 * 593
VR9 = R9 * LarguraReg * 22 * 693
VR10 = R10 * LarguraReg * 22 * 793

VR11 = R11 * LarguraReg * 22 * 138
VR12 = R12 * LarguraReg * 22 * 278
VR13 = R13 * LarguraReg * 22 * 348
VR14 = R14 * LarguraReg * 22 * 448
VR15 = R15 * LarguraReg * 22 * 560
VR16 = R16 * LarguraReg * 22 * 700
VR17 = R17 * LarguraReg * 22 * 900
VR18 = R18 * LarguraReg * 22 * 1308

TOTALREGUAS1 = Round(R1 + R2 + R3 + R4 + R5 + R6 + R7 + R8 + R9 + R10, 0)
TOTALREGUAS2 = Round(R11 + R12 + R13 + R14 + R15 + R16 + R17 + R18, 0)

VOLUMETOTALREGUA = VR1 + VR2 + VR3 + VR4 + VR5 + VR6 + VR7 + VR8 +
VR9 + VR10 + VR11 + VR12 + VR13 + VR14 + VR15 + VR16 + VR17 + VR18

TOTALDESP1 = TOTALREGUAS1 * DespTupiaRegua
TOTALDESP2 = TOTALREGUAS2

PERDESP = ((TOTALDESP1 + TOTALDESP2) / VOLUMETOTALREGUA) * 100

Apêndices

$\text{Volumefuro1} = 3.1415 * 8^2 * 34$

$\text{Volumefuro2} = 3.1415 * 8^2 * 15$

$\text{Numerofuros1} = (\text{R1} + \text{R2} + \text{R3} + \text{R4} + \text{R5} + \text{R6} + \text{R7} + \text{R8} + \text{R9} + \text{R10}) * 2$

$\text{Numerofuros2} = (\text{R11} + \text{R12} + \text{R13} + \text{R14} + \text{R15} + \text{R16} + \text{R17} + \text{R18}) * 2$

$\text{volumetotalfuros} = (\text{Numerofuros1} * \text{Volumefuro1}) + (\text{Numerofuros2} * \text{Volumefuro2})$

$\text{Volumesaidatupia} = \text{VOLUMETOTALREGUA} - (\text{TOTALDESP1} + \text{TOTALDESP2})$

$\text{Volumesaidafuradora} = \text{Volumesaidatupia} - \text{volumetotalfuros}$

$\text{PERCENTAGEMDESP} = (\text{Volumesaidafuradora} / \text{Volumesaidatupia}) * 100$

`TextBox186.Value = Round(PERCENTAGEMDESP, 2)`

`RENDIMENTO = 100 - PERCENTAGEMDESP`

`TextBox187.Value = Round(RENDIMENTO, 2)`

`Auxiliar.Cells(6, 5) = TextBox186.Value`

`Auxiliar.Cells(6, 6) = TextBox187.Value`

`TextBox208.Value = Round(Auxiliar.Cells(6, 1), 2)`

`TextBox209.Value = Round(Auxiliar.Cells(6, 2), 2)`

`End Sub`

`Private Sub CommandButton8_Click()`

`Dim TUPIA As Worksheet`

`Dim R1, R2, R3, R4, R5, R6, R7, R8, R9, R10 As Integer`

`Dim R11, R12, R13, R14, R15, R16, R17, R18 As Integer`

`Dim Furadora As Worksheet`

`Dim Volumefuro As Integer`

`Dim Auxiliar As Worksheet`

`Set Auxiliar = Worksheets(6)`

`Set Furadora = Worksheets(5)`

`Set TUPIA = Worksheets(4)`

`TUPIA.Activate`

`TUPIA.Visible = xlSheetVisible`

LarguraReg = TextBox1.Value - 5
DespTupiaRegua = 2 * (2 * (LarguraReg * 6.5 * 18))

R1 = Round(TextBox176.Value, 0)
R2 = Round(TextBox177.Value, 0)
R3 = Round(TextBox178.Value, 0)
R4 = Round(TextBox179.Value, 0)
R5 = Round(TextBox180.Value, 0)
R6 = Round(TextBox181.Value, 0)
R7 = Round(TextBox182.Value, 0)
R8 = Round(TextBox183.Value, 0)
R9 = Round(TextBox184.Value, 0)
R10 = Round(TextBox185.Value, 0)

R11 = Round(TextBox190.Value, 0)
R12 = Round(TextBox191.Value, 0)
R13 = Round(TextBox192.Value, 0)
R14 = Round(TextBox193.Value, 0)
R15 = Round(TextBox194.Value, 0)
R16 = Round(TextBox195.Value, 0)
R17 = Round(TextBox196.Value, 0)
R18 = Round(TextBox197.Value, 0)

'VOLUME QUE ENTRA NA LIXADORA

VR1 = R1 * LarguraReg * 22 * 193
VR2 = R2 * LarguraReg * 22 * 243
VR3 = R3 * LarguraReg * 22 * 293
VR4 = R4 * LarguraReg * 22 * 343
VR5 = R5 * LarguraReg * 22 * 393
VR6 = R6 * LarguraReg * 22 * 443
VR7 = R7 * LarguraReg * 22 * 493
VR8 = R8 * LarguraReg * 22 * 593
VR9 = R9 * LarguraReg * 22 * 693
VR10 = R10 * LarguraReg * 22 * 793

VR11 = R11 * LarguraReg * 22 * 138
VR12 = R12 * LarguraReg * 22 * 278
VR13 = R13 * LarguraReg * 22 * 348
VR14 = R14 * LarguraReg * 22 * 448
VR15 = R15 * LarguraReg * 22 * 560
VR16 = R16 * LarguraReg * 22 * 700
VR17 = R17 * LarguraReg * 22 * 900
VR18 = R18 * LarguraReg * 22 * 1308

'VOLUME QUE SE TIRA NA LIXADORA

$$VR1a = R1 * LarguraReg * 1 * (193 - 32)$$

$$VR2a = R2 * LarguraReg * 1 * (243 - 32)$$

$$VR3a = R3 * LarguraReg * 1 * (293 - 32)$$

$$VR4a = R4 * LarguraReg * 1 * (343 - 32)$$

$$VR5a = R5 * LarguraReg * 1 * (393 - 32)$$

$$VR6a = R6 * LarguraReg * 1 * (443 - 32)$$

$$VR7a = R7 * LarguraReg * 1 * (493 - 32)$$

$$VR8a = R8 * LarguraReg * 1 * (593 - 32)$$

$$VR9a = R9 * LarguraReg * 1 * (693 - 32)$$

$$VR10a = R10 * LarguraReg * 1 * (793 - 32)$$

$$VR11a = R11 * LarguraReg * 1 * 138$$

$$VR12a = R12 * LarguraReg * 1 * 278$$

$$VR13a = R13 * LarguraReg * 1 * 348$$

$$VR14a = R14 * LarguraReg * 1 * 448$$

$$VR15a = R15 * LarguraReg * 1 * 560$$

$$VR16a = R16 * LarguraReg * 1 * 700$$

$$VR17a = R17 * LarguraReg * 1 * 900$$

$$VR18a = R18 * LarguraReg * 1 * 1308$$

$$TOTALREGUAS1 = Round(R1 + R2 + R3 + R4 + R5 + R6 + R7 + R8 + R9 + R10, 0)$$

$$TOTALREGUAS2 = Round(R11 + R12 + R13 + R14 + R15 + R16 + R17 + R18, 0)$$

$$VOLUMETOTALDESP = VR1 + VR2 + VR3 + VR4 + VR5 + VR6 + VR7 + VR8 + VR9 + VR10 + VR11 + VR12 + VR13 + VR14 + VR15 + VR16 + VR17 + VR18$$

$$TOTALDESP1 = TOTALREGUAS1 * DespTupiaRegua$$

$$TOTALDESP2 = TOTALREGUAS2$$

$$VOLUMETOTALREGUA = VR1 + VR2 + VR3 + VR4 + VR5 + VR6 + VR7 + VR8 + VR9 + VR10 + VR11 + VR12 + VR13 + VR14 + VR15 + VR16 + VR17 + VR18$$

$$PERDESP = ((TOTALDESP1 + TOTALDESP2) / VOLUMETOTALREGUA) * 100$$

$$Volumefuro1 = 3.1415 * 8^2 * 34$$

$$Volumefuro2 = 3.1415 * 8^2 * 15$$

$$Numerofuros1 = (R1 + R2 + R3 + R4 + R5 + R6 + R7 + R8 + R9 + R10) * 2$$

$$Numerofuros2 = (R11 + R12 + R13 + R14 + R15 + R16 + R17 + R18) * 2$$

$$volumetotalfuros = (Numerofuros1 * Volumefuro1) + (Numerofuros2 * Volumefuro2)$$

$$Volumesaidatupia = VOLUMETOTALREGUA - (TOTALDESP1 + TOTALDESP2)$$

Volumesaidafuradora = Volumesaidatupia - volumetotalfuros

PERCENTAGEMDESP = (Volumesaidafuradora / Volumesaidatupia) * 100

VOLUMETOTALDESPLIXADORA = VR1a + VR2a + VR3a + VR4a + VR5a + VR6a
+ VR7a + VR8a + VR9a + VR10a + VR11a + VR12a + VR13a + VR14a + VR15a +
VR16a + VR17a + VR18a

VOLUMESAIDALIXADORA = Volumesaidafuradora -
VOLUMETOTALDESPLIXADORA

PERCENTAGEMDESPERDICIOLIXADORA = (VOLUMETOTALDESPLIXADORA
/ Volumesaidafuradora) * 100

PERCENTAGEMRENDIMENTOLIXADORA = 100 -
PERCENTAGEMDESPERDICIOLIXADORA

TextBox189.Value = Round(PERCENTAGEMDESPERDICIOLIXADORA, 2)

TextBox188.Value = Round(PERCENTAGEMRENDIMENTOLIXADORA, 2)

Auxiliar.Cells(7, 5) = TextBox188.Value

Auxiliar.Cells(7, 6) = TextBox189.Value

TextBox210.Value = Round(Auxiliar.Cells(7, 1), 2)

TextBox211.Value = Round(Auxiliar.Cells(7, 2), 2)

End Sub

Private Sub CommandButton9_Click()

Dim LOTE As Worksheet

Dim R1, R2, R3, R4, R5, R6, R7, R8, R9, R10 As Long

Dim R11, R12, R13, R14, R15, R16, R17, R18 As Long

Dim NReguas As Long

Dim ComprimentoTabua As Long

Dim EspessuraTabua As Integer

Dim VOLUMEENTRADARADIAL As Long

Dim LarguraReg1, LarguraReg As Long

Dim a As Long

Dim PD1, PD As Integer

Dim Auxiliar As Worksheet

Set Auxiliar = Worksheets(6)

Set LOTE = Worksheets(2)

LOTE.Activate

LOTE.Visible = xlSheetVisible

LarguraReg1 = (TextBox1.Value - 5)

LarguraReg = LarguraReg1

'VOLUME QUE ENTRA NA RADIAL

NReguas = LOTE.Cells(25, 9).Value

ComprimentoTabua = LOTE.Cells(2, 3).Value

EspessuraTabua = LOTE.Cells(2, 4).Value

'NReguas = 49

'ComprimentoTabua = 3650

'EspessuraTabua = 23

'LarguraReg = 70

PD = TextBox172.Value / 100

PD1 = PD / 100

VOLUMEENTRADARADIAL = (NReguas * ComprimentoTabua * EspessuraTabua *
LarguraReg) * PD1

R1 = Round(TextBox176.Value, 0)

R2 = Round(TextBox177.Value, 0)

R3 = Round(TextBox178.Value, 0)

R4 = Round(TextBox179.Value, 0)

R5 = Round(TextBox180.Value, 0)

R6 = Round(TextBox181.Value, 0)

R7 = Round(TextBox182.Value, 0)

R8 = Round(TextBox183.Value, 0)

R9 = Round(TextBox184.Value, 0)

R10 = Round(TextBox185.Value, 0)

R11 = Round(TextBox190.Value, 0)

R12 = Round(TextBox191.Value, 0)

R13 = Round(TextBox192.Value, 0)

R14 = Round(TextBox193.Value, 0)
R15 = Round(TextBox194.Value, 0)
R16 = Round(TextBox195.Value, 0)
R17 = Round(TextBox196.Value, 0)
R18 = Round(TextBox197.Value, 0)

'VOLUME QUE SAI NA RADIAL

VR1 = R1 * LarguraReg * 23 * 193
VR2 = R2 * LarguraReg * 23 * 243
VR3 = R3 * LarguraReg * 23 * 293
VR4 = R4 * LarguraReg * 23 * 343
VR5 = R5 * LarguraReg * 23 * 393
VR6 = R6 * LarguraReg * 23 * 443
VR7 = R7 * LarguraReg * 23 * 493
VR8 = R8 * LarguraReg * 23 * 593
VR9 = R9 * LarguraReg * 23 * 693
VR10 = R10 * LarguraReg * 23 * 793

VR11 = R11 * LarguraReg * 23 * 138
VR12 = R12 * LarguraReg * 23 * 278
VR13 = R13 * LarguraReg * 23 * 348
VR14 = R14 * LarguraReg * 23 * 448
VR15 = R15 * LarguraReg * 23 * 560
VR16 = R16 * LarguraReg * 23 * 700
VR17 = R17 * LarguraReg * 23 * 900
VR18 = R18 * LarguraReg * 23 * 1308

VOLUMESAIDARADIAL = VR1 + VR2 + VR3 + VR4 + VR5 + VR6 + VR7 + VR8 +
VR9 + VR10 + VR11 + VR12 + VR13 + VR14 + VR15 + VR16 + VR17 + VR18

VOLUMEDESPERDICIORADIAL = VOLUMEENTRADARADIAL -
VOLUMESAIDARADIAL

PERCENTAGEMDESPDIRADIAL = (VOLUMEDESPERDICIORADIAL /
VOLUMEENTRADARADIAL) * 100

PERCENTAGEMRENDIMENTORADIAL = 100 - PERCENTAGEMDESPDIRADIAL

TextBox198.Value = Round(PERCENTAGEMRENDIMENTORADIAL, 2)

TextBox199.Value = Round(PERCENTAGEMDESPDIRADIAL, 2)

Auxiliar.Cells(4, 5) = TextBox198.Value

Auxiliar.Cells(4, 6) = TextBox199.Value

TextBox204.Value = Round(Auxiliar.Cells(4, 1), 2)

TextBox205.Value = Round(Auxiliar.Cells(4, 2), 2)

End Sub

Private Sub Label18_Click()

End Sub

Private Sub Label2_Click()

End Sub

Private Sub Label41_Click()

End Sub

Private Sub Label47_Click()

End Sub

Private Sub TextBox1_Change()

End Sub

Private Sub TextBox170_Change()

End Sub

Private Sub UserForm_Click()

End Sub

APÊNDICE 2 - Lote de portas carvalho

LOTE DE PORTAS CARVALHO - MODELO COLONIA 70

QUANTIDADE S	DISIGNAÇÃO	DIMENSÕES
36	frente gaveta	138*397
6	frente gaveta	138*447
6	frente gaveta	138*497
1	frente gaveta	138*597
1	frente gaveta	138*797
12	frente gaveta	278*397
2	frente gaveta	278*447
2	frente gaveta	278*497
15	porta	560*597
2	porta	700*347
9	porta	700*397
24	porta	700*447
70	porta	700*497
49	porta	700*597
3	porta	900*397
5	porta	900*497
2	porta	900*597
14	porta	1308*597

QUANTIDADE S	TRAVESSAS
4	243
120	293
68	343
166	393
166	493
2	693

QUANTIDADE S	CONSUEIRAS
72	138
36	278
30	560
312	700
24	900
28	1308

APÊNDICE 3 - Valores obtidos

VALORES OBTIDOS				
	Rendimento %	Desperdícios %	Volume 1 (m3)	Volume 2 (m3)
Multisserra	80,30	19,70	2,24	1,80
Molduradora	75,93	24,07	1,80	1,37
Radial	83,54	16,46	1,37	1,14
Tupia	94,62	5,38	1,14	1,08
Furadora	98,70	1,30	1,08	1,07
Lixadora	95,45	4,55	1,07	1,02

APÊNDICE 4 - Tabuas de carvalho

	Qtd.	Larg. Tábuas	Comp.	Esp.	VI. Lote	N.º Réguas	Rendimento	Desperdicio
tábua 1	4	170	3650	26	0,0645	2	88,24%	11,76%
tábua 2	3	140	3650	26	0,0399	1	53,57%	46,43%
tábua 3	2	150	3650	26	0,0285	1	50,00%	50,00%
tábua 4	14	320	3650	26	0,4252	4	93,75%	6,25%
tábua 5	6	210	3650	26	0,1196	2	71,43%	28,57%
tábua 6	4	180	3650	26	0,0683	2	83,33%	16,67%
tábua 7	3	130	3650	26	0,0370	1	57,69%	42,31%
tábua 8	3	175	3650	26	0,0498	2	85,71%	14,29%
tábua 9	5	215	3650	26	0,1020	2	69,77%	30,23%
tábua 10	10	250	3650	26	0,2373	3	90,00%	10,00%
tábua 11	5	190	3650	26	0,0902	2	78,95%	21,05%
tábua 12	9	200	3650	26	0,1708	2	75,00%	25,00%
tábua 13	4	160	3650	26	0,0607	2	93,75%	6,25%
tábua 14	1	105	3650	26	0,0100	1	71,43%	28,57%
tábua 15	8	295	3650	26	0,2240	3	76,27%	23,73%
tábua 16	5	165	3650	26	0,0783	2	90,91%	9,09%
tábua 17	10	240	3650	26	0,2278	3	93,75%	6,25%
tábua 18	2	230	3650	26	0,0437	2	65,22%	34,78%
tábua 19	4	225	3650	26	0,0854	2	66,67%	33,33%
tábua 20	2	145	3650	26	0,0275	1	51,72%	48,28%
tábua 21	5	110	3650	26	0,0522	1	68,18%	31,82%