

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

EDUARDO AUGUSTO NAUMANN

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE EM UMA INDÚSTRIA MOVELEIRA
DO ESTADO DO PARANÁ: ESTUDO DE CASO**
Trabalho de Conclusão de Curso

Medianeira
2015

EDUARDO AUGUSTO NAUMANN

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE EM UMA INDÚSTRIA MOVELEIRA
DO ESTADO DO PARANÁ: ESTUDO DE CASO**

Trabalho de Conclusão de Curso

Trabalho de conclusão de curso
apresentado ao Curso de Graduação,
em Engenharia de Produção, da
Universidade Tecnológica Federal do
Paraná.

Orientador(a): Prof(a). Dr(a). Carla A. P.
Schmidt

Co-Orientador: Prof. Dr. José Airton
Azevedo dos Santos

Medianeira

2015



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Medianeira
Coordenação de Engenharia de Produção
Engenharia de Produção



TERMO DE APROVAÇÃO

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE EM UMA INDÚSTRIA MOVELEIRA DO ESTADO DO PARANÁ: ESTUDO DE CASO

POR

EDUARDO AUGUSTO NAUMANN

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado às 8h00min do dia 12 de junho de 2015 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho **aprovado**.

Prof.Dra.Carla A.P.Schmidt
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
(Orientadora)

Prof. Dr. José Airton A. dos Santos
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
(Co-orientador)

Prof. Ms. Carine Cristiane M. U. Pasa
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
(Membro da Banca)

Prof. Ms. Cidmar Ortiz dos Santos
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
(Membro da Banca)

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso –

Aos meus queridos pais, pela confiança, esforço e incentivo aos estudos. Meus irmãos e amigos pelo apoio.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais Sergio e Lori pelo amor, cobranças e pelos investimentos financeiros desprendidos. Sem vocês nada disso seria possível. Vocês são meu exemplo e porto seguro.

Aos meus irmãos Paulo e Fábio pelo companheirismo. Agradecimento especial para o Paulo, grande parceiro de estudos, listas de exercícios, DP's, discussões e agora finalmente colegas de profissão.

A minha orientadora Prof. Dra. Carla A. P. Schmidt pelo imenso apoio, ajuda, empenho, confiança e cumplicidade.

A empresa que cedeu o espaço para a execução deste trabalho.

A Jessica por ser minha secretaria, ajudante, motorista e parceira de laboratório.

Aos meus amigos com quem compartilhei sorrisos, risadas, historias, viagens e loucuras. Obrigado por estarem comigo e por me fazerem acreditar que precisamos lutar para fazermos desse mundo um lugar melhor.

A Família Humillación, As Camila's, Grupo de Oração muchas gracias. Vamos comemorar!

E a Málaga, cidade que me acolheu, lugar em que vivenciei grandes experiências e estará sempre em minhas recordações.

Cada vivencia boa, ruim, louca, triste, divertida extraordinária, ao longo da minha vida contribuiu de algum jeito na execução desse trabalho. Muito obrigado a você que me apoiou.

“A vida é aquilo que acontece enquanto fazemos planos para o futuro”.

John Lennon

RESUMO

NAUMANN, Eduardo Augusto. **Avaliação da qualidade em uma indústria moveleira do estado do Paraná: estudo de caso**. 2015. 79p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia de Produção) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2015.

A busca por novos mercados consumidores, aliada a uma gestão da qualidade eficiente, faz com que as empresas tornem-se competitivas e ofereçam produtos de qualidade a clientes cada vez mais exigentes. Apresentou-se como objetivo deste trabalho a avaliação de quantidade e dos tipos de defeitos de uma indústria moveleira, bem como a aplicação de ferramentas da qualidade com vistas à otimização do processo e redução dos problemas encontrados. Realizaram-se análises dos teores de umidades das madeiras utilizadas como matérias-primas, através de comparações entre as medições do equipamento utilizado pela empresa e pelo método gravimétrico. Assim como avaliação dos principais desvios que são ocasionados pelos teores de umidade estarem fora dos especificados; segundo a Revista da Madeira (2002), a umidade adequada para a produção de móveis fica entre 7% e 10% e para Ponce e Watai (1985), o teor de umidade final recomendada para móveis para interiores oscile entre 6-10%. Os dados apresentam divergências entre os dois métodos de medição da umidade. Essas diferenças podem estar sendo ocasionadas devido a problemas de calibração, manuseio, armazenamento, etc. Observou-se com o estudo a importância de um controle da qualidade dos insumos que entraram no processo a fim de evitar desvios futuros.

Palavras chave: Madeira, Matéria-prima, Defeitos.

RESUMEN

NAUMANN, Eduardo Augusto. **Evaluación de la calidad de una industria de muebles en la provincia del Paraná: estudio de caso.** 2015. 79p. Trabajo Fin de Grado (Graduado en Ingeniería de Producción) –Universidad Tecnológica Federal del Paraná, Medianeira, 2015.

La búsqueda por nuevos mercados consumidores, aliada a una gestión de la calidad eficiente, hace con que las empresas se mantengan competitivas y ofrezcan productos de calidad a los clientes cada vez más exigentes. El trabajo presenta como objetivo la evaluación de la cantidad y los tipos de defectos de una industria del sector de muebles, así como la aplicación de herramientas de la calidad, a fin de optimizar el proceso y reducir los problemas. Fueron realizados análisis de humedad de las maderas utilizadas como materia prima, a través de comparaciones entre las mediciones encontradas con el equipaje de la empresa y el método gravimétrico. Bien como la evaluación de los principales desvíos que son ocasionados por culpa de humedad estar fuera de sus especificaciones, según la Revista de la Madera (2002), la humedad adecuada final para los muebles es de 7% a 10% y para Ponce y Watai (1985), la humedad final recomendada para los muebles para interiores es de entre 6-10%. Los datos presentan diferencias entre los dos métodos de medición de humedad. Las diferencias pueden ser ocasionadas debido a problemas de calibración y manoseo del equipaje, almacenaje, etc. Observase con el estudio la importancia de un buen control de la calidad de los insumos que entran en el proceso de fabricación, con fines de evitar los desvíos futuros.

Palabras-clave: Madera, Materia prima, Defectos.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Evolução do conceito de qualidade no âmbito organizacional.	18
Figura 2 - Passos para implantação de um programa seis sigma.	20
Figura 3 - Atividades de controle da qualidade.	25
Figura 4 - Custos da qualidade.	27
Figura 5 - Distribuição dos custos da qualidade.	28
Figura 6 - Exemplo de gráfico de controle de processo.	30
Figura 7 - Representação diagrama de causa e efeito.	31
Figura 8 - Eixos Relacionados com as direções das fibras da madeira.	33
Figura 9 - Gráfico da dureza Janka.	34
Figura 10 - Gráfico de contração volumétrica.	35
Figura 11 - Gráfico do fator anisotrópico.	36
Figura 12 - Concentração de empresas do setor moveleiro no Brasil.	47
Figura 13 - Concentração de empresas do setor moveleiro no Brasil.	48
Figura 14 - Medidor elétrico baseado em medidas de resistência.	53
Figura 15 - Medidor elétrico baseado na resistência da capacidade elétrica.	54
Figura 16 - Amostras das madeiras em triplicata: na parte superior esquerda Canela (A) e na direita Guajuvira (B); parte inferior direita Açoita-Cavalo (C) e na esquerda Pau-Marfim (D).	56
Figura 17 - Gráfico de Pareto dos principais defeitos ocorridos no ano de 2014. .	58
Figura 18 - Diagrama de Causa e Efeito para o problema em estudo.	60
Figura 19 - Box Plot de dados do Percentual de Umidade Método de Estufa.	62
Figura 20 - Box Plot de dados do Percentual de Umidade pelo Equipamento da empresa.	63
Figura 21 - Gráfico de dispersão com linha de tendência e equação de correlação.	65
Figura 22 - Box Plot de dados de umidade Relativa para a Região onde a empresa está instalada, ao longo do ano de 2014.	67
Figura 23 - Comportamento da chuva e da temperatura ao longo do ano para a região, onde a empresa está instalada, valores calculados a partir de uma série de dados de 30 anos observados.	68
Figura 24 - Box Plot das densidades das amostras de madeira.	70

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Fatores que estão presentes no equilíbrio da qualidade	19
Quadro 2 - Classes de defeitos.	20
Quadro 3 - Aplicação da gestão de qualidade.....	22
Quadro 4 - Ações produtivas envolvidas na gestão da qualidade.....	23
Quadro 5 - As 7 grandezas perturbadoras.	24
Quadro 6 – Grupos de Agentes decompositores das Madeiras.....	33
Quadro 7 - Teor de umidade final recomendado para certos produtos de madeira.	44
Quadro 8 – Exemplo da quantidade de amostras por madeira para cada método de medição do teor de umidade.	55

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Avaliação Estatística das Análises de Umidade das Madeiras Estudadas pelo Método Tradicional em Estufa	61
Tabela 2 – Avaliação Estatística das Análises de Umidade das Madeiras Estudadas pelo Equipamento.....	63
Tabela 3 – Comparação de médias de teor de umidade obtidas pelos dois métodos	64
Tabela 4 – Avaliação Estatística das Análises de Densidade das Madeiras Estudadas	69

LISTA DE SIGLAS

ISO	Organização Mundial para Padronização
DIN	Instituto Alemão para Normatização
PSF	Ponto de Saturação das Fibras
FIEP	Federação das Indústrias do Estado do Paraná

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1 QUALIDADE	17
2.1.1 Defeitos.....	19
2.2 GESTÃO DA QUALIDADE	21
2.2.1 Controle da Qualidade.....	23
2.2.2 Custos da Qualidade	25
2.2.3 Ferramentas da Qualidade	28
2.2.3.1 Fluxogramas	28
2.2.3.2 Folha de verificação.....	29
2.2.3.3 Gráficos de Controle Estatístico de Processo.....	29
2.2.3.4 Análise de Pareto.....	30
2.2.3.5 Histogramas.....	31
2.2.3.6 Diagramas de causa e efeito	31
2.2.3.7 Diagramas de dispersão ou correlação	32
2.3 A MADEIRA	32
2.3.1 Propriedades Físicas e Químicas	34
2.3.1.1 Dureza janka.....	34
2.3.1.2 Contração volumétrica	35
2.3.1.3 Fator anisotrópico	36
2.4 SECAGEM DA MADEIRA	37
2.4.1 Métodos de secagem.....	38
2.5 DEFEITOS DE SECAGEM	40
2.5.1 Empenamento	40
2.5.2 Rachaduras	41
2.5.3 Encruamento	41
2.5.4 Colapso.....	42
2.5.5 Rachaduras em Favos.....	42
2.6 TEOR DE UMIDADE.....	43
2.7 DENSIDADE DA MADEIRA.....	45
3 MATERIAL E MÉTODOS	46
3.1 EMPRESA	46
3.2 O PROBLEMA	46
3.3 METODOLOGIA	49
3.4 DETERMINAÇÃO DO TEOR DE UMIDADE DA MADEIRA	51
3.4.1 Método Gravimétrico.....	51
3.4.2 Métodos Elétricos	52
3.4.2.2 Aparelhos baseados na resistência da capacidade elétrica	54
3.5 DADOS	55
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	58
5 CONCLUSÃO	71
REFERÊNCIAS	73

1 INTRODUÇÃO

A indústria de móveis do Paraná é a segunda maior do País em número de empregados (35.201 ou 15,38%) segundo dados do Ministério do Trabalho de 2010. No Brasil, o gênero Industrial Móveis participa com 3,36% (maio 2010) do total de empregados da Indústria de Transformação (FIEP, 2010).

O gasto das famílias brasileiras com móveis em geral situa-se na faixa de 1% a 2% da renda disponível (depois dos impostos). Outros fatores que influenciam a demanda por móveis são as mudanças no estilo de vida da população, os aspectos culturais, o ciclo de reposição, o investimento em marketing (em geral muito baixo nessa indústria), entre outros (GORINI, 1997).

Para Jankowsky (1996), a secagem adequada da madeira serrada, antes da sua transformação em bens e produtos, é reconhecidamente a fase mais importante de todo o processamento que visa agregar valor ao produto final.

A madeira é a principal matéria prima utilizada na indústria de moveis. Muitas vezes quando a madeira esta serrada, ela contém consideráveis quantidades de umidade (água). A saída irregular da umidade causará defeitos (rachaduras, empenamentos, inchamento de peças, rompimentos de uniões de produtos acabados e etc.) e se for mantida acima de certos valores a madeira ficará sujeita a ataques por fungos manchadores e apodrecedores. Por estas e outras razões é necessário realizar um controle adequado da umidade, pois fazendo uso desse material, fora dos padrões de trabalhabilidade, pode tornar esse insumo improprio para a fabricação de moveis, ocasionando dessa forma, grandes problemas para a indústria moveleira (KLITZKE, 2008).

Segundo Aguirre (2010), o teor de umidade é uma importante variável na avaliação da qualidade da madeira e seu devido controle mostra-se fundamental em alguns segmentos. A indústria moveleira de madeira maciça é um exemplo onde à utilização de matéria prima com o teor de umidade inadequado pode causar inúmeros problemas acarretando inclusive na inutilização do produto final. O controle desta variável mostra-se, portanto, como a melhor alternativa de prevenção de defeitos.

O presente trabalho tem como objetivo a avaliação da quantidade e dos tipos de defeitos em uma indústria moveleira e a aplicação de ferramentas da qualidade com vistas à otimização do processo e redução dos problemas encontrados.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 QUALIDADE

Nos dias atuais a qualidade é uma das palavras-chaves mais difundidas junto às pessoas, bem como nas empresas. Muitas vezes o conceito de qualidade torna-se um pouco subjetivista e genérico, devido ao seu emprego em coisas bastante distintas. Assim, qualidade para alguns está ligada a atributos intrínsecos de um bem, como desempenho e durabilidade. Dessa forma, um produto com melhor desempenho teria mais qualidade que um produto equivalente, mas com um desempenho técnico inferior. Ainda, para outros a qualidade, está associada à satisfação dos clientes quanto à adequação do uso de um produto, então a qualidade é o grau com que o produto atende satisfatoriamente às necessidades do usuário durante o seu uso (CARPINETTI, 2012).

Para Paladini (2004), a qualidade é algo abstrato, sem vida própria, é sinônimo de perfeição. Qualidade é a capacidade do produto sair conforme o seu projeto de concepção.

Segundo Carpinetti (2012), um entendimento de qualidade que costumava ser muito conhecido no chão de fábrica, é aquele que vê qualidade como um atendimento das especificações do produto. A avaliação da qualidade seria feita pelo grau de conformidade do produto fabricado com suas especificações de projeto. Há aqueles que associam qualidade ao valor relativo do produto. Por essa perspectiva, um produto é de qualidade se apresenta o desempenho esperado a um preço aceitável, e internamente dentro da empresa apresenta um nível de conformidade adequado a um custo admissível.

Para Fischer et al. (2009, p. 8), “os requisitos de qualidade são especificados pelo cliente ou pela sociedade, em forma de expectativas e desejos. Qualidade é o atendimento das exigências e expectativas dos clientes”.

O entendimento adquirido nas últimas décadas, e que também será a das tendências futuras, “é a conceituação de qualidade como satisfação dos clientes” (CARPINETTI, 2012, p.12). A ISO adota essa conceituação ao definir “qualidade é o grau em que um conjunto de características inerentes satisfaz a requisitos” (ISSO 9009:2005).

De acordo com Melo (2010) para alcançar a satisfação dos clientes e garantir a qualidade no âmbito institucional é necessária uma evolução que se inicia pela inspeção e busca de padronização, estabelecimento de controles estatísticos, prevenção de defeitos podendo-se chegar ao final até a Gestão da Qualidade Total onde se implanta as normas ISO e se supera as expectativas dos clientes (Figura 1).



Figura 1 - Evolução do conceito de qualidade no âmbito organizacional.
Fonte: Melo (2010).

De acordo com Godoy et al. (2009), a qualidade é um requisito de mercado que precisa ser identificado e gerido estratégica e operacionalmente, constituindo, dessa forma, um importante elemento da competitividade organizacional.

Já Campos (1990), apresenta no Quadro 1 a ideia de que o conceito de qualidade está presente entre o equilíbrio de três fatores.

Fatores que estão presentes no equilíbrio da qualidade	
Qualidade intrínseca do produto ou serviço	Conformidade com as normas, ou avaliada pela ausência ou presença de requisitos.
Custo	Preço que o cliente esta disposto a pagar.
Atendimento	Satisfação do cliente quanto a tempo, espaço e quantidade.

Quadro 1 – Fatores que estão presentes no equilíbrio da qualidade
Fonte: Adaptado de Campos (1990).

O conceito de qualidade sempre está evoluindo, Shiba, Graham e Walden (1993) afirmaram que o conceito de qualidade passou pelos seguintes estágios: adequação às especificações; adequação ao uso; adequação ao custo; adequação a requisitos latentes. Com a evolução da qualidade, ocorreu uma evolução nas práticas de gestão da qualidade.

2.1.1 Defeitos

Para Fischer et al. (2009), se um requisito de qualidade não for atendido, tem-se um defeito, eles ocorrem quando uma característica estiver fora dos seus limites de tolerância, ou ainda quando houver a falta desse atributo. Segundo suas consequências, os defeitos podem ser subdivididos em classes (Quadro 2).

Defeito	Consequência	Exemplos
Defeito crítico	Apresenta perigo as pessoas que vão utilizar o produto, fazem sua manutenção ou que dependam dele de alguma forma. Também é aquele que compromete o funcionamento das instalações.	Perda de propulsão de um navio, não funcionamento de um satélite
Defeito importante	É um defeito não crítico, mas que compromete a usabilidade do produto ou reduz sensivelmente a usabilidade para determinada finalidade	Não funcionamento do flash de uma máquina fotográfica
Defeito secundário	Esse defeito não reduz sensivelmente a usabilidade do produto para determinada finalidade, ou um defeito que influencia muito pouco no uso do produto ou em seu funcionamento.	Trinca na tampa do farol traseiro de um carro ou ainda defeito na pintura de uma peça qualquer

Quadro 2 - Classes de defeitos.

Fonte: Adaptado de Fischer et al. (2009).

Exatamente para reduzir os defeitos Melo (2010) explica que surgiu o programa 6 sigma, tal programa busca melhorar os processos e os produtos resultantes por meio da redução na sua variabilidade, e costuma ser implantado por meio da sequência dos 5 passos ilustrados na Figura 2.

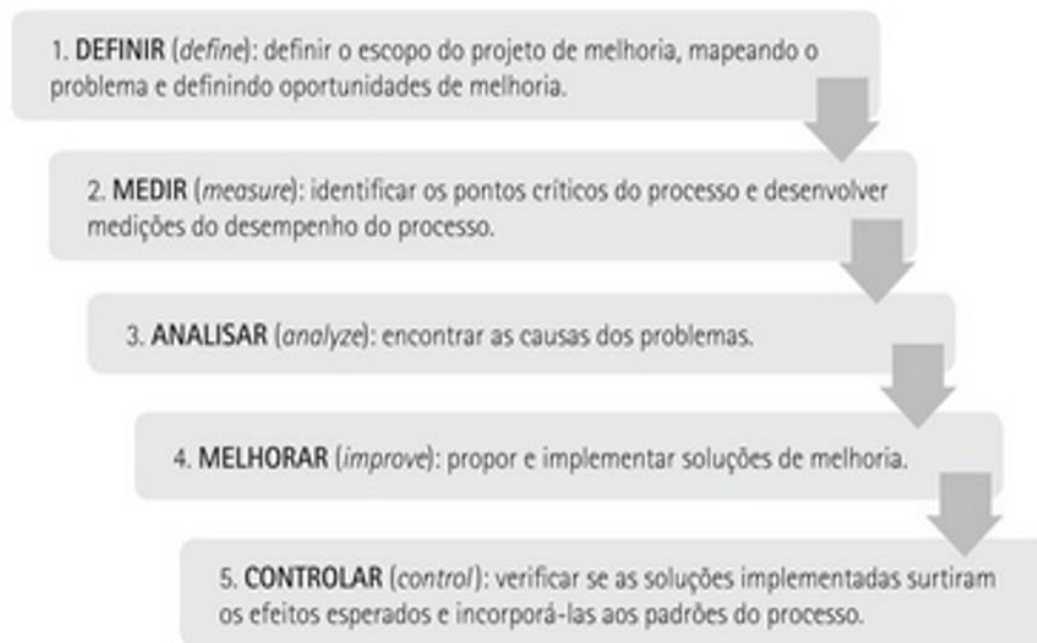


Figura 2 - Passos para implantação de um programa seis sigma.

Fonte: Melo (2010).

Oliveira (2004) explica que a ferramenta estratégica gerencial denominada Seis Sigma visa modificar, acelerar e aprimorar processos, produtos e serviços; reduzindo a variação do que é entregue aos clientes. Esse programa visa aplicar ferramentas estatísticas na redução da variabilidade da organização e tem como objetivo claro a redução das falhas e dos custos.

O nível 6 sigma corresponderia a defeitos da ordem de 3 a 4 partes por milhão de produtos o que quase equivaleria a defeito zero, mas Melo (2010) explica ainda que a maior parte das empresas trabalha na faixa dos 3 sigma o que representa aproximadamente 93,32% de aproveitamento no processo o que já significa um nível de defeitos pequeno.

2.2 GESTÃO DA QUALIDADE

Fischer et al. (2009), explicam que o desenvolvimento da gestão da qualidade deu-se devido a divisão das tarefas de trabalho no início do século passado e avançou devido a ideias e melhoramentos nas diversas etapas do processo. Como nos períodos que antecederam a revolução industrial, as diversas tarefas na produção industrial de um produto, assim como as atividades de controle de qualidade ficavam a cargo do mesmo trabalhador.

No início do século XX, Frederick W. Taylor implementou métodos considerados científicos de inspeção da produção, apartando esta atividade do processo fabril em si e atribuindo esta responsabilidade para profissionais especializados (MARSHALL JUNIOR, 2008).

Agora, existiam grupos de trabalhos, que se especializavam em alguns processos de fabricação, e eram liderados por um mestre, que realizava o controle da qualidade. Esse controle tinha por objetivo a separação dos produtos bons, dos defeituosos, evitando que o consumidor compra-se um produto de má qualidade. Só com o advento da Primeira Guerra mundial é que os inspetores de qualidade passaram a estarem presentes de maneira integral nas organizações

(FISCHER et al.,2009).

Segundo Carpinetti (2012), a partir do final da década de 30, foram desenvolvidas técnicas para a inspeção de lotes de produtos por amostragem, baseadas na abordagem de que através da probabilidade seria possível fazer a previsão da qualidade de um lote a partir da qualidade da amostra. Essas técnicas de inspeção por amostragem se consolidaram como ferramentas no controle da qualidade, pois, essas técnicas simplificaram e aumentaram a precisão do processo de inspeção. O controle de qualidade era voltado às técnicas de inspeção e controle dos resultados dos processos de fabricação.

De acordo com Carpinetti, Miguel e Gerolamo (2010), desde o início da década de 1990, com os estudos de Juran e Feigenbaun, entendeu-se a importância de haver um conjunto de atividades na cadeia produtiva buscando a qualificação de seus produtos. Para Godoy et al. (2009), qualificação está alinhada à diminuição de custos, é contemplada pelas iniciativas ISO 9000.

Carpinetti (2012), afirma que outro marco histórico na evolução da gestão da qualidade foi à constatação de que o atendimento dos requisitos de adequação as normas, muitas vezes não é imediato, mas forma parte de um processo cíclico de aprendizagem. Fischer et al. (2009), explicam que uma maior integração da gestão da qualidade, tem como objetivo diminuir e eliminar defeitos, onde eles ocorrem e não depois da sua constatação, pois gera custos na correção dos mesmos. Medidas puras de controle se fazem necessárias. Pode-se listar os 5 pontos principais em que a gestão da qualidade sofreu maiores mudanças nos últimos 20 anos, de acordo com o Quadro 3.

Principais pontos da Aplicação da Gestão da Qualidade
1 - Fortalecimento do planejamento da qualidade com o objetivo de, a priori, identificar fontes de defeitos e eliminá-los com medidas correspondentes;
2 - Alocação de inspeções de qualidade no início dos processos com objetivo de evitar refugo e retrabalho posterior;
3 - Uso mais intenso de procedimentos estatísticos no planejamento e no controle da qualidade;
4 - Crescente automação da gestão da qualidade e introdução de técnicas de medição, inspeção, calculo e representação auxiliados por computador;
5 - Obtenção de dados de referência para a avaliação rápida de processos críticos.

Quadro 3 - Aplicação da gestão de qualidade.

Fonte: Adaptado de Fischer et al. (2009).

Para Paladini (2004), a gestão da qualidade envolve três tipos de ações produtivas de naturezas distintas de acordo ao Quadro 4.

Ação produtiva	Natureza da ação	Exemplos
Atividades industriais	São aquelas voltadas para a produção de bens tangíveis, ou seja, produtos que existem fisicamente, de forma concreta; normalmente associados a ambientes de fábricas	Carros, móveis e máquinas
Prestação de serviços	Envolve a produção de bens intangíveis, a qual é sempre desenvolvida por terceiros, em atendimento à solicitação explícita.	Bancos, clínicas e imobiliárias
Estruturação de métodos	Atividades que dizem respeito aos tipos de ação executada por terceiros sob forma de orientação geral para execução de um conjunto de tarefas, associados à transferência de informações, <i>knowhow</i> ou tecnologia	Assessoria técnica, consultorias e programas em televisão

Quadro 4 - Ações produtivas envolvidas na gestão da qualidade.

Fonte: Adaptado de Paladini (2004).

2.2.1 Controle da Qualidade

Para Fischer et al. (2009), no controle da qualidade, ter o domínio do processo é fundamental. Seu objetivo maior é evitar a ocorrência de defeitos. No seu estado final almejado, todos os processos da empresa serão dominados e a ocorrência de defeitos torna-se impossível. Segundo DIN ISO 8402:

Controle de qualidade inclui todas as atividades preventivas, de controle e corretivas na obtenção de um produto, com o objetivo de atender aos requisitos de qualidade, com aplicação de técnicas de qualidade. Controle de qualidade engloba todas as técnicas de trabalho e atividades cuja finalidade é tanto o controle dos processos como a eliminação das causas de resultados não satisfatórios em todos os estádios do círculo de qualidade para alcançar eficiência econômica.

Fischer et al. (2009), explicam que deve-se introduzir circuitos de controle de qualidade em todos os processos da empresa. Os resultados dos

processos passam constantemente por inspeções e são comparados com os requisitos de qualidade. Quando ocorrem desvios, são aplicados mecanismos de regulação aos processos, corrigindo-os até que a qualidade esteja dentro da requisitada novamente. A dispersão dessas características de qualidade é causada pelas 7 grandezas perturbadoras (Quadro 5).

O controle de qualidade busca minimizar e manter em níveis aceitáveis a dispersão das características de qualidade devida às grandezas perturbadoras. Dessa forma, notam-se efeitos positivos sobre a melhoria da qualidade e da vida útil. É tarefa da direção empresarial moderna introduzir circuitos de controle de qualidade em todas as áreas da empresa, mantê-los e testá-los quanto a sua efetividade. Garantindo a sua capacidade de concorrer, pois, consegue reagir as rápidas mudanças na estrutura das necessidades dos clientes e não ceder à concorrência (FISCHER et al., 2009).

As 7 grandezas perturbadoras com exemplos	
Ser humano	Qualificação, consciência de dever, engajamento, motivação, condição, senso de responsabilidade.
Gestão/direção	Importância da qualidade, política e objetivos da qualidade, função exemplar.
Maquinas	Rendimento, rigidez, exatidão de regulagem, estado de desgaste, natureza das ferramentas, vibração
Método	Processos de fabricação, métodos de inspeção, passos de trabalho.
Ambiente	Influência do ambiente, como temperatura, umidade, iluminação, características do solo ou do piso.
Medição	Possibilidades e qualidade dos meios de inspeção, capacidade dos meios de inspeção.
Material	Dureza, tensões, estrutura, dimensões, exatidão de forma, homogeneidade.

Quadro 5 - As 7 grandezas perturbadoras.

Fonte: Adaptado de Fischer et al. (2009).

Feigenbaun (1991) definiu as atividades de controle da qualidade como uma sequência de controles descritos na Figura 3.

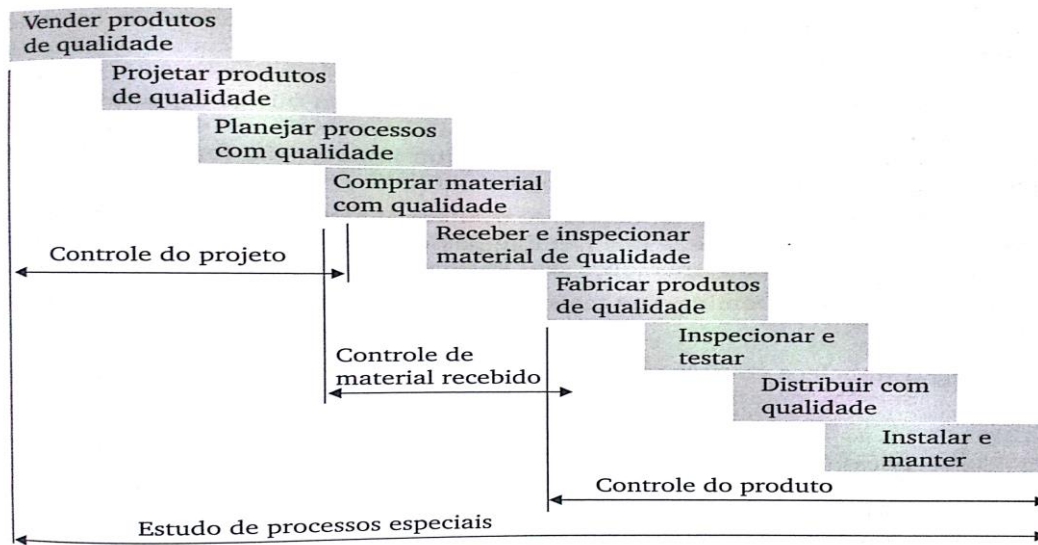


Figura 3 - Atividades de controle da qualidade.
Fonte: Feigenbaum (1991).

2.2.2 Custos da Qualidade

Segundo Dias e Pardo (2009), as empresas passaram a ter uma maior preocupação com os custos, a partir de 1990, com sistemas como o controle de custos baseado em atividades, iniciando uma era de gerenciamento estratégico de custos. As empresas passaram a reconhecer que a medição de custos e desempenho devem estabelecer as ações estratégicas da empresa, pois não basta apenas atender os clientes e satisfazê-los, mas também devem ter ações de gerenciamento de investimentos para assegurar o lucro empresarial.

Para Coral (2006), muitas empresas nos seus programas de qualidade existentes falham em desenvolver o controle de custos com ações de melhoria. Programas de qualidade e programas de controle de custos têm sido utilizados separadamente, sem o real reconhecimento de que a interação entre qualidade e custos é essencial para o sucesso econômico e operacional da organização. Assim, uma ferramenta que oferece ajuda ao gerenciamento de custos junto com programas de qualidade é chamada de custos da qualidade.

De acordo com Carpenetti (2012), a gestão da qualidade no nível

operacional visa à melhoria do desempenho no que se refere ao atendimento dos requisitos dos clientes e também na redução dos custos da não qualidade. Os custos da não qualidade englobam os custos decorrentes da falta de qualidade, assim como os custos para se obter qualidade.

Segundo Juran (1992), custos da qualidade são aqueles custos que não deveriam existir se o produto saísse perfeito da primeira vez. Ele também associa custos da qualidade com as falhas na produção que levam a retrabalho, desperdício e perda de produtividade.

Para Feigenbaum (1990), os custos da qualidade são aqueles associados com a definição, criação e controle da qualidade, assim como a avaliação e retroalimentação da conformação da qualidade, garantia e requisitos de segurança, e aqueles custos associados com falhas nos requisitos de produção e depois que o produto já se encontra nas mãos do cliente. Estes custos estão relacionados com a satisfação total do cliente.

Já Crosby (1986), relaciona o custo da qualidade com a conformação ou falta de conformação aos requisitos. Custo da qualidade é o catalisador que leva a equipe de melhoria da qualidade e o restante da gerência, a plena percepção do que está acontecendo.

De acordo com Dias e Pardo (2009), a falta da qualidade gera prejuízos à organização, pois quando surgem os defeitos nos produtos, a empresa gasta novamente para corrigi-los, muitas vezes, o custo de retrabalho, de uma peça defeituosa pode até dobrar. Estes custos provenientes de falhas no processo produtivo fazem parte dos custos da qualidade e servem para medir o desempenho dos programas de melhoria nas organizações. Os investimentos em qualidade devem produzir algum retorno financeiro para a empresa, do contrário, não são justificáveis.

Para Carpinetti (2012), os custos de qualidade podem ser classificados em (Figura 4):

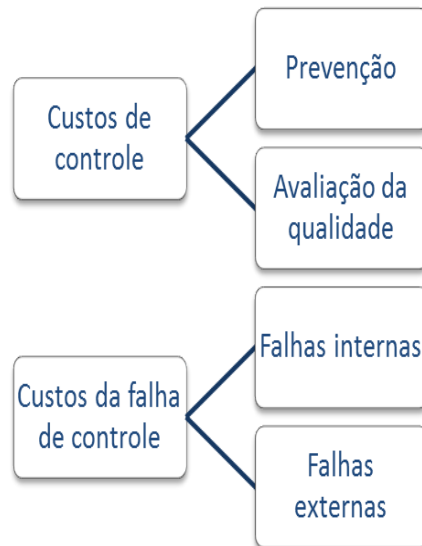


Figura 4 - Custos da qualidade.
Fonte: Carpinetti (2012).

Os custos devido a falhas internas estão associados aos defeitos, que são detectados antes do produto sair da organização. Alguns exemplos de custos decorrentes de falhas internas são: refugos; retrabalho; reinspeção, reteste; inspeção total; redução de preço de venda devido à baixa qualidade.

Os Custos devido a falhas externas estão associados a defeitos encontrados, depois da comercialização do produto. Alguns exemplos: custos de assistência técnica no período de garantia; custos de rompimento de contrato por não atendimento das especificações de qualidade; custos relacionados a ações judiciais.

Os custos de manutenção da qualidade: são decorrentes das atividades de verificação do grau de conformidade do produto aos requisitos de qualidade. Exemplos de custos são: inspeção e teste de recebimento; inspeção em processo; inspeção final e testes; auditoria de qualidade.

Os custos de prevenção que são gerados nas atividades necessárias para a redução ao mínimo dos custos devido a falhas e também dos custos de manutenção. Exemplos: planejamento da qualidade; revisão de novos produtos em desenvolvimento; controle do processo; auditorias e desenvolvimento de fornecedores; treinamento.

Segundo Dias e Pardo (2009), a distribuição dos custos da qualidade nas organizações modernas, apresentam-se conforme a Figura 5.

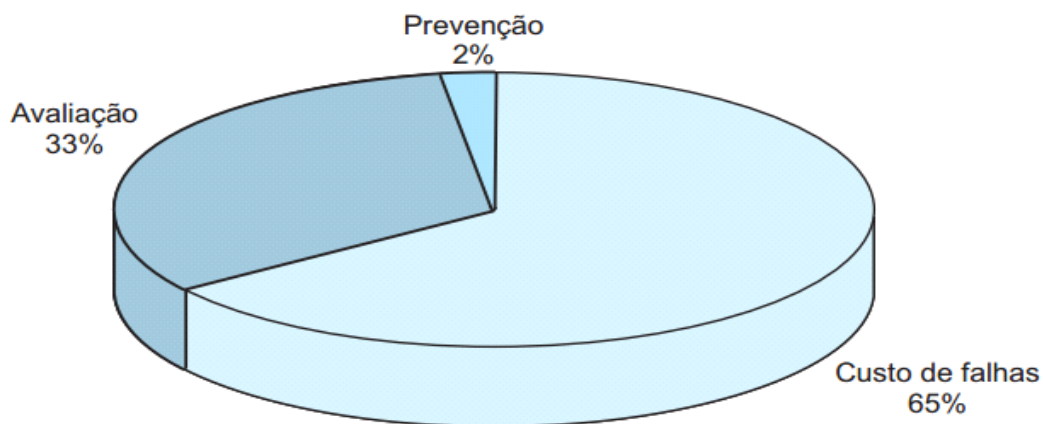


Figura 5 - Distribuição dos custos da qualidade.
Fonte: Corradi (1994).

2.2.3 Ferramentas da Qualidade

A literatura sobre qualidade identifica sete ferramentas básicas a serem utilizadas para auxiliar a localização, compreensão e eliminação de problemas que afetam a qualidade do produto ou do serviço. Trata-se de ferramentas simples, mas que se utilizadas corretamente, transformam-se em um poderoso instrumento na solução de problemas. Conforme Peinado e Graeml (2007, p.538) e Trivelatto (2010, p.26) as sete ferramentas da qualidade são: Fluxogramas ou diagramas de processo; Folhas de verificação; Gráficos de controle estatístico de processo; Análises de Pareto; Histogramas; Diagramas de causa e efeito; e Diagramas de dispersão ou correlação.

2.2.3.1 Fluxogramas

Diagrama utilizado para representar, por meio de símbolos gráficos, a sequência de todos os passos seguidos em um processo. A utilização de

fluxograma torna mais fácil a visualização e o entendimento do funcionamento do processo, permitindo que pontos ou áreas problemáticas que não eram percebidos no dia-a-dia, sejam identificados. Para a elaboração de um fluxograma é necessário, primeiramente entender e levantar os passos do processo, este levantamento é feito por meio de entrevistas e reuniões com seus executores.

2.2.3.2 Folha de verificação

A folha de verificação é considerada uma das ferramentas mais simples da gestão da qualidade, nesta, os dados são apresentados em forma de um quadro ou tabela. Os objetivos da utilização da folha de verificação são de facilitar o trabalho de coleta de dados, organizar os dados durante a coleta e padronizar os dados coletados (TRIVELATTO, 2010).

2.2.3.3 Gráficos de Controle Estatístico de Processo

Os gráficos de controle estatístico de processo servem para verificar se determinado processo está realmente ocorrendo da forma como foi planejado, ou seja, está dentro dos limites estipulados. Podem apontar se existem causas especiais ocasionando variações no processo (CARPINETTI, 2012).

Segundo Trivelatto (2010), a estrutura dos gráficos de controle de processo é formada por uma linha média (LM), um limite superior de controle (LSC) localizado acima da linha média, um limite inferior de controle (LIC), localizado abaixo da linha média, e os valores da característica da qualidade que estão sendo monitorados. Na Figura 6, podemos ver um exemplo de gráfico de controle estático de processo.

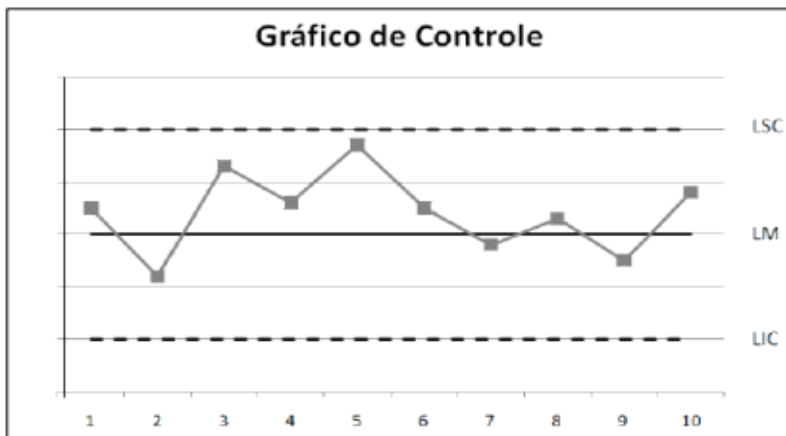


Figura 6 - Exemplo de gráfico de controle de processo.
Fonte: Trivelatto (2010).

Os pontos analisados devem se apresentar dentro dos limites LIC e LSC, dessa forma, o processo estará sob controle, praticamente todos os pontos devem estar contidos entre esses limites, formando uma nuvem aleatória de pontos distribuídos em torno da linha média.

2.2.3.4 Análise de Pareto

A análise de Pareto, parte do princípio de que grande parte das perdas decorrentes dos problemas relacionados à qualidade é proveniente de alguns poucos, mas vitais problemas. Carpinetti (2012) complementa com o seguinte exemplo, se uma organização sofre queda na produtividade em função de 50 problemas relacionados a qualidade, a solução de pelo menos 10, pode ser suficiente para a redução de 80 ou 90% das perdas totais. Essa análise caracteriza-se pela utilização de gráficos de barras verticais.

Para Paoleschi (2010) o gráfico de Pareto, também chamado de curva ABC, é um método utilizado para classificar as informações, separando os itens de maior importância. Muito utilizada para a administração de materiais, a avaliação dos resultados da curva ABC permite identificar o giro de itens no estoque, nível de lucratividade e o grau de representação no faturamento da

organização.

2.2.3.5 Histogramas

De acordo com Carpinetti (2012), o histograma é um gráfico no qual o eixo horizontal é subdividido em vários pequenos intervalos, para cada um destes intervalos, uma barra vertical é construída de acordo com o número de observações na amostra cujos valores pertencem ao intervalo correspondente.

2.2.3.6 Diagramas de causa e efeito

O diagrama de causa e efeito foi desenvolvido pelo engenheiro químico Kaoru Ishikawa em 1943 na Universidade de Tóquio, por isso leva o nome também de diagrama de Ishikawa, ou ainda, diagrama espinha de peixe devido à sua representação gráfica ilustrada na Figura 7 (TRIVELATTO, 2010,; PEINADO E GRAEML, 2007).

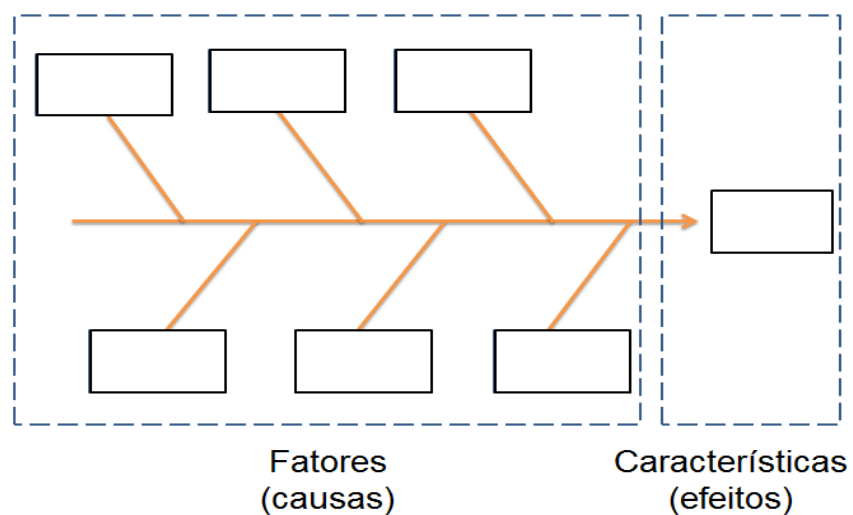


Figura 7 - Representação diagrama de causa e efeito.
Fonte: Adaptado de TRIVELATTO (2010).

O diagrama de Ishikawa é estruturado de forma a ilustrar várias causas de um problema. A construção desse diagrama deve ser realizada por um grupo de pessoas envolvidas com o processo considerado, lembrando que quando maior o número de pessoas envolvidas com o processo, menor serão as possibilidades de omitir causas relevantes (CARPINETTI, 2012).

2.2.3.7 Diagramas de dispersão ou correlação

Esta ferramenta é utilizada para representar o que acontece com uma variável quando a outra se altera, possibilitando verificar a relação entre elas, em outras palavras, o diagrama de dispersão mostra, por exemplo, o que acontece com os valores de 'X' quando os valores de 'Y' aumentam. Nos diagramas de dispersão é possível identificar diferentes padrões de relacionamento entre duas variáveis (TRIVELATTO, 2010).

2.3 A MADEIRA

A madeira é um material orgânico, poroso, heterogêneo, anisotrópico e higroscópico. É um material orgânico, porque sua composição química é formada basicamente por carbono (C). Na sua estrutura íntima (ultra-estrutura) a madeira pode reter água, fisicamente aderidas às paredes e no interior delas, sendo portanto um material higroscópico. Possui propriedades que a convertem em uma matéria-prima de excelente qualidade para a fabricação de certos produtos, destacando-se a relação entre a massa específica e a resistência mecânica altamente favorável; apresentar uma baixa massa específica em relação ao seu volume; e ser fácil de trabalhar e ligar-se por meio de uniões simples (MARCHIORI, 1992).

Por ser um material anisotrópico, se comporta diferentemente nos seus eixos de orientação (Figura 8).

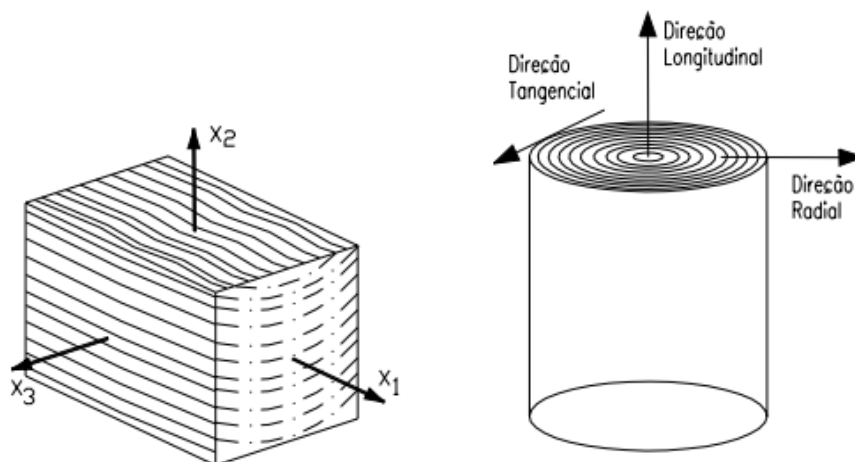


Figura 8 - Eixos Relacionados com as direções das fibras da madeira.
Fonte: Gesualdo (2003).

Segundo Silva (2007), a madeira apresenta inúmeras vantagens e opções de utilização, mas também apresenta algumas desvantagens, como biodegradação, degradação por radiação ultravioleta, ácido e bases, bem como variações dimensionais consideráveis, em função da absorção ou perda da umidade.

Por ser de natureza orgânica, o processo de decomposição ou deterioração pode ser provocado por vários agentes (Quadro 6).

Grupos	Agentes
Biológicos	Fungos, bactérias, insetos, moluscos e crustáceos.
Físicos	Fogo, calor, umidade.
Mecânicos	A ação do movimento mecânico provoca um desgaste na madeira. O simples atrito da madeira provoca um desgaste, como por exemplo, o cabo de uma ferramenta.
Químicos	Substâncias ácidas, básicas
Físico-químicos	Poluição ambiental, <i>weathering</i> (degradação devido à exposição ao tempo).

Quadro 6 – Grupos de Agentes decompositores das Madeiras.
Fonte: REMADE (2009).

2.3.1 Propriedades Físicas e Químicas

2.3.1.1 Dureza janka

A dureza é a resistência que a madeira oferece à penetração de outro corpo. Trata-se de uma característica importante em termos de trabalhabilidade, e na sua utilização para determinados fins (REMADE, 2009).

A dureza Janka, expressa em quilogramas força (Kgf), que corresponde à força que é necessário aplicar para fazer penetrar completamente na madeira uma semiesfera de aço cuja secção diametral tem uma superfície de 1 cm², é utilizada para medir a resistência da madeira. Pode-se observar a dureza de algumas espécies de arvores na Figura 9 (REMADE,2009).

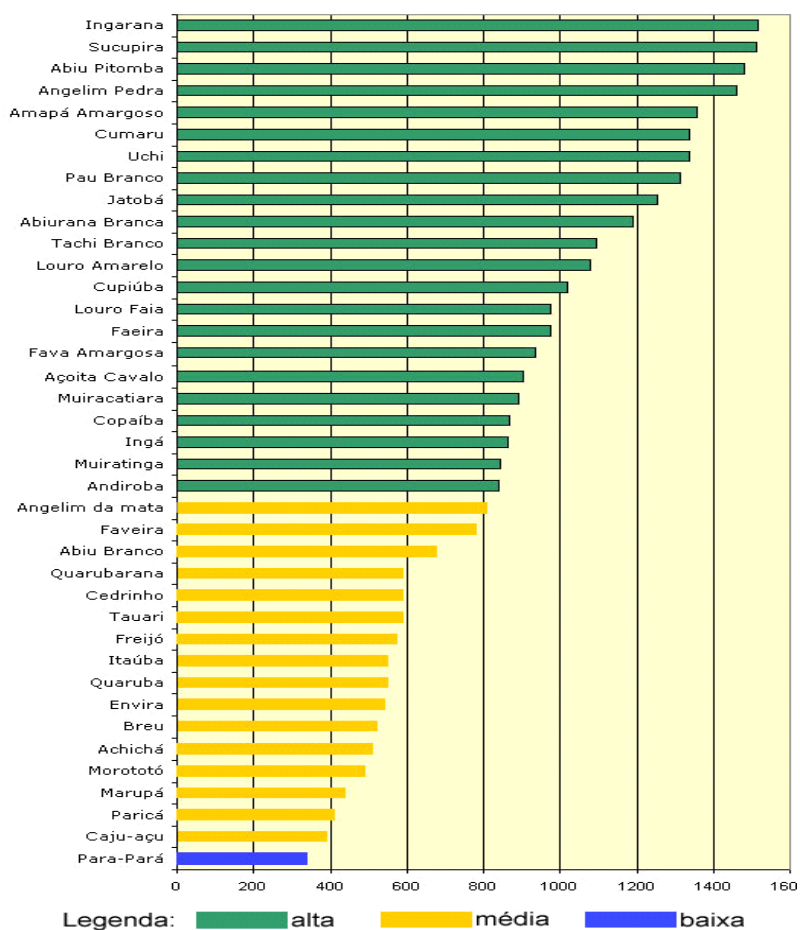


Figura 9 - Gráfico da dureza Janka.

Fonte: REMADE (2009).

2.3.1.2 Contração volumétrica

A madeira é um material orgânico de estrutura complexa e heterogênea, que aumenta e diminui as suas dimensões em função da umidade. A contração volumétrica total, que mede a variação de volume da madeira, de saturada a seca, em conjugação com as contrações radial, tangencial e o fator anisotrópico, são propriedades importantes na avaliação da estabilidade dimensional da madeira. Observe na Figura 10, a contração volumétrica de algumas madeiras (REMADE, 2009).

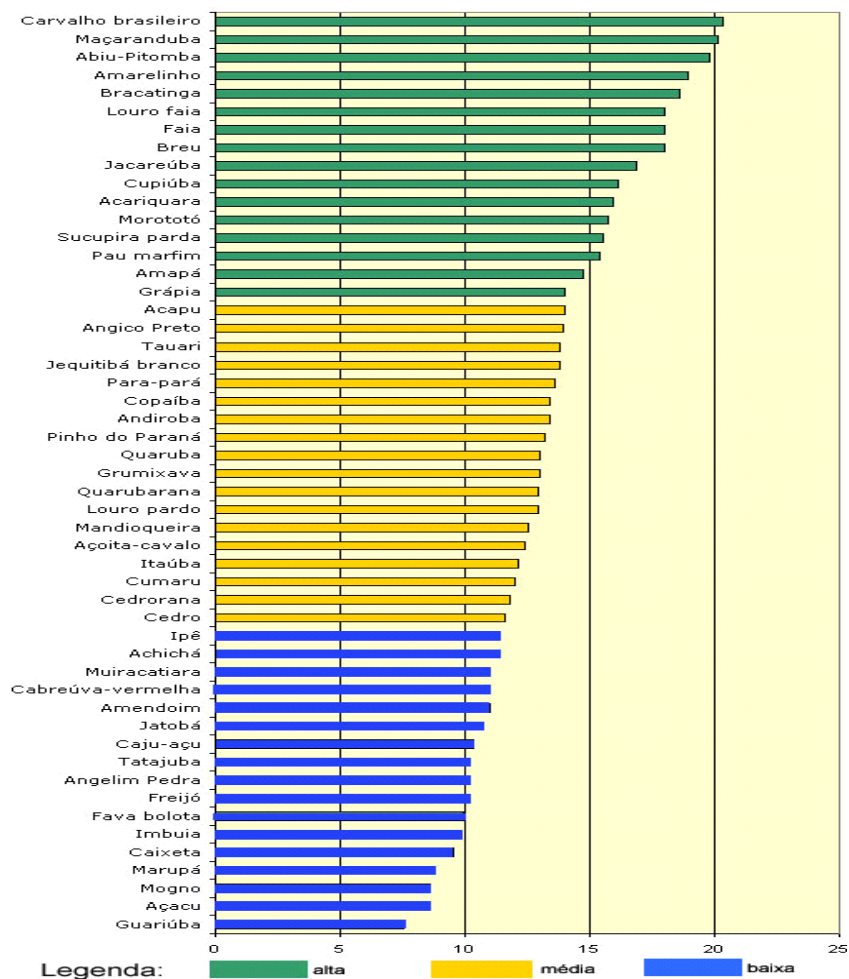


Figura 10 - Gráfico de contração volumétrica.
Fonte: REMADE (2009).

2.3.1.3 Fator anisotrópico

Um dos índices mais importantes para avaliar a estabilidade dimensional da madeira é o coeficiente ou fator anisotrópico, definido pela relação entre as contrações tangencial e radial (T/R). Essa relação explica frequentemente as deformações da madeira com as variações de umidade. Em geral, a contração na direção tangencial é aproximadamente 1,5 a 2 vezes maior do que a que ocorre na direção radial, o que permite classificar a madeira em função dos seus coeficientes de anisotropia em excelente (coeficientes entre 1,2 a 1,5); normal ou média (1,5 a 2,0) e ruim (acima de 2,0) (REMADE, 2009).

A Figura 11 apresenta as relações de estabilidade dimensional de algumas espécies.

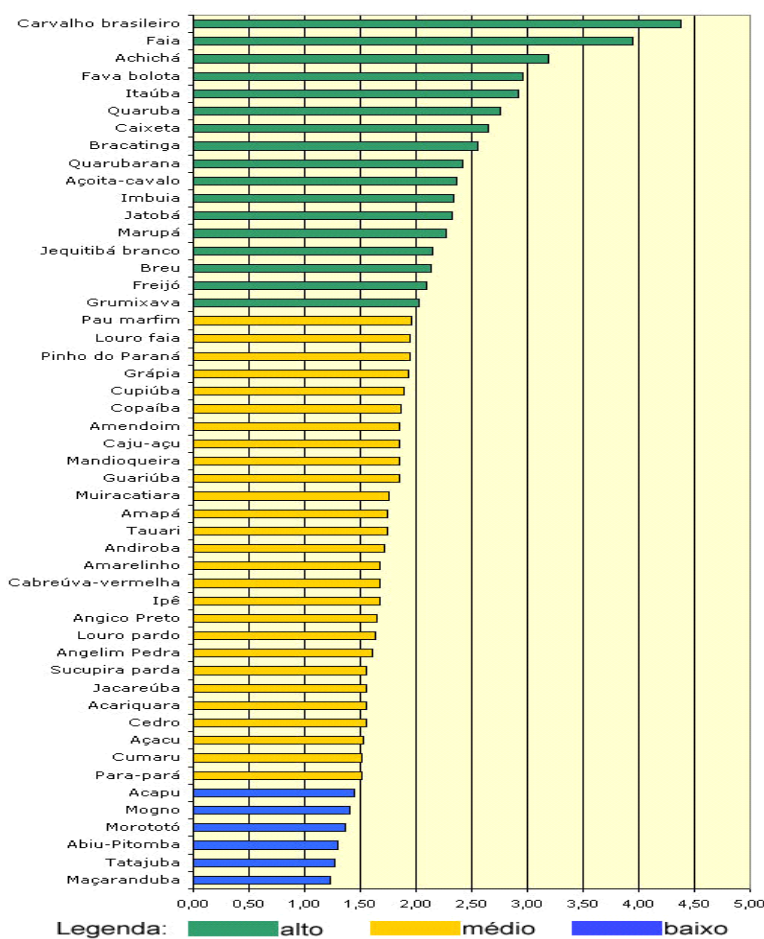


Figura 11 - Gráfico do fator anisotrópico.
Fonte: REMADE (2009).

2.4 SECAGEM DA MADEIRA

A secagem é uma operação intermediária que contribui para agregar valor aos produtos manufaturados da madeira e é também uma fase de alto custo na indústria de transformação. Assim, torna-se uma das principais razões para a constante busca de maior qualidade na madeira pós-secagem, em que a utilização de um programa de secagem adequado é fundamental (JANKOWSKY, 2000).

Para Oliveira (1981), os programas de secagem são uma sequência de interferências ou ações que são realizadas durante a secagem por meio dos controles da temperatura e da umidade relativa. A secagem tem como objetivo a rapidez de secagem e a garantia de qualidade do material ao final da secagem.

A secagem é uma fase fundamental nos processos de transformação da madeira em produtos, pois proporciona, entre outras vantagens, melhoria das características de trabalhabilidade e redução tanto da movimentação dimensional como da possibilidade de ataque por fungos e insetos. Quando o processo é realizado em secadores e conduzido de maneira adequada, obtém-se considerável redução do tempo de secagem e maior controle sobre os defeitos (ANDRADE; JANKOWSKY e DUCATTI, 2001).

De acordo com Klitzke (2008), o processo de secagem da madeira necessita ser conduzido de forma gradual, uniforme e com um teor de umidade que será definido em função do seu uso final. Portanto, a secagem da madeira apresenta importantes vantagens: a) redução da contração da madeira em uso evitando por consequência as rachaduras e empenamentos; b) proteção contra o ataque de fungos manchadores e apodrecedores; c) redução de peso e de custos de transporte; d) a secagem correta resulta em acréscimo significativo da resistência mecânica, desde que os defeitos de secagem não se desenvolvam, especialmente rachaduras. e) a obtenção de uma pintura satisfatória ou

acabamento superficial e normalmente tratamento com produtos preservativos faz-se necessária uma secagem ao ar ou em câmaras. f) o uso de secagem em câmaras mata fungos e insetos que podem estar instalados na madeira.

Um dos processos de secagem mais utilizados, para a madeira serrada, tem como base o deslocamento de uma corrente de ar pela superfície da madeira, caracterizando uma secagem por convexão. A corrente de ar é transferida para a superfície da madeira, promovendo a vaporização da água ali existente e, que no estado de vapor, é transferida para a corrente de ar. Simultaneamente, parte da energia recebida pela superfície provocará o aumento da temperatura nessa região, dando início ao transporte de calor da superfície para o centro da peça, iniciando a movimentação da água do interior até a superfície da peça (JANKOWSKY, 1996).

A remoção da água do interior da madeira provoca o aparecimento de esforços internos, causados pela tensão capilar e pela retração volumétrica, os quais irão provocar deformações classificadas como defeitos de secagem (BRANDÃO, 1989; SIMPSON, 1992).

2.4.1 Métodos de secagem

Segundo Klitzke (2008), existem três principais métodos de secagem a saber ao ar livre ou natural, secagem convencional em estufa até 100° C e secagem em temperaturas superiores acompanhada de aumento no fluxo de ar.

O processo de secagem natural ao ar consiste em deixar a madeira em contato com fatores do clima de um local em que se encontra a mesma. Os fatores são a temperatura, a umidade relativa do ar que em permanente movimento servem para estabelecer um equilíbrio higroscópico entre o meio ambiente e a madeira. Este sistema de secagem tem sido mais amplamente utilizado. No entanto, por estar sujeito as mudanças climáticas, não é possível exercer controle sobre seu desenvolvimento. A duração depende das características das espécies de madeira, das condições climáticas, da forma de

empilhamento, e da disposição e da formação do pátio de secagem, mas em qualquer caso o processo é relativamente lento. Um problema desse método é que a secagem as vezes não é uniforme. Madeiras situadas nas superfícies apresentam secagem mais rápida, do que as situadas na parte do meio (KLITZKE, 2008).

Segundo Klitzke (2008), a secagem convencional ou artificial é o processo de secagem mais utilizado no mundo inteiro, é realizado em temperaturas de 50 até 100°C sendo conduzida em câmaras ou estufas, nos quais se pode controlar a temperatura, a umidade relativamente e a velocidade do ar. A velocidade do ar fica em torno de 1,5 a 2,5m/s constantes, a capacidade das câmaras variam de 10 a 150m³ e o tempo de secagem é de dias, variando com a espécie, espessura, etc.

De acordo com Simpson (1991), esse tipo de equipamento dispõe de um sistema de aquecimento, um sistema de umidificação do ar, um conjunto de dampers ou janelas que permitem a troca de ar entre o interior do secador e o meio externo, e um sistema de ventilação que promove a circulação do ar entre as peças da madeira em secagem.

De acordo com Klitzke (2008), a secagem a alta temperatura surgiu em alguns países devido à necessidade de incrementar a produção de sua madeira e manterem-se competitivos. Assim, buscando aumentar a produtividade de secagem, têm-se aumentado a velocidade do ar das câmaras, mas este aumento chega a um limite, a não ser que se incremente substancialmente na elevação da temperatura e no sistema de isolamento da câmara. O fluxo de ar em regra geral é o dobro da secagem convencional, normalmente variando de 4 a 10m/s. A razão desta alta velocidade se deve a alta velocidade de difusão da madeira. O ar deve ter uma distribuição uniforme e passar equitativamente através de toda a madeira. A velocidade desse método é a metade ou a terça parte do convencional. Devido a essa rapidez na secagem, deve-se ter alguns cuidados técnicos durante o processo, para que não ocorram defeitos.

2.5 DEFEITOS DE SECAGEM

Segundo Martins (1988), os defeitos que ocorrem na madeira durante a secagem causam muitos prejuízos para quem seca madeira, e faz com que haja um número reduzido de espécies de madeiras que sejam utilizadas e comercializadas como matéria prima, principalmente no setor moveleiro. As tensões que se desenvolvem na madeira durante a secagem, são a causa básica dos defeitos, os quais são a seguir agrupados (GALVÃO e JANKOWSKY, 1985):

2.5.1 Empenamento

Empenamento é qualquer distorção da peça de madeira em relação aos planos originais de suas superfícies. Podem-se classificar os empenos de acordo as alterações ocorridas, podendo ser encanoados, longitudinais e torcidos (KLITZKE, 2008).

a) O encanoamento é definido quando as margens da peça permanecem aproximadamente paralelas, e ela adquire um aspecto encanoado ou de canaleta. Ocorre devido a diferenças de estabilidade entre as direções radial e tangencial, que provoca a maior movimentação de uma das faces da peça em relação à outra. Outra causa para o empeno encanoado é a secagem mais rápida de uma face. Essa diferença de umidade ocorre quando a peça está apoiada sobre toda a extensão de uma das faces, de forma que a evaporação da água seja maior na outra, ou quando uma das faces recebeu revestimento enquanto que a outra permanece ao natural. De uma forma geral, as peças retiradas mais exteriormente da tora tendem a apresentar mais nitidamente o fenômeno, pela maior retração da face que se situa próxima à casca; b) O empenamento longitudinal é caracterizado pelo afastamento de uma face em relação a um plano que une uma extremidade a outra da peça. Ocorre, como consequência de tensões desenvolvidas durante o crescimento da árvore.

Nessas condições, quando as toras são desdobradas, as pranchas racham ao centro com empenamento longitudinal; c) O empenamento torcido caracteriza-se pelo fato de a peça apresentar-se torcida. Ele ocorre principalmente em madeira proveniente de árvores que apresentam grã espiralada (GALVÃO e JANKOWSKY, 1985).

2.5.2 Rachaduras

As rachaduras aparecem como consequência da diferença de retração nas direções radial e tangencial da madeira e de diferenças de umidade entre regiões contíguas de uma peça, durante o processo de secagem. Essas diferenças levam ao aparecimento de tensões que, tomando-se superiores à resistência dos tecidos lenhosos, provocam a ruptura da madeira. Na secagem as rachaduras superficiais podem aparecer quando as condições são muito severas, isto é, baixas umidades relativas provocando a rápida secagem das camadas superficiais até valores inferiores ao PSF, enquanto as camadas internas estão ainda com mais de 30% de umidade. Como as camadas internas impedem as superficiais de se retraírem, aparecem tensões que, excedendo a resistência da madeira à tração perpendicular às fibras, provocam o rompimento dos tecidos lenhosos (GALVÃO e JANKOWSKY, 1985).

2.5.3 Encruamento

O encruamento é causado basicamente por secagem muito rápida ou desuniforme. Uma secagem rápida da madeira, com umidade inicial superior ao PSF, faz com que as suas camadas externas atinjam rapidamente baixos valores de umidade. Em consequência essas camadas ficam sob o efeito de esforços de tração, enquanto a parte central, estando acima do PSF, não se retrai e fica sob

compressão. Continuando a secagem nas mesmas condições a parte central passa a uma umidade menor ao PSF e começa a retrair-se. Entretanto, essa retração não é acompanhada pelas camadas externas, ocasionando a sua compressão. Nessas condições, a parte interna está sob tração e a externa sob esforços de compressão. Essa situação permanece mesmo depois da madeira atingir um teor uniforme de umidade (GALVÃO e JANKOWSKY, 1985).

2.5.4 Colapso

O colapso caracteriza-se por ondulações nas superfícies da peça de madeira, que pode apresentar-se bastante distorcida. O colapso é basicamente ocasionado por forças geradas durante a movimentação da água capilar, as quais deformam as células. O colapso aparece quando a tensão desenvolvida durante a saída da água capilar supera a resistência da madeira à compressão (KLITZKE, 2008).

Para Galvão e Jankowsky (1985), os fatores que influem no colapso da madeira são as altas temperaturas no início da secagem; a baixa densidade da madeira; e a alta tensão superficial do líquido que é removido da madeira. A presença de bolhas de ar na água capilar diminui a possibilidade do colapso.

2.5.5 Rachaduras em Favos

É um defeito típico da secagem artificial que se caracteriza por rachaduras no interior da peça. Exteriormente a peça pode apresentar-se sem alterações. Esse tipo de defeito aparece normalmente associado ao colapso e ao encruamento, como consequência das tensões de tração, no interior das peças, terem excedido a resistência da madeira no sentido perpendicular às fibras. Previne-se o seu aparecimento evitando-se altas temperaturas até a remoção da

água livre do interior das peças em secagem (KLITZKE, 2008).

2.6 TEOR DE UMIDADE

A umidade da madeira ou o teor da umidade interpreta-se como a relação entre a massa de água contida na matéria lenhosa e sua massa, sendo seu valor expresso em porcentagem. Esta relação pode ser feita levando em consideração a massa inicial da madeira, ou seja, base úmida, ou a massa da madeira totalmente seca, denominada de base seca conforme as equações 1 e 2 (DURLO, 1992; MORESCHI, 2005; KLITZKE, 2008;).

$$TUu = \frac{\text{Massa de água}}{\text{Massa inicial da madeira}} \times 100 \quad (1)$$

$$TUs = \frac{\text{Massa de água}}{\text{Massa da madeira seca}} \times 100 \quad (2)$$

Onde:

TUu: Teor de umidade base úmida

TUs: Teor de umidade base seca

O teor de umidade base úmida é usualmente utilizado em indústrias de celulose e papel, enquanto que o teor de umidade base seca é utilizado em indústrias de compensados, serrarias, indústrias moveleiras entre outras (DURLO, 1992; GLASS; ZELINKA, 2010).

Segundo Ponce e Watai (1985), não há uma especificação que estabeleça o teor de umidade da madeira adequado segundo seu uso. O teor da umidade final depende do produto a ser fabricado. No Quadro 7 apresentam-se os teores finais de umidade de alguns produtos

Produtos	Umidade (%)
Madeira serrada comercial	16-20
Madeira para construção externa	12-18
Madeira para construção interna	08-11
Painéis (compensado, aglomerado, laminado etc.)	6-8
Pisos e lambris	6-11
Móveis para interiores	6-10
Móveis para exteriores	12-16
Equipamentos esportivos	8-12
Brinquedos para interiores	6-10
Brinquedos para exteriores	10-15
Equipamentos elétricos	5-8
Embalagens (caixas)	12-16
Formas para calçados	6-9
Coronhas de espingarda	7-12
Instrumentos musicais	5-8
Implementos agrícolas	12-18
Barcos	12-16
Aviões	6-10

Quadro 7 - Teor de umidade final recomendado para certos produtos de madeira. Fonte: Adaptado de Ponce e Watai, (1985).

Pode-se notar que os teores recomendados para móveis para exteriores o teor de umidade oscila de 12 – 16% e de 6 – 10% para os móveis para interior. Essa diferença de umidade deve-se ao contato direto com umidade e ou a água que ocorre com móveis para uso exterior. Para evitar problemas de empenamentos, fissuras, entre outros que pode ocorrer causado pelo inchamento da madeira recomenda-se o uso de madeiras com teores de umidade superiores (PONCE; WATAI, 1985).

A massa específica, também denominada densidade, constitui uma das propriedades físicas da madeira mais importantes, pois influencia grande parte das demais propriedades físicas e tecnológicas (MORESCHI, 2005).

2.7 DENSIDADE DA MADEIRA

Para Moreschi (2005), a massa específica ou densidade, é uma das propriedades físicas mais importantes da madeira, pois influencia grande parte das demais propriedades físicas e tecnológicas. A densidade da madeira é representada pela relação entre a massa e o volume de um corpo em um teor de umidade dado, determinado conforme Equação 3. Consequentemente, pode-se dizer que é um reflexo da quantidade de matéria lenhosa por unidade de volume ou, de forma inversa, do volume de espaços vazios existentes na madeira.

$$Me = \frac{m}{V} \quad (3)$$

Onde:

Me: massa específica

m: massa

V: volume

A madeira por ser um produto de origem biológico em contínuo desenvolvimento, jamais fornece medidas ou valores fixos e constantes (GLASS; ZELINKA, 2010).

Galvão e Jankowsky (1985) afirmam que na movimentação da água higroscópica, a rapidez da secagem é inversamente proporcional ao quadrado da massa específica e da espessura da madeira. Citam ainda que, outros autores consideram que o expoente 1,5 está mais próximo das condições experimentais que o valor 2.

Segundo Aguirre (2010) apud Ponce e Watai (1985), as movimentações volumétricas da madeira que ocorrem pela secagem, são proporcionais à massa de água evaporada que as madeiras densas teriam, portanto contrações maiores e tenderiam a apresentar mais defeitos que madeiras leves para uma redução de teor de umidade de igual valor.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 EMPRESA

A empresa foco do estudo esta localizada no Oeste do Paraná, a indústria conta atualmente com 80 colaboradores e caracteriza-se pela produção de móveis de alta qualidade e sofisticação.

Em 1966 as atividades eram voltadas para o beneficiamento, indústria, comércio, exportação e importação de madeiras nobres, sendo co-atuante na colonização e desenvolvimento da região oeste do Paraná.

Na década de 90, num movimento de expansão e adequação à nova realidade do mercado mundial, a empresa passou a atuar no atual segmento, fabricação de móveis, focada somente em uma sofisticada e moderna linha de salas de jantar.

Com 48 anos de experiência no mercado brasileiro de móveis, a gama de produtos é diversificada, contando com a fabricação de aparadores, bases, buffets, cadeiras, mesas de jantar, mesas de centro, mesas laterais, móveis para DVD, poltronas, puffs, racks, entre outras variedades.

3.2 O PROBLEMA

A empresa busca cada vez mais a excelência e melhoria contínua dos seus produtos e serviços ofertados. Com a grande concorrência do mercado de moveis, a qualidade é um diferencial.

Ao fazer uso de madeira, trabalhar com um teor de umidade dentro do especificado, determinará a qualidade do produto final. O uso de uma madeira muito molhada ou seca no processo produtivo acarretara em desvios, desde

rachaduras, problemas na pintura, desgaste excessivo das lixas (lixamento), e etc.

Atualmente a empresa foco do estudo, exhibe grande problema com rachaduras dos seus produtos acabados. Esse problema esta ligado as matérias primas, estocagem, mão de obra e equipamentos, envolvidos no processo de determinação do teor de umidade adequado.

Fazendo uso de várias espécies de madeira, não sabem qual se comporta de maneira adequada aos fins que almejam. A estocagem da madeira seca, antes de entrar no processo produtivo pode estar com a umidade fora das especificações, pois existe a possibilidade de estar sendo mal acondicionada no barracão. Os colaboradores envolvidos no processo de secagem e determinação da umidade contam somente com a experiência, ao manejarem os equipamentos, podendo afetar o seu desempenho.

O setor moveleiro é bastante desenvolvido no Paraná, contando com uma grande gama de empresas no setor (Figura 12). Encontrar matéria de qualidade não é tarefa fácil.

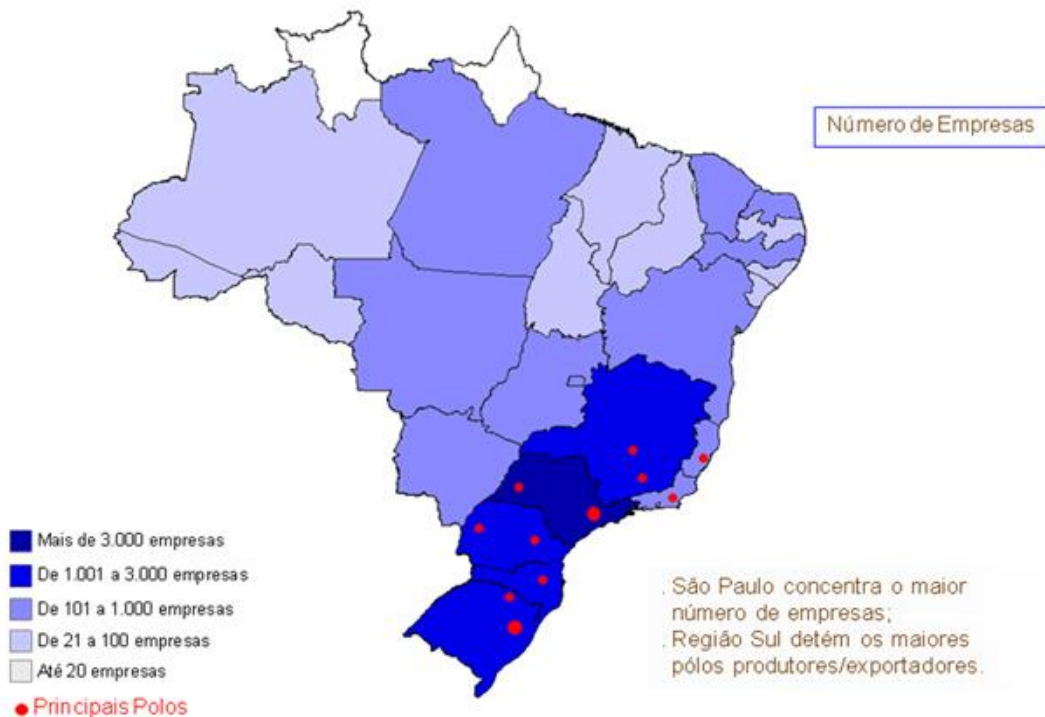


Figura 12 - Concentração de empresas do setor moveleiro no Brasil.
Fonte: IEME/Movergs (2011).

A oferta de matérias primas na região onde esta situada a empresa esta diminuindo significativamente nos últimos anos, Figura 13. Em decorrência a isso a empresa tem buscado na importação uma solução para a demanda dos seus insumos, de países como Argentina e Paraguai.

Não existe qualquer controle de qual seria a melhor espécie de madeira, bem como um fornecedor confiável, para a fabricação dos seus móveis. Dessa forma o trabalho, busca fazer um levantamento da qualidade das espécies de madeira utilizadas, verificar se o equipamento de medição do teor de umidade é confiável, principais ocorrências de desvios em processo.

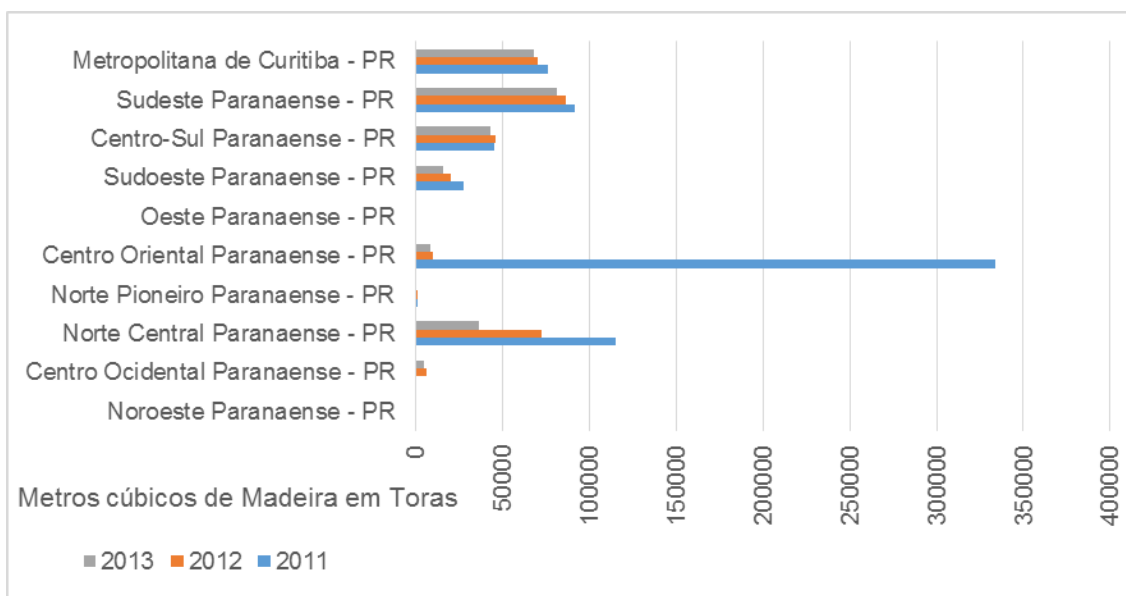


Figura 13 - Concentração de empresas do setor moveleiro no Brasil.
Fonte: IEME/Movergs (2011).

O clima na região da empresa exibe um alto índice pluviométrico. As precipitações são altas, ocasionando uma umidade relativa elevada, isso pode afetar as matérias primas e no processo de secagem das madeiras.

3.3 METODOLOGIA

Segundo Ander-Egg (1978), a pesquisa é um “procedimento reflexivo sistemático, controlado e crítico, que permite descobrir novos fatos ou dados, relações ou leis, em qualquer campo do conhecimento”. A pesquisa, então é um procedimento formal, que requer um tratamento científico e se constitui no caminho para reconhecer a realidade ou para descobrir verdades parciais (MARCONI e LAKATOS, 2010). Ainda é possível afirmar, que pesquisar é uma tendência natural das pessoas, de interagir de forma inteligente com a realidade (GRESSLER, 2003).

Segundo a natureza da pesquisa, neste trabalho ela é uma pesquisa aplicada. Ela “está voltada à aquisição de conhecimentos com vistas à aplicação numa situação específica”. Esse tipo de pesquisa tem como finalidade a resolução de problemas no âmbito das sociedades em que os pesquisadores vivem e também podem contribuir na ampliação de conhecimento científico e sugerir novas questões a serem estudadas (GIL, 2010).

De acordo com Gressler (2003), as abordagens dos problemas de pesquisa são classificadas em dois grandes grupos: quantitativa e qualitativa. Neste trabalho ele terá essas duas grandes abordagens.

A abordagem quantitativa é caracterizada pela formulação de hipóteses, definições operacionais das variáveis, faz uso de tratamentos estatísticos, quantifica os dados coletados e as informações geradas. Tem como objetivo principal a intenção de garantir a precisão dos resultados, evitando a distorção nas análises e interpretações. O modelo quantitativo estabelece hipóteses que exigem uma relação de causa e efeito e apoia suas conclusões em dados estatísticos, comprovações e testes. A realidade é composta de fatos que podem ser observados. Os critérios da cientificidade são a verificação, os testes, a demonstração e a lógica matemática. Esse tipo de abordagem valoriza a verificação, o controle, o quantitativo e a neutralidade científica (GRESSLER, 2003).

Já a abordagem qualitativa não emprega instrumentos estatísticos como base do seu processo de análise. Essa abordagem é utilizada quando se busca descrever determinado problema complexo, sem fazer uso de manipulação de variáveis e estudos experimentais. Investiga todos os componentes de uma situação em suas interações e influências recíprocas. Por meio desta abordagem reúnem-se informações sobre os objetos estudados, fazendo uso de entrevistas abertas e não direcionadas, depoimentos, auto avaliação, histórias de vida, análise de discurso, estudos de caso (GRESSLER, 2003).

Toda pesquisa possui objetivos, que naturalmente são diferentes de qualquer outra. Em relação ao objetivo deste projeto de pesquisa, pode ser classificada como descritiva.

As pesquisas descritivas têm como objetivo a descrição de características de determinada população. Podem ser elaboradas também com a finalidade de identificar possíveis relações entre variáveis. Elas visam descobrir a existência de associações entre variáveis, como, por exemplo, as pesquisas eleitorais que indicam a relação entre preferência de um determinado candidato-partido e o nível de escolaridade (GIL, 2010).

A pesquisa descritiva descreve fatos e características presentes em determinada população ou em uma área de interesse. Geralmente envolvem um número elevado de elementos, dos quais poucas variáveis são estudadas. Essa pesquisa não é uma mera tabulação de dados, requer um elemento interpretativo que se apresenta combinando, muitas vezes, comparação, contraste, mensuração, classificação, interpretação e avaliação (GRESSLER, 2003).

Como o presente projeto de trabalho teve início com a pesquisa de ideias acerca de um determinado problema a ser solucionado, classifica-se quanto aos procedimentos metodológicos, como pesquisa bibliográfica (GIL, 2010).

Para Marconi e Lakatos (2008), a pesquisa bibliográfica abrange a bibliografia já documentada em relação ao tema em questão, proporcionando ao pesquisador um contato prévio com informações necessárias para a melhor compreensão do problema em análise.

Também é considerada nos procedimentos metodológicos como pesquisa de levantamento, pois se caracteriza pela interrogação direta das pessoas cujo comportamento deseja-se conhecer. Procede-se a solicitação de informações a um grupo significativo de pessoas acerca do problema estudado para, em seguida, mediante análise quantitativa, obterem-se as conclusões correspondentes aos dados coletados. Nessa pesquisa não são estudados todos os integrantes da população amostra, faz-se uma seleção mediante procedimentos estatísticos, para ter um grupo de amostras, este é tomado como objeto de investigação e as conclusões obtidas são projetadas para toda a população (GIL, 2010).

3.4 DETERMINAÇÃO DO TEOR DE UMIDADE DA MADEIRA

Neste trabalho serão utilizados o método gravimétrico e os métodos elétricos para determinar o teor de umidade da madeira utilizada na fabricação dos móveis. A empresa já faz uso do método elétrico: baseado em medidas de resistência. O teste é feito por um funcionário da empresa, que não possui conhecimento teórico algum, mas apresenta anos de experiência na área.

O método gravimétrico será determinado nos laboratórios da Universidade Tecnológica Federal do Paraná que conta com estrutura e equipamentos adequados para a realização desse método, dentro dos padrões estipulados.

3.4.1 Método Gravimétrico

No método gravimétrico a determinação do teor de umidade da madeira consiste em pesar a amostra com teor de umidade desconhecido e em seguida leva-la à estufa dotada de circulação de ar forçada e termostato, onde se

pode regular e manter a temperatura a $103^{\circ} \text{C} \pm 2^{\circ} \text{C}$, até secagem completa. O peso das amostras é considerado constante quando não há variação na leitura do peso superior a $\pm 5 \text{ g}$ após sucessivas pesagens num intervalo de 1 hora. Com o peso obtido após a secagem, determina-se o peso da água removida e relaciona-se com o peso da madeira seca, conforme a Equação. 4 (GALVÃO; JANKOWSKY,1985).

$$TU = \frac{Mu - Mo}{Mo} \times 100 \quad (4)$$

Onde:

TU: Teor de umidade

Mu: peso úmido

Mo: peso seco

É um método muito trabalhoso, mas considerado um dos mais exatos e um dos mais utilizados. A exatidão do mesmo dependera da exatidão da balança e da agilidade do operador, já que neste caso a madeira absorve rapidamente umidade. (MORESCHI, 2005).

3.4.2 Métodos Elétricos

A medição da umidade fazendo uso dos aparelhos elétricos é de grande utilidade, pois indicam imediatamente o resultado da medição. Sua principal desvantagem é a impossibilidade de realizar medições em madeiras com teores de umidade abaixo a 6% e a baixa precisão em valores acima de 30%. Os medidores elétricos podem ser de dois tipos: os baseados na resistência da madeira a passagem de corrente elétrica, e na resistência da capacitância elétrica (GANN, 2010; KLITZKE, 2008; MORESCHI, 2005).

3.4.2.1 Aparelhos baseados em medidas de resistência

A madeira quando seca, apresenta uma alta resistência ao fluxo de corrente elétrica, e quanto maior a quantidade de água presente na madeira, menor será sua resistência. Considerando a alteração da resistência em relação à umidade da madeira, verifica-se uma determinada correlação que, com poucas exceções, apresenta um comportamento semelhante em quase todos os tipos de madeira (GANN, 2010).

Esses aparelhos possuem agulhas (eletrodos), que são cravados na madeira em direção paralela as fibras, pois, dependendo da espécie, a resistividade pode apresentar-se entre duas a três vezes maiores na direção normal às fibras. Segundo Klitzke (2008), as agulhas devem penetrar aproximadamente 1/4 da espessura da peça, no máximo 1/3, para conseguir minimizar questões relativas a gradiente de umidade, entretanto, deve-se ter em consideração que a resistência à passagem da corrente elétrica pode variar também com a espécie, temperatura e a direção de circulação da corrente elétrica. Este tipo de aparelho determina teores de umidade compreendidos entre 6 e 25%, com precisão de aproximadamente 1,5%.

São portáteis, pequenos, e não necessitam de instalações elétricas para seu funcionamento. Estes aparelhos possuem eletrodos de forma variada, adequados para diferentes espessuras (Figura 14) (MORESCHI, 2005).



Figura 14 - Medidor elétrico baseado em medidas de resistência
Fonte: Digisystem (2013).

3.4.2.2 Aparelhos baseados na resistência da capacidade elétrica

Para Franzoi (1997), esses aparelhos são chamados de capacitivos, reativo-capacitivos, de contato, ou de alta frequência. Para a determinação do teor de umidade necessita-se apenas a colocação do aparelho sobre o substrato a ser mensurado que indica a umidade mensurada em percentual, em seu leitor. Além de não deixar marcas na madeira e ser menos invasivo. A abrangência deste tipo de aparelho é variável. Existem modelos adequados apenas para a avaliação de pequenas espessuras de laminas de madeira ou em outros casos modelos adequados para o exame de pranchas de 60 mm. Podem medir madeiras com teores de umidade um pouco abaixo de 6% e acima do ponto de saturação das fibras.

Esse aparelho apresenta erros de leitura, pois faz a média de umidade do material mensurado. Às vezes a umidade na superfície da madeira é muito diferente da do centro ou ainda quando a espessura do objeto é menor que a profundidade de medição do aparelho, ele mede outro material junto (Figura 15) (FRANZOI, 1997).



Figura 15 - Medidor elétrico baseado na resistência da capacidade elétrica
Fonte: Digisystem (2013).

Após a determinação dos teores de umidades através dos métodos descritos, vamos tentar estabelecer uma correlação do peso e umidade da madeira, elaborar gráficos de controle de peso (a madeira estando com peso X,

está dentro do teor de umidade ideal para fabricação de móveis), e assim conseguir ter um padrão de qualidade da entrada da matéria prima na indústria.

3.5 DADOS

A coleta das amostras foi feita através das madeiras que se encontravam disponíveis e em estoque no momento das visitas a empresa. As amostras foram de quatro espécies de madeira: Açoita-Cavalo (*Luehea divaricata*), Canela (*Ocotea porosa*), Guajuvira (*Patagonula americana* L.) e Pau-Marfim (*Balfourodendron riedelianum*).

Inicialmente foram separadas quatro amostras de cada madeira que já tinham passado pelo processo de secagem na estufa da empresa e medidos os seus teores de umidade com o equipamento da empresa (medidor elétrico baseado em medidas de resistência). Logo após, serrou-se três cubos para cada uma das referidas amostras, totalizando 12 cubos (Quadro 8), estes foram utilizados para a realização de análises laboratoriais do método gravimétrico. Para que dessa forma fosse feito a validação dos dois métodos de medição.

Amostra	Amostra Equipamento da Empresa	Amostra Método Gravimétrico
Madeira A	A1	A11
		A12
		A13
	A2	A21
		A22
		A23
	A3	A31
		A32
		A33
	A4	A41
		A42
		A43

Quadro 8 – Exemplo da quantidade de amostras por madeira para cada método de medição do teor de umidade.

Fonte: AUTOR, (2015).

A determinação do número de amostras para cada método foi definido em conjunto com professora orientadora, pois a literatura não apresenta um número específico. Para os teores de umidade através do equipamento da empresa foram coletados 16 amostras. Já para o método gravimétrico, foram 48 amostras, pois cada amostra do equipamento da empresa foi feito em triplicata. As mesmas foram cortadas em cubos, com volumes e massas diferentes.

No método gravimétrico as madeiras foram nomeadas com letras: Canela (A); Guajuvira (B); Açoita-Cavalo (C) e Pau-Marfim (D), a fim de evitar qualquer engano quanto ao tipo de amostra analisado, conforme Figura 16.



**Figura 16 - Amostras das madeiras em triplicata: na parte superior esquerda Canela (A) e na direita Guajuvira (B); parte inferior direita Açoita-Cavalo (C) e na esquerda Pau-Marfim (D).
Fonte: AUTOR, (2015).**

O equipamento utilizado pela empresa para a medição dos teores de umidade é da Delmhorst Instrument Co., modelo: 2497 RDX-1 e as medições

aconteceram na própria empresa.

Os testes de secagem para o método gravimétrico foram realizados nas dependências da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Medianeira, no Laboratório L32 – Aguas, Efluentes e Emissões. Fazendo-se uso de uma Estufa com circulação forçada de ar, modelo: S252AT (Biopar Equipamentos Eletroeletrônicos); Dissecador, cadinhos de 150 e 200 ml, Balança de precisão, modelo: AW220 (Marte).

As amostras foram pesadas logo após chegarem ao laboratório (peso úmido) e em seguida postas na estufa, onde se passou a realizar um acompanhamento do peso de hora em hora, até a massa ficar constante (peso seco).

Os dados gerados foram analisados com auxílio do programa Microsoft Excel - Action 2.9.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os desvios dos produtos em processo apresentados na empresa ao longo do ano de 2014 se concentram em sete principais: pulverizado - defeito de pintura, decorrente da pulverização deficiente no momento da pintura, de modo que as partículas não se aglutinam; escorrido - defeito de pintura, decorrente do excesso de tinta; rachaduras - são provocadas devido ha diferenças de tensões entre a umidade da superfície e do cerne da madeira; batidas - em razão de golpes nas peças; mal lixado - pode ser provocado por umidades altas, dificultando o lixamento; repintura - causada por problemas na pintura e também pode ser provocado devido a umidade e sujeira – qualquer sujidade presente no processo.

Constatou-se que os desvios provocados pelas diferenças de umidades estão interligados intimamente com as rachaduras, assim como no mal lixado e na repintura. Estes representam em torno de 30% dos defeitos e serão tratados no trabalho como problemas rachaduras.

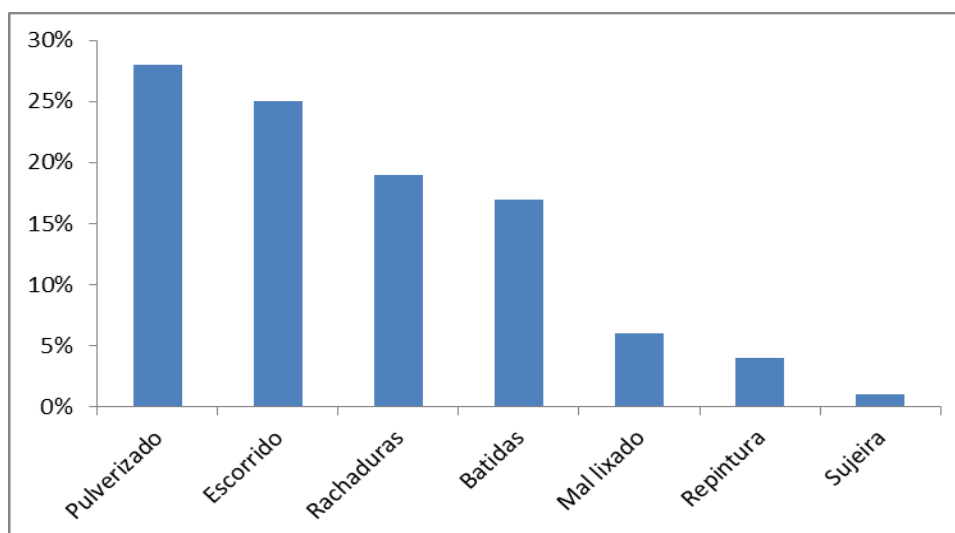


Figura 17 - Gráfico de Pareto dos principais defeitos ocorridos no ano de 2014.
Fonte: AUTOR (2015).

As rachaduras são hoje um dos principais problemas da empresa em

questão e esses defeitos estão interligados a algumas causas, como exposto na Figura 18. O presente trabalho buscou solucionar e elucidar seus principais causadores.

As matérias primas utilizadas como amostras foram 4 tipos: Açoita, Canela, Guajuvira e Marfim. A escolha das madeiras depende da sua disponibilidade no mercado, quando existe oferta de outra espécie faz-se a compra da mesma. Não existe um quadro fixo de madeiras a serem usadas no processo de fabricação de móveis.

Como a matéria prima é madeira e as áreas de produção de toras no estado do Paraná estão se reduzindo consideravelmente nos últimos anos, conforme Figura 13. Há a falta desses insumos na região, dessa forma a empresa tem buscado a importação dos seus insumos como uma solução para esse problema. Os países vizinhos Paraguai e Argentina são os grandes fornecedores.

Segundo Melo et al (2008), no período de 2000-2007 o Brasil importou, aproximadamente, US\$627 milhões em madeira, o que corresponde a 3,3% do valor das exportações desse produto. A Argentina foi a principal exportadora, com 54,98% e foi seguida pelo Paraguai com 10,28%.

Quando se faz a aquisição desses insumos, os mesmos nem sempre são de qualidade. A baixa qualidade dessas madeiras, devido ao corte prematuro das arvores, bem como o manejo inadequado, causam danos na matéria prima.

A secagem da madeira é feita em estufas e nem sempre é realizada de maneira eficiente, a mesma pode ficar acima da umidade especificada, tal como pode ocorrer à secagem excessiva, fazendo com que as madeiras rachem ou entorçam.

A mão de obra é outro fator interligado diretamente nos defeitos de rachaduras. São dois colaboradores responsáveis pela secagem nas estufas e manuseio do equipamento de umidade. Como os mesmos não possuem qualquer formação técnica para trabalhar na área, somente contando com anos de experiência, possíveis desvios acontecem. Deste modo, os erros na medição da umidade são talvez os principais agravantes deste fator, pois vão acarretar diretamente na secagem excessiva ou escassa da madeira.

O meio ambiente interfere de modo significativo no controle da umidade, pois logo após a secagem das madeiras, elas são acondicionadas num grande barracão. Este apresenta varias irregularidades como goteiras, em razão de o telhado estar em más condições; e não possuir portas, para que haja uma umidade ambiente constante, evitando a circulação do ar úmido nos dias de chuva, bem como a de ar muito seco em períodos de estiagem prolongada.

Os equipamentos utilizados para controle e verificação da umidade são as duas estufas de secagem e o medidor elétrico. A utilização do medidor elétrico não é feita por uma pessoa com treinamento para o seu manuseio, o mesmo medidor não passa por qualquer teste de calibração, para verificar a sua eficiência quando utilizado.

As estufas de secagem não possuem qualquer tipo de controle, simplesmente são cheias ao máximo de madeiras molhadas. Logo após, um determinado tempo do inicio da secagem usa-se o medidor e constata-se a umidade. Quando dentro das especificações a madeira é retirada ou o processo segue até atingir o solicitado.

Essas seriam algumas das possíveis causas das rachaduras que vem ocorrendo durante o processo produtivo da empresa em questão, Figura 17.

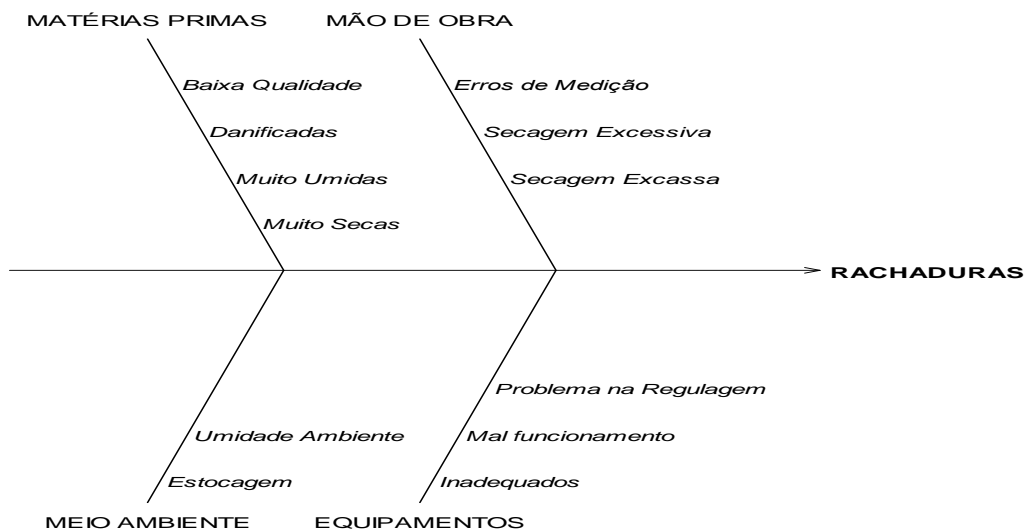


Figura 18 - Diagrama de Causa e Efeito para o problema em estudo.
Fonte: AUTOR (2015).

De acordo com a Revista da Madeira (2002), a umidade adequada para a produção de móveis fica entre 7% e 10%, porque tanto madeira muito úmida quanto madeira muito seca são problemáticas para produção de móveis, sendo que a densidade da madeira também deve ser considerada indicando-se como umidade adequada para madeiras duras teores entre 6,5 % e 7,5 % e para madeiras moles entre 7,5 % e 8,5 %. Já para Ponce e Watai (1985), o teor de umidade final recomendada para móveis para interiores oscile entre 6-10%.

A determinação do teor de umidade foi feita através do equipamento da empresa (medidor elétrico) e método gravimétrico; utilizando as mesmas amostras como base. Na Figura 19, estão os percentuais de umidades gerados pelas amostras no método gravimétrico.

A Açoita-Cavalo mostra percentuais superiores a 10%, com seus percentuais se concentrando entre 12 e 14%, e sua média e mediana apresentam uma similaridade. A Canela se manteve acima dos 10%; exibindo pouca variabilidade nos seus dados, entre 12 e 13%, com sua média acima da mediana. O marfim também se manteve acima dos 10% e retrata uma variabilidade levemente inferior a Açoita-Cavalo, sua média fica abaixo da mediana e apresenta um ponto atípico, que não é explicado pelos demais dados.

A Guajuvira é a única amostra a apresentar percentuais de umidade próximos dos estipulados pela literatura (6-10%). Tem grande variabilidade, com seu valor mínimo ficando abaixo de 6% e valor máximo acima de 10%. A média dos dados é proximamente a 8% e menor que a mediana, indicando assimetria positiva, constatando que a mesma é menor que 50% dos dados em questão.

Tabela 1 – Avaliação Estatística das Análises de Umidade das Madeiras Estudadas pelo Método Tradicional em Estufa

Fator	Mínimo	1º Quartil	Média	Mediana	3º Quartil	Máximo	Desvio Padrão
Açoita	11,81	12,20	13,16	13,11	14,32	14,83	1,10
Canela	11,32	11,71	12,16	11,99	12,82	13,33	0,66
Guajuvira	5,66	6,65	8,49	9,07	9,88	10,36	1,73
Marfim	9,56	12,12	12,85	13,18	13,78	14,19	1,31

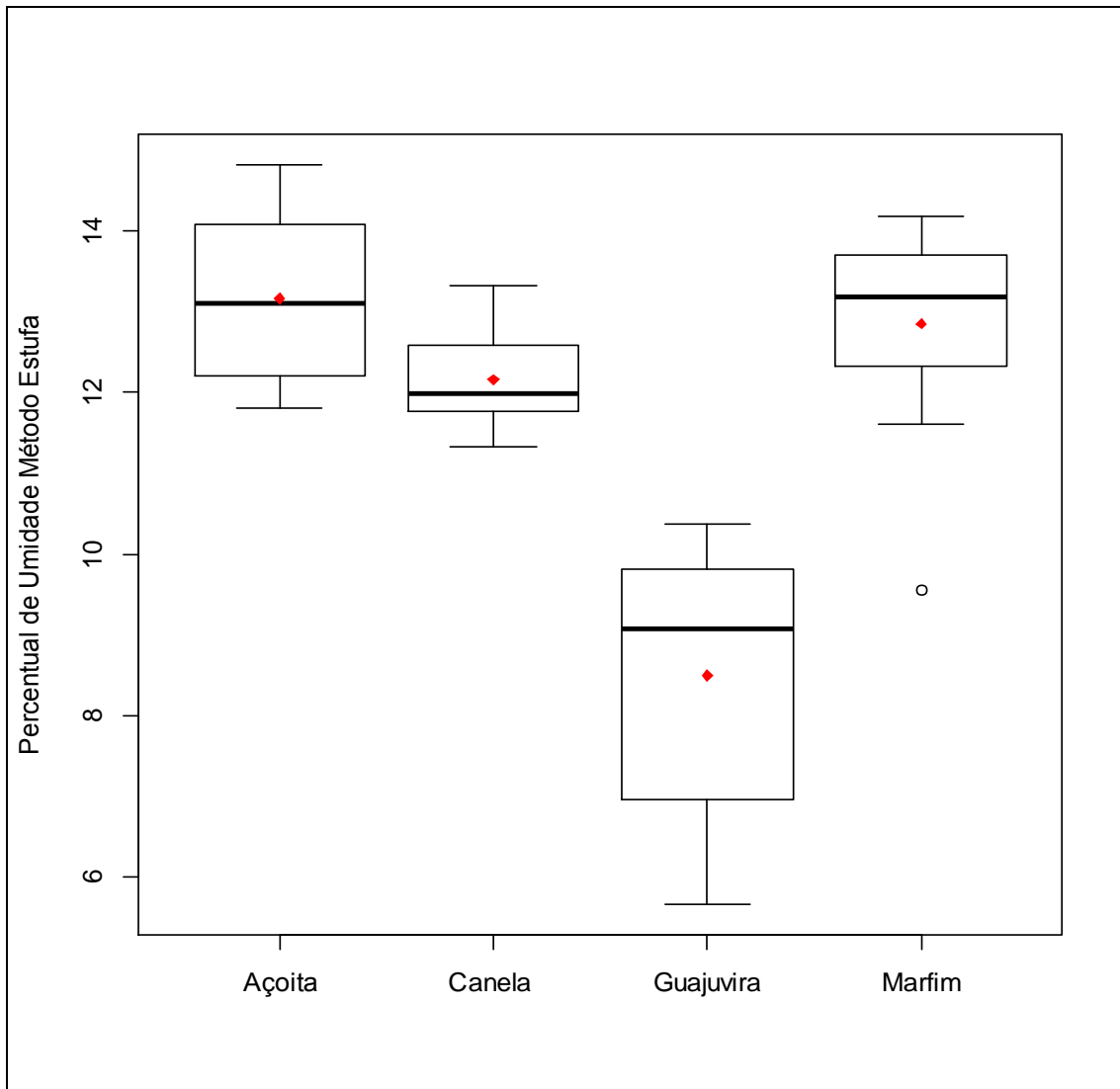


Figura 19 - Box Plot de dados do Percentual de Umidade Método de Estufa
Fonte: AUTOR, (2015).

O teor de umidade das amostras foi determinado pelo equipamento da empresa (Figura 20). As amostras de Açoita exibem dados dentro dos especificados, com uma mediana superior à média, indicando uma assimetria negativa e grande variabilidade dos dados. A Canela apresenta muitos dados abaixo de 6% e baixa variabilidade, com media de 6%. A amostra de Guajuvira retrata um valor mínimo abaixo de 6%, com média de 6,5% e variabilidade significativa dos seus percentuais de umidade. Já as amostras de Marfim apresentam mediana abaixo de 6% de umidade, o que significa que mais de 50% dos seus dados estão fora das especificações.

Tabela 2 – Avaliação Estatística das Análises de Umidade das Madeiras Estudadas pelo Equipamento

Fator	Mínimo	1º Quartil	Média	Mediana	3º Quartil	Máximo	Desvio Padrão
Açoita	6,70	6,98	7,78	7,85	8,50	8,70	0,74
Canela	5,60	5,63	6,08	6,00	6,60	6,70	0,47
Guajuvira	5,70	5,83	6,53	6,35	7,40	7,70	0,77
Marfim	5,40	5,45	6,18	5,85	7,23	7,60	0,90

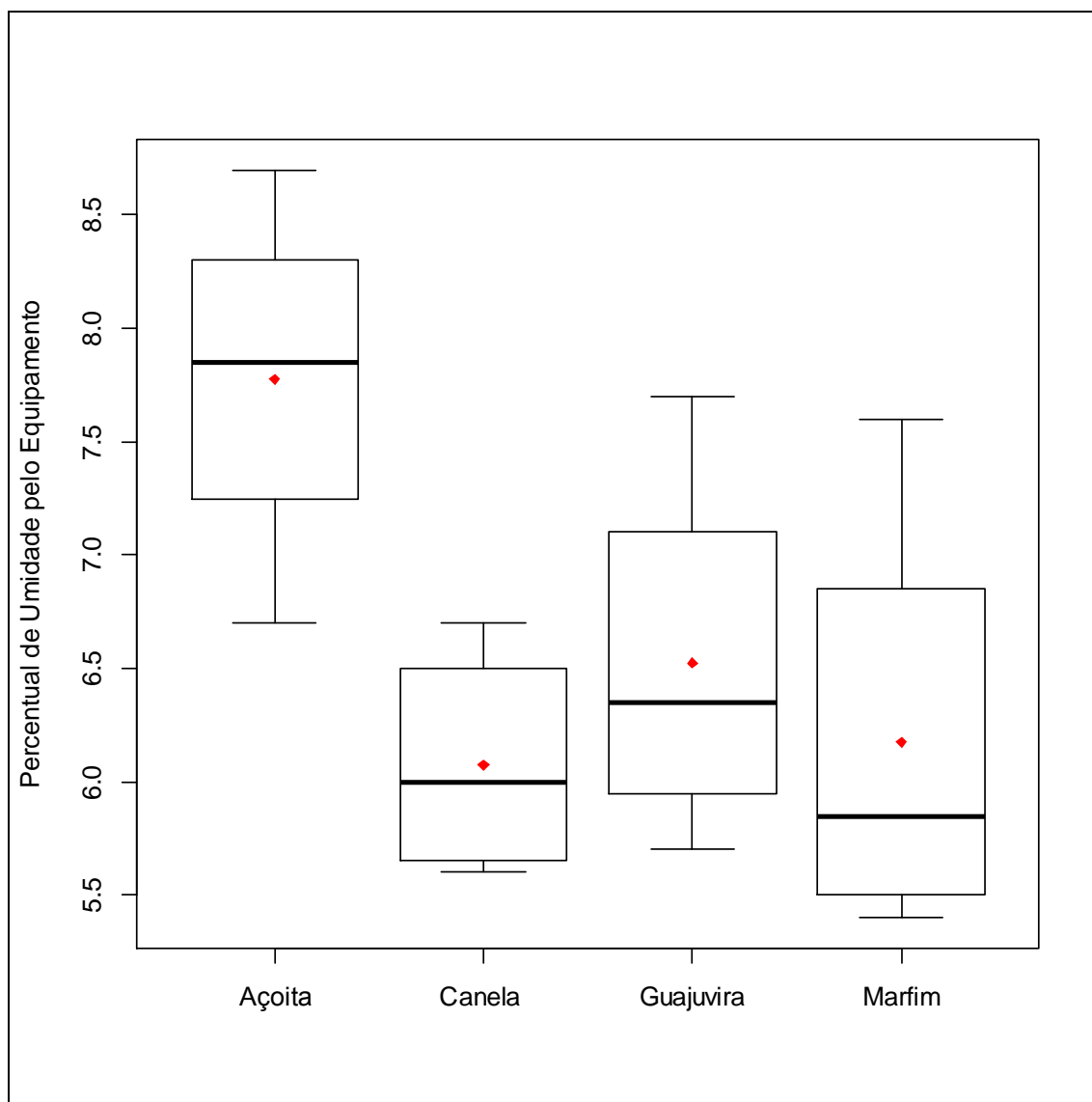


Figura 20 - Box Plot de dados do Percentual de Umidade pelo Equipamento da empresa. Fonte: AUTOR, (2015).

As duas medições de umidades realizadas foram feitas com as mesmas amostras, o que evidencia a diferença de umidades geradas por cada um dos dois métodos. O método gravimétrico é um método muito trabalhoso, mas considerado um dos mais exatos e um dos mais utilizados. (MORESCHI, 2005). O que confirma que três das quatro amostras estão fora das umidades especificadas.

Tabela 3 – Comparação de médias de teor de umidade obtidas pelos dois métodos

Madeiras	Média ± desvio padrão Tradicional em Estufa	Média ± desvio padrão Aparelho de condutividade Elétrica
Canela	12,16 ^a ± 0,7168	6,07 ^b ± 0,5188
Guajuvira	8,50 ^a ± 1,7449	6,52 ^a ± 0,8500
Açoita-Cavalo	13,16 ^a ± 1,2019	7,77 ^b ± 0,8221
Pau-Marfim	11,86 ^a ± 2,0366	6,17 ^b ± 0,9946

Obs. Médias seguidas por letras iguais nas linhas não diferem estatisticamente ao nível e 5%.

Atualmente informações relativas da distribuição da umidade no interior da madeira são dadas de acordo com a norma estabelecida pela ABNT NBR 14929, podendo ser denominado de método tradicional, porém é um procedimento demorado para determinação do teor de umidade da madeira, não sendo, portanto, operacional para uma indústria. A determinação do teor de umidade por este método é feita através da diferença de massa de amostras, antes e depois de passarem por um processo de secagem em estufa a $103 \pm 2^\circ\text{C}$ até peso constante (ABNT, 2003).

Donato et al. (2014), explica que em comparação ao método tradicional, o método dos medidores elétricos apresenta vantagens com relação à praticidade e rapidez, porém esses aparelhos não foram desenvolvidos para determinar o teor de umidade da madeira em tora, fazendo-se geralmente necessário desenvolver-se curvas de correção para os mesmos.

Porém no presente estudo ao se realizar uma comparação dos dois métodos não foi possível estabelecer uma correlação que apresentasse um R^2 favorável, sendo que apenas 13,62% da variável dependente consegue ser explicada pelos regressores presentes no modelo, ou seja, a equação não pode

ser utilizada pois não apresentaria confiabilidade.

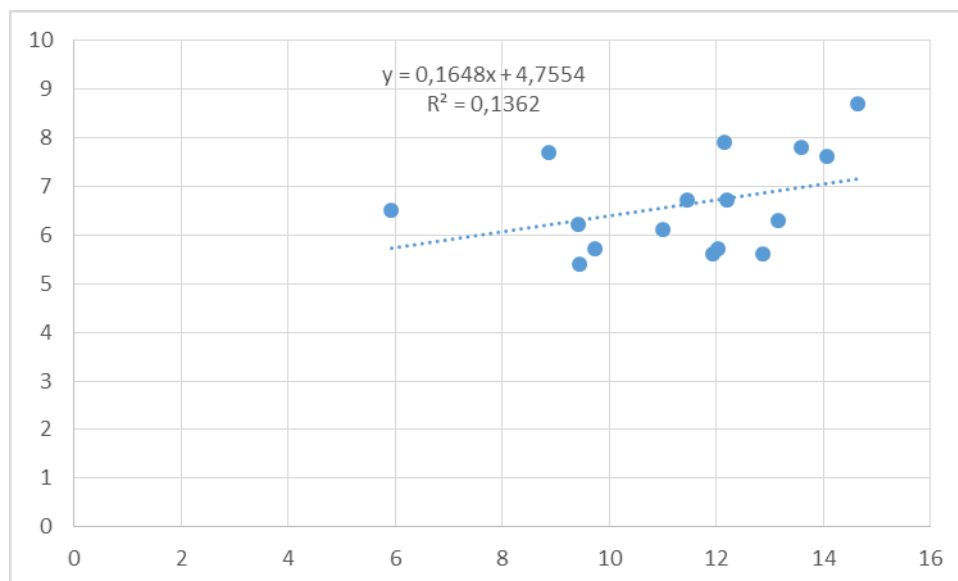


Figura 21 - Gráfico de dispersão com linha de tendência e equação de correlação.
Fonte: AUTOR, (2015).

Observou-se ainda valores estatisticamente diferentes na maioria das análises realizadas, o que pode sugerir que o equipamento utilizado para as análises possa estar descalibrado necessitando de uma nova calibração ou realmente não ter se mostrado capaz de realizar as medições em três dos quatro tipos de madeira avaliados.

As análises apresentam valores totalmente diferentes entre si, confirmando assim, que o problema das rachaduras exibidas nos produtos acabados, podem estar sendo provocadas em razão da empresa estar trabalhando com a matéria prima fora dos padrões de umidade especificados. Conforme a Revista da Madeira (2002), a umidade adequada para a produção de móveis fica entre 7% e 10% e para Ponce e Watai (1985), o teor de umidade final recomendada para móveis para interiores oscile entre 6-10%.

Como o barracão de armazenamento das materiais primas não possui portas e outras falhas já citadas anteriormente, a umidade ambiente pode ser um dos grandes agravantes do teor de umidade estar fora das especificações, uma vez que as madeiras depois de secas ficam armazenadas nesse recinto, elas

podem ganhar ou perder água. A região onde a empresa está situada apresentou no ano de 2014, uma alta umidade relativa do ar (Figura 22). Com uma umidade relativa superior a 70% durante todo o ano.

Essa alta concentração de partículas de água no ar, pode contribuir para que a madeira já seca e com umidades dentro das estipuladas, possa passar a ser de má qualidade em função da variação da sua umidade, por seu mau acondicionamento no barracão.

Segundo Martins (1988), os galpões abertos não oferecem uma boa proteção contra a absorção de umidade, portanto a madeira seca em estufa a um teor de umidade inferior ao teor de umidade de equilíbrio tenderá a absorver umidade. Essa absorção poderá ainda ser retardada utilizando-se pilhas sólidas (sem separadores). O espaço ocupado pelo galpão deve ser grande suficiente para permitir as operações de carga e descarga, e se possível, com beirais bem largos que evitem chuvas de vento e insolação direta nas laterais das pilhas. Além disso, as pilhas devem ficar apoiadas sobre suportes estáveis espaçados pelo menos 30 cm do solo, permitindo uma boa ventilação entre o piso e a base da pilha.

Uma sugestão seria a adaptação do barracão em um galpão fechado, pois são os que oferecem melhor proteção contra as intempéries. Nesses galpões as madeiras com teor de umidade superior a 20% devem ser entabecadas (separadas), e em caso contrário (menor que 20%), a madeira poderá ser empilhada sem separadores. Madeiras secas em estufas, sujeitas a absorver umidade nos períodos chuvosos, portanto, o uso ou não de tabiques, dependerá do período de estocagem da madeira no galpão. Caso a madeira for empilhada com separadores, isso promoverá uma aceleração na absorção de umidade (MARTINS, 1988).

Conforme Revista da Madeira (2004), os galpões fechados e aquecidos são excelentes para o armazenamento de madeira seca em estufa até um teor de umidade de 12% ou menos. Com o aquecimento, pode-se fixar a umidade de equilíbrio dentro do galpão num valor igual ou bem próximo ao teor de umidade da madeira estocada, reduzindo ao mínimo a influência da flutuação

do teor de umidade de equilíbrio externo.

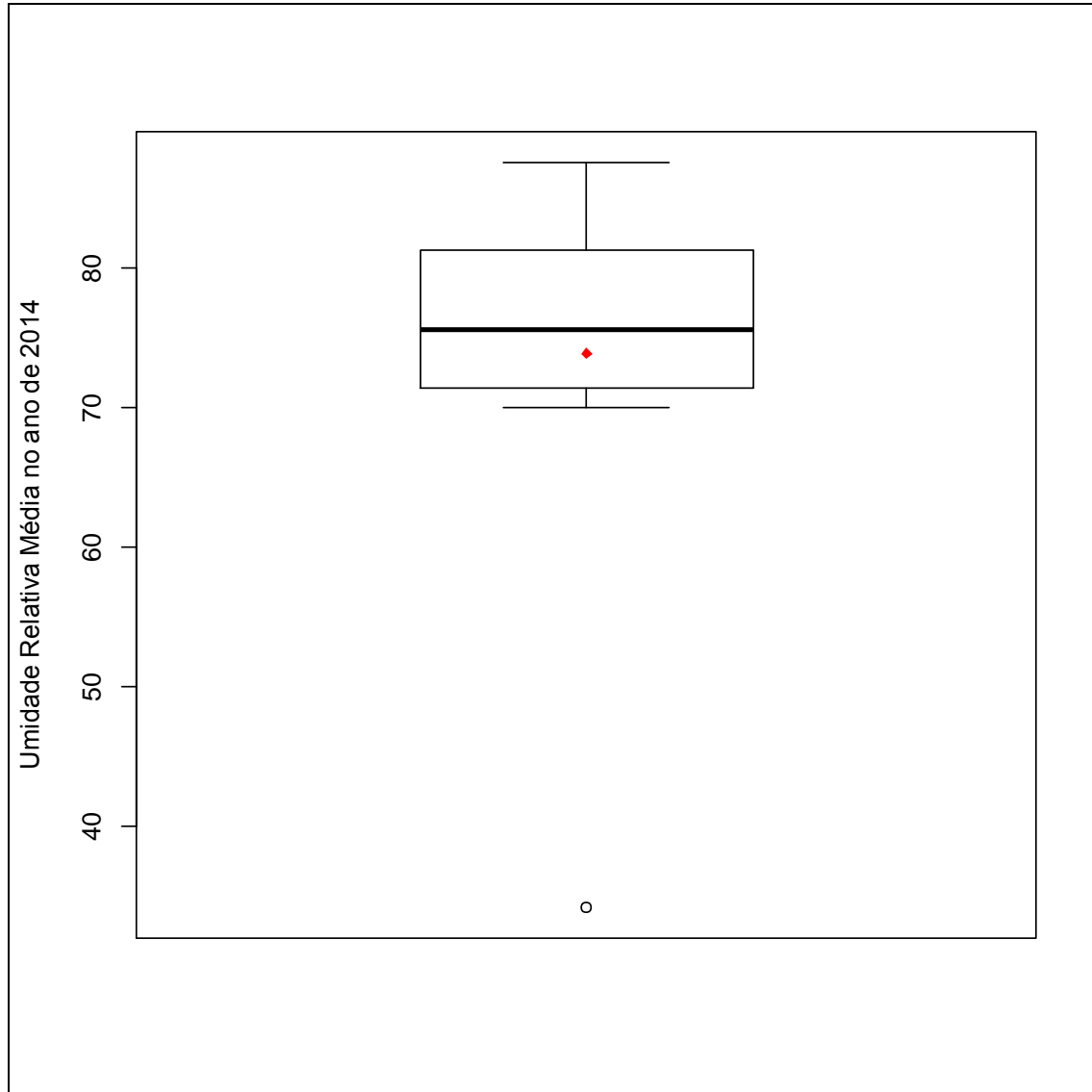


Figura 22 - Box Plot de dados de umidade Relativa para a Região onde a empresa está instalada, ao longo do ano de 2014.

Fonte: Construído com base em dados fornecidos pelo INMET, (2015).

Essa alta concentração da umidade, também é explicada pelo alto índice pluviométrico onde se encontra a empresa (Figura 23). A região nos últimos 30 anos, exibe grande parte dos seus meses com muita chuva, estando abaixo dos 100 mm somente os meses de julho e agosto.

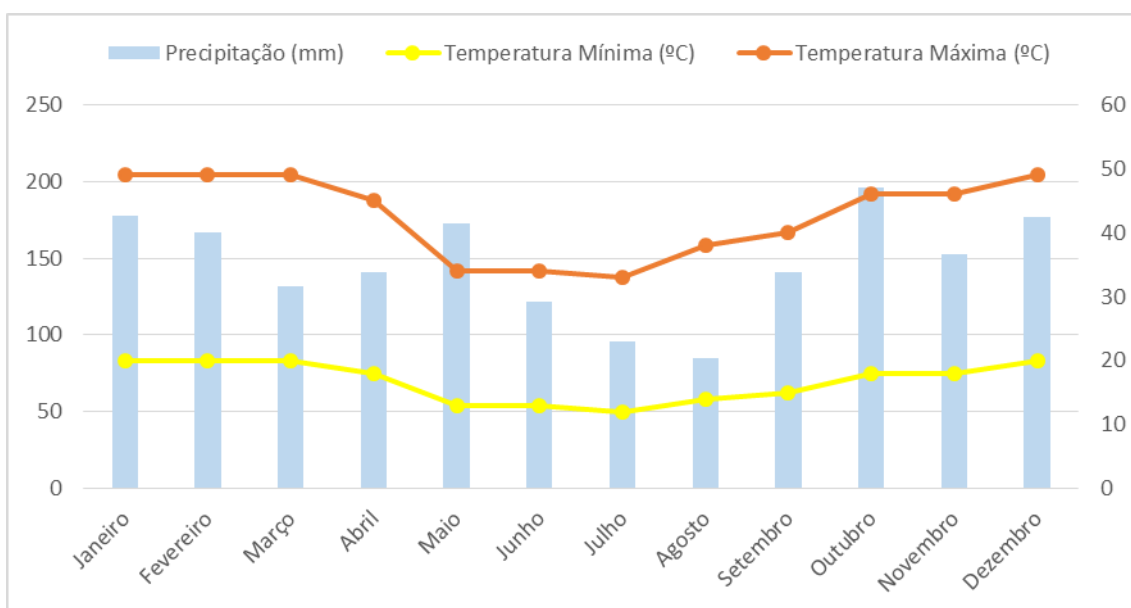


Figura 23 - Comportamento da chuva e da temperatura ao longo do ano para a região, onde a empresa está instalada, valores calculados a partir de uma série de dados de 30 anos observados.

Fonte: INMET, (2015).

Também se pode supor que um comportamento diferente possa ser ocasionado por diferentes tipos de madeira.

Segundo literaturas mais antigas, as variações da densidade ao longo do caule nas espécies de origem tropical, seriam insignificantes (EURLEY; NIKLES,1973), no entanto, Amaral, Ferreira e Couto (1977), ao estudarem pinheiros tropicais encontraram variações marcantes ao longo do tronco pelo menos quando se comparam os níveis inferiores com os superiores, sendo que perceberam ainda que os resultados mostraram tendências diferem de acordo com a espécie e que mesmo dentro de uma dada espécie existem indivíduos que apresentam tendências marcadamente diferentes da apresentada pela espécie.

De acordo com Mendes et al (2004) a densidade da madeira varia entre espécies, entre indivíduos e procedências da mesma espécie e dentro da árvore, tanto no sentido longitudinal, ou seja, da base para o topo, como no sentido radial da medula para a casca. Em síntese, os padrões de variação longitudinal decrescem uniformemente com a altura; decresce até certo ponto e cresce deste, até o topo da árvore. Algumas vezes, pode decrescer levemente nas partes superiores; é crescente da base para o topo, não obedecendo a um

padrão uniforme de variação.

Isso nos mostra a importância de avaliar a densidade da matéria prima utilizada, pois mesmo sabendo a que espécie elas pertencem isso não garantiria os valores de densidade de acordo com os autores e artigos mais modernos utilizados.

Ao avaliar de forma comparativa as densidades das madeiras estudadas observou-se bastante variação entre elas, sendo que a Guajuvira apresentou uma densidade média superior, seguida pelo Pau-Marfim e em último ficou a Açoita.

Tabela 4 – Avaliação Estatística das Análises de Densidade das Madeiras Estudadas

Fator	Mínimo	1º Quartil	Média	Mediana	3º Quartil	Máximo	Desvio Padrão
Açoita	0,500	0,547	0,625	0,629	0,691	0,760	0,082
Canela	0,613	0,642	0,688	0,690	0,720	0,756	0,045
Guajuvira	0,754	0,807	0,867	0,881	0,929	0,967	0,073
Marfim	0,647	0,697	0,774	0,788	0,857	0,864	0,083

Segundo Jankowsky et al. (1990) a madeira do Pau-Marfim é considerada densa, com densidade entre 0,69 a 0,73 g/cm³. A Guajuvira apresenta densidade de 0,64 g/cm³, classificando-a também como densa. Já a Açoita-Cavalo apresenta densidade de 0,53 g/cm³, considerada moderadamente densa. A Canela com densidade de 0,65 g/cm³, considerada moderadamente pesada.

Os valores de densidade se mostraram parecidos aos encontrados na literatura, a Guajuvira foi a que mostrou diferenças. Canela, Pau-Marfim e Açoita-Cavalo exibiram em seus valores máximos e mínimos densidades próximas as da literatura.

As amostras de Açoita-Cavalo foram as que apresentaram densidades menores, com uma densidade media de 0,65 g/cm³, seguidas da Canela que exibe baixa variabilidade dos seus dados, e com um valor máximo igual ao da Açoita-Cavalo. Guajuvira retrata uma densidade superior às demais madeiras, com uma media próxima a 0,9 g/cm³, conforme Figura 24.

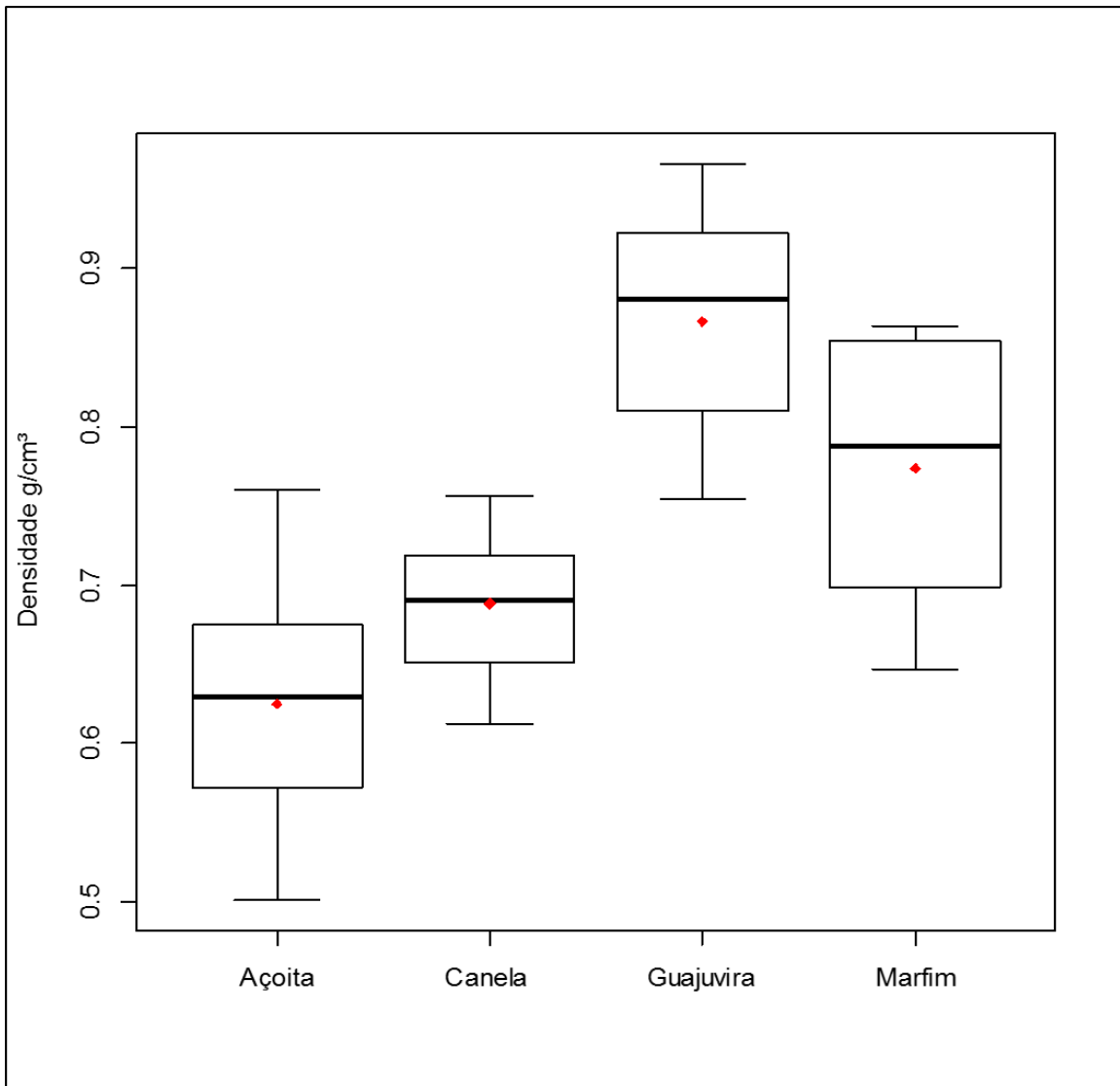


Figura 24 - Box Plot das densidades das amostras de madeira.
Fonte: AUTOR, (2015).

5 CONCLUSÃO

Para que uma organização possa atingir com eficácia o seu principal objetivo, que é a satisfação dos clientes, a qualidade nos suas atividades precisa ser alcançada.

As redes que englobam a aquisição de matérias primas, transporte e armazenagem precisam ser eficientes. A correta armazenagem da matéria prima é um dos processos primordiais, dessa forma, a administração eficiente dos materiais é essencial para o bom andamento dos demais processos.

O objetivo inicial era fazer uma avaliação da quantidade de defeitos que estavam ocorrendo no processo e assim tentar mitiga-los. Alcançado esse objetivo, os problemas classificados como rachaduras foram os focos desse trabalho. Devido a que estavam sendo ocasionados, em razão da umidade estar fora dos padrões de especificações.

Os dois métodos utilizados para a determinação dos teores de umidade se mostraram divergentes, exibindo valores iguais somente em uma das quatro amostras.

Essa discrepância exibida nos dois métodos apontaria para problemas com o equipamento utilizado pela empresa na medição da umidade. Pode ser devido ao manuseio incorreto do equipamento, assim sugere-se o treinamento dos dois colaboradores, para que aliado ao conhecimento pratico, possam realizar com eficiência suas atividades

Recomenda-se que o galpão onde estão armazenadas as madeiras passe por mudanças estruturais, como a instalação de portas, reforma do telhado, os materiais dispostas nas entradas sejam protegidos com lonas ou ainda que seja transformado em um galpão fechado. Também sugere-se que se atentem a forma de armazenamento das madeiras secas, pois há o agravante do clima da região, que tem mostrado uma alta umidade relativa e grandes índices de precipitações pluviométricas ao longo do ano, podendo contribuir para que as madeiras secas, ganhem umidade.

Não foi possível criar uma curva de correlação entre os dois métodos de medição de umidades, pois apresentam um R^2 muito baixo.

Todas as amostras apresentaram densidades próximas às encontradas pela literatura, o que atesta a veracidade dos dados. A Guajuvira foi a que apresentou valores um pouco diferentes.

As espécies de Açoita-Cavalo e Canela apresentam uma alta estabilidade dimensional, o Pau-Marfim apresenta uma estabilidade dimensional média (REMADE, 2009). As madeiras apresentam características boas para a fabricação de moveis.

O presente trabalho também contribuiu para a formação e desenvolvimento de novos pontos de vista e ampliação de conhecimento.

Sugestão para trabalhos futuros, calibração dos equipamentos e treinamento dos colaboradores envolvidos na determinação de umidades.

REFERÊNCIAS

AGUIRRE, A. L. de M. **Avaliação de medidores dielétricos de umidade da madeira utilizados na indústria moveleira.** Monografia de graduação (Graduação em Engenharia Industrial Madeireira) Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2010. Disponível em: <<http://wp.ufpel.edu.br/cceim/files/2010/11/TCC-Adraine-Aguirre.pdf>> Acesso em: 10 nov. 2014.

AMARAL, A. C.; FERREIRA, M.; COUTO, H. T. Z. Métodos de Avaliação da Densidade Básica da Madeira de Populações de Pinheiros Tropicais. IPEF n.15, p.47-67, 1977.

ANDER-EGG, E. **Introducción a las técnicas de investigación social: para trabajadores sociales.** 7° edição, Buenos Aires: Humanitas, 1978.

ANDRADE, A.; JANKOWSKY, I. P.; DUCATTI, M. A. Grupamento de madeiras para secagem convencional. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 59, p. 89-99, j 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14929: **Madeira: determinação da umidade da madeira.** Rio de Janeiro, 2003.

BRANDÃO, A. de O. **Determinação de metodologia para a identificação de programas de secagem de madeiras.** 1989. 100 p. Dissertação (Mestrado em ciências florestais) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba.

CAMPOS, V. F. **Gerência da Qualidade Total.** Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni. 1990. 187 p.

CARPINETTI, L. C. R. **Gestão da qualidade.** 2ª ed. São Paulo: Atlas, 2012.

CARPINETTI, L. C.R.; MIGUEL, P. A.C.; GEROLAMO, M. C. **Gestão da Qualidade ISO 9001:2008: princípios e requisitos.** 3. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

CINIGLIO, G. **Avaliação da secagem de madeira serrada de *E. grandis* e *E. urophylla***. 1998. 73 p. Dissertação (Mestrado em tecnologia da madeira) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

CORAL, E. **Avaliação e gerenciamento dos custos da não qualidade**, Florianópolis, 1996. Disponível em: <<http://www.eps.ufsc.br/disserta96/coral/index/index.htm#index>>. Acesso em 12 nov. 2014.

CORRADI, P. R., **Is A Cost of Quality System For You?**, National Productivity Review, Spring, 1994.

CROSBY, P. B. **Qualidade é Investimento**, terceira edição, New York: McGraw-Hill, 1986.

DIAS, D. F.; PARDO, P. **Sistemas agroindustriais**. Centro Universitário de Maringá – Núcleo de Educação a distancia. Maringá – PR, 2009.

DIGISYSTEM, Industria de Sistemas Eletrônicos Ltda., **Produtos**. Disponível em: <<http://www.digisystemeletro.com.br/produtos/medidores/medidores.php>> Acesso em: 24 nov. 2014.

DONATO, D. B. et al. **Determinação da Umidade da Madeira em Tora por Diferentes Métodos**. XIV EBRAMEM - Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeira 28-30/Abril, 2014, Natal, RN, Brasil.

DURLO, M. A. Relação água-madeira. In: I Seminário sobre secagem de madeira. Santa Maria: UFSM, CEFEP: FATEC, 1992. p. 35-46.

EURLEY, J.; NIKLES, D. G. - Tropical provenance and progeny research and international cooperation. Oxford, Commonwealth Forestry Institute. p. 532-5, 1973.

FEIGENBAUM, A. V., **Total Quality Control**, Third Edition, Pittsfield, Massachussets: 1990.

FIEP – **Panorama da indústria de moveis no Paraná**. 2010. Disponível em: <[http://www.fiepr.org.br/analise/uploadAddress/M%C3%B3veis\[25856\].pdf](http://www.fiepr.org.br/analise/uploadAddress/M%C3%B3veis[25856].pdf)> . Acesso em: 13 nov. 2014.

FISCHER, G.; KIRCHNER, A.; KAUFMANN, H.; SCHMID, D. **Gestão da qualidade: Segurança do trabalho e gestão ambiental**. Tradução da 2º edição alemã ampliada Ingeborg Sell. São Paulo: Editora Blucher, 2009.

FRANZOI, L. C. N. **A Secagem da Madeira em Estufa: secagem artificial**. Bento Gonçalves, SENAI/CETEMO. 1997, 83p.

GALVÃO, A. P. M.; JANKOWSKY, I. P. **Secagem Racional da Madeira**. São Paulo: Livraria Nobel SA, 1985, 107p.

GARVIN, D.A.: **Managing Quality**. Free Press, New York, 1988.

GESUALDO, F. A. R. **Estruturas de Madeira**. Faculdade de Engenharia Civil. Universidade Federal de Uberlândia 2003. Disponível em: <http://upf.br/~zacarias/Notas_de_Aula_Madeiras.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2014.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. -5º edição, São Paulo: Atlas, 2010.

GLASS, S. V.; ZELINKA, S. L. **Moisture Relations and Physical Properties of Wood**. In: Forest Products Laboratory. Wood Handbook—Wood as an engineering material. U.S. Madison: Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 2010.

GODOY, L.D. et al. Avaliação do grau de contribuição das normas de garantia da qualidade ISO-9000 no desempenho de empresas certificadas. **Revista de Administração da UFSM**, Santa Maria, v.2, n.1, p. 41-58, jan./abr. 2009. Disponível em: <<http://cascavel.ufsm.br/revistas/ojs-2.2.2/index.php/reaufsm/issue/view/61>>. Acesso em: 12 nov. 2014.

GORINI, A. P. F. **Panorama do setor moveleiro no Brasil, com ênfase na competitividade externa a partir do desenvolvimento da cadeia industrial de produtos sólidos de madeira**. Disponível em: <

http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/bnset/set801.pdf >. Acesso em: 15 nov. 2014.

GRESSLER, L. A. **Introdução à pesquisa – projetos e relatórios**. São Paulo, Brasil, 2003.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2015. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/>>. Acesso em: 30 mai. 2015.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA, 2015. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/>>. Acesso em: 30 mai. 2015.

JANKOWSKY, I. P.; DUCATTI, M. A.; ANDRADE, A. Estudo identifica necessidade de programas de secagem. **Revista da Madeira**, Curitiba, v. 11., n. 66, p. 42-47, out. 2002.

JANKOWSKY, I. P. Equipamentos e processos para secagem de madeira. In: Seminário Internacional de utilização da madeira de eucalipto para serraria, São Paulo, 1996. **Anais**. Piracicaba: IPEF/IPT.

JANKOWSKY, I.P.; CHIMELO, J.P.; CAVANCANTE, A. de A.; GALINA, I.C.M.; NAGAMURA, J.C.S. **Madeiras brasileiras**. Caxias do Sul: Spectrum, 1990. 172p.

JURAN, J. M. **Juran on Quality by Design: The New Steps for Planning Quality into Goods and Services**, The Free Press, New York: 1992.

KLITZKE, R. J. **Curso de Secagem da Madeira – Manual Didático**. Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal UFPR, 2008, 119p.

MARCHIORI, J. N. C. Influência da estrutura anatômica na secagem da madeira. In: I Seminário sobre secagem de madeira. Santa Maria: UFSM, CEFEP: FATEC, 1992. p. 7-34.

MARCONI, M. de A.; LAKATOS E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 7ª edição – São Paulo: Atlas, 2010.

MARTINS, V. A. **Secagem de Madeira Serrada**. Brasília, IBDF/DPq – LPF, 1988.

MARSHALL JUNIOR, Isnard *et al.* **Gestão da Qualidade**. São Paulo: FGV, 2008.

MELO, C. H. P. **Gestão da Qualidade**. São Paulo: Pearson, 2010. 173p.

MENDES, L. M. et al. Revista da Madeira , ed.83, 2004. Disponível em:
<http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=603&subject=Densidade&title=Varia%E7%E3o%20da%20densidade%20da%20madeira%20de%20pinus>. Acesso em: 29 mai. 2015.

MORESCHI, J. C. **Propriedades Tecnológicas da Madeira** – Manual Didático. Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal da UFPR, 2005, 168p.

OLIVEIRA; J. T. S.; FILHO, M. T.; FIEDLER, N. C. Avaliação da Retratibilidade da Madeira de Sete Espécies de Eucalyptus. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.34, n.5, p.929-936, 2010.

OLIVEIRA, O. J(Org.). **Gestão da qualidade: tópicos avançados**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004.

PALADINI, E. P. **Gestão da Qualidade Total – Teoria e Prática**. São Paulo: Atlas, 2004.

OLIVEIRA, L. C. S. **Perguntas e respostas em secagem de madeiras**. São Paulo: IPT, 1981.

PALADINI, E. P. **Gestão da qualidade no processo; a qualidade na produção de bens e serviços**. 2ª ed. São Paulo: Atlas, 2004.

PONCE, R.M., WATAI, L.T. **Manual de secagem da madeira**. Brasília. Série documentos no 22, MIC/STI–IPT, 1985. 70 p.

REMADE – **Madeiras – Madeiras Serradas**.(Portal Nacional da Madeira, 2009).

Disponível em:

<http://www.remade.com.br/br/madeira_serrada.php?num=4&title=Propriedades%20F%EDsicas%20e%20Mec%E2nicas>. Acesso em: 10 nov. 2014.

REMADE – **Propriedades físicas e mecânicas.** .(Portal Nacional da Madeira, 2009). Disponível em: <

http://www.remade.com.br/br/madeira_serrada.php?num=4&title=Propriedades%20F%EDsicas%20e%20Mec%E2nicas> Acesso em: 12 nov. 2014.

REVISTA DA MADEIRA. **Técnicas na armazenagem evitam desperdícios,**

ed.80, 2004. Disponível em: <

http://remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=517&subject=Armazenagem&title=T%E9cnicas%20na%20armazenagem%20evitam%20desperd%EDcios>. Acesso em: 31 mai. 2015.

REVISTA DA MADEIRA. **Princípios básicos para colagem de madeira,** ed.64, 2002. Disponível em:

<http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=162&subject=M%F3veis%20e%20Tecnologia&title=Princ%EDpios%20b%E1sicos%20para%20colagem%20de%20madeira>. Acesso em: 30 mai. 2015.

SHIBA, S.; GRAHAM, A.; WALDEN, D. **A new American TQM.** Portland, Oregon: Productivity Press, 1993.

SILVA, J. M. (Org.) et al. **Administração Empreendedora e Qualidade.** Edição especial Cesumar. São Paulo: Saraiva. 2010.

SILVA, J. de C. Preservantes: Madeira preservada e seus conceitos. **Revista da Madeira.** Edição nº103 – Viçosa –MG, 2007.

SIMPSON, W. T. **Method to estimate dry-kiln schedules and species groupings: tropical and temperate hardwoods.** Madison: Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 1996. 55 p.

TRIVELLATO, A. A. **Aplicação da sete ferramentas básicas da qualidade no ciclo PDCA para a melhoria contínua: um estudo de caso numa empresa de auto peças.** Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia de Produção Mecânica) Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São

Paulo, Curso de engenharia de Produção Mecânica, São Carlos, 2010. Disponível em: <<http://www.tcc.sc.usp.br/tce/disponiveis/18/180830/tce-19012011-162523/>> Acesso em 12 nov. 2014.