

Avaliação dos pontos críticos na manufatura de pisos de madeira

Critical points evaluation in the solid wood flooring manufacture

Philippe Ricardo Casemiro Soares¹, Marcos Milan², Ivaldo Pontes Jankowsky³,
Maria Raquel Kanieski⁴ e Romano Timofeiczky Junior⁵**Resumo**

O objetivo deste trabalho foi determinar e avaliar os pontos críticos do processo de uma empresa do setor de pisos de madeira serrada. Para isso, realizou-se o mapeamento do processo produtivo e os pontos críticos dos setores selecionados foram identificados por meio de entrevistas com funcionários e utilizando a metodologia FMEA adaptada. Os problemas e causas referentes aos pontos críticos foram analisados pelo diagrama de Ishikawa. As principais falhas apontadas foram "lotes com mistura de madeiras", "peças fora de dimensão", "peças fora de esquadro", "pisos com marca de extrativo da madeira", "pisos com falha no verniz" e "pisos marcados pela lixa". Dentre as possíveis causas para as falhas identificadas estão o treinamento de funcionários, propriedades da madeira, aferição dos instrumentos de medição e o ajustes dos equipamentos.

Palavras-chave: gestão da qualidade, análise de risco, produtos florestais.

Abstract

This work aimed at determining and evaluating the critical points of a company that works in the solid wood flooring sector. For this purpose, the process was mapped and the critical points of the selected sectors were identified by means of interviews with employees and the FMEA adapted methodology. The problems and causes of the critical points were analyzed with the help of Ishikawa diagrams. The main failures found on the process are "lots with mixed woods", "pieces out of dimension", "pieces out of square", "floors marked for wood extractives", "floors with failure in varnish" and "floors marked by sandpaper". Among the possible causes of the critical points are employees' training, wood properties, gauging of the measurement instruments and adjustment of equipment.

Keywords: quality management, risk analysis, forest products

INTRODUÇÃO

A gestão da qualidade pode ser definida como um conjunto de atividades coordenadas que tem por objetivo gerenciar uma empresa com relação ao planejamento, controle, garantia e melhoria da qualidade (MIGUEL, 2005).

De acordo com Pinto *et al.* (2006), a adoção de programas de gestão da qualidade pode trazer impactos positivos nas vendas e nos custos de uma organização. Pesquisando empresas de grande porte do Brasil, os autores concluíram que investimentos realizados na qualidade

são diretamente proporcionais à satisfação dos clientes, além de proporcionarem maiores ganhos financeiros.

As ferramentas e metodologias empregadas na gestão pela qualidade e utilizadas nas análises de risco, tais como o diagrama de Ishikawa e FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*), são fundamentais na obtenção de vantagem competitiva em mercados mais exigentes.

O diagrama de Ishikawa, ou de causa e efeito, foi desenvolvido no Japão pelo Professor Kaoru Ishikawa (TRINDADE *et al.*, 2000). Ele é utilizado para o estudo dos sintomas de um proble-

¹Professor Assistente do Departamento de Engenharia Florestal. UDESC – Universidade do Estado da Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias. Av. Luiz de Camões, 2090 – Conta Dinheiro - Lages/SC – 85.520-000 – E-mail: a2pcs@cav.udesc.br

²Professor Associado do Departamento de Engenharia Rural. ESALQ/USP – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" / Universidade de São Paulo. Caixa Postal 9 – Piracicaba/SP – 13.418-900 – E-mail: macmilan@esalq.usp.br

³Professor Doutor do Departamento de Ciências Florestais. ESALQ/USP – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" / Universidade de São Paulo. Caixa Postal 9 – Piracicaba/SP – 13.418-900 E-mail: ipjankow@esalq.usp.br

⁴Doutoranda em Engenharia Florestal, UFPR – Universidade Federal do Paraná. Av. Pref. Lothário Meissner, 900 – Jardim Botânico Curitiba/PR – 80.210-170 – E-mail: raquelkanieski@gmail.com

⁵Professor Doutor do Departamento de Economia Rural e Extensão. UFPR - Universidade Federal do Paraná. Av. Pref. Lothário Meissner, 900 – Jardim Botânico Curitiba/PR – 80.210-170 – E-mail: romano@ufpr.br

ma e a determinação de suas prováveis causas (MALDONADO; GRAZIANI, 2007), sendo útil em situações que as origens do problema não são óbvias, permitindo a eliminação das causas potenciais (MONTGOMERY, 2004). Para Vieira (1999), o sucesso do controle da qualidade em uma empresa é dependente da correta utilização dos diagramas de causa e efeito.

A metodologia FMEA surgiu, nos Estados Unidos, a partir de estudos realizados pela *National Aeronautics and Space Administration* – NASA, no ano de 1963, sendo então adotada pela indústria automobilística (PUENTE *et al.*, 2002). Ela é utilizada para a avaliação das possíveis falhas que podem ocorrer em sistemas, processos ou serviços, sendo estimadas, para cada falha identificada, sua ocorrência (frequência), severidade (efeitos) e detecção (encontrá-la antes que o produto chegue ao cliente). A priorização dos problemas é feita por meio do Índice de Risco, calculado pelo produto das três estimativas: ocorrência, severidade e detecção (STAMATIS, 1995).

A metodologia FMEA é aplicada a diversos setores da economia mundial, como, por exemplo, no elétrico (LEAL *et al.*, 2006), agrícola (ROSA; GARRAFA, 2009), automobilístico (MIGUEL; SEGISMUNDO, 2008), alimentos processados (ARVANITOYANNIS; VARZAKAS, 2008), em serviços de transporte (ROOS *et al.*, 2008) entre outros.

Apesar da considerável movimentação financeira da indústria de base florestal brasileira que, em 2007, atingiu US\$ 44,6 bilhões, representando 3,5% do PIB do país (ABIMCI, 2008), no setor florestal o uso de ferramentas da qualidade é recente e o treinamento de profissionais é restrito aos níveis superiores da hierarquia da empresa (TRINDADE *et al.*, 2000).

Para Jacovine *et al.* (2005), as empresas de base florestal estão identificando oportunidades de melhoria da produção e implantando sistemas de gestão da qualidade nas indústrias e atividades silviculturais. Apesar do uso de ferramentas da qualidade no setor ser incipiente, a preocupação com a qualidade do produto é antiga, sendo a vistoria da qualidade o primeiro sistema implantado no Estado de São Paulo na década de 80 (REZENDE *et al.*, 2000).

Dentre os trabalhos relacionados ao tema gestão da qualidade na atividade florestal pode-se citar a utilização do Desdobramento da Função Qualidade (QFD) no preparo mecanizado de solos (MILAN *et al.*, 2003), o desenvolvimento de indicadores de desempenho em empresa de

beneficiamento da madeira (MATOS; MILAN, 2009), a avaliação da qualidade operacional na colheita (JACOVINE *et al.*, 2005; REZENDE *et al.*, 2000) e determinação dos custos da qualidade (JACOVINE *et al.*, 1999; LEITE *et al.*, 2005).

No ano de 2002, a Associação Nacional dos Produtores de Pisos de Madeira - ANPM, em conjunto com 13 indústrias, elaborou um programa de qualidade, com duração prevista de quatro anos, objetivando o desenvolvimento do setor de pisos de madeira e a eliminação de problemas relacionados com a ausência de especificações do produto. Dentre os benefícios esperados pelo programa estavam a implantação ou melhoria do controle de qualidade interno das empresas (ANPM, 2007).

Considerando-se a importância da gestão e de suas ferramentas para a sobrevivência e crescimento das empresas este trabalho objetivou a identificação e avaliação dos pontos críticos no processo de produção de uma empresa de beneficiamento da madeira.

MATERIAL E MÉTODOS

A presente pesquisa foi realizada em empresa do setor de pisos de madeira, localizada no município de Tietê/SP com 500 funcionários distribuídos em duas plantas, com capacidade produtiva de 130.000 m² de pisos, sendo aproximadamente 80% da produção destinada à exportação. A empresa utiliza dois tipos de sistema de produção intermitentes (MOREIRA, 1998). O tipo por encomenda é utilizado principalmente para a fração de pisos produzida para o mercado externo, enquanto o tipo por lotes é empregado para o mercado interno.

A pesquisa foi desenvolvida em duas etapas. Na primeira, o processo produtivo da empresa foi mapeado e identificou-se os sub-processos potenciais para realizar, na segunda etapa, a identificação e avaliação dos seus pontos críticos.

Mapeamento do processo produtivo

O processo produtivo da empresa foi mapeado a partir da divisão já existente em setores, classificados como: recebimento, secagem, processamento primário, processamento secundário, acabamento e embalagem. Os setores foram percorridos e todas as atividades, que agregassem ou não valor à matéria-prima, foram registradas. Os fluxogramas do mapeamento foram elaborados a partir de símbolos padronizados, de acordo com Trindade *et al.* (2000).

Com a finalidade de determinar os setores críticos para a seleção e realização da segunda etapa da pesquisa, utilizou-se da metodologia FMEA adaptada. Quatro funcionários da alta gerência avaliaram os processos, por meio de um questionário, quanto aos índices de ocorrência, severidade e detecção de falhas, com base nos critérios apresentados na Tabela 1. O Índice de Risco (IR) é calculado pelo produto dos três índices anteriores.

Identificação e avaliação dos pontos críticos

A identificação dos pontos críticos dos sub-processos dos setores específicos da empresa foi realizada por meio de entrevistas individuais com funcionários, escolhidos aleatoriamente de cada setor, seus respectivos responsáveis e com pessoas externas aos setores, com visão geral do processo.

Os problemas e causas referentes aos pontos críticos foram analisados por meio do diagrama de Ishikawa, elaborado com base na metodologia "6M" apresentada por Trindade *et al.* (2000). Na metodologia, as causas primárias dos pontos críticos dos processos são: máquina, método, medição, matéria-prima, mão-de-obra e meio ambiente.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na empresa, seis processos pelos quais a matéria-prima, madeira, passa durante seu processamento foram identificados: recebimento, secagem, processamento primário, processamento secundário, acabamento e embalagem. O mapeamento do processo é apresentado na Figura 1.

Os resultados das entrevistas com a finalidade de determinação dos setores críticos, utilizando metodologia FMEA adaptada, são apresentados na Tabela 2. O setor acabamento possui maior índice médio de ocorrência de defeitos (3,8), apresentando também um alto índice de severidade (3,8). No entanto, a severidade foi maior para o setor processamento secundário (4,8), indicando que as falhas que ocorrem nesta etapa do processamento afetam mais negativamente a relação com o cliente. Além disso, esses setores apresentaram maiores Índices de Risco, respectivamente 40,4 e 33,6, justificando a escolha desses setores para a seqüência do estudo.

Os pontos críticos identificados são apresentados na Tabela 3.

Tabela 1. Critérios de avaliação para os índices de ocorrência, severidade e detecção (MATOS, 2004).

Table 1. Evaluation criteria for the occurrence, severity and detection indices (MATOS, 2004).

Índice	Ocorrência	Severidade	Detecção
1	Probabilidade muito baixa de ocorrência	Razoável esperar que o cliente não perceba a falha	Probabilidade muito alta que a falha seja detectada
2	Baixo número de ocorrências	O cliente perceberá a falha, mas não ficará insatisfeito	Probabilidade alta que a falha seja detectada
3	Moderado número de ocorrências	O cliente perceberá a falha e ficará insatisfeito	Probabilidade média que a falha seja detectada
4	Alto número de ocorrências	O cliente ficará insatisfeito, mas não terá a segurança afetada	Probabilidade baixa que a falha seja detectada
5	Falhas em proporções alarmantes	O cliente ficará muito insatisfeito e terá a segurança afetada	Probabilidade muito baixa que a falha seja detectada



Figura 1. Mapeamento do processo produtivo de pisos maciços de madeira.

Figure 1. Solid wood flooring process mapping.

Tabela 2. Sub-processos da empresa avaliados com metodologia FMEA.

Table 2. Company's sub-processes evaluated by FMEA methodology.

Setor	Ocorrência		Severidade		Detecção		Índice de Risco	
	Média	CV	Média	CV	Média	CV	Média	CV
Recebimento	2,8	0,18	3,3	0,39	2,5	0,77	23,1	0,48
Secagem	1,8	0,29	4,0	0,29	1,8	0,55	13,0	0,39
Processamento Primário	2,0	0,58	4,0	0,29	3,3	0,29	26,4	0,92
Processamento Secundário	2,8	0,35	4,8	0,11	2,5	0,23	33,6	0,55
Acabamento	3,8	0,13	3,8	0,13	2,8	0,35	40,4	0,19
Embalagem	2,5	0,52	3,5	0,29	3,0	0,54	26,3	1,31

Em que: CV = Coeficiente de variação

Tabela 3. Pontos críticos identificados e avaliados com a metodologia FMEA.
Table 3. Critical points identified and evaluated with FMEA methodology.

Setor	Ponto Crítico
Processamento Secundário	Peças com defeitos naturais da madeira
	Peças fora das dimensões especificadas
	Peças fora de esquadro
	Peças marcadas pelas facas de corte
	Lotes com mistura de madeiras (espécies e dimensão)
Acabamento	Peças com defeitos naturais da madeira
	Pisos queimadas pela secagem ultravioleta
	Pisos marcadas pela lixa
	Peças fora das dimensões especificadas
	Pisos com falha no verniz
	Pisos com brilho fora do padrão
	Pisos com manchas de extrativos da madeira
	Pisos com coloração incorreta

Observa-se na Tabela 3 que algumas das possíveis falhas apontadas nessa etapa do estudo são comuns para ambos os processos, como, por exemplo, a presença de defeitos naturais nas peças e o item “peças fora das dimensões especificadas”, que se refere, no processamento secundário, à largura, espessura e encaixes, enquanto que para o acabamento é referente somente à largura da peça.

Diferenciou-se o ponto crítico “verniz não adere corretamente” do item “peças com falha no verniz”, pois o primeiro só é identificado por metodologia específica e o segundo é nitidamente visível, sem necessidade de testes.

A Figura 2 ilustra as possíveis causas da falha “lotes com mistura de madeiras”. Essas falhas que se referem tanto a dimensão quanto a espécie e não são geradas diretamente neste setor. A principal causa está relacionada com o treinamento de funcionários para a seleção das peças.

A Figura 3 mostra a avaliação das possíveis causas da falha “peças fora de esquadro”. As principais estão relacionadas com a detecção do problema,

resultante da falta de treinamento dos funcionários. Além disso, o ajuste incorreto das perfiladeiras e as peças muito empenadas podem prejudicar o encaixe da madeira no equipamento.

A Figura 4 apresenta o estudo de causa e efeito do ponto crítico: “peças marcadas pelas facas de corte”. Neste caso, se as marcas estão distribuídas por toda a peça, a principal causa é a falta de manutenção, ligada à afiação das facas de corte; porém, se a marca é no topo das peças, a causa é a madeira empenada. Além disso, foram citadas a falta de supervisão e treinamento e o ajuste da velocidade da esteira com a velocidade de rotação das facas de corte.

O item “peças com defeitos naturais da madeira”, comum a ambos os setores, refere-se a nós e defeitos resultantes das tensões de secagem e corte. A Figura 5 apresenta a análise para “peças com defeitos naturais da madeira”. As principais causas encontradas estavam relacionadas à qualidade da madeira adquirida que apresenta, muitas vezes, uma grande quantidade de nós e tensões. A matéria-prima danificada

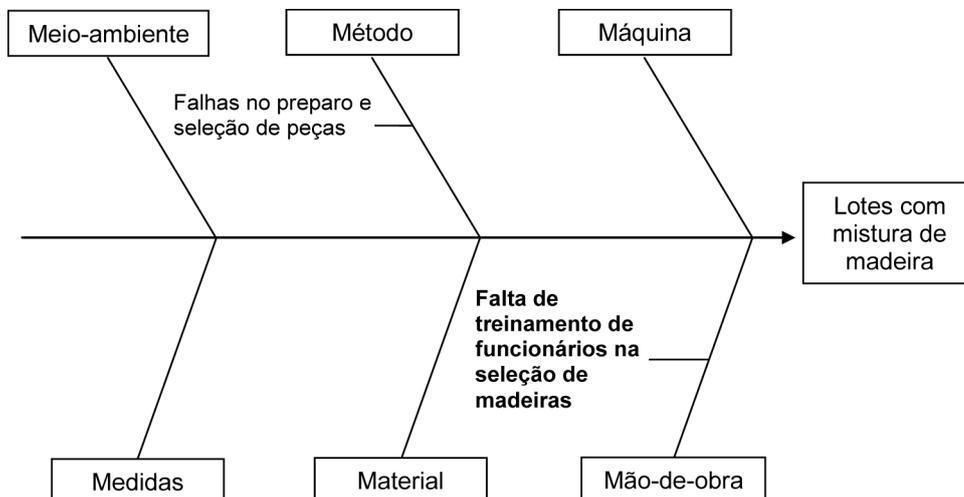


Figura 2. Diagrama de Ishikawa para lotes com mistura de madeira.
Figure 2. Ishikawa diagram for lots with mixed woods.

continua no processo, pois os funcionários não estão adequadamente treinados para realizar a seleção. Por esse motivo, também foi apontada como causa as falhas no preparo e seleção das peças que continuam no processo.

O estudo de causas para o ponto crítico “peças fora de dimensão”, também comum para os setores, é apresentado na Figura 6. Como principais causas foram indicadas: ajustes incorretos dos equipamentos (plainas moldureiras e

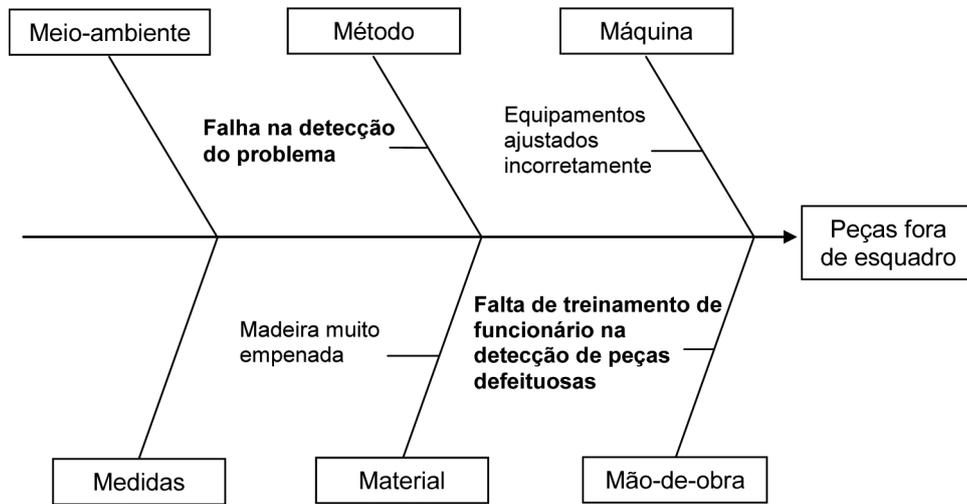


Figura 3. Diagrama de Ishikawa para peças fora de esquadro.
Figure 3. Ishikawa diagram for pieces out of square.

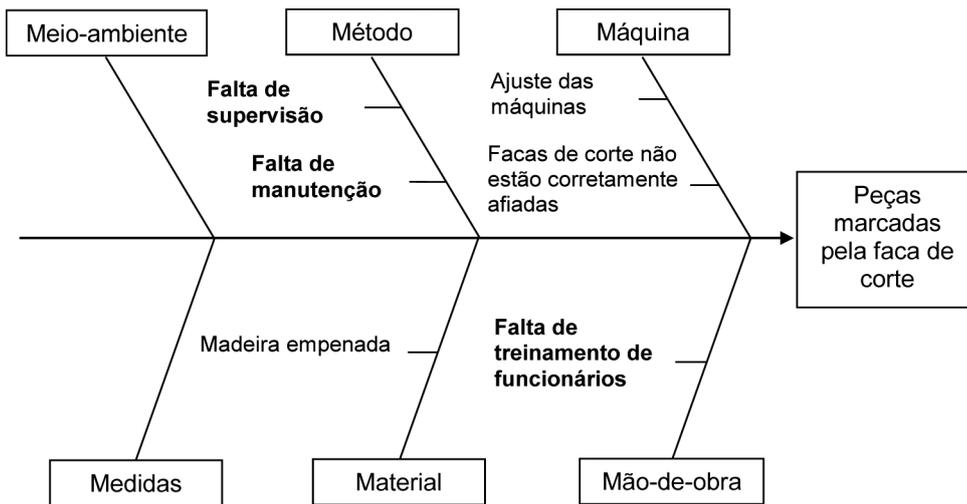


Figura 4. Diagrama de Ishikawa para peças marcadas pelas facas de corte.
Figure 4. Ishikawa diagram for pieces marked by the saw.

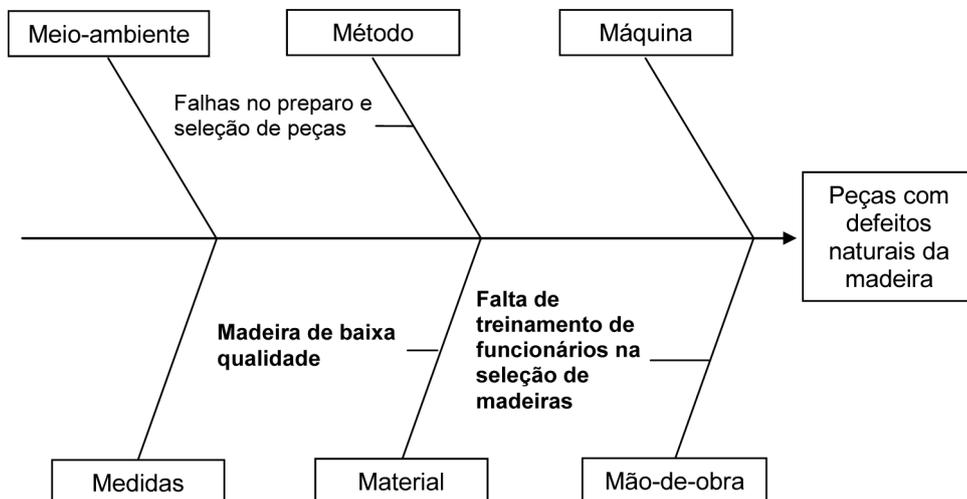


Figura 5. Diagrama de Ishikawa para peças com defeitos naturais da madeira.
Figure 5. Ishikawa diagram for pieces with natural wood defects.

lixadeiras); facas de corte não afiadas; falhas na supervisão decorrente da necessidade de treinamento dos funcionários. O beneficiamento realizado no setor processamento primário também é uma possível causa, pois possui máquinas menos sofisticadas e um menor rigor no controle da qualidade das peças. As falhas no armazenamento dos pisos podem gerar variação na umidade da madeira e conseqüente variação na dimensão do piso.

Os fatores relacionados com as medições, como a freqüência e a aferição dos paquímetros, também podem gerar este efeito, sendo que muitos dos equipamentos utilizados pela empresa não são digitais, possuindo baixa precisão e as medidas não são tomadas em intervalos pré-determinados. As causas relacionadas à matéria-prima foram: variação nas dimensões das peças nos lotes; variação na massa específica da madeira.

Para o setor acabamento, o ponto crítico pisos com manchas de extrativos da madeira tem o estudo de causas apresentado na Figura 7. A única causa é a espécie utilizada, sendo que o problema só ocorre no processamento de ipê.

A Figura 8 apresenta o diagrama de Ishikawa para o ponto crítico “pisos marcados pela lixa”. As principais causas são a qualidade da lixa e a madeira empenada. Além disso, foram discutidos a falta de supervisão e treinamento e os ajustes da lixadeira e da esteira

O estudo de causa e efeito para o item “pisos com falha no verniz” é apresentado na Figura 9. O empenamento da madeira é a principal apontada, pois quando lixada gera pequenas imperfeições, resultando em regiões que recebem menor quantidade de verniz. Outros fatores apontados foram o ajuste de equipamentos e a grande variação na espessura das peças do lote.

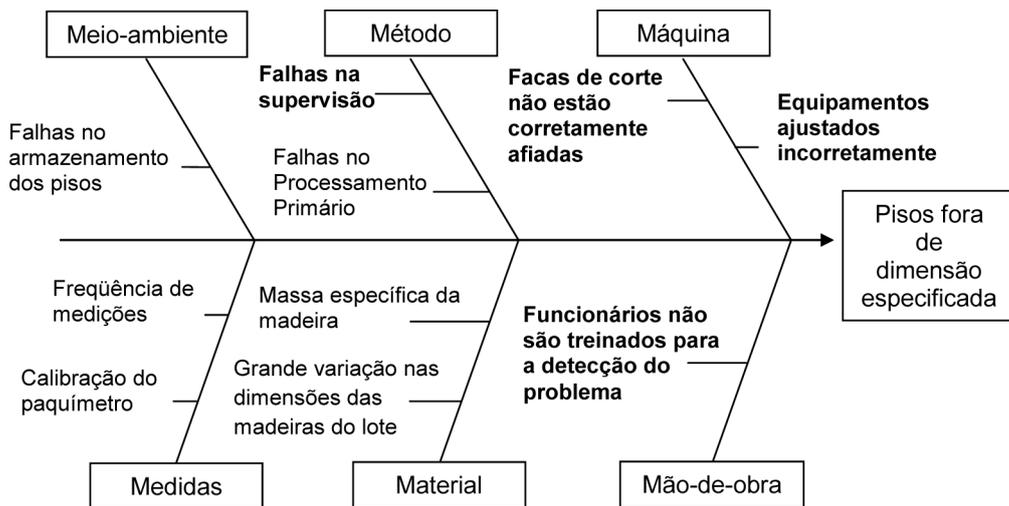


Figura 6. Diagrama de Ishikawa para peças fora de dimensão.
Figure 6. Ishikawa diagram for pieces out of dimension.

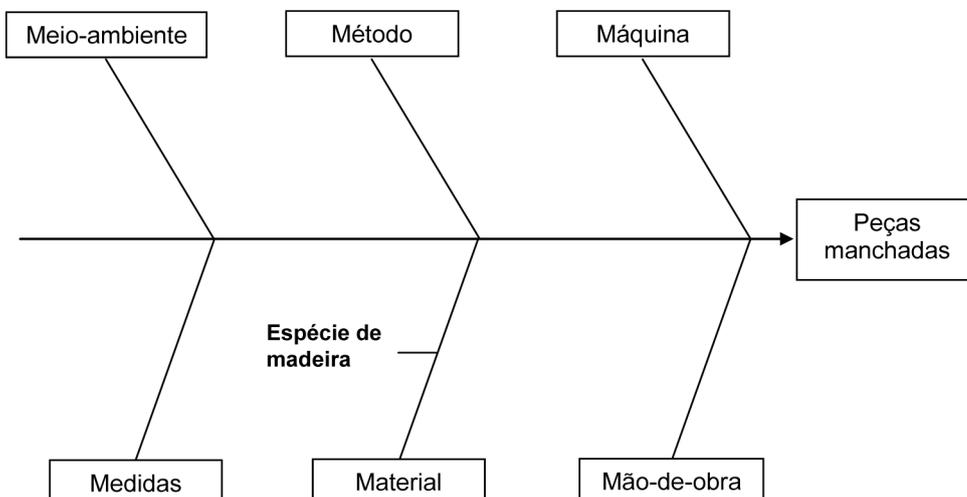


Figura 7. Diagrama de Ishikawa para pisos manchados pelo extrativo da madeira.
Figure 7. Ishikawa diagram for floors marked by wood extractive.

O diagrama de Ishikawa para o ponto crítico “peças com coloração incorreta” é ilustrado na Figura 10. As principais causas mencionadas foram

o ajuste da tingidora, o padrão do produto e a tonalidade e porosidade da madeira. Também se discutiu a falta de treinamento para a detecção.

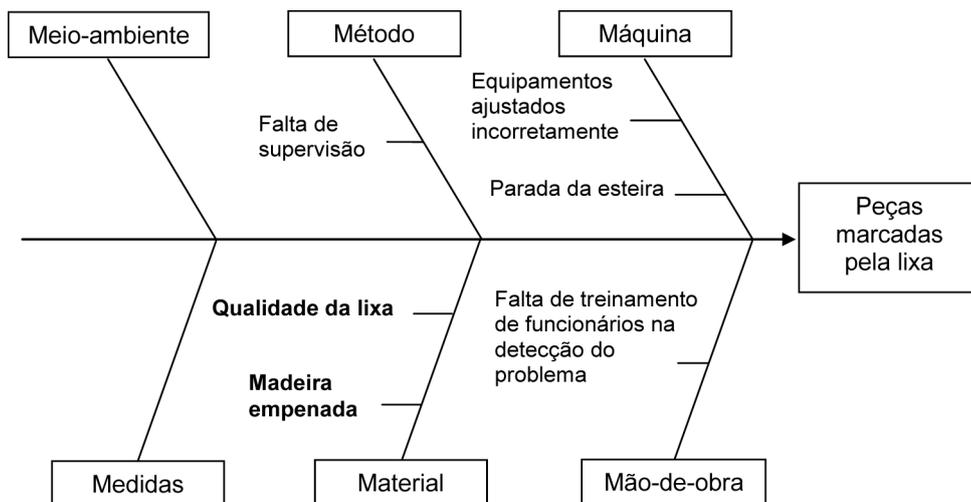


Figura 8. Diagrama de Ishikawa para pisos marcados pela lixa.
Figure 8. Ishikawa diagram for floors marked by sandpaper.

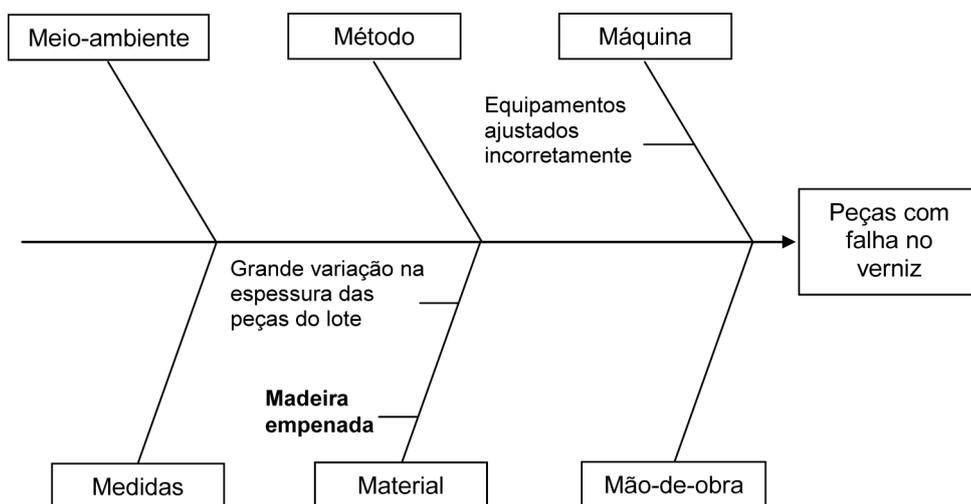


Figura 9. Diagrama de Ishikawa para pisos com falha no verniz.
Figure 9. Ishikawa diagram for floors with varnish failure.

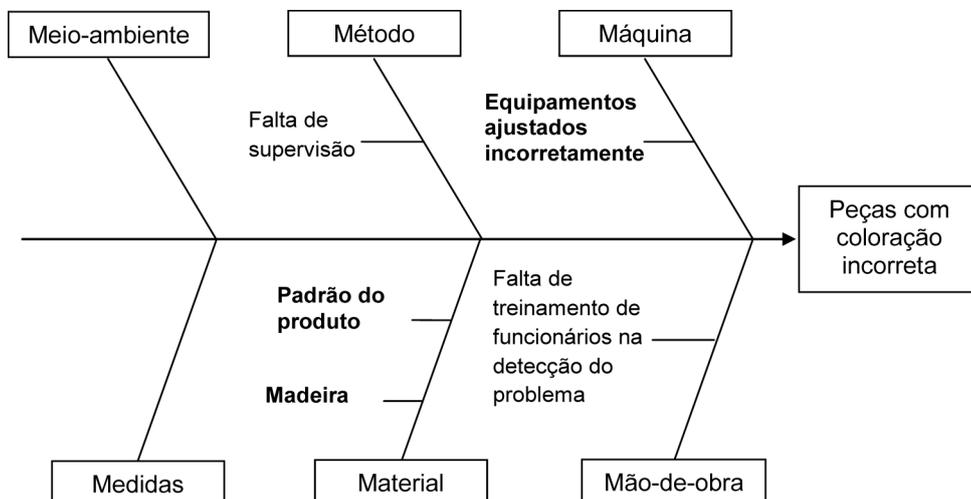


Figura 10. Diagrama de Ishikawa para pisos com coloração incorreta.
Figure 10. Ishikawa diagram for floors with wrong coloration.

O estudo de causa e efeito, apresentado na Figura 11, refere-se ao ponto crítico “pisos queimados pela secagem ultravioleta”, que tem as principais causas relacionadas com o método, como tempo de exposição à luz. Além disso, foram apontados a falta de manutenção das linhas, que pode resultar em parada na esteira, a velocidade da esteira e a intensidade da luz.

O diagrama de Ishikawa referente à falha “pisos com brilho fora do padrão” é apresentado na Figura 12, tendo como principais causas: o ajuste de equipamentos; a gramatura e o tipo de verniz; algumas características da madeira, principalmente tonalidade e porosidade que podem gerar diferenças no brilho. A falta de supervisão e treinamento de funcionários também foram apontados.

CONCLUSÃO

O estudo evidenciou que a empresa possui várias oportunidades de melhoria de seus pro-

cessos relacionadas à: lotes com mistura de madeira; peças fora de esquadro; peças fora de dimensão; pisos manchados por extrativos da madeira; pisos marcados pela lixa e pisos com falha no verniz.

Essas melhorias podem ser efetuadas atendo-se para as principais causas relacionadas à aferição de equipamentos de medição, ajuste das máquinas, treinamento de funcionários, além das características da madeira e dos produtos utilizados. Portanto, a empresa deve atentar para esses aspectos buscando a redução da incidência de problemas no processo produtivo que possam gerar prejuízos.

Além disso, as ferramentas da qualidade utilizadas foram eficientes na identificação de pontos críticos e suas respectivas causas. Dessa forma, recomenda-se a adoção de programas de gestão da qualidade pela empresa visando a melhoria de seus processos e, conseqüentemente, dos produtos ofertados aos clientes.

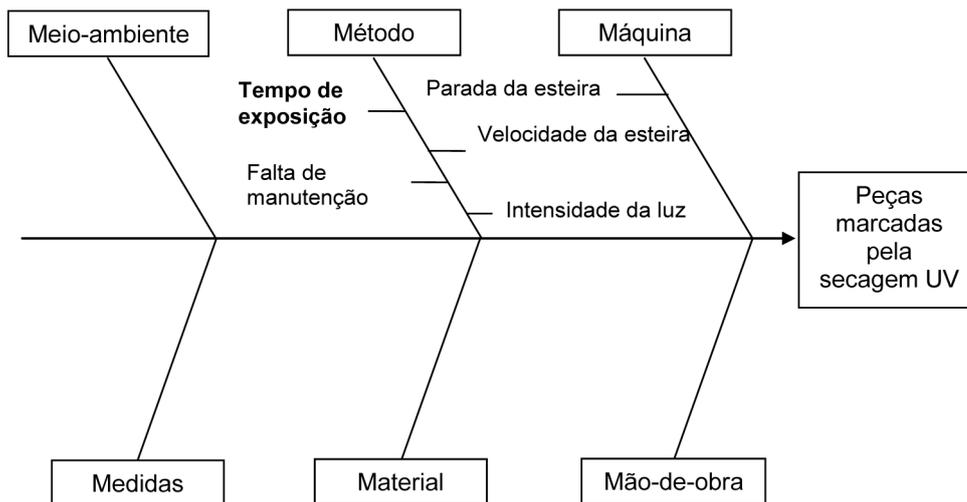


Figura 11. Diagrama de Ishikawa para pisos marcados pela secagem ultravioleta.
Figure 11. Ishikawa diagram for floors marked by the ultraviolet drying.

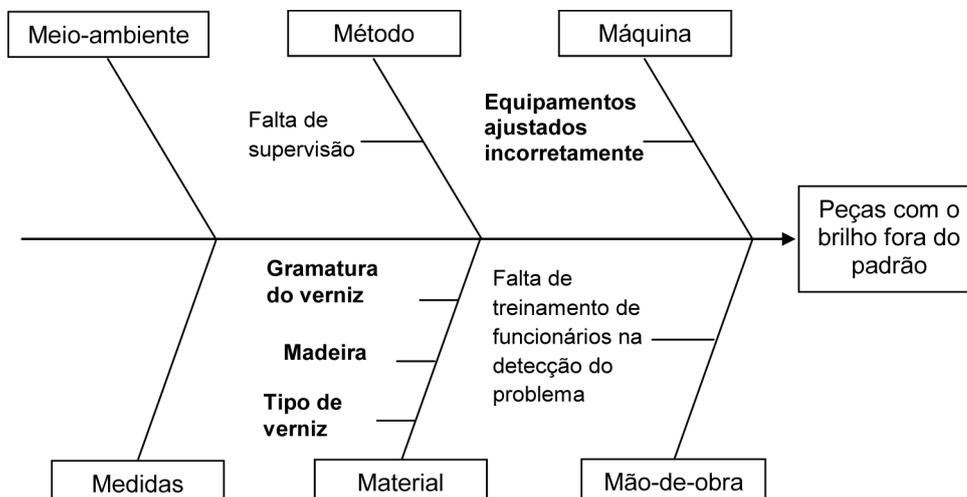


Figura 12. Diagrama de Ishikawa para pisos com brilho fora do padrão.
Figure 12. Ishikawa diagram for floors with out of the pattern shine.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABIMCI - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE. **Estudo setorial 2008: Indústria de madeira processada mecanicamente**. Curitiba: ABIMCI, 2008. 53p.
- ANPM - ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS PRODUTORES DE PISOS DE MADEIRA. **Programa de qualidade**. Disponível em: <<http://www.anpm.org.br/atividades/qualidade.html>>. Acesso em: 27 mar. 2007.
- ARVANITTOYANNIS, I.S.; VARZAKAS, T.H. Application of ISO 22000 and failure mode and effect analysis (FMEA) for industrial processing of salmon: a case study. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Amherst, v.48, n.5, p.411-429, 2008.
- JACOVINE, L.A.G.; MACHADO, C.C.; SOUZA, A.P.; LEITE, H.G.; MINETTI, L.J. Avaliação da qualidade operacional em cinco subsistemas de colheita florestal. **Revista Árvore**, Viçosa, v.29, n.3, p.391-400, 2005.
- JACOVINE, L.A.G.; REZENDE, J.L.P.; SOUZA, A.P.; LEITE, H.G.; TRINDADE, C. Descrição e uso de uma metodologia para avaliação dos custos da qualidade na colheita florestal semimecanizada. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.9, n.1, p.143-160, 1999.
- LEAL, F.; PINHO, A.F.; ALMEIDA, D.A. Análise de falhas através da aplicação do FMEA e da teoria Grey. **Revista Gestão Industrial**, Ponta Grossa-PR, v.2, n.1, p.79-88, 2006.
- LEITE, H.G.; JACOVINE, L.A.G.; SILVA, C.A.B. da; PAULA, R.A.; PIRES, I.E.; SILVA, M.L. Determinação dos custos da qualidade em produção de mudas de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, v.29, n.6, p.955-964, 2005.
- MALDONADO, R.; GRAZIANI, L. Herramientas estadísticas de la calidad para la diagnosis: estudio de un caso en la industria de productos cárnicos. **Interciencia**, Caracas, v.32, n.10, p.707-711, 2007.
- MATOS, R.B.; MILAN, M. Aplicação sistêmica do modo de análise de falhas e efeitos (FMEA) para o desenvolvimento de indicadores de desempenho de empresas de pequeno porte. **Revista Árvore**, Viçosa, v.33, n.5, p.977-985, 2009.
- MIGUEL, P.A.C. Gestão da qualidade: TQM e modelos de excelência. In: CARVALHO, M.M; PALADINI, E.P (Coord.). **Gestão da qualidade: teoria e casos**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005. cap.3. p.85-124.
- MIGUEL, P.A.C.; SEGISMUNDO, A. O papel do FMEA no processo de tomada de decisão em desenvolvimento de novos produtos: estudo em uma empresa automotiva. **Produto & Produção**, Porto Alegre, v.9, n.2, p.106-119, 2008.
- MILAN, M; BARROS, J.W.D.; GAVA, J.L. Planning soil tillage using quality function deployment (QFD). **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.60, n.2, p.217-221, 2003.
- MONTGOMERY, D.C. **Introdução ao controle estatístico da qualidade**. Rio de Janeiro: LTC, 2004. 513 p.
- MOREIRA, D.A. **Administração da produção e operações**. São Paulo: Pioneira, 1998. 619p.
- PINTO, S.H.B.; CARVALHO, M.M.; HO, L.L. Implementação de programas de qualidade: um survey em empresas de grande porte no Brasil. **Gestão & Produção**, São Carlos-SP, v.13, n.2, p.191-203, 2006.
- PUENTE, J.; PINO, R.; PRIORE, P.; FUENTE, D. A decision support system for applying failure mode and effect analysis. **International Journal of Quality & Reliability Management**, Bradford, v.19, n.2, p.137-150, 2002.
- REZENDE, J.L.P; JACOVINE, L.A.G.; LEITE, H.G.; TRINDADE, C. Avaliação da qualidade na colheita florestal semimecanizada. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n.57, p.13-26, 2000.
- ROSA, L.C.; GARRAFA, M. Análise dos modos de falha e efeitos na otimização dos fatores de produção no cultivo agrícola: subprocesso colheita da canola. **Gestão & Produção**, São Carlos, v.16, n.1, p.63-73, 2009.
- ROOS, C.; MORAES, J.A.R.; ROSA, L.C. Melhoria da qualidade nos serviços de transporte utilizando a ferramenta FMEA. **Revista Gestão Industrial**, Ponta Grossa, v.4, n.1, p.148-159, 2008.
- STAMATIS, D.H. **Failure mode and effect analysis: FMEA from theory to Execution**. Wisconsin: ASQ Quality Press, 1995. 495p.
- TRINDADE, C.; REZENDE, J.L.P.; JACOVINE, L.A.G.; SARTORIO, M.L. **Ferramentas da qualidade: aplicação na atividade florestal**. Viçosa: UFV, 2000. 124p.
- VIEIRA, S. **Estatística para a qualidade: como avaliar com precisão a qualidade em produtos e serviços**. Rio de Janeiro: Campus, 1999. 198p.

Recebido em 26/09/2011

Aceito para publicação em 20/07/2012

