

BRUNA MARTINS GARCIA

**INDICADORES CRÍTICOS DE QUALIDADE EM OPERAÇÕES MECANIZADAS DE
COLHEITA EM DESBASTE E CORTE RASO DE *Pinus taeda L.***

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-graduação em Engenharia Florestal, da Universidade de Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Philipe Ricardo Casemiro Soares.
Co-orientador: Prof. Dr. Jean Alberto Sampietro.

**LAGES
2017**

**Ficha catalográfica elaborada pelo(a) autor(a), com
auxílio do programa de geração automática da
Biblioteca Setorial do CAV/UDESC**

Garcia, Bruna Martins
INDICADORES CRÍTICOS DE QUALIDADE EM OPERAÇÕES
MECANIZADAS DE COLHEITA EM DESBASTE E CORTE RÁSO DE
Pinus taeda L. / Bruna Martins Garcia. - Lages ,
2017.
92 p.

Orientador: Philipe Ricardo Casemiro Soares
Co-orientador: Jean Alberto Sampietro
Dissertação (Mestrado) - Universidade do Estado
de Santa Catarina, Centro de Ciências
Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Florestal, Lages, 2017.

1. Controle estatístico do processo. 2. Colheita
florestal. 3. Gráfico de Pareto. 4. Análise de
modos e efeitos de falha. I. Soares, Philipe
Ricardo Casemiro. II. Sampietro, Jean Alberto. ,
.III. Universidade do Estado de Santa Catarina,
Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de
Pós-Graduação em Engenharia Florestal. IV. Título.

BRUNA MARTINS GARCIA

**INDICADORES CRÍTICOS DE QUALIDADE EM OPERAÇÕES MECANIZADAS
DE COLHEITA EM DESBASTE E CORTE RASO DE *Pinus taeda L.***

Dissertação apresentada ao curso de Mestrado em Engenharia Florestal do Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para a obtenção do grau de mestre em Engenharia Florestal.

Banca examinadora

Orientador:

Philipe R.C Soares

Prof. Dr. Philipe Ricardo Casemiro Soares
Universidade do Estado de Santa Catarina

Membro:

Marcos Milan

Prof. Dr. Marcos Milan
Universidade do Estado de São Paulo

Membro:

Thiago Floriani Stepka

Prof. Dr. Thiago Floriani Stepka
Universidade do Estado de Santa Catarina

RESUMO

No setor florestal brasileiro, algumas organizações não acompanham o ritmo do desenvolvimento de outros setores e da adoção de ferramentas e metodologias de gestão da qualidade. Em função deste atraso, a baixa qualidade e alta instabilidade dos processos, geram grandes desperdícios nas organizações. O fato se agrava quando ocorre na operação de colheita da madeira, uma das atividades que mais contribui nos custos de produção da empresa florestal. Este trabalho objetivou avaliar o processo de colheita florestal de uma empresa quanto a sua previsibilidade com base nos pontos críticos identificados nas operações de desbaste e corte raso. Para isso, a pesquisa foi dividida em três etapas, a primeira foi o mapeamento do processo de colheita e elaboração de fluxogramas. A segunda etapa foi a identificação, por meio de entrevistas, e avaliação dos pontos críticos utilizando a metodologia *Failure Mode and Effect Analysis* – FMEA e gráfico de Pareto. A terceira fase foi a avaliação do processo empregando o Controle Estatístico do Processo (CEP) por atributos e variáveis nas principais falhas. Nas entrevistas realizadas com os colaboradores, sete pontos críticos foram apontados: danos às árvores remanescentes, sortimento, altura de toco, sujeira na carga, nó na 2^a tora, árvores deixadas no talhão e segurança. Na avaliação com o gráfico de Pareto, observou-se que cerca de 80% dos problemas identificados na colheita da empresa são atribuídos às três primeiras causas supracitadas. A análise com o FMEA indicou que a falha com maior índice de risco foi o nó na 2^a tora, seguido da segurança. Para a avaliação com o CEP, selecionou-se os pontos críticos: danos às árvores remanescentes, sortimento e altura de toco. De maneira geral, os gráficos de controle indicaram que o processo da colheita florestal, apesar de estar dentro dos limites especificados pela empresa, foi considerado instável e não previsível.

Palavras-chave: Colheita florestal; Gráfico de Pareto; Controle estatístico do processo; Análise de modo e efeitos de falha.

ABSTRACT

Some organizations in the Brazilian forestry industry do not follow the development pace of other industries, or the adoption rate of management and quality methodologies and tools. As result, the low quality and high instability of processes create a lot of waste in the sector. This is intensified when it happens during the harvesting, one of the activities that most contributes to the production costs of a forestry business. This study aimed to evaluate the predictability of timber harvesting process based on critical points identified in the thinning and harvest operations. For this, research was divided in three stages. The first one was mapping the harvesting process and the elaboration of fluxograms. The second stage was the identification, through interviews, and assessment of critical points using the Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) and Pareto chart. The third stage was the evaluation of the process using Statistical Process Control (SPC) through attributes and variable in the main failures. In the interviews conducted with workers, seven critical points were identified: damage to the remaining trees, sorting, stump height, dirt in load, knot on the second log, tree left in the field and safety. The evaluation with Pareto chart showed that 80% of the failures identified during harvest are attributed to three causes: damage to the remaining trees, sorting and stump height. The FMEA analysis showed that the failure with highest risk index was knots on the second log, followed by safety. For evaluation with the SPC, damage to remaining trees, sorting and stump height were selected. In general, control charts showed that the forest harvest process was considered unstable and unpredictable, even though it is within the limits defined by the company.

Keywords: Forest harvest; Pareto Chart; Statistical Process Control; Failure Mode and Effect Analysis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Composição da área de árvores plantadas por segmento, 2015.....	22
Figura 2 - Símbolos de representação do fluxograma.	28
Figura 3 – Modelo de Gráfico de Pareto.	31
Figura 4 – Localização da sede da empresa no município de Campo Belo do Sul/SC.....	37
Figura 5 – Símbolos de representação do fluxograma.	39
Figura 6 – Fluxograma da atividade de derrubada/traçamento.	46
Figura 7 – Fluxograma da atividade de baldeio.	47
Figura 8 – Fluxograma da atividade de carregamento.	48
Figura 9 – Fluxograma da atividade de derrubada.	49
Figura 10 – Fluxograma da atividade de arraste.....	50
Figura 11 – Fluxograma da atividade de traçamento.	51
Figura 12 – Fluxograma da atividade de carregamento.	52
Figura 13 – Análise dos pontos críticos pelo gráfico de Pareto.	53
Figura 14 – Diagrama de Ishikawa para as causas dos danos provocados às árvores remanescentes.....	56
Figura 15 – Diagrama de Ishikawa para as causas relacionadas ao sortimento.	56
Figura 16 – Diagrama de Ishikawa para as causas relacionadas à altura de toco.....	57
Figura 17 – Gráfico-p de controle de danos causados às árvores remanescetes após o 3º desbaste.....	59
Figura 18 – Esquema do processamento da tora.	60
Figura 19 – Distribuição dos dados de comprimento para os sortimentos LP02 (A), TP02 (B) e TP03 (C).	61
Figura 20 – Gráficos de controle por média (A) e por dispersão (B) para comprimento de tora no sortimento LP02.	62
Figura 21 – Gráficos de controle por média (A) e por dispersão (B) para comprimento da tora no sortimento TP02.	63
Figura 22 – Gráficos de controle por média (A) e por dispersão (B) para comprimento de tora no sortimento TP03.	64
Figura 23 – Distribuição dos dados de diâmetro maior para os sortimentos LP02 (A), TP02 (B) e TP03 (C).	65
Figura 24 – Gráficos de controle por média (A) e por dispersão (B) para diâmetro maior no sortimento LP02.	67

Figura 25 – Gráficos de controle por média (A) e por dispersão (B) para diâmetro maior no sortimento TP02.....	68
Figura 26 – Gráficos de controle por média (A) e por dispersão (B) para diâmetro maior no sortimento TP03.....	69
Figura 27 – Distribuição dos dados de diâmetro menor para os sortimentos LP02 (A), TP02 (B) e TP03 (C).....	70
Figura 28 – Gráficos de controle por média (A) e por dispersão (B) para diâmetro menor no sortimento LP02.....	71
Figura 29 – Gráficos de controle por média (A) e por dispersão (B) para diâmetro menor no sortimento TP02.....	72
Figura 30 – Gráficos de controle por média (A) e por dispersão (B) para diâmetro menor no sortimento TP03.....	73
Figura 31 – Distribuição dos dados de altura de toco na frente de desbaste.....	74
Figura 32 – Gráficos de controle por média (A) e por dispersão (B) para altura de toco na frente de desbaste.....	75
Figura 33 – Distribuição dos dados de altura de toco na frente de corte raso.....	76
Figura 34 – Gráficos de controle por média (A) e por dispersão (B) para altura de toco na frente de corte raso.....	77

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classes de sortimentos de produtos de <i>Pinus</i> spp da empresa.	38
Tabela 2 - Pontos críticos da colheita florestal apontados nas entrevistas.	52
Tabela 3 - Pontos críticos avaliados pela metodologia FMEA.	54
Tabela 4 - Dados da amostragem.	58
Tabela 5 - Análise do número de danos às árvores remanescentes.	58
Tabela 6 - Análise do comprimento das toras nos sortimentos LP02, TP02 e TP03.	62
Tabela 7 - Análise do diâmetro maior das toras nos sortimentos LP02, TP02 e TP03.	66
Tabela 8 - Análise do diâmetro menor das toras nos sortimentos LP02, TP02 e TP03.	71
Tabela 9 - Análise da altura de toco na frente de desbaste.	75
Tabela 10 - Análise da altura de toco na frente de corte raso.	77

LISTA DE ABREVIATURAS

ACR	Associação Catarinense de Empresas Florestais
ANP	Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustível
CEP	Controle estatístico do processo
Cfb	Clima temperado úmido com verão temperado
FAO	<i>Food and Agriculture Organization of United Nations</i>
FMEA	Análise de modos e efeitos de falha
IBÁ	Indústria Brasileira de Árvores
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IMA	Incremento Médio Anual
IR	Índice de Risco
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
LE	Limite de Especificação
LM	Linha Média
LIC	Limite Inferior de Controle
LSC	Limite Superior de Controle
LSE	Limite Superior de Especificação
PDCA	<i>Plan-do-check-act</i> (planejar-fazer-checar-agir)
PIB	Produto Interno Bruto
QFD	<i>Quality Function Deployment</i> (Desdobramento da Função Qualidade)
UNESP	Universidade Estadual Paulista

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	19
1.1	OBJETIVOS	20
1.2	HIPÓTESE.....	20
2	REVISÃO BIBLIGRÁFICA	21
2.1	SETOR FLORESTAL BRASILEIRO.....	21
2.1.1	Setor florestal catarinense	22
2.2	COLHEITA FLORESTAL.....	23
2.3	GESTÃO DA QUALIDADE	24
2.3.1	Ferramentas e metodologias da qualidade.....	26
2.3.1.1	<i>Mapeamento do processo</i>	27
2.3.1.2	<i>Diagrama de Ishikawa ou de causa e efeito.....</i>	29
2.3.1.3	<i>Análise de modos e efeitos de falha – FMEA.....</i>	29
2.3.1.4	<i>Diagrama de Pareto.....</i>	31
2.3.1.5	<i>Controle estatístico do processo – CEP.....</i>	32
2.3.2	Gestão da qualidade no setor florestal	34
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	37
3.1	CARACTERÍSTICAS DA ÁREA DE ESTUDO	37
3.2	CARACTERIZAÇÃO DAS OPERAÇÕES DE COLHEITA FLORESTAL AVALIADAS	38
3.3	ANÁLISE DA QUALIDADE	39
3.3.1	Mapeamento do processo.....	39
3.3.2	Identificação e avaliação de pontos críticos no processo	40
3.3.3	Avaliação do processo	41
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
4.1	MAPEAMENTO DO PROCESSO	45
4.1.1	Desbaste	45

4.1.1.1	<i>Derrubada/traçamento</i>	45
4.1.1.2	<i>Baldeio</i>	46
4.1.1.3	<i>Carregamento</i>	47
4.1.2	Corte raso	48
4.1.2.1	<i>Derrubada</i>	48
4.1.2.2	<i>Arraste</i>	49
4.1.2.3	<i>Traçamento</i>	50
4.1.2.4	<i>Carregamento</i>	51
4.2	IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DOS PONTOS CRÍTICOS.....	52
4.3	AVALIAÇÃO DO PROCESSO.....	57
4.3.1	Danos às árvores remanescentes	57
4.3.2	Sortimento	59
4.3.2.1	<i>Comprimento</i>	60
4.3.2.2	<i>Diâmetro Maior</i>	65
4.3.2.3	<i>Diâmetro Menor</i>	69
4.3.3	Altura de toco	73
4.3.3.1	<i>Desbaste</i>	74
4.3.3.2	<i>Corte raso</i>	76
5	CONCLUSÕES	79
REFERÊNCIAS		81
ANEXOS		91

1 INTRODUÇÃO

A preocupação com a qualidade no produto não é um fato recente. Na época em que os produtos eram feitos de modo artesanal, havia contato direto entre o artesão e seus clientes, o que possibilitava o controle de qualidade do produto adquirido. Assim, a partir de uma abordagem corretiva, tinha-se a inspeção de toda a produção. Com a revolução industrial, houve necessidade em aumentar a produção para atender à demanda da população, que também estava em ritmo crescente. Este fato resultou na criação de indústrias e, com o foco voltado para a quantidade produzida, os problemas com a qualidade dos produtos adquiridos passaram a preocupar os consumidores (TRINDADE *et al.*, 2012).

Ao longo do tempo, os clientes se tornaram mais exigentes, induzindo as empresas a buscarem pela excelência na qualidade dos seus produtos. Para isso, organizações atuantes nos diferentes setores da economia passaram utilizar abordagens preventivas, aplicando as características da qualidade em seus processos produtivos e, consequentemente, evitando que falhas nos produtos cheguem até os clientes. Dessa maneira, foram intensificadas as buscas por ferramentas que facilitem a identificação de não conformidades e permitam a tomada de decisão em tempo hábil. Porém, no setor florestal, algumas organizações não estão acompanhando o ritmo do desenvolvimento e da adoção de ferramentas e metodologias de gestão da qualidade.

Apesar da crise econômica que atingiu o mercado nacional e internacional, o PIB do setor florestal registrou, no ano de 2015, um aumento de 3% em relação ao ano anterior, atingindo um montante de R\$ 69,1 bilhões e se destacando com desempenho superior aos demais setores da economia brasileira como, por exemplo, agropecuária (+ 1,8%), indústria (- 6,2%) e serviços (- 2,7%) (Indústria Brasileira de Árvores – IBÁ, 2016).

No Brasil, o primeiro sistema de controle de qualidade no setor foi implantado apenas início da década de 1980, quando eram realizadas vistorias periódicas por uma equipe específica de qualidade ou por chefias da empresa. Contudo, o sistema era encarado como policiamento e gerava atrito entre a equipe avaliadora e os executores da operação (Trindade *et al.*, 1986). Mais tarde, a responsabilidade de controlar a qualidade passou para quem realmente executava a operação (TRINDADE *et al.*, 2000).

A incipiente na adoção de práticas de gestão da qualidade no setor florestal, especialmente nos processos de silvicultura e colheita, é resultado do menor número de pesquisas comprovando a viabilidade da adoção de ferramentas da qualidade nessas atividades, bem como sua adaptação às especificidades de todo o processo silvicultural,

comparativamente aos estudos realizados no processamento da madeira ou em outros setores da economia.

A preocupação que as empresas florestais têm com a qualidade do produto pode ser um ponto positivo para a satisfação dos clientes, entretanto pouco contribuem para a redução dos desperdícios e, consequentemente, custos de produção. Essa preocupação gera elevados custos de falhas, quando a maior parte dos recursos financeiros deveria ser alocada na prevenção e monitoramento.

Com isso, a melhoria da qualidade de processos produtivos, visando à redução dos desperdícios e custos, além da satisfação dos clientes, se torna cada vez mais importante em ambientes competitivos. Dessa maneira, visando maximizar o lucro, as organizações devem atuar na redução dos custos de produção.

Neste sentido, uma das operações que mais contribuem com o aumento dos custos com a produção de madeira é a colheita florestal e, portanto, a aplicação de ferramentas da qualidade na atividade contribuirá com a melhoria deste processo, reduzindo os impactos dos custos da operação sobre o preço da madeira. Assim, o trabalho objetivou avaliar o processo de colheita na empresa com base em seus pontos críticos.

1.1 OBJETIVOS

O presente trabalho teve como objetivo geral avaliar o processo de colheita de *Pinus taeda L.* quanto à sua previsibilidade, com base em seus pontos críticos encontrados nas operações de desbaste e corte raso.

1.2 HIPÓTESE

A análise da previsibilidade do processo de colheita florestal permitirá sua estabilidade e a possibilidade de desenvolvimento de melhorias, incluindo a redução nos desperdícios relacionados à atividade.

2 REVISÃO BIBLIGRÁFICA

Segundo a Food and Agriculture Organization of United Nations – FAO (2010), no ano de 2010, a área total de florestas plantadas no mundo representava aproximadamente 264 milhões de hectares, atingindo, em 2015, 290 milhões de hectares (Associação Catarinense de Empresas Florestais – ACR, 2016). Essa expansão dos plantios florestais representa um crescimento de 1,9% ao ano e pode ser justificado, principalmente, pelos programas governamentais nacionais de estímulo para recuperação de áreas desmatadas. Deste total, a Ásia e a Oceania respondem por 46%, seguido pela Europa (28%), Américas (20%) e África (6%) (ACR, 2016).

2.1 SETOR FLORESTAL BRASILEIRO

Em 2013, a área plantada no país era de 7,6 milhões de hectares. Apesar de possuir uma área de plantio menor que os países como Estados Unidos, China e Índia, o Brasil, até aquele ano, contribuiu com 17% de toda a madeira colhida mundialmente, em função de sua alta produtividade quando comparada com os demais países (IBÁ, 2014).

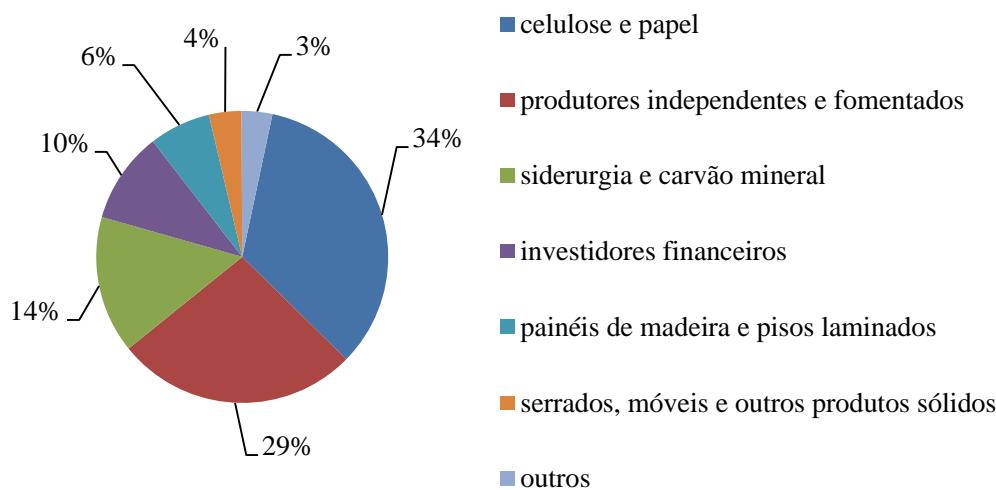
Atualmente, o Brasil possui a maior produtividade de espécies de rápido crescimento, quando comparado com outros países como Finlândia, África do Sul, Chile, Austrália e China. O país apresenta condições edafoclimáticas altamente favoráveis ao desenvolvimento de plantações comerciais, sendo que a maior porção destas florestas é oriunda de plantios clonais de alta produtividade (*Eucalyptus spp.*) ou de sementes melhoradas (*Pinus spp.*), com adaptação e tolerância a fatores adversos de clima, solo, água, entre outros. Em média, o Incremento Médio Anual – IMA no país varia entre 30-42 m³/ha/ano⁻¹ para espécies do gênero *Eucalyptus* e entre 25-35 m³/ha/ano⁻¹ para *Pinus* (ACR, 2016).

Em 2014, o Produto Interno Bruto – PIB do setor brasileiro de florestas plantadas foi de R\$ 60,6 bilhões, representando um aumento de 1,7% em relação ao ano anterior (R\$ 59,6 bilhões). Apesar de ser considerada baixa, se comparada ao seu histórico, a expansão da quantidade de produtos oriundos de florestas plantadas ainda foi maior que os setores da agropecuária (0,4%), indústria (-1,2%), do ramo de serviços (0,7%) e que o próprio PIB brasileiro (0,1%), evidenciando assim, a importância do setor para a economia nacional (IBÁ, 2015).

No ano seguinte, diante da crise econômica que atingiu o mercado nacional e internacional, o PIB florestal atingiu R\$ 69,1 bilhões, representando um aumento de 3% em

relação a 2014, se considerar o ajuste do valor do PIB pela inflação IPCA-IBGE. Neste mesmo ano, a área plantada no atingiu 7,8 milhões de hectares. Deste total, 34% pertencem ao segmento de celulose e papel, seguido de produtores independentes, com 29% e do setor de siderurgia e carvão vegetal, com 14% (IBÁ, 2016) (Figura 1).

Figura 1 - Composição da área de árvores plantadas por segmento, 2015.



Fonte: IBÁ, 2016.

2.1.1 Setor florestal catarinense

Estimou-se que em 2014, Santa Catarina possuía cerca de 541 mil hectares de plantios de espécies do gênero *Pinus* e 113 mil hectares de *Eucalyptus* spp. Em 2015 houve um aumento no consumo de madeira *in natura* no Brasil de 2,2% em relação ao ano anterior, chegando a atingir 194 milhões de m³ e para auxiliar no suprimento da demanda, as áreas dos plantios catarinenses ultrapassaram 542 mil hectares para *Pinus* e 116 mil hectares para *Eucalyptus* (IBÁ, 2016).

Nesse mesmo ano, o estado exportou cerca de U\$ 7,6 bilhões, correspondente a 4% do total no país. Em relação ao setor florestal, com uma área de aproximadamente 658 mil hectares de florestas plantadas, Santa Catarina atingiu 10% do total das exportações nacionais, sendo seu principal produto, móveis de madeira (ACR, 2016).

O estado possui condições de solo e clima favoráveis para o desenvolvimento florestal, principalmente para espécies do gênero *Pinus*. Em relação ao clima, Santa Catarina apresenta baixas temperaturas e ocorrências de geadas no período do inverno, o que não compromete desenvolvimento do *Pinus*. Contudo, as espécies de *Eucalyptus* introduzidas no

Brasil não toleram baixas temperaturas e, portanto, seu cultivo no estado exige mais atenção. Dessa maneira, a produtividade destas espécies pode atingir $44 \text{ m}^3/\text{ha/ano}^{-1}$ para *Pinus*, e $40 \text{ m}^3/\text{ha/ano}^{-1}$ para *Eucalyptus* (ACR, 2016).

2.2 COLHEITA FLORESTAL

Segundo Arce *et al.* (2004), a colheita florestal representa a operação final de um ciclo de produção florestal, na qual são obtidos os produtos de maior valor agregado, constituindo um dos fatores que determinam a rentabilidade florestal.

O Brasil é mundialmente reconhecido pela alta produtividade de suas florestas. Isso é consequência de investimentos no desenvolvimento de tecnologias para o cultivo de florestas plantadas em busca de rápido crescimento, maior viabilidade econômica, preocupação com o meio ambiente e melhoria de técnicas em operações florestais. Ainda, pode-se atribuir esse desempenho do setor à crescente demanda por matéria prima de qualidade e maior exigência da mecanização das operações, em busca de equipamentos mais tecnológicos, precisos e eficientes, principalmente, em atividades de colheita florestal (SAMPIETRO *et al.*, 2016).

Os primeiros sistemas de colheita florestal no Brasil eram manuais, usados principalmente para a exploração de florestas nativas, sem qualquer preocupação com a racionalização e produtividade das práticas adotadas (FREITAS, 2008).

A mecanização da colheita no setor foi alavancada pela expansão da área de florestas plantadas, de maneira que se tornasse mais eficiente e econômica (SZYMCZAK *et al.*, 2014). O avanço tecnológico, iniciado na década de 1990, foi possível pela abertura do país às importações, permitindo que as empresas brasileiras importassem tecnologia estrangeira (SZYMCZAK *et al.*, 2014).

Segundo Vieira *et al.* (2016), a mecanização das operações de colheita traz benefícios às empresas como menores custos de produção, maior segurança na realização das atividades e também maior controle sobre a produtividade dos operadores.

Um aspecto negativo da colheita mecanizada é que a atividade, juntamente com o transporte da madeira, representa mais de 50% dos custos de produção e, ainda, é a etapa com maior potencial de alteração do meio ambiente e com maiores riscos em termos de segurança do trabalho (SAMPIETRO *et al.*, 2016). Por isso, o aperfeiçoamento das técnicas e operações de colheita florestal se torna necessário para o aumento da produtividade, redução dos custos, para a busca por melhorias na qualidade do trabalho e para a minimização de danos ao meio

ambiente, contribuindo, assim, com o desenvolvimento sustentável e competitividade das empresas florestais (PEREIRA *et al.*, 2015).

Basicamente, as atividades de colheita são divididas em três etapas que podem variar de acordo com o sistema a ser utilizado. São elas: corte (composta geralmente pela derrubada, desgalhamento e processamento/traçamento), extração da madeira para um local de fácil acesso e o transporte para o local de utilização (MALINOVSKI *et al.*, 2008).

Malinovski e Malinovski (2002) afirmaram que o sistema de colheita a ser utilizado varia em função principalmente do comprimento das toras a serem retiradas da floresta. Assim, encontram-se no Brasil três sistemas: de toras curtas, de toras longas e árvores inteiras. São realizados no primeiro todos os trabalhos complementares ao corte (como desgalhamento, destopo, traçamento e descascamento) no local em que a árvore foi derrubada. São feitas no segundo as operações complementares de desgalhamento e destopo no local do corte da árvore. Já o traçamento e descascamento eventual são realizados na beira do talhão ou em pátios intermediários de processamento. E no sistema de árvores inteiras, após o corte, a árvore é removida para fora do talhão e o processamento completo é feito em local previamente escolhido.

2.3 GESTÃO DA QUALIDADE

A gestão da qualidade surge da necessidade de tornar o processo produtivo mais eficiente, reduzindo as falhas nos produtos e, consequentemente os custos de produção, mas principalmente, de forma estratégica, criando valor e melhorando a imagem das organizações, cujo objetivo é satisfazer as reais necessidades do consumidor com qualidade (FERREIRA E GASPARINI, 2016). Dessa forma, para a satisfação dos clientes e ganhos em competitividade, é importante que a organização se preocupe com a gestão da qualidade, definida por Miguel (2005) como o conjunto de atividades coordenadas que objetivam guiar e controlar uma empresa quanto a aspectos relacionados à qualidade.

A qualidade apresenta diversos significados e Juran (1998) destacou dois deles. O primeiro, com orientação para a renda, está relacionado aos atributos do produto que atendem às necessidades dos clientes e o segundo, orientado para os custos, em função da ausência de defeitos.

Conforme Crosby (1990), a qualidade não custa dinheiro e, sim, os eventos desprovidos dela. Ações voltadas para a melhoria da qualidade devem ser vistas como um investimento, em que cada estratégia para seu controle deve gerar um ganho para a empresa,

seja ele financeiro, organizacional ou competitivo. Para isso, o autor citou ainda que é necessário fazer com que as pessoas envolvidas na produção de algum bem ou serviço melhorem a cada dia seu modo de produzi-lo.

Além disso, é fundamental que os sistemas implantados nas empresas sejam voltados à satisfação de seus clientes, colocando em prática o que foi exposto por Montgomery (2004) que atribuiu ao conceito de qualidade a adequação ao uso de produtos e serviços, visto que estes devem atender às especificações dos seus usuários.

Da mesma forma, Campos (2004) afirmou que a qualidade visa atender perfeitamente às necessidades dos clientes internos e externos, de forma confiável, acessível, segura e no tempo certo.

A história da qualidade tem início na época em que os produtos eram feitos pelos artesãos, os quais tinham domínio completo de todo o ciclo de produção, desde a concepção até o pós-venda. Assim, o profissional mantinha contato direto com os clientes, o que permitia atender às respectivas necessidades. Dessa maneira, o foco do controle da qualidade era voltado para o produto, via inspeção de toda a produção do artesão (TRINDADE *et al.*, 2012).

Anos mais tarde, a Revolução Industrial trouxe uma nova ordem produtiva, em que a customização foi substituída pela padronização e a produção em massa. Para isso o trabalho na linha de montagem foi dividido e, portanto, os trabalhadores tinham domínio de apenas uma parte da produção, que era repetida várias vezes ao longo da jornada de trabalho. Com isso, para assumir a responsabilidade pela qualidade dos produtos dessa época, surgiu o cargo de inspetor (TRINDADE *et al.*, 2012).

Em 1924, o conceito de controle de qualidade avançou ainda mais, quando Walter A. Shewhart criou os gráficos de controle, fundindo os conceitos de estatística à realidade produtiva da empresa de telefonia *Bell Telephone Laboratories*, e o Ciclo PDCA (*plan-do-check-act*), que direcionava as atividades de análise e solução de problemas. Na década seguinte, observou-se o desenvolvimento do sistema de medidas, das ferramentas de controle estatístico do processo, do surgimento de normas específicas para essa área, e técnicas de amostragem, o que permitiu a inspeção por amostragem, reduzindo as inspeções, que gravam custos indiretos, a 100% (PALADINI *et al.*, 2005).

Em 1951, Joseph M. Juran apresentou um modelo que envolvia planejamento e apuração dos custos da qualidade e Armand Feigenbaum foi o primeiro a tratar a qualidade de forma sistêmica nas organizações, formulando o sistema de Controle da Qualidade Total. William E. Deming, no período pós-guerra no Japão, incorporou aspectos relacionados à participação dos trabalhadores e da alta gerência como fundamentais para a boa gestão da

qualidade. Mais tarde, Taiichi Ohno, com aversão ao desperdício, tornou como alvo a eliminação da inspeção e, para isso, devolveu aos trabalhadores a responsabilidade pela qualidade do que produziam, de maneira que pudessem interromper a produção assim que uma não conformidade ocorresse no sistema, intervindo em tempo real e evitando a produção de peças defeituosas (PALADINI *et al.*, 2005).

Após a evolução do modelo normativo da *International Organization for Standardization* – ISO, que passou a adotar uma visão de gestão da qualidade e não mais de garantia, introduzindo elementos da gestão por processo e por diretrizes, com foco no cliente, chega-se aos elementos da gestão da qualidade moderna, que paradoxalmente recupera alguns atributos da época artesanal, como a proximidade com os clientes para atender às suas demandas e a maior customização, porém agora em larga escala. Para isso, em 1960, Mizuno e Akao, para aproximar o relacionamento com o cliente, propuseram o método Desdobramento da Função Qualidade – QFD (*Quality Function Deployment*) (PALADINI *et al.*, 2005).

O programa mais recente de Gestão da Qualidade surgiu no final da década de 1980, na Motorola, denominado Seis Sigma. Esse método promove o uso sistemático das ferramentas estatísticas, seguindo um ciclo como o PDCA, além de promover um alinhamento estratégico da qualidade, desdobrada em projetos prioritários e possuir uma forte ênfase na relação custo-benefício desses projetos (PALADINI *et al.*, 2005).

2.3.1 Ferramentas e metodologias da qualidade

As ferramentas foram desenvolvidas com a finalidade de solucionar os problemas de variabilidade dos processos e produtos, tendo em vista contribuir para o desenvolvimento da qualidade ou de apoio à tomada de decisões na análise de problemas (MIGUEL, 2006). Conforme Trindade *et al.* (2007), o entendimento da qualidade é fundamental para a gestão e controle de processos nas empresas, e, portanto, o emprego das ferramentas varia de acordo com a necessidade de cada caso.

Trindade *et al.* (2007) afirmaram ainda que, no setor florestal o uso destas ferramentas ainda é incipiente e o treinamento de pessoas, para sua utilização, é direcionado para supervisores e técnicos, não atingindo as camadas inferiores da hierarquia das empresas, os quais são responsáveis pela qualidade.

As sete ferramentas básicas da qualidade, difundidas por Kaoru Ishikawa e citadas por Alves e Paulista (2015) são: fluxograma, diagrama de Ishikawa, folhas de verificação, diagrama de Pareto, histograma, diagrama de dispersão e gráfico de controle.

2.3.1.1 Mapeamento do processo

As atividades presentes no processo produtivo são os meios que mais agregam valores aos produtos e serviços prestados por uma empresa, e, portanto, é necessário dispor de mecanismos para estruturá-las de maneira ordenada, favorecendo a busca contínua de eficiência em seus processos (NASCIMENTO *et al.*, 2009). Para isso, os mesmos autores afirmaram que o mapeamento destes processos visa melhorá-los de maneira a reduzir a ocorrência de falhas e consequentemente, seus custos.

O mapeamento é definido por Santos (2013) como uma ferramenta utilizada na análise de uma empresa que possibilita uma visão geral da linha de produção, ou seja, permite a visualização do fluxo e das atividades, a duração do ciclo, as pessoas envolvidas e as dependências existentes no processo.

Dentre as ferramentas utilizadas para o mapeamento, destacam-se os fluxogramas, que consistem na segmentação gráfica dos passos de um processo (TRINDADE *et al.*, 2007), possibilitando a identificação das possíveis causas e origens dos problemas que ocorrem nas linhas de produção, verificando as atividades que não geram valor aos clientes e propondo melhorias nos serviços e produtos (MAICZUK E ANDRADE JÚNIOR, 2013; MÜLLER *et al.*, 2010).

Conforme Lins (1993), o fato de a ferramenta tornar visível o processo facilita a identificação dos passos de execução. Assim, conforme Figura 2, os principais elementos dos fluxogramas são: atividade (simbolizando a execução de uma tarefa), decisão (um ponto no processo que a decisão deve ser tomada), resposta (resposta dada a uma decisão) e “início/fim” (identificando os pontos de início ou conclusão do processo).

Figura 2 - Símbolos de representação do fluxograma.



Fonte: Trindade *et al.*, 2000.

Soares (2015), utilizando do mapeamento do processo, definiu os indicadores de desempenho na atividade de controle de plantas invasoras em uma empresa de base florestal no estado do Paraná. Para isso, o autor dividiu o mapeamento das operações para o cultivo de espécies do gênero *Pinus* e *Eucalyptus*, observando alguns aspectos que poderiam gerar desperdícios nos processos executados pela empresa.

Alvarenga *et al.* (2013) descreveram a relevância e a aplicabilidade do mapeamento na otimização de processos organizacionais, concluindo que é possível potencializar as melhorias incorporadas aos processos como: aumento da lucratividade e da qualidade, identificação de atividades de baixo valor agregado e de tarefas repetitivas, melhoria na relação entre atividades e processos.

Jorge e Miyake (2016) realizaram um estudo com o objetivo de explorar o potencial de aplicação de sete ferramentas de mapeamento na construção de mapas de processo que evidenciem as atividades executadas pelos consumidores em processos de serviço. Como conclusão, os autores afirmaram que as ferramentas apresentam capacidades informativas distintas e que um mapeamento realizado sob perspectiva mais ampla é fundamental para identificar oportunidades de melhoria no atendimento do consumidor.

Além destes, o uso do mapeamento foi empregado também na indústria de bebidas (SANTOS *et al.*, 2013); na saúde (ROCHA *et al.*, 2014) e metalúrgica (VEIT *et al.*, 2013). Com estes estudos os autores afirmaram que a análise detalhada da linha de produção possibilita identificar desperdícios, bem como as dificuldades diárias, trazendo, portanto, uma

melhoria contínua para a empresa e, consequentemente, uma vantagem competitiva no mercado.

2.3.1.2 Diagrama de Ishikawa ou de causa e efeito

De acordo com Trindade *et al.* (2007), o diagrama tem como objetivo facilitar a análise de problemas possibilitando a busca por causas que não produzem efeitos desejados. Devido ao formato de uma espinha de peixe, a ferramenta é considerada simples e eficaz na enumeração das possíveis causas de um determinado problema (MARIANI, 2005).

Uma metodologia muito utilizada para a elaboração do diagrama é a 6M, cujas causas principais dos problemas que ocorrem na indústria são divididas em seis categorias: materiais, métodos, máquinas, mão-de-obra, meio ambiente e medidas (TRINDADE *et al.*, 2007). Tais atribuições podem ser modificadas ou acrescidas divisões, conforme necessidade na análise do efeito.

Vieira (1999) afirmou que a identificação das causas pode ser realizada por *brainstorming* (tempestade de ideias), com a obtenção das opiniões de colaboradores de diversos setores da empresa, direta ou indiretamente envolvidos no processo em estudo.

Além disso, a ferramenta combinada com outras, pode facilitar a solução de um problema, como é o caso nos estudos realizados por Santos e Maciel (2006) e Coletti *et al.* (2010), que utilizaram o gráfico de Pareto e o diagrama de causa e efeito para identificação de possíveis causas para falhas no processo de pulverização e no de fabricação de lamelas para pisos de madeiras engenheirados, respectivamente.

Soares *et al.* (2012b) utilizaram a Análise de modos e efeitos de falha - FMEA e o diagrama de Ishikawa para identificar e avaliar os pontos críticos encontrados na linha de produção de uma empresa do setor de pisos de madeira localizada em Tietê-SP.

Na área da saúde, Zanferrari *et al.* (2016) utilizaram o diagrama juntamente com a Matriz SWOT para desenvolver um instrumento administrativo que visasse orientar pesquisas em Telefonoaudiologia. A matriz permitiu a identificação de pontos fortes e fracos nos projetos, enquanto que o diagrama identificou as principais causas desses pontos.

2.3.1.3 Análise de modos e efeitos de falha – FMEA

O FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) é definido por Stamatilis (1995) como uma metodologia específica para avaliar as possíveis falhas que podem ocorrer em um

sistema, processo ou serviço. Para cada falha identificada é estimada sua ocorrência, severidade e detecção. Assim, a priorização dos problemas se dá pelo índice de risco, obtido a partir do produto desses três critérios.

Dessa maneira, o método possibilita a identificação de modos de falha que acarretam maiores riscos ao cliente e que, portanto, exigem atenção (FERNANDES E REBELATO, 2006). Cassanelli *et al.* (2006) consideraram que, quando aplicada ainda no início do processo, a metodologia tem maior eficiência e ganho econômico na mitigação ou eliminação da falha.

Segundo Palady (1997), o FMEA oferece três funções distintas: uma ferramenta para prognóstico de problemas; um procedimento para desenvolvimento e execução de projetos, processos ou serviços e diário do projeto, processo ou serviço.

O uso do FMEA nos processos foi relatado por diversos pesquisadores de diferentes setores. Matos e Milan (2009) e Soares *et al.* (2012a) avaliaram a eficiência da metodologia em empresas de beneficiamento da madeira. Rosa e Garrafa (2009) utilizaram o FMEA para auxiliar na determinação de ações preventivas no cultivo de canola no município de Independência/RS e concluíram que a técnica é viável para aperfeiçoar suas atividades, desde que realizadas alterações devido às características do setor agrícola.

Zambrano e Martins (2007) aplicaram o método na avaliação de risco ambiental no processo produtivo de diversas empresas de diferentes setores em São Carlos-SP. Na pesquisa, os autores destacaram a importância do FMEA para a constante avaliação dos riscos ambientais e a adoção de ações mitigadoras. Ainda, relataram como vantagens do método a fácil utilização.

Lima *et al.* (2015) utilizaram os conceitos do método para discriminar os principais potenciais de falhas apontados, em entrevistas, no processo de colheita de cana de açúcar no município de Frutal-MG. Deste modo, encontraram no total 12 indicadores críticos de qualidade no processo, atribuindo-se a quatro deles maior importância devido aos índices de risco encontrados.

Para avaliar a eficácia do FMEA, Brand *et al.* (2013) utilizaram a ferramenta para analisar os riscos ambientais presentes no processo de manutenção industrial. Assim, dentre as vantagens observadas no estudo, citaram a identificação das causas de falhas relacionadas ao meio ambiente, e consequentemente, a redução de ocorrência e a classificação das falhas para estabelecer um sistema de padronização para priorização de ações corretivas/preventivas.

Já Rabelo *et al.* (2014) aplicaram o FMEA em um frigorífico que realiza abate de bovinos e suínos na região de Poços de Caldas-MG. O objetivo foi diagnosticar os potenciais

de risco gerados pelo empreendimento e aos controles ambientais exercidos na linha de abate e graxaria. Assim, os autores concluíram que a ferramenta foi eficaz no diagnóstico dos possíveis impactos e dos impactos efetivamente gerados.

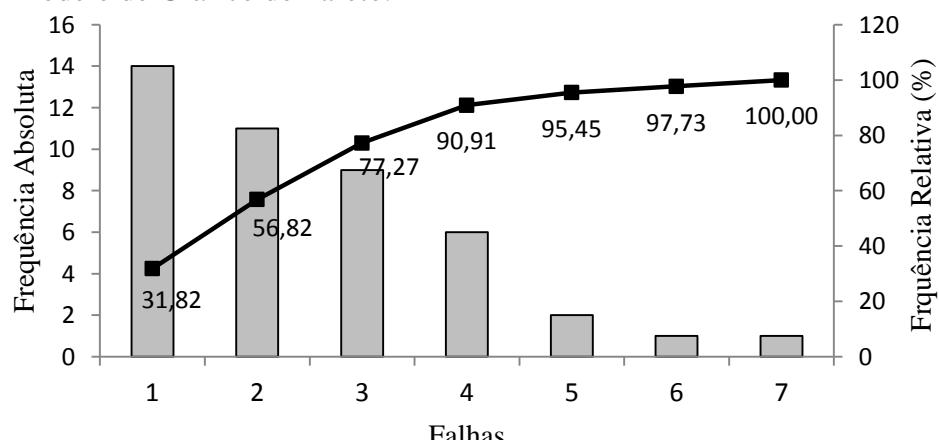
A ferramenta também foi utilizada em estudos nos setores de alimentos (ARVANITOYANNIS E VARZAKAS, 2008); de transportes (ROOS *et al.*, 2008); automotivo (ALMEIDA *et al.*, 2016); de energia (THIVEL *et al.*, 2007) e da saúde (SILVA E CASSIANI, 2013). Tais autores concluíram que a ferramenta possui vantagem em identificar os potenciais de risco na empresa, permitindo a tomada de decisão com agilidade e confiabilidade por parte da organização, melhorando assim o relacionamento com os clientes.

2.3.1.4 Diagrama de Pareto

De acordo com Vieira (1999), a maioria das perdas constatadas nas empresas são explicadas por poucas causas, sendo, portanto, necessário primeiramente identificar as causas dessas perdas para posteriormente saná-las. Portanto, o diagrama de Pareto estabelece a ordem que as causas devem ser sanadas, facilitando o estabelecimento de prioridades e tomada de decisões (FARIA E SOUZA, 2014). Dessa maneira, quando aplicado na resolução de problemas na empresa, o diagrama de Pareto, pode trazer ganhos consideráveis ao processo produtivo (TRINDADE *et al.*, 2007).

Sendo assim, o diagrama é considerado uma das ferramentas mais eficazes para encontrar problemas (VERAS, 2009). Segundo Picancio (2011), sua aplicação consiste na realização de um gráfico de barras em que constam, em ordem decrescente, as frequências das ocorrências de cada defeito e uma curva com a porcentagem acumulada (Figura 3).

Figura 3 – Modelo de Gráfico de Pareto.



Fonte: Elaborado pela autora, 2016.

Em pesquisa, Coletti *et al.* (2010) aplicaram o diagrama de Pareto, em conjunto com outras ferramentas de qualidade, para determinar as principais causas de defeitos na fabricação de lamelas para pisos de madeira engenheirados e também a prioridade de solução.

Da mesma maneira, Rojano e Bustamante (2015) utilizaram o diagrama em conjunto com outras ferramentas, como cartas de controle e diagrama de causa e efeito, para propor medidas simples que reduzam os defeitos que ocorrem num sistema de produção. Concluíram assim, que tais ferramentas deram sentido aos dados coletados, além de ajudarem a processá-los, contribuindo para o conhecimento da produção.

Em estudos sobre as condições ambientais e sanitárias de um loteamento no município de Serra/ES, Neumann *et al.* (2013) construíram o diagrama de Pareto para definir as prioridades de investimentos de gestores públicos. Assim, concluíram que a ferramenta possibilitou uma melhor visualização espacial acerca da principal carência do empreendimento, o esgotamento sanitário.

2.3.1.5 Controle estatístico do processo – CEP

O CEP é uma ferramenta que utiliza a estatística com a finalidade de fornecer informações para um diagnóstico mais eficaz na prevenção e detecção de falhas, identificando suas causas em tempo real e, consequentemente, auxiliando no aumento da produtividade, e evitando desperdícios de matéria-prima, insumos, produtos, entre outros (IGNÁCIO, 2010). Dessa forma, a ferramenta procura manter as variáveis dentro dos limites estabelecidos por normas técnicas, garantindo um comportamento adequado ao processo e permitindo a tomada de decisões pela empresa (TRINDADE *et al.*, 2007).

A aplicação adequada do CEP permite aos próprios colaboradores executar o monitoramento da estabilidade do processo, além de ajudar a alcançar um maior padrão de qualidade, reduzir os custos de produção e de possuir maior previsibilidade (ROSA, 2009).

Segundo Montgomery (2004), em qualquer processo de produção existe certa quantidade de variabilidade. A variabilidade natural, ou causas aleatórias, é o efeito cumulativo de muitas causas pequenas, sendo, portanto, inevitáveis. Dessa maneira, o processo que opera apenas com essas causas encontra-se sob controle estatístico. Assim, os dados do processo variam em torno de uma média fixa de uma maneira estável e previsível. Já em casos de processos com variabilidade que não fazem parte do padrão de causas aleatórias (causas atribuíveis); geralmente relacionadas a ajustes incorretos nas máquinas, erros de operadores ou matéria-prima defeituosa; representa um nível inaceitável do

desempenho do processo e, com isso, deixa o processo fora de controle. O autor cita ainda que mesmo que os pontos se situem entre os limites de controle, o comportamento sistemático ou não aleatório pode indicar que o processo é imprevisível.

Trindade *et al.* (2007) destacaram alguns dos principais objetivos do CEP são: identificar as causas dos problemas, organizando ações corretivas; obter estabilidade e previsibilidade do processo; garantir qualidade ao produto e/ou serviço, além de melhorar a comunicação entre os diferentes níveis presentes nas empresas.

Para a implantação da qualidade são usadas diversas ferramentas de coleta de dados com o objetivo de proporcionar uma metodologia para a pesquisa. Dentre elas, Rosa (2009) citou folhas de verificação, histograma, gráfico de Pareto, *brainstorming*, diagrama de causa-e-efeito, diagrama de dispersão, gráficos de controle, entre outras.

Das ferramentas utilizadas no controle estatístico do processo, uma das mais importantes é o gráfico de controle, que foi originalmente desenvolvido por Shewhart para diferenciar as variações encontradas em um processo de produção (TRINDADE *et al.*, 2007). Seu uso, segundo Rosa (2009), traz benefícios como melhoria e garantia da qualidade, resolução de diversos problemas da produção, redução de custos e crescente desaparecimento de refugo, etc.

Os gráficos consistem em uma linha central (linha média), que representa o valor médio da característica da qualidade correspondente à situação do processo sob controle, e um par de limites de controle localizados um acima (limite superior de controle) e outro abaixo (limite inferior de controle) da linha média, sendo a distância entre eles, obtida pela média ± 3 desvios-padrões (HENNING *et al.*, 2014).

Segundo Montgomery (2004) e Oakland (2003), os pontos localizados entre os limites indicam que o processo está sob controle, não sendo preciso qualquer ação. Porém, caso um ponto esteja fora dos limites interpreta-se que o processo está fora de controle e que é necessária a investigação e ação corretiva para encontrar a(s) causa(s) responsáveis por este comportamento. Além disso, processos que apresentam pontos dentro dos limites constantes no gráfico e que se comportam de maneira sistemática também indicam que o mesmo se encontra fora de controle.

Ainda conforme Montgomery (2004) existem dois tipos de gráficos: para variáveis e atributos. O primeiro é utilizado quando a característica a ser analisada pode ser expressa numa escala quantitativa, descrevendo-a com uma medida de tendência central (gráfico de média) e uma de variabilidade (gráfico de desvio padrão ou amplitude). Já o segundo é

utilizado quando a característica pode ser julgada como conforme ou não conforme (possui ou não atributos) ou ainda, conta-se o número de não conformidades.

Como exemplos da aplicação do CEP, destaca-se a pesquisa de Soares *et al.* (2012a), que utilizaram o controle estatístico para avaliar os pontos críticos no processo de produção de pisos maciços de madeira de espécies comerciais. No estudo concluíram que as dimensões das peças e os defeitos gerados pela lixa tornavam a produção instável. Silva *et al.* (2007) avaliaram a qualidade da colheita do algodão no município de Ipameri/GO e constataram perdas de solo e nas plantas, indicando que o processo estava fora de controle. O CEP foi utilizado por Silva *et al.* (2013) para analisar a qualidade da colheita mecanizada do feijão em dois sistemas de preparo do solo em uma fazenda experimental da Universidade Estadual Paulista - UNESP em Jaboticabal-SP. No estudo os autores concluíram que, em geral, o processo de colheita está sob controle, com exceção dos pontos consumo horário de combustível e produção de matéria seca.

Exler *et al.* (2013) aplicaram o CEP em uma usina de biodiesel situada no nordeste do Brasil e concluíram que as características avaliadas apesar de apresentarem baixa variação no que tange aos limites especificados pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustível - ANP, sua distribuição não está centrada, necessitando assim de acompanhamento sistemático, visando melhorar o controle de qualidade do biodiesel produzido. Voltarelli *et al.* (2015) compararam diferentes tipos de gráficos de controle aplicados às perdas na colheita mecanizada de cana-de-açúcar na região do Triângulo Mineiro. Já Orssatto *et al.* (2015) avaliaram o desempenho de uma estação de tratamento de esgoto no município de Cascavel/PR e constataram que o uso dessas cartas foi favorável ao monitoramento, uma vez que os autores obtiveram respostas facilmente observáveis indicando mudanças e falhas no processo.

2.3.2 Gestão da qualidade no setor florestal

No setor florestal a preocupação com a qualidade é relativamente recente, com os primeiros trabalhos realizados no início da década de 1980, na antiga empresa Champion (REZENDE *et al.*, 2000). A pesquisa pioneira, desenvolvida por Freitas *et al.* (1980), avaliou o controle de qualidade nas diferentes atividades silviculturais em uma floresta de *Eucalyptus*, destinada à produção de celulose, com o objetivo de maximizar o incremento médio anual (IMA) com um custo mínimo, além da conscientização técnica dos encarregados pelas

atividades. Assim, foram definidos critérios para as atividades de implantação, manutenção, colheita e controle da rebrota.

A partir de então, cresceu o número de empresas que vêm identificando oportunidades de melhorias da produção pela implementação de sistemas de gestão da qualidade, tanto na área industrial, quanto na florestal (JACOVINE *et al.*, 2005).

Além disso, Trindade *et al.* (2007) afirmaram que as organizações inseridas no setor florestal que buscam a implementação de programas de qualidade enfrentam dificuldades com a adaptação de tais ferramentas e conceitos. Assim, os autores sugerem que as empresas que desejam adotar a gestão da qualidade devam estar preparadas para assumir grandes desafios e mudanças gerenciais.

Na tentativa do uso eficiente destas ferramentas no setor, pesquisas são fundamentais. Diante do cenário de redução das florestas nativas e a diminuição dos estoques de madeira plantada, a preocupação com a otimização e controle de produção das atividades florestais, motivou o surgimento de estudos que visassem o aumento da qualidade em seus produtos (TRINDADE *et al.*, 2000). Um exemplo é o estudo de Jacovine *et al.* (1999), que descreveram metodologia para avaliação dos custos da qualidade na atividade de colheita florestal, dividindo a variável em custos com avaliação, prevenção e falhas.

Considerando ainda a avaliação da qualidade na operação de colheita florestal, destacam-se dois trabalhos. Rezende *et al.* (2000) analisaram a qualidade nas atividades de um sistema de colheita de toras curtas semimecanizado com diversas ferramentas da qualidade, tais como histogramas e gráficos de controle. Neste estudo, os autores atestaram a baixa qualidade na operação e observaram a necessidade de treinamento dos funcionários como melhoria para o processo. Já Jacovine *et al.* (2005) estudaram a qualidade operacional em cinco subsistemas de colheita florestal. Estes autores também atentaram para a baixa qualidade do processo, considerando-o incapaz de atender as especificações para as variáveis analisadas, destacando mais uma vez os possíveis ganhos com investimento no treinamento dos colaboradores.

Em áreas diversas no setor, ressalta-se Souza *et al.* (2014), que caracterizaram e avaliaram o processo de fabricação de portas de madeira maciça, em uma empresa localizada em Tietê-SP, por meio de fluxogramas e cartas de controle, respectivamente. Dias Júnior *et al.* (2015) aplicaram a ferramenta de desdobramento da função qualidade (QFD) para avaliar a qualidade do carvão vegetal comercializado para cocção no município de Piracicaba-SP. Reis *et al.* (2015) avaliaram a qualidade da aplicação mecanizada de isca formicida em plantios de eucaliptos em função da mortalidade dos ninhos das formigas cortadeiras. Em

trabalho publicado Terezan *et al.* (2016) mencionaram a aplicação do controle de qualidade em atividades silviculturais e de colheita florestal em uma empresa do setor de celulose e papel localizada nos estados de Mato Grosso do Sul e São Paulo. Soares *et al.* (2012b) avaliaram a qualidade do processo de uma empresa do setor de pisos de madeira localizada no município de Tietê-SP por meio de pontos críticos identificados e avaliados a partir do mapeamento do processo, do FMEA e do diagrama de Ishikawa. Em outra pesquisa, Soares *et al.* (2015) definiu indicadores de desempenho do controle de plantas invasoras para avaliar a qualidade no processo de uma empresa de base florestal no estado do Paraná.

Mesmo com o número de trabalhos apresentados, Trindade *et al.* (2012) afirmaram que, apesar da preocupação com a qualidade no setor ter crescido bastante em função de resultados de pesquisas que mostraram o retorno do investimento na área, o caminho ainda é longo para o desenvolvimento da cultura da qualidade nas empresas florestais.

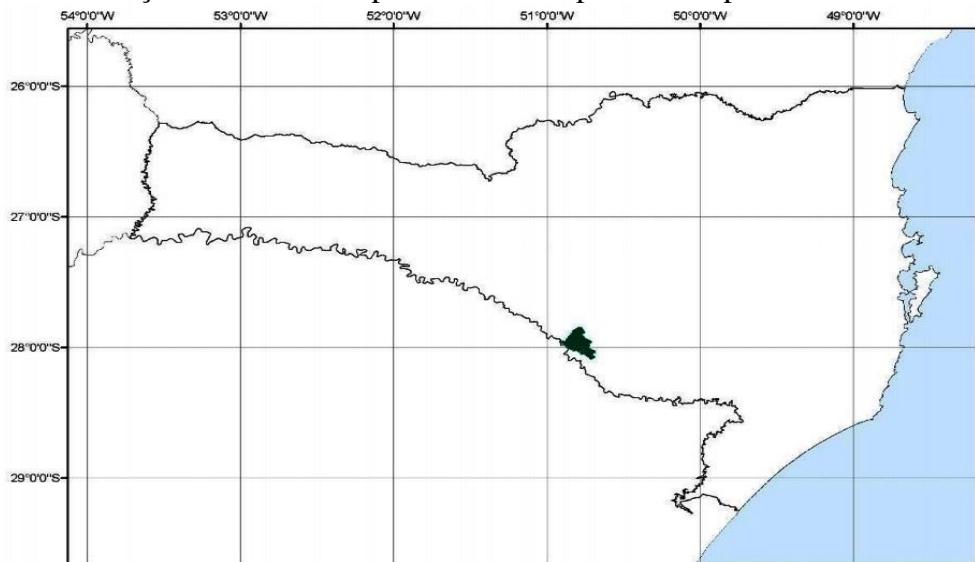
3 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada na empresa Florestal Gateados cuja sede se localiza no município de Campo Belo do Sul/SC. Atuante no setor primário, a empresa realiza o plantio, manejo florestal e a comercialização de toras, principalmente de espécies de *Pinus* spp., *Eucalyptus* spp. e *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze. Suas atividades são desenvolvidas em 10 fazendas distribuídas nos municípios de Campo Belo do Sul, Capão Alto, Correia Pinto, Ponte Alta e São José do Cerrito, abrangendo uma área total de 8.536,00 hectares de efetivo plantio (FLORESTAL GATEADOS, 2015).

3.1 CARACTERÍSTICAS DA ÁREA DE ESTUDO

As coordenadas geográficas da sede da empresa se situam entre $50^{\circ}45'$ e $51^{\circ}05'$ longitude oeste e $27^{\circ}35'$ e $28^{\circ}05'$ latitude sul (Figura 4). Conforme Alvares *et al.* (2014), na região da Serra Geral, onde estão localizadas as áreas da empresa, as altitudes variam de 800 a 1.200 metros e o clima é predominantemente do tipo Cfb, mesotérmico, subtropical úmido, com verões amenos, sem estações secas definidas e ocorrência de severas geadas. A temperatura média anual varia de 12 a 16 °C e a precipitação anual é superior a 1.500 mm. As chuvas são bem distribuídas ao longo do ano, ocorrendo com maior intensidade nos meses de junho a agosto e menor nos meses de janeiro a março (PLANO DIRETOR DO MUNICÍPIO DE CAMPO BELO DO SUL, 2004).

Figura 4 - Localização da sede da empresa no município de Campo Belo do Sul/SC.



Fonte: Florestal Gateados, 2016.

A empresa comercializa madeira de *Pinus* spp. em grande variedade de sortimentos, diâmetros e comprimentos. Dos possíveis sortimentos, a empresa trabalha com toras “*clear*” (sem nó), denominados “LP” (lâmina de *Pinus*), utilizadas pela indústria madeireira e produção de móveis, molduras, portas, etc.; toras com nó, denominados “TP” (tora de *Pinus*), destinadas à construção civil, caixaria e cercas (Tabela 1).

Tabela 1 - Classes de sortimentos de produtos de *Pinus* spp da empresa.

Sortimentos de <i>Pinus</i> spp.		
Classe	Descrição	Diâmetro
LP01	Tora do pé	18,0 cm a 24,9 cm
LP02	Tora do pé	25,0 cm a 34,9 cm
LP03	2ª tora	25,0 cm a 40,0 cm
LP04	Tora do pé	35,0 cm a 41,9 cm
LP05	2ª tora	acima de 40,0 cm
LP06	Tora do pé	acima de 42,0 cm
TP01	Tora	12,0 cm a 17,9 cm
TP02	Tora	18,0 cm a 24,9 cm
TP03	Tora	25,0 cm a 34,9 cm
TP04	Tora	acima de 35,0 cm

Fonte: Florestal Gateados, 2016, adaptado pela autora.

3.2 CARACTERIZAÇÃO DAS OPERAÇÕES DE COLHEITA FLORESTAL AVALIADAS

A empresa possuía, até o momento da pesquisa, seis frentes de colheita, sendo cinco delas mecanizadas e uma semimecanizada. Das frentes mecanizadas quatro são destinadas ao desbaste e uma ao corte raso.

O presente estudo avaliou os pontos críticos referentes a uma das frentes de desbaste e a de corte raso. Em função do difícil acesso ao local das equipes, a semimecanizada não foi avaliada.

Na colheita florestal, para os povoamentos de *Pinus* spp., em geral são realizados quatro desbastes, podendo variar até seis, de acordo com a necessidade observada pela empresa. Em relação ao corte raso era, até o momento da pesquisa, realizado em povoamentos com idade superior a 25 anos com o sistema de árvores inteiras. A madeira obtida é destinada para vários segmentos.

Para a realização destas atividades, a empresa dispõe das seguintes máquinas: *skidder*, *feller* direcional, *harvester*, *forwarder*, carregador mecânico de esteiras, trator de esteira para operações em estradas e trator guincho para apoio operacional.

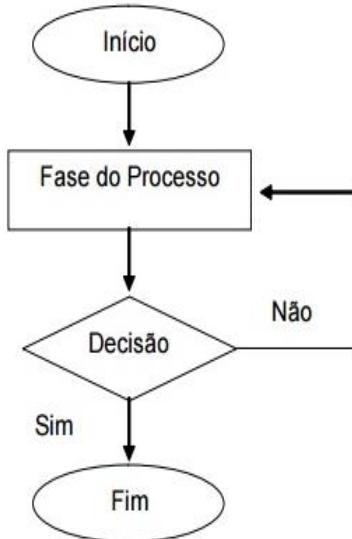
3.3 ANÁLISE DA QUALIDADE

Atualmente a empresa desenvolve estudos voltados para o controle de qualidade nas atividades de colheita florestal e, com isso, a presente pesquisa complementa os trabalhos já realizados pelos colaboradores da empresa, identificando os pontos críticos que ainda precisam de controle, visando assim, reduzir seus custos com a produção e melhorar a relação que mantém com os clientes. Para isso, o trabalho foi realizado em três etapas: mapeamento do processo, identificação e avaliação dos pontos críticos e avaliação do processo.

3.3.1 Mapeamento do processo

O mapeamento é uma ferramenta que permite a completa visualização do processo de produção. Com isso, neste trabalho o processo de colheita florestal foi mapeado a partir do acompanhamento das atividades nas duas frentes de colheita avaliadas. Acompanhou-se também, o funcionamento das máquinas para a elaboração do fluxograma a partir de símbolos padronizados (Figura 5).

Figura 5 - Símbolos de representação do fluxograma.



Fonte: Trindade *et al.*, 2000.

3.3.2 Identificação e avaliação de pontos críticos no processo

A identificação dos pontos críticos foi realizada conforme a disponibilidade da empresa, por meio de entrevistas individuais do tipo dirigidas, instituídas por perguntas pré-formuladas (Anexo A), para os colaboradores atuantes na atividade de colheita, desde os operadores até os líderes de colheita, incluindo colaboradores inseridos no nível gerencial.

Durante a avaliação, a metodologia FMEA, descrita por Palady (1997), foi aplicada por meio de entrevistas individuais, os fatores inicialmente identificados, foram classificados quanto à ocorrência, severidade e detecção de falhas, atribuindo-se índices de 1 a 5, conforme critérios apresentados no Quadro 1, adaptado de Matos (2004).

Quadro 1 – Critérios para avaliação dos pontos críticos segundo metodologia FMEA citada por Matos (2004).

Valor	Critérios		
	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.

Fonte: Matos, 2004.

Para fins desta análise, foram considerados como clientes da colheita florestal a indústria de processamento da madeira (externo) e o setor de silvicultura da empresa (interno), responsável pela reforma da área.

A partir disso, foi calculado o Índice de Risco - IR, classificando o potencial de risco para cada fator e permitindo a identificação dos principais pontos críticos para o processo, conforme Equação 1.

$$IR = Oc \times Sv \times Dt \quad (1)$$

Em que:

IR – índice de risco;

Oc – critério de avaliação da ocorrência;

Sv – critério de avaliação da severidade;

Dt – critério de avaliação da detecção.

Para complementar a identificação de pontos críticos, foi elaborado o diagrama de Pareto, o qual auxiliou na identificação das principais falhas com base nas frequências com que ocorreram, conforme metodologia citada por Vieira (1999) e com isso, foi possível estabelecer a ordem que devem ser sanadas.

Ainda para as falhas que apresentaram maiores ocorrências nas entrevistas, as causas foram identificadas e distribuídas no diagrama de Ishikawa com metodologia 6M (meio ambiente, método, máquina, medidas, material e mão-de-obra), de maneira a facilitar a detecção das causas que produzem efeitos não desejados na produção de madeira na empresa.

3.3.3 Avaliação do processo

Na fase final, avaliaram-se as características da qualidade no processo de produção, com base nos pontos críticos selecionados pelas frequências observadas nas entrevistas e demonstradas no diagrama, empregando as duas técnicas de Controle Estatístico do Processo (CEP) mencionadas por Rosa (2009), para variáveis e atributos.

O controle estatístico por variáveis foi aplicado em função de características mensuráveis dos pontos críticos, utilizando-se uma escala contínua.

Com base nos dados obtidos para cada ponto crítico, a análise da estabilidade do processo se deu por meio de cartas de controle (por média e por dispersão), de acordo com as metodologias apresentadas por Oakland (2003) e Montgomery (2004). Tais cartas permitem à empresa o acompanhamento do processo, bem como a rápida identificação de anomalias, permitindo a tomada de ações corretivas de maneira imediata, reduzindo os desperdícios no processo.

Para o gráfico por média, a linha média - LM, o limite superior de controle - LSC e o limite inferior de controle – LIC foram determinados a partir das equações (2) a (4). Às cartas

de controle, fora acrescentado o limite superior de especificação - LSE, estabelecido pela empresa.

$$LM = \sum x_i/k \quad (2)$$

$$LSC = \sum x_i/k + (A_3 \times \sum S_i/k) \quad (3)$$

$$LIC = \sum x_i/k - (A_3 \times \sum S_i/k) \quad (4)$$

Em que:

x_i – valor médio da i-ésima amostra;

S_i – desvio padrão médio da i-ésima amostra;

k – número de amostras;

A_3 – constante utilizada na elaboração de gráficos de controle da média pelo desvio padrão, obtida a partir da tabela apresentada por Montgomery (2004).

Os gráficos de controle por dispersão pelo desvio padrão foram desenvolvidos de acordo com as equações (5) a (7).

$$LM = \sum S_i/k \quad (5)$$

$$LSC = B_4 \times \sum S_i/k \quad (6)$$

$$LIC = B_3 \times \sum S_i/k \quad (7)$$

Em que:

S_i – desvio padrão médio da i-ésima amostra;

k – número de amostras;

B_3 ; B_4 – constantes utilizadas na elaboração de gráficos de controle pelo desvio padrão, obtidas a partir da tabela apresentada por Montgomery (2004).

Em ambos os gráficos foram inseridos os valores médios e o desvio padrão de cada amostra, respectivamente para as cartas de controle por média e dispersão, com a finalidade de verificar a variabilidade das variáveis estudadas e, consequentemente, a estabilidade do processo. Para isso, observou-se a existência de pontos fora dos limites calculados.

Já o controle por atributos foi empregado para os pontos caracterizados por variável discreta, observando-se proporção de não conformidades no ponto crítico selecionado. Para esta avaliação, foi utilizada a carta de controle do tipo Gráfico-p para a probabilidade de não

conformidades, uma vez que, o tamanho das amostras coletadas variou dentro de cada parcela. Para isso, conforme Oakland (2003) foi necessária a determinação da probabilidade de defeitos de cada amostra, que representa no gráfico a linha média.

Sendo assim, na elaboração do Gráfico-p, apenas a Linha Média (LM) e o Limite Superior de Controle (LSC) foram calculados, a partir das equações (8) e (9), pois é mais desejável a detecção de aumentos no número de defeitos ou não conformidades.

$$LM = p = \sum D_i / \sum n_i \quad (8)$$

$$LSC = p + 3\sqrt{p(1-p)/n_i} \quad (9)$$

Em que:

p – fração amostral não-conforme;

D_i – número de unidades não-conformes na i -ésima amostra;

n_i – tamanho da i -ésima amostra.

Na análise estatística dos pontos críticos selecionados para a última etapa do trabalho a suficiência amostral foi determinada considerando um erro admissível de 10%.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As três etapas para do desenvolvimento do trabalho abrangearam o mapeamento do processo, a identificação e avaliação dos pontos críticos e a avaliação do processo.

4.1 MAPEAMENTO DO PROCESSO

Para o mapeamento do processo de colheita florestal, foram utilizados fluxogramas para mapear as operações do terceiro desbaste e do corte raso.

4.1.1 Desbaste

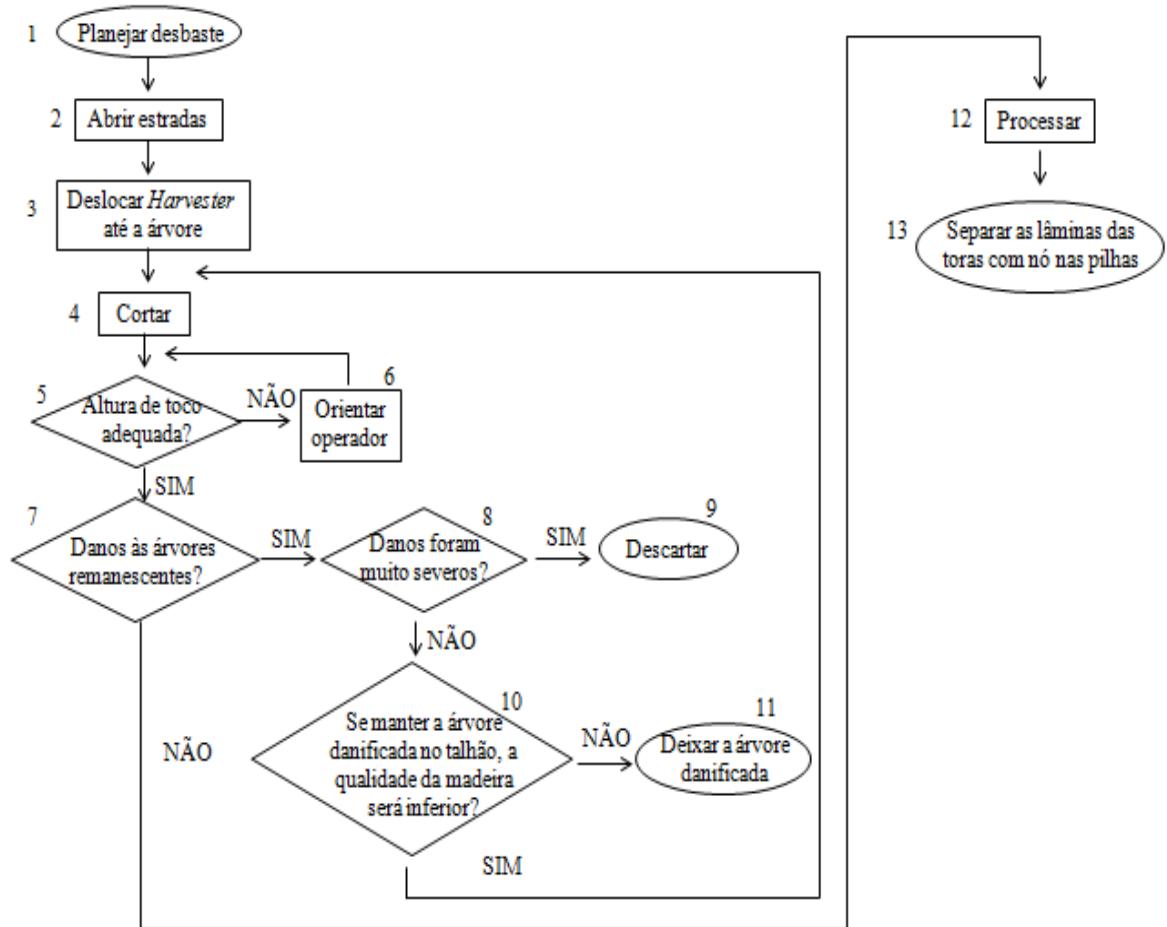
O desbaste tem início com a abertura de estradas secundárias até os talhões e é composto pelas atividades de corte, extração por baldeio por *forwarder* e carregamento por carregador mecânico de esteiras.

4.1.1.1 Derrubada/traçamento

Para a realização do corte, inicialmente são realizados estudos para escolha das árvores que serão derrubadas (1) e a abertura das estradas que levarão as equipes até os talhões selecionados (2). Com o planejamento concluído, o *Harvester* inicia seu trabalho se deslocando até os indivíduos a serem derrubados e cortando-os (3 e 4). No corte, são averiguados a altura de toco (6) e os danos causados às árvores remanescentes (8). O primeiro varia em cada equipe de acordo com o modelo do cabeçote utilizado, porém, caso o operador não atenda às exigências da empresa, recebe orientação para reduzir o desperdício de madeira (7). Já o segundo, caso os danos provocados sejam muito severos, de modo que inviabilize o uso da madeira, a árvore é descartada (8 e 9). Se os danos não reduzirem a qualidade do material, a árvore é mantida no talhão até o próximo desbaste ou o corte raso (10 e 11). Do contrário, estas árvores são derrubadas na operação atual. Neste caso os operadores são sempre orientados pela empresa a reduzir os danos provocados a fim de evitar realizar um desbaste mais intenso.

Assim, as árvores não danificadas são processadas (12) e dispostas nas pilhas de maneira que as lâminas (LP) fiquem separadas das toras com nó (TP) (13). O fluxograma da atividade de derrubada e traçamento encontra-se na Figura 6.

Figura 6 - Fluxograma da atividade de derrubada/traçamento.

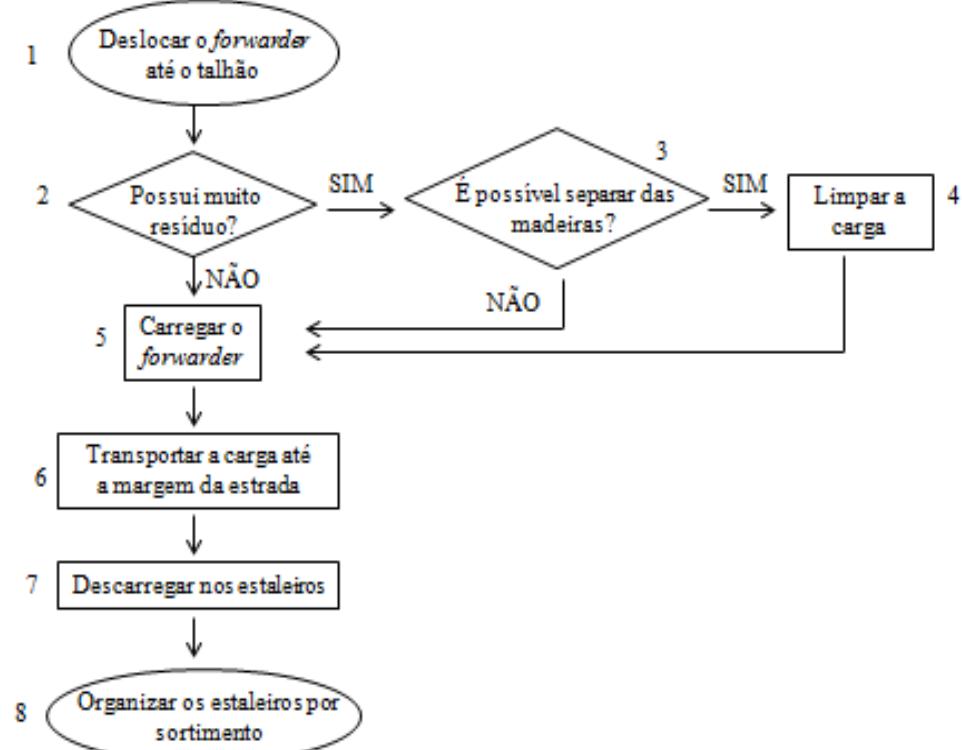


Fonte: Elaborado pela autora, 2016.

4.1.1.2 Baldeio

O procedimento realizado pelo *forwarder* tem início com o deslocamento da máquina até o talhão (1). Antes de fazer o baldeio da carga, o operador verifica a quantidade de resíduos existentes nas pilhas (2) e se é possível separá-los da carga (3 e 4), de forma a otimizar a operação da carregadeira, a qual deve carregar os caminhões de maneira que a carga fique livre de resíduos. Na sequência, o operador carrega o *forwarder*, em dois sortimentos por vez (5), separados em duas pilhas distintas na caixa de carga, e realiza o baldeio até a margem da estrada (6), onde o material será descarregado em estaleiros (7) e organizado por sortimento (8). O fluxograma da atividade de baldeio encontra-se na Figura 7.

Figura 7 - Fluxograma da atividade de baldeio.



Fonte: Elaborado pela autora, 2016.

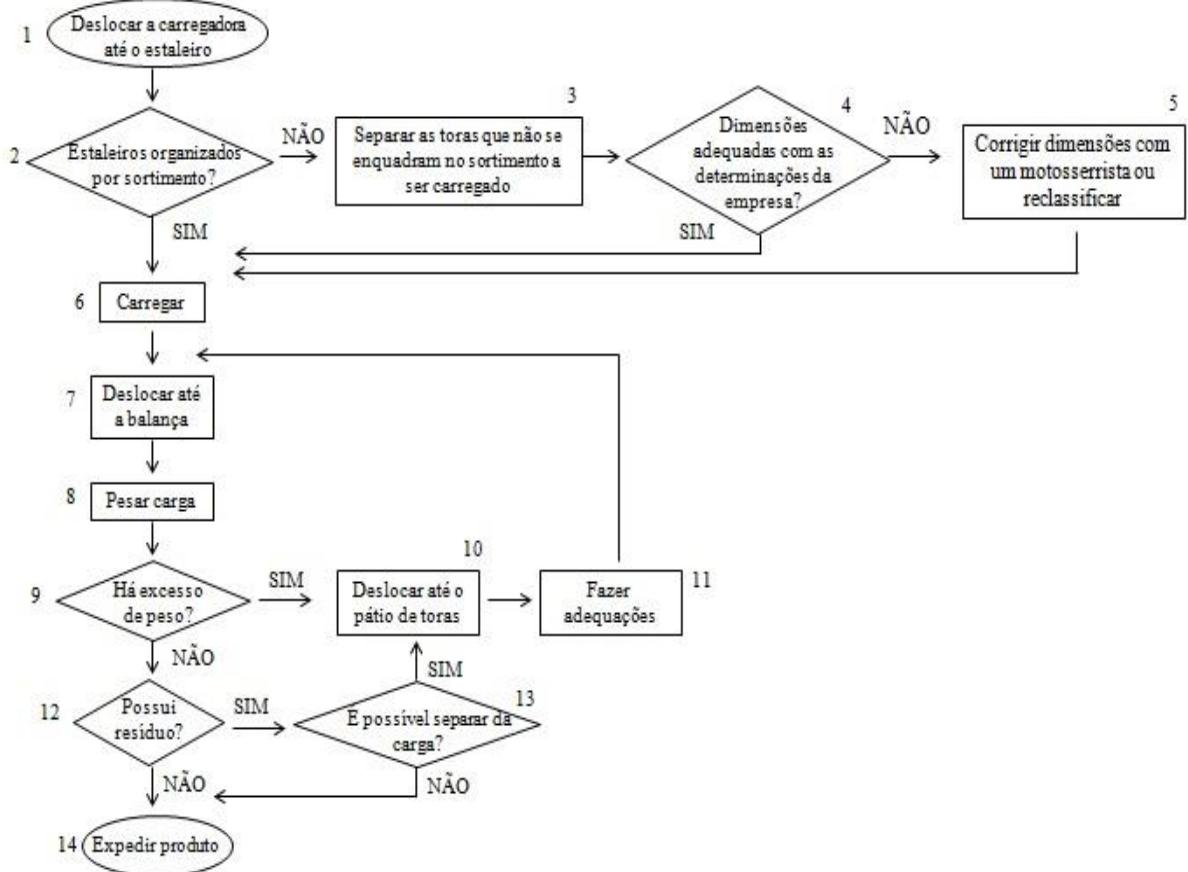
4.1.1.3 Carregamento

O carregamento tem início com o deslocamento da carregadora até os estaleiros formados na etapa anterior (1). Na sequência, o operador verifica a organização dos sortimentos e separa as toras que não se enquadram no que será carregado (2 e 3). O material separado terá suas dimensões verificadas de acordo com o estabelecido pela empresa (4) e, constatado a não conformidade, o motosserrista fará as devidas correções ou apenas a reclassificação das toras para melhor aproveitamento do material (5).

Com as dimensões adequadas, é realizado o carregamento da máquina (6) e em seguida o deslocamento até a balança (7) para a pesagem (8). Em caso de excesso de peso (9), a carga deve voltar ao pátio de toras (10) para os devidos ajustes (11). Na balança é verificada também a presença de resíduos na carga (12 e 13), a qual, necessitando de limpeza, deve voltar ao pátio para adequações (10 e 11) e por fim, é realizada a expedição do produto (14).

Nesta operação, a empresa dispõe de colaboradores para realizar a verificação da carga quanto à segurança e quanto ao controle da capacidade de carga em cada transporte. O fluxograma da atividade de carregamento é observado na Figura 8.

Figura 8 - Fluxograma da atividade de carregamento.



Fonte: Elaborado pela autora, 2016.

4.1.2 Corte raso

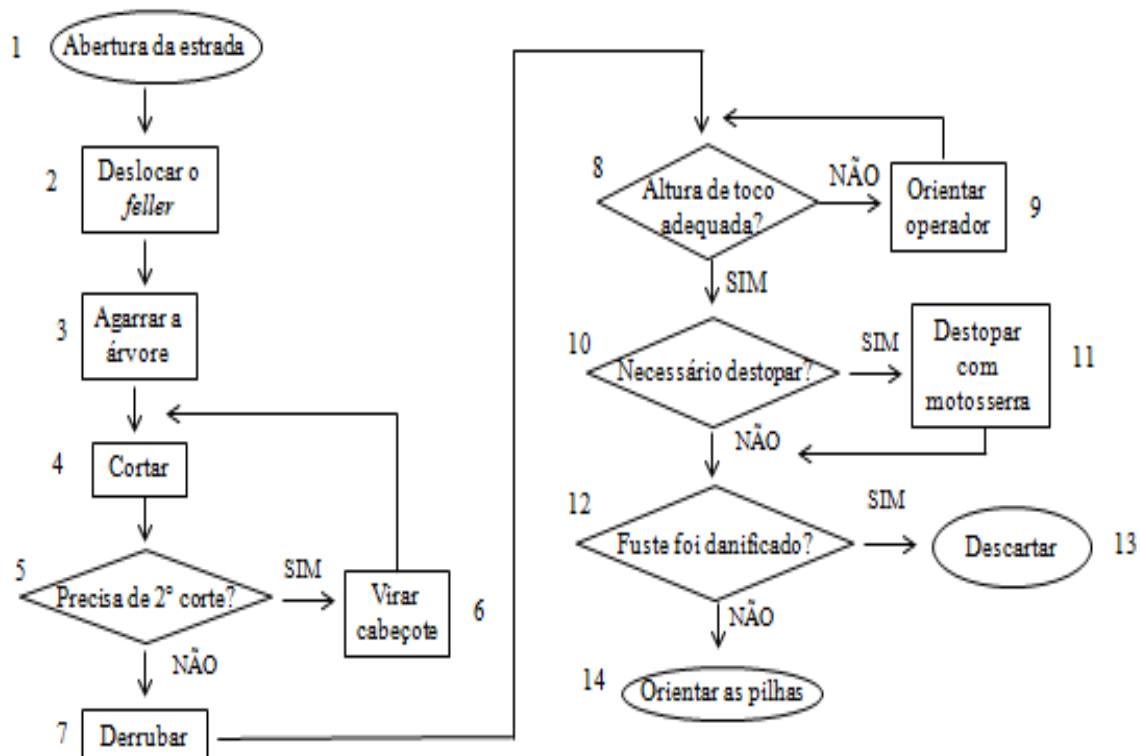
Da mesma maneira que o desbaste, a equipe que realiza o corte raso inicia com a abertura das estradas e devidas manutenções, para facilitar o carregamento da carga. A sequência de atividades observadas na operação é: derrubada, arraste, traçamento, carregamento e transporte.

4.1.2.1 Derrubada

Após a abertura das estradas (1), o processo tem sequência com o *feller* se deslocando até a árvore para derrubá-la (2). Ao agarrar a árvore (3) e cortá-la (4), o operador verifica a necessidade de segundo corte (5). Na necessidade, o operador vira o cabeçote (6) e corta novamente. Após a derrubada (7), a altura de toco é observada e, caso esteja fora dos limites especificados pela empresa (8), o operador é orientado (9) de maneira a reduzir desperdícios de madeira. É observada ainda a necessidade de destopo do material (10), cujo trabalho é

realizado por um motosserrista que acompanha a equipe (11). Por fim, o fuste é avaliado quanto aos danos (12), podendo ser descartado (13) ou armazenado em pequenas pilhas no talhão (14) orientadas para facilitar a passagem do *skidder* na próxima etapa. O fluxograma da atividade de derrubada é observado na Figura 9.

Figura 9 - Fluxograma da atividade de derrubada.

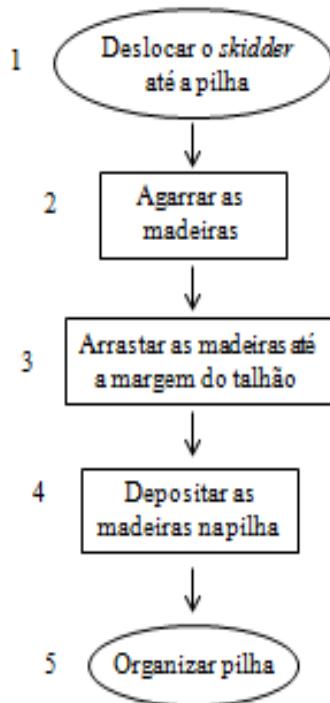


Fonte: Elaborado pela autora, 2016.

4.1.2.2 Arraste

Inicialmente, o operador desloca o *skidder* até a pilha disposta pelo *feller* (1), agarra as árvores (2) e as arrasta até a margem do talhão (3), onde são depositadas nas pilhas para posterior processamento com o *harvester* (4 e 5). No deslocamento, devem-se evitar que resíduos cheguem à próxima etapa, facilitando o manuseio pela máquina. O fluxograma do arraste é observado na Figura 10.

Figura 10 - Fluxograma da atividade de arraste.



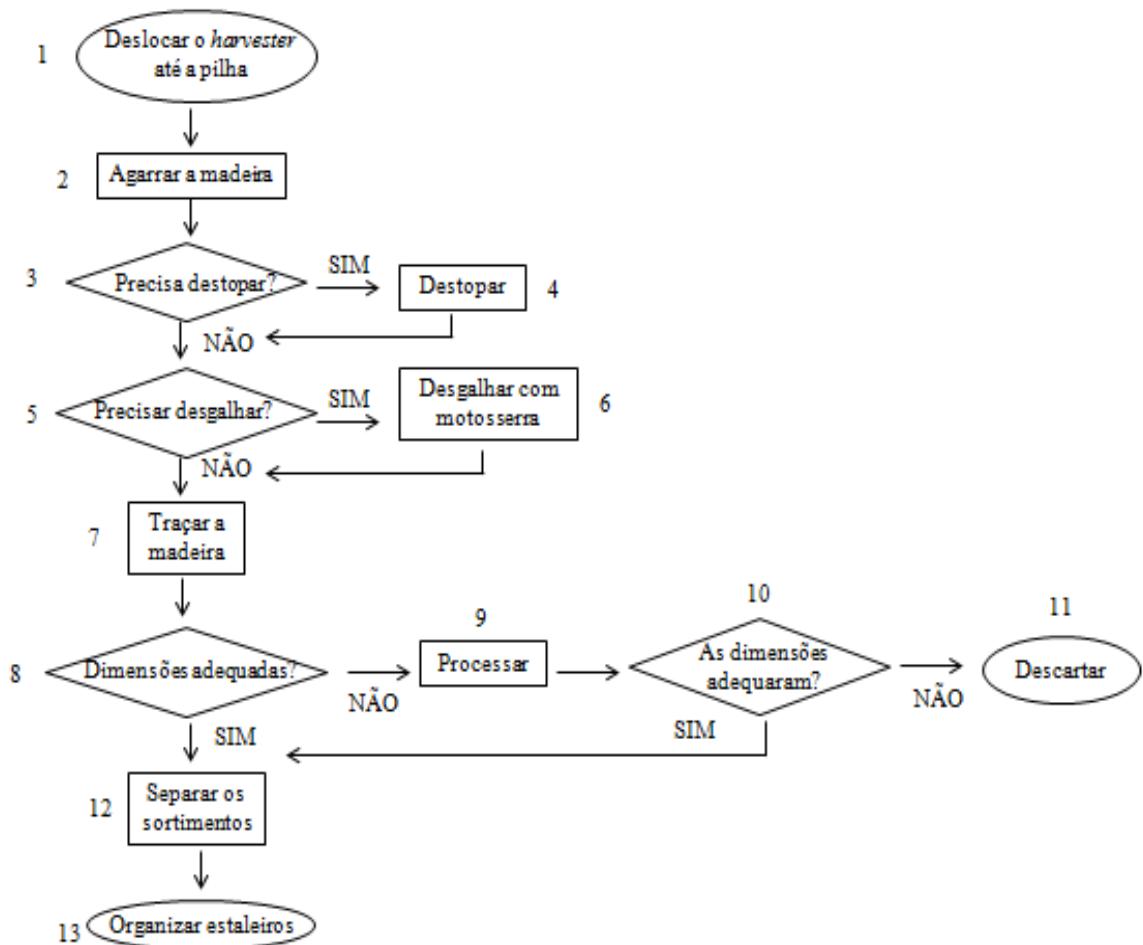
Fonte: Elaborado pela autora, 2016.

4.1.2.3 Traçamento

O operador desloca a máquina até a pilha (1), pega as madeiras uma a uma (2) e, primeiramente, verifica a necessidade de destopo (3) e desgalhamento (5). Caso sejam necessários, o primeiro é realizado pela própria máquina (4) e o segundo, por um motosserrista (6).

O traçamento (7) de cada fuste é feito com base nos sortimentos que a empresa possui. Assim, após o processamento o operador observa se as toras estão com as dimensões adequadas (8). Se as medidas obtidas não atenderem às exigências da empresa, a tora é processada novamente (9) e caso o problema não seja resolvido (10), é descartada (11). Ao final da operação, o operador separa os produtos (12) e organiza os estaleiros para o carregamento da carga (13). O fluxograma do traçamento é observado na Figura 11.

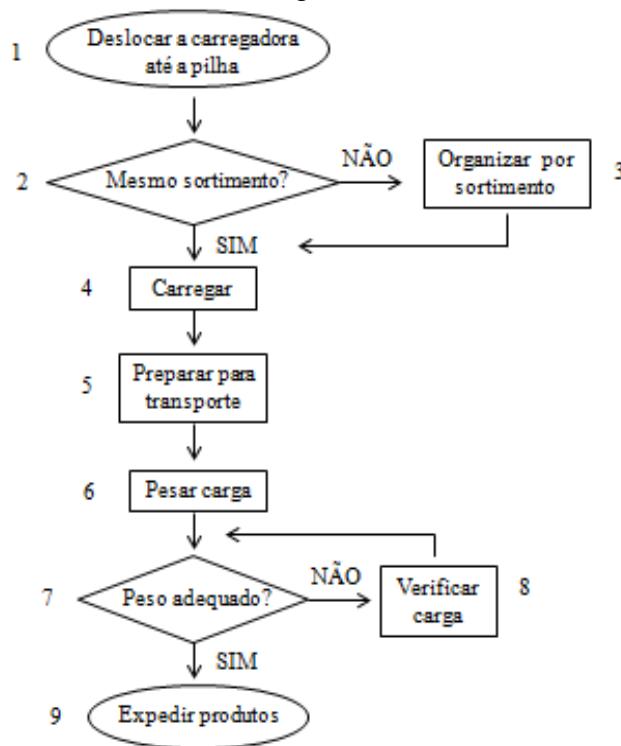
Figura 11 - Fluxograma da atividade de traçamento.



Fonte: Elaborado pela autora, 2016.

4.1.2.4 Carregamento

O operador inicia a atividade com o deslocamento da carregadora até a pilha formada na etapa anterior (1) e, da mesma forma que o carregamento no desbaste, o operador observa se as toras foram organizadas por sortimentos (2). Caso contrário, as pilhas são rearranjadas (3) para otimizar tanto o carregamento e a entrega do produto. Ao carregar a máquina (4 e 5), a carga é pesada (6) e com o peso adequado (7 e 8) os produtos são expedidos (9). O fluxograma do carregamento é observado na Figura 12.

Figura 12 - Fluxograma da atividade de carregamento.

Fonte: Elaborado pela autora, 2016.

4.2 IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DOS PONTOS CRÍTICOS

Para a identificação dos pontos críticos, das atividades de desbaste e corte raso, foram realizadas entrevistas com 21 pessoas, de um total de 53 colaboradores atuantes no setor de colheita florestal na empresa, cujos resultados são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Pontos críticos da colheita florestal apontados nas entrevistas.

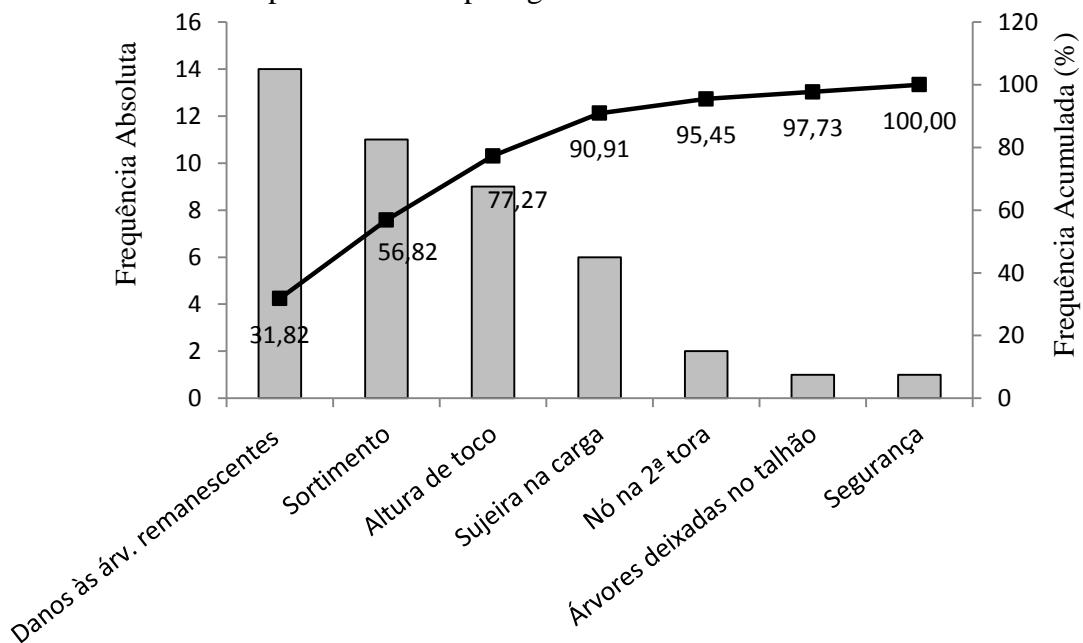
Pontos críticos	Frequência absoluta	Frequência relativa (%)
Danos às árvores remanescentes	14	<u>31,82</u>
Sortimento	11	<u>25,00</u>
Altura de toco	9	<u>20,45</u>
Sujeira na carga	6	13,64
Nó na 2 ^a tora	2	4,55
Árvores deixadas no talhão	1	2,27
Segurança	1	2,27

Fonte: Elaborada pela autora, 2016.

É possível observar na Tabela 2 que os pontos críticos mais mencionados foram danos às árvores remanescentes (31,82%); sortimento, que abrange o comprimento de tora e a classificação diamétrica (25,00%) e altura de toco (20,45%). Esses pontos podem ser observados nos fluxogramas apresentados na etapa anterior do trabalho, nos quais aparecem nos processos como tomadas de decisões da empresa. Assim, a ação realizada pode interferir na estabilidade do processo, resultando em retrabalhos e aumento dos custos de produção.

A partir das entrevistas realizadas, foi desenvolvido o diagrama de Pareto para analisar os principais pontos que contribuem para perdas geradas na colheita florestal e atribuir uma ordem para saná-los, bem como, sua representatividade na empresa, mediante a solução (Figura 13).

Figura 13 - Análise dos pontos críticos pelo gráfico de Pareto.



Fonte: Elaborado pela autora, 2016.

Conforme Vieira (1999), a maioria das perdas constatadas nas empresas é explicada por poucas causas. Dessa forma, observa-se na Figura 13 que cerca de 80% dos problemas identificados na colheita são atribuídos a apenas três causas: danos às árvores remanescentes, sortimento e altura de toco.

Considerando-os separadamente, 31,82% dos problemas identificados, podem ser solucionados com decisões somente acerca dos danos provocados nas árvores remanescentes. Já as árvores deixadas no talhão e a segurança obtiveram menor ocorrência nas entrevistas e suas soluções correspondem a apenas 2,27% do total.

Contudo, a análise da colheita pela metodologia FMEA mostram outros pontos com maiores potenciais de risco e seus resultados médios podem ser observados na Tabela 3.

Tabela 3 - Pontos críticos avaliados pela metodologia FMEA.

Pontos críticos	Critério			Índice de Risco
	Ocorrência	Severidade	Detecção	
Danos às árvores remanescentes	2,9	3,4	1,7	16,6
Sortimento	2,4	3,3	1,9	14,8
Altura de toco	2,3	1,7	1,5	5,8
Sujeira na carga	2,0	2,7	2,3	12,4
Nó na 2 ^a tora	2,5	5,0	5,0	<u>62,5</u>
Árvores deixadas no talhão	3,0	2,0	3,0	18,0
Segurança	3,0	5,0	4,0	<u>60,0</u>

Fonte: Elaborada pela autora, 2016.

Observando os resultados, nota-se que o nó na 2^a tora possui maior índice de risco em função, principalmente, da severidade (5,0) e detecção (5,0). A dificuldade da organização em detectar a falha é justificada pelo fato de não possuírem os registros antigos das podas realizadas, perdendo o controle na identificação de árvores com formação dos nós, e por isso, não justificaria uma análise mais detalhada do problema. Este elevado índice da detecção acaba influenciando também na severidade, pois o cliente que pagou um valor mais elevado pela madeira livre de nó e acabou recebendo um produto com qualidade inferior tem sua relação com a empresa prejudicada.

O elevado índice de risco da segurança também se dá pela severidade (5,0) e detecção (4,0). Apesar disso, a análise detalhada não foi realizada devido ao alto grau de complexidade, por se tratar de um problema de treinamento, procedimento e inspeção.

Em relação à presença de sujeiras na carga, o critério com maior índice foi o da severidade (2,7), revelando a insatisfação dos clientes no recebimento e cargas com esta falha, principalmente os que utilizam a madeira na lamination. Suas causas estão relacionadas, sobretudo ao treinamento dos funcionários e ao clima. Já para as árvores deixadas no talhão, a ocorrência da falha (3,0) pode ser justificada pela falta de visibilidade do operador, capacidade máxima de carga das máquinas e até mesmo, pelas dimensões das toras não estarem adequadas com as exigências da empresa.

O ponto referente aos danos causados às árvores remanescentes apresentou índice de severidade (3,4) revelando a insatisfação do cliente com o produto. Assim, as árvores com danos mais severos devem ser derrubadas ainda no desbaste, uma vez que o problema gerado no fuste pode prejudicar a utilidade do material no futuro. A ocorrência (2,9) do problema foi atribuída ao treinamento dos funcionários, planejamento das operações (envolvendo a escolha do maquinário) e relevo.

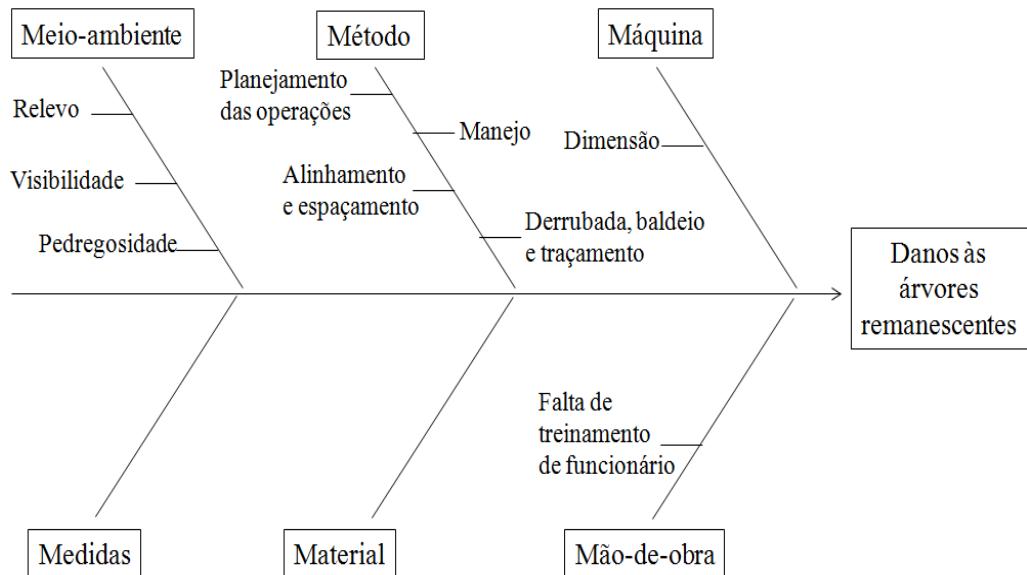
A altura de toco apresentou índice 2,3 para ocorrência, indicando que a falha quase não ocorre. Conforme as entrevistas, a falha pode ser gerada em função do relevo, limpeza do sítio e treinamento dos funcionários. A detecção do problema é promovida, principalmente, com o controle de qualidade realizado pelo líder de equipe ou pelo próprio operador. Seu estudo é fundamental para equilibrar a altura de toco de maneira a reduzir os desperdícios de madeira da primeira tora e evitar danos no equipamento de corte das máquinas.

Com o menor índice de risco, o sortimento possui alta probabilidade em ser detectado (1,9), uma vez que as dimensões das madeiras são facilmente obtidas durante seu processamento, possibilitando a identificação da classe a qual pertence. Da mesma forma, a ocorrência de considerá-lo como uma falha no produto, se torna menor, pois permite que o operador encaixe as toras em outras classes em função de suas dimensões, evitando assim, o descarte do material. Apesar disso, os colaboradores descreveram dificuldades na separação das toras entre as classes e atribuíram como as principais causas para falhas a manutenção do maquinário (calibração), o planejamento da operação, treinamento dos funcionários e a grande quantidade de sortimentos que dificulta a separação dos produtos.

A severidade (3,3) no sortimento indicou que ao receber o produto com dimensões erradas, o cliente ficará insatisfeito. De maneira a reduzir falhas como estas, a quantidade de sortimentos disponibilizados pela empresa abrange vários setores do mercado florestal, atendendo às demandas de cada cliente.

Para finalizar a etapa, as causas cujas falhas apresentaram maior frequência nas entrevistas foram distribuídas no diagrama de causa e efeito utilizando a metodologia 6M. Portanto, conforme Figura 14, os danos provocados às árvores remanescentes estão relacionados, principalmente, ao relevo; ao planejamento das operações, no que diz respeito sobretudo à disposição dos estaleiros e distância de extração; as dimensões das máquinas utilizadas e treinamento dos colaboradores, entre outros.

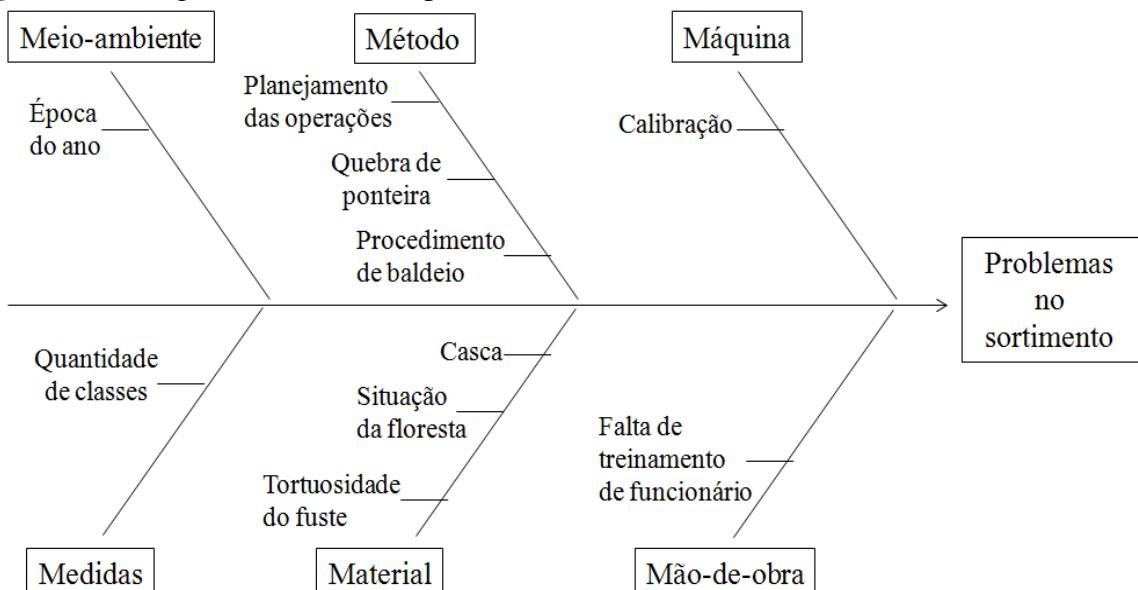
Figura 14 – Diagrama de Ishikawa para as causas dos danos provocados às árvores remanescentes.



Fonte: Elaborado pela autora, 2016.

Em relação às falhas encontradas nos sortimentos (Figura 15), associam-se à calibração das máquinas; ao treinamento dos colaboradores; à casca da árvore, que pode influenciar no sensor da máquina gerando erros na medição das toras; ao procedimento de baldeio, principalmente quanto à organização das pilhas; à quebra das ponteiras, interferindo nas medidas determinadas para as classes; bem como à época do ano em que é realizada a atividade, como por exemplo, a floração, reprodução e até mesmo dias chuvosos podem influenciar a separação das toras no campo.

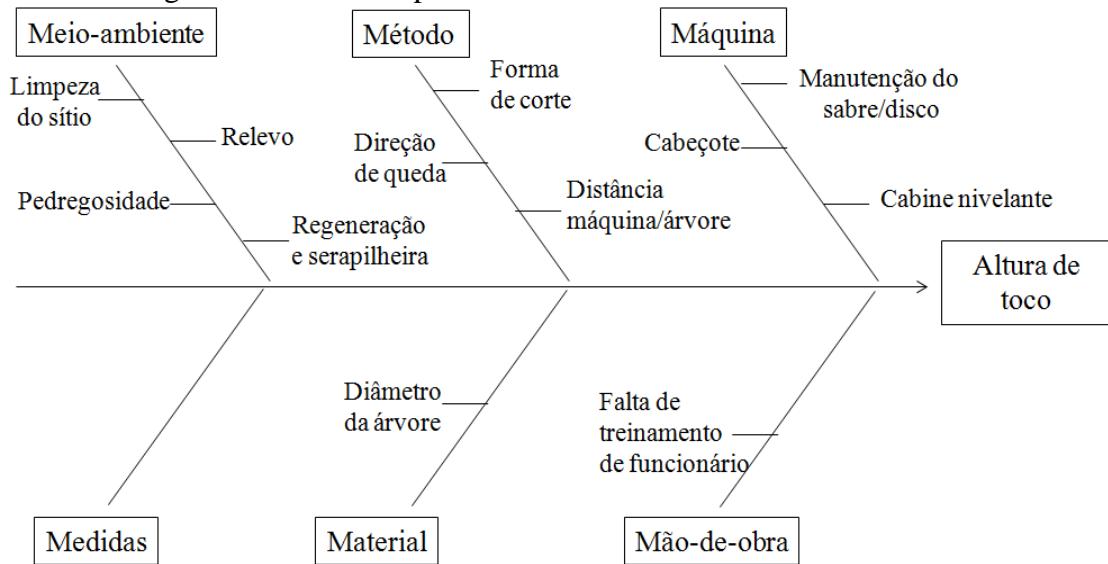
Figura 15 – Diagrama de Ishikawa para as causas relacionadas ao sortimento.



Fonte: Elaborado pela autora, 2016.

Já para a altura de toco as principais causas apontadas em entrevistas, conforme Figura 16, foram: a serapilheira; pedregosidade; limpeza do sítio; a forma de corte, que determina se há necessidade de 1 ou 2 cortes; a distância entre a máquina e a árvore, havendo assim, influência na precisão do corte; a manutenção das ferramentas de corte; a cabine nivelante, que facilita a visibilidade da árvore durante o corte, principalmente nos casos de relevo acidentado; entre outros.

Figura 16 – Diagrama de Ishikawa para as causas relacionadas à altura de toco.



Fonte: Elaborado pela autora, 2016.

4.3 AVALIAÇÃO DO PROCESSO

Levando-se em consideração os resultados da aplicação do FMEA, o gráfico de Pareto e os aspectos operacionais para a coleta de dados, foram selecionados como itens de verificação, os danos às árvores remanescentes (desbaste); o sortimento (corte raso) e altura de toco (desbaste e corte raso), para a avaliação com o controle estatístico do processo. O primeiro foi avaliado como atributo e os demais como variáveis.

4.3.1 Danos às árvores remanescentes

Para a avaliação dos danos causados às árvores remanescentes analisaram-se duas áreas após a realização do 3º desbaste. A amostragem foi desenvolvida em 14 parcelas com a área superficial de 400m² cada uma, totalizando 206 árvores observadas, sendo 29 delas

atingidas de alguma maneira pelas máquinas ou pelas árvores derrubadas durante a operação (Tabela 4).

Tabela 4 - Dados da amostragem.

Parcelas	Total	Árvores	
		Danificadas	
		Número	%
1	16	3	18,8
2	14	0	0,0
3	11	0	0,0
4	10	2	20,0
5	18	2	11,1
6	16	3	18,8
7	15	3	20,0
8	14	4	28,6
9	22	1	4,6
10	17	1	5,9
11	15	1	6,7
12	13	3	23,1
13	9	0	0,0
14	16	6	37,5
Total	206	29	13,9

Fonte: Elaborada pela autora, 2016.

Na análise do número de danos causados às árvores remanescentes (Tabela 5), foram observadas em média de 2,07 árvores danificadas por parcela. O desvio padrão foi de 1,73 árvores, com moda igual a 3. O limite máximo foi de 6 indivíduos afetados. Avaliando-se o processo com um erro admissível de 10%, o erro de amostragem foi de 37%, valor considerado não confiável e, portanto, recomenda-se, para estudos futuros, aumentar o número de amostras.

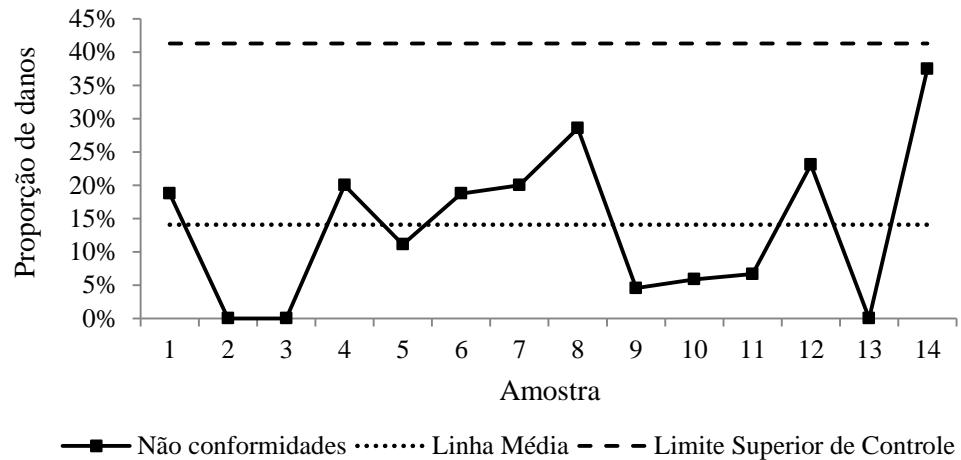
Tabela 5 - Análise do número de danos às árvores remanescentes.

Danos às árvores remanescentes		
Descrição	Valor	Unidade
Média	2,07	árvores
Moda	3,00	árvores
Desvio Padrão	1,73	árvores
Variância	2,99	árvores
Máximo	6,00	árvores
Mínimo	0,00	árvores
Erro amostral	37,00	%

Fonte: Elaborada pela autora, 2016.

O gráfico-p, apresentado na Figura 17, revela que apesar dos danos provocados pelas máquinas, nenhuma das amostras ultrapassou o limite superior de 41% e, portanto, o processo é estável. Apesar disso, o limite é considerado alto, em função da variação apresentada. Assim, a empresa deve buscar reduzir a variação e, consequentemente, o limite de danos provocados às árvores remanescentes com o objetivo de diminuir os desperdícios.

Figura 17 - Gráfico-p de controle de danos causados às árvores remanescentes após o 3º desbaste.

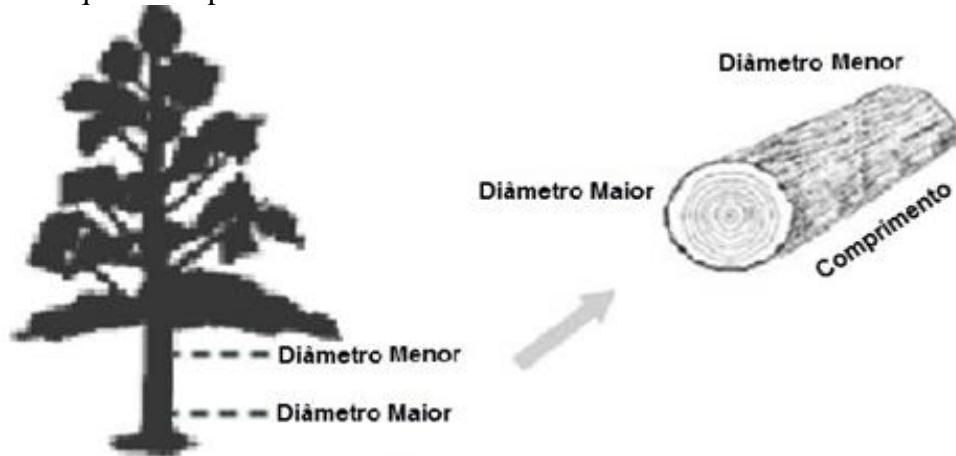


Fonte: Elaborado pela autora, 2016.

4.3.2 Sortimento

O ponto crítico se refere às falhas encontradas nas dimensões das toras para a respectiva classificação. Os dados de comprimento, diâmetros maior e menor (Figura 18), foram coletados diariamente e de maneira não sequencial, com tamanho amostral igual a 10 e em número de amostras variáveis para cada sortimento realizado na empresa durante o período da coleta. Assim, por obter uma maior quantidade de amostras em relação às demais classes, os sortimentos LP02, TP02 e TP03 foram analisados com o CEP.

Figura 18 – Esquema do processamento da tora.



Fonte: Souza *et al.*, 2012, adaptado pela autora.

A coleta foi realizada nas pilhas formadas após o processamento das árvores e respectiva separação das classes por questões de segurança. Portanto, devido ao não acompanhamento, em tempo real, do trabalho das máquinas e do operador, não foi possível atribuir a causa especificamente para cada ponto fora dos limites de controle.

De maneira geral, em entrevistas com os colaboradores, foram associadas aos problemas encontrados nos sortimentos as seguintes causas: calibração da máquina, treinamento de funcionários, planejamento das operações e problemas com o maquinário em geral.

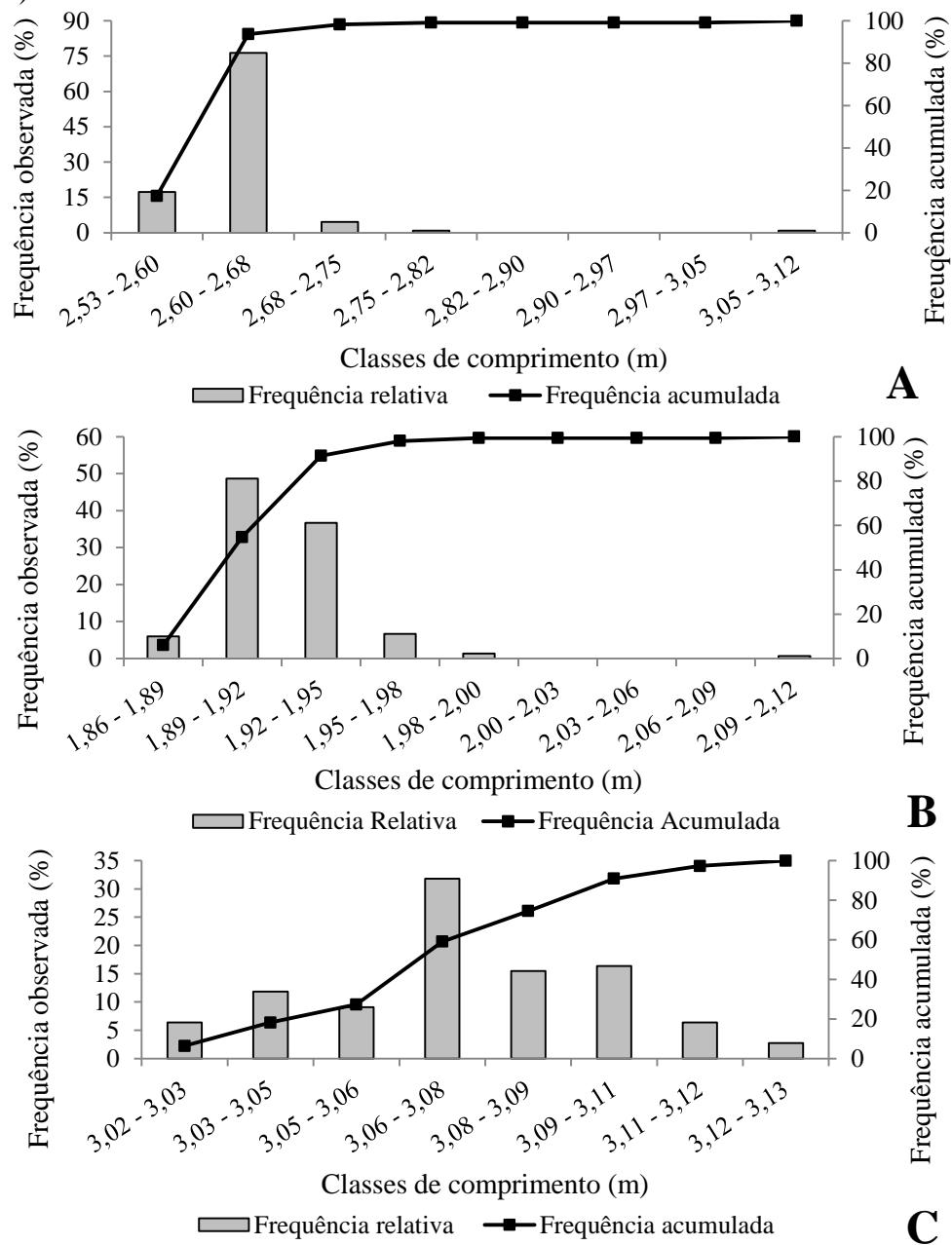
4.3.2.1 Comprimento

A classe LP02 representa a primeira tora de *Pinus* livre de nó que possui diâmetro variando de 25 cm a 34,9 cm. Para a análise foram coletados dados referentes ao comprimento de tora de 2,60 m. O sortimento TP02 se refere tora de *Pinus* com nó, cujo diâmetro varia entre 18,0 cm e 24,9 cm. Para a análise foram coletados dados em toras com 1,90 m de comprimento.

Já o sortimento TP03 representa a primeira tora de *Pinus* com nó que possui diâmetro entre 25,0 cm e 34,9 cm e, para esta análise, foi considerado o comprimento de tora igual a 3,06 m.

A Figura 19 mostra a distribuição dos dados coletados referentes ao comprimento da tora dos três sortimentos avaliados. Observa-se que 95% das informações obtidas no sortimento LP02 encontram-se na mesma classe à qual pertence o comprimento estabelecido pela empresa, seguido do TP02 (50%) e TP03 (10%).

Figura 19 - Distribuição dos dados de comprimento para os sortimentos LP02 (A), TP02 (B) e TP03 (C).



Fonte: Elaborado pela autora, 2016.

Conforme a análise do comprimento, apresentada na Tabela 6, as médias foram de 2,63 m; 1,93 m e 3,08 m para os sortimentos LP02, TP02 e TP03, respectivamente, ficando, o primeiro e o último, próximos da moda (2,62 m e 3,08 m). A amplitude dos dados variou de 0,11 m a 0,57 m. Considerando um erro admissível de 10%, o erro amostral foi de 1,18%, 0,64% e 0,46% para cada uma das classes, respectivamente.

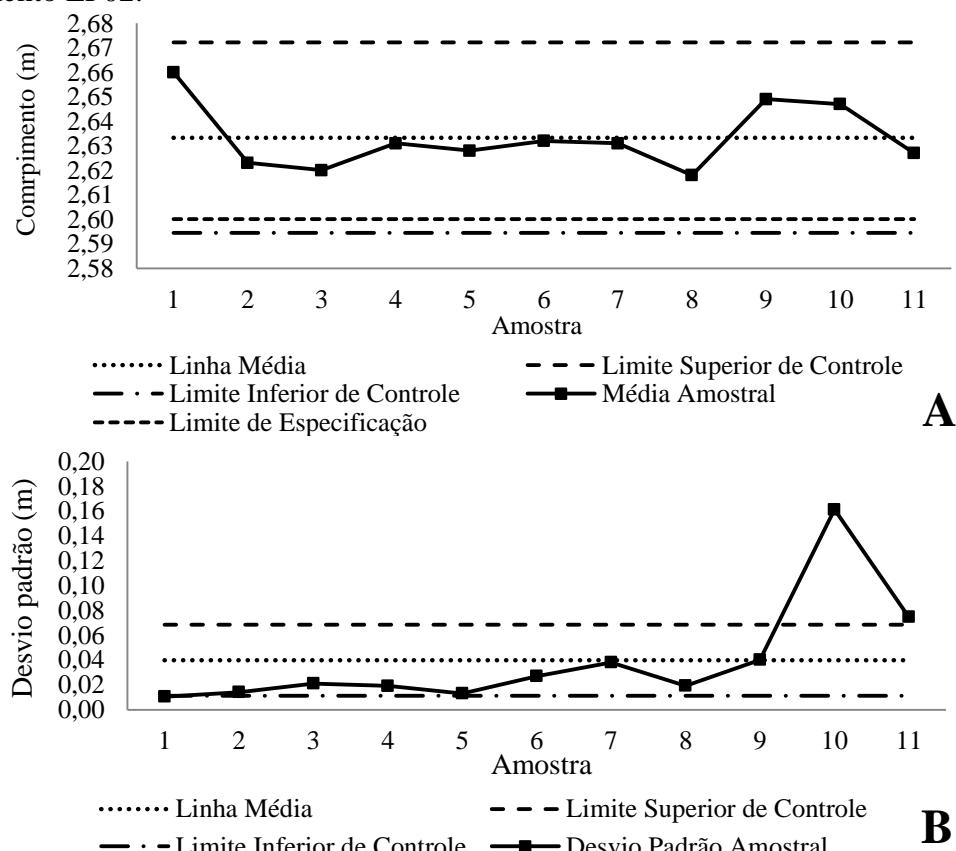
Tabela 6 - Análise do comprimento das toras nos sortimentos LP02, TP02 e TP03.

Descrição	Sortimento – Comprimento das toras			Unidade
	LP02	TP02	TP03	
Média	2,63	1,93	3,08	m
Moda	2,62	1,91	3,08	m
Desvio padrão	0,06	0,03	0,03	m
Variância	0,003	0,001	0,001	m^2
Máximo	3,10	2,12	3,13	m
Mínimo	2,53	1,86	3,02	m
Amplitude	0,57	0,26	0,11	m
Erro amostral	1,18	0,64	0,46	%
Número de amostras	11	15	11	
Tamanho amostral	10	10	10	

Fonte: Elaborada pela autora, 2016.

Os gráficos por média e dispersão para o sortimento LP02 são ilustrados na Figura 20. É possível notar que as médias observadas estão acima do estabelecido para a classe (2,60 m) o que pode gerar desperdícios para a empresa.

Figura 20 - Gráficos de controle por média (A) e por dispersão (B) para comprimento de tora no sortimento LP02.



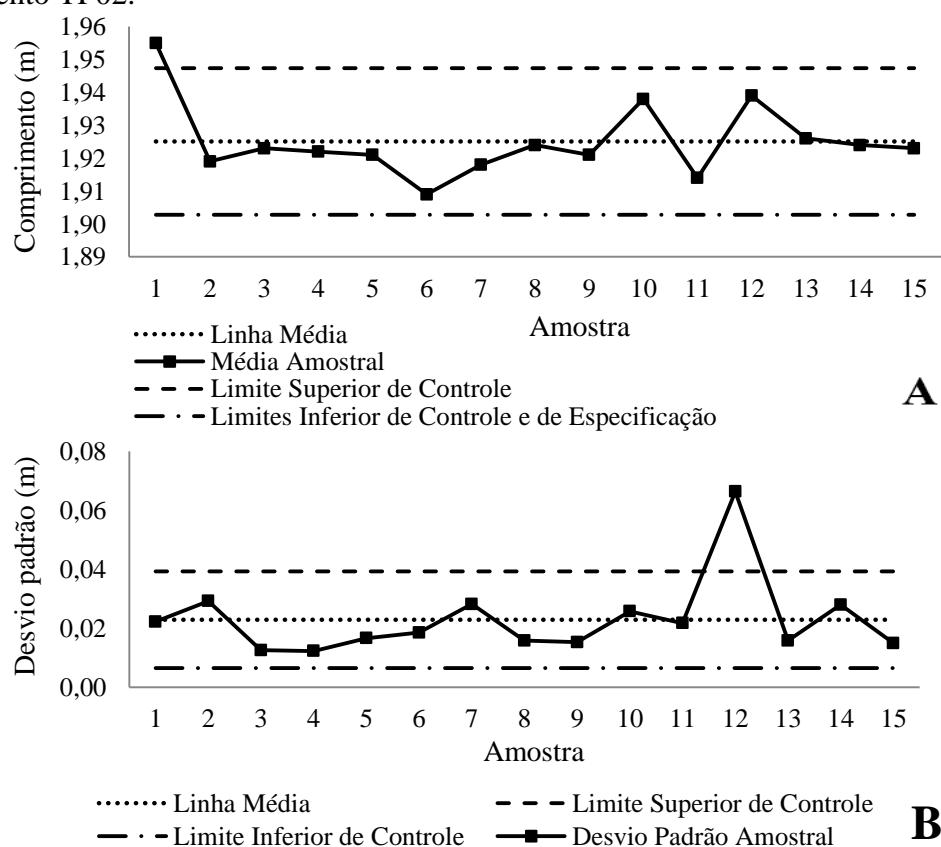
Fonte: Elaborado pela autora, 2016.

O gráfico por médias mostra que, durante o período de avaliação, a média das amostras se manteve próxima à linha média, indicando o controle no processo. Isso provavelmente se deve ao fato de que nos casos da tora não atender às dimensões exigidas pela classe, o operador verifica em qual delas a tora se enquadra melhor, reduzindo assim o erro nas medidas e a perda de lucro na empresa.

O gráfico por dispersão mostra que a variação do desvio padrão se manteve dentro dos limites de controle, com exceção das amostras 10 e 12, que ficaram acima do limite superior devido ao fato de ter sido observado nas pilhas toras com comprimento de 3,10 m e 2,77 m, respectivamente. Assim, para obter melhorias no processo referente ao comprimento das toras, deve-se agir no controle do operador durante o processamento das árvores e respectiva separação nas pilhas.

Para a classificação TP02 os gráficos de controle por média e dispersão, ilustrados na Figura 21, revelam que o processo, da mesma forma que a classe anterior, apresenta comprimentos acima do determinado pela empresa para a produção do produto desejado neste sortimento (1,90 m), que neste caso, é igual ao limite inferior de controle.

Figura 21 - Gráficos de controle por média (A) e por dispersão (B) para comprimento da tora no sortimento TP02.

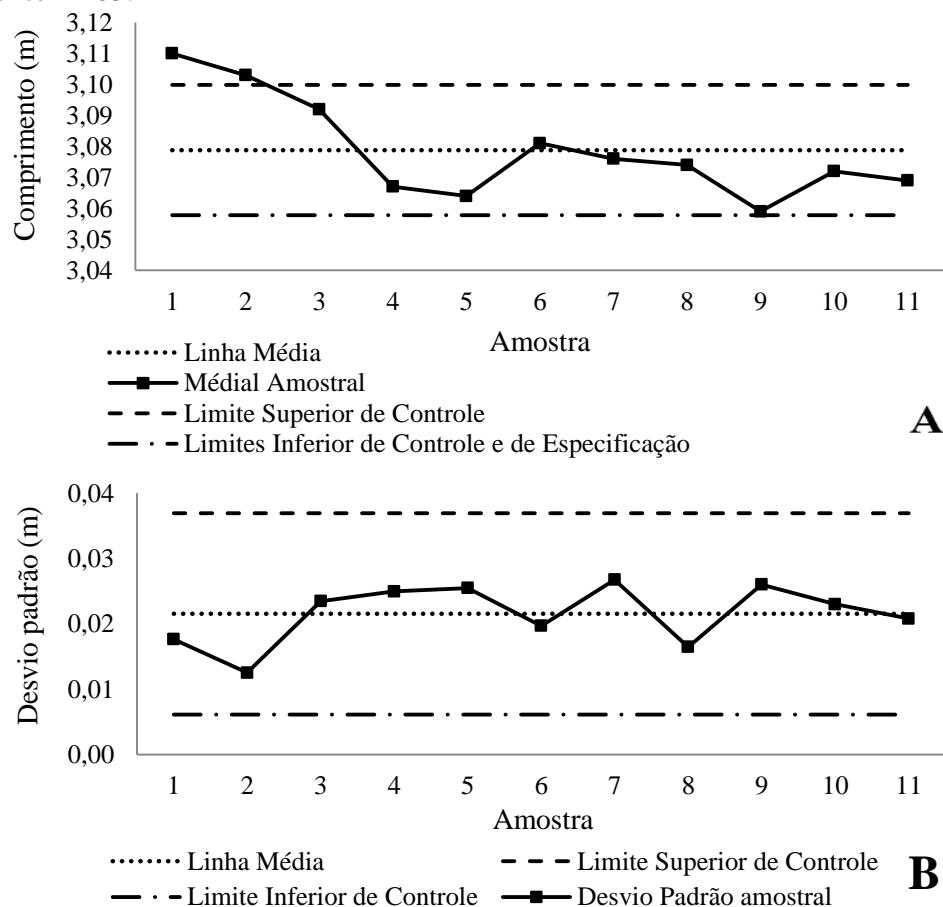


Fonte: Elaborado pela autora, 2016.

Ao avaliar o processo pela média, é possível observar que inicialmente está fora de controle, com valores acima do limite superior, estabilizando-se na sequência. Apesar disso, o processo é classificado como instável. Já a avaliação pela dispersão dos dados, revela que apenas a amostra 12 ficou fora dos limites de controle, apresentando comprimentos de 1,89 m até 2,12 m e assim, retratando a dimensão não adequada da tira para a obtenção do produto especificado.

A análise do controle do processo no sortimento TP03, observado na Figura 22, revela que inicialmente as médias estão acima do limite superior, deixando-o fora de controle.

Figura 22 - Gráficos de controle por média (A) e por dispersão (B) para comprimento de tira no sortimento TP03.



Fonte: Elaborado pela autora, 2016.

Em seguida, o processo é mantido sob controle, incluindo o ponto 9, que não chega a atingir o limite inferior. Apesar disso, observa-se que as médias estão acima do determinado para o trabalho (3,06 m, mesmo valor que o limite inferior de controle), ocasionando desperdícios de matéria-prima na empresa, bem como redução nos lucros.

A análise da dispersão dos pontos mostra que a variação do comprimento na separação das toras no sortimento TP03, mantém próximo à linha central. Em conjunto, os gráficos revelam um processo instável, com comprimentos superiores ao especificado para o produto.

4.3.2.2 Diâmetro Maior

Na distribuição dos dados referentes ao diâmetro maior (Figura 23) é possível observar que o sortimento TP03 apresentou cerca de 70% dos diâmetros coletados dentro dos limites estabelecidos para a classe, gerando menos desperdícios para a empresa quando comparado ao TP02 (17%) e ao LP02 (25%).

Figura 23 - Distribuição dos dados de diâmetro maior para os sortimentos LP02 (A), TP02 (B) e TP03 (C) (Continua).

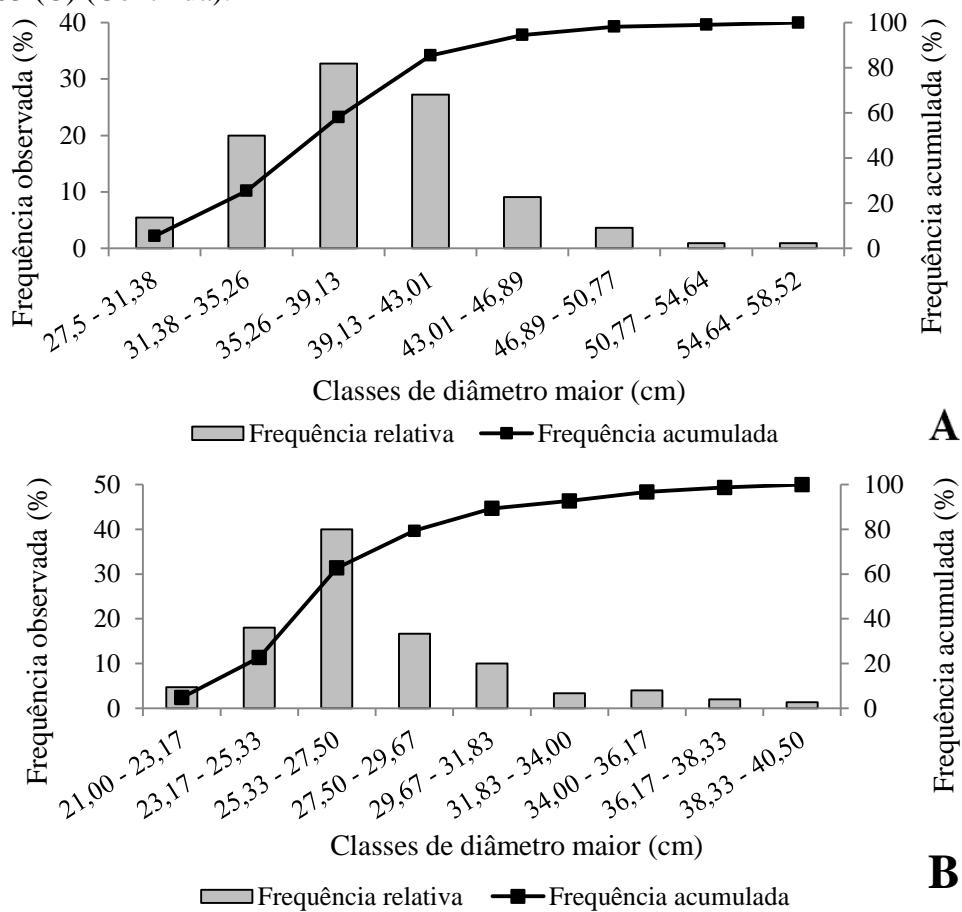
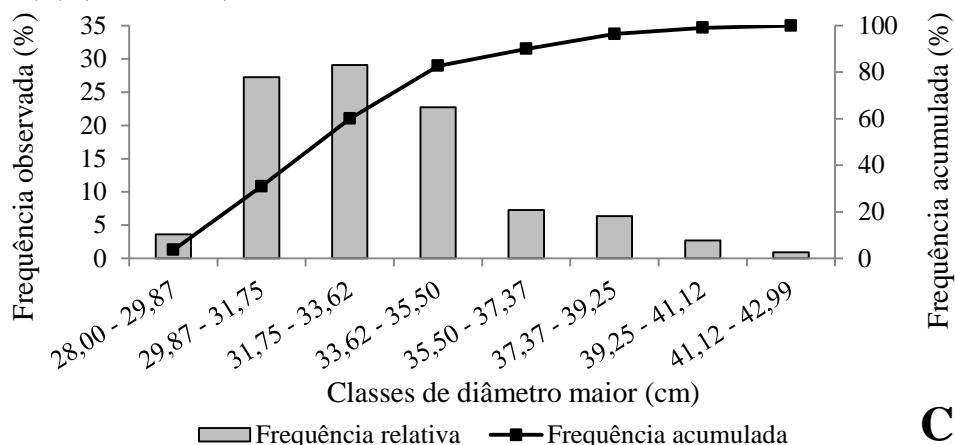


Figura 23 - Distribuição dos dados de diâmetro maior para os sortimentos LP02 (A), TP02 (B) e TP03 (C) (Conclusão).



Fonte: Elaborado pela autora, 2016.

A análise da variável (Tabela 7) revela que o diâmetro médio encontrado nos sortimentos LP02 e TP02 foram de 38,51 cm e 27,57 cm, respectivamente. Da mesma forma, as modas encontradas nestas classes foram 36,50 cm e 27,50 cm, respectivamente, estando ambas acima do limite superior estabelecido para estas. Considerando um erro admissível de 10%, o erro de amostragem para as classes avaliadas foi de 6,88, 5,77 e 4,42%, respectivamente.

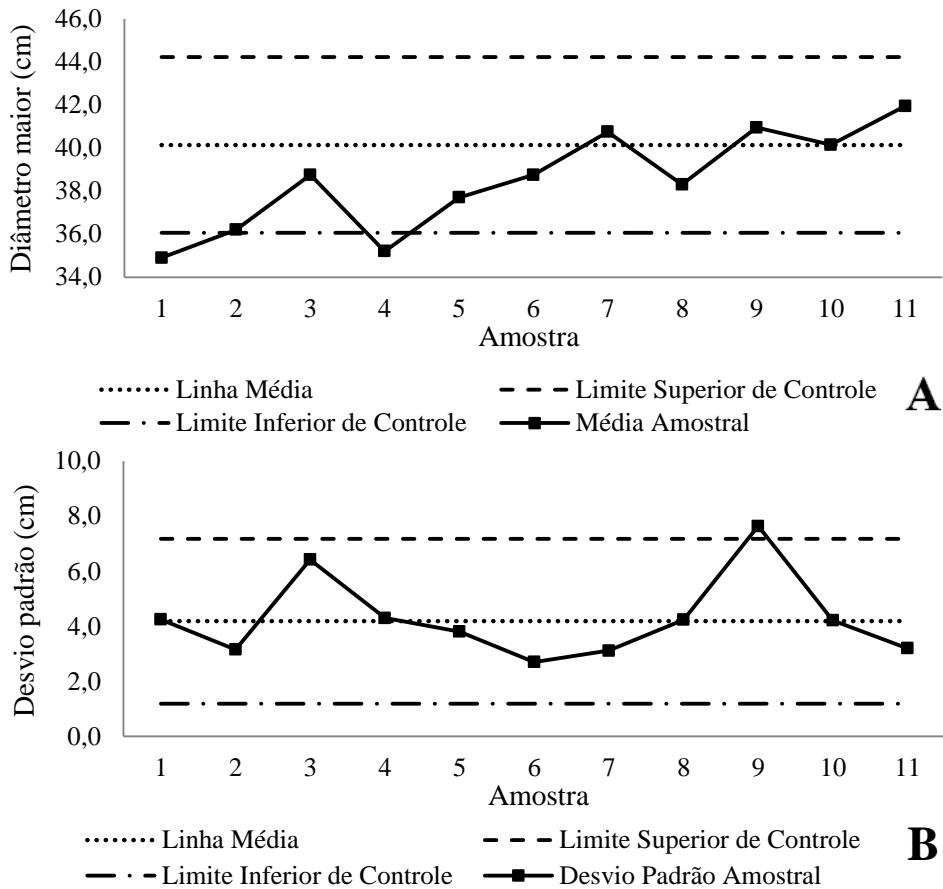
Tabela 7 - Análise do diâmetro maior das toras nos sortimentos LP02, TP02 e TP03.

Descrição	Sortimento – Diâmetro maior			Unidade
	LP02	TP02	TP03	
Média	38,51	27,57	33,49	cm
Moda	36,50	27,50	33,50	cm
Desvio padrão	4,85	3,50	2,71	cm
Variância	23,531	12,253	7,329	cm ²
Máximo	57,50	40,50	42,50	cm
Mínimo	27,50	21,00	28,00	cm
Amplitude	30,00	19,50	14,50	cm
Erro amostral	6,88	5,77	4,42	%
Número de amostras	11	15	11	
Tamanho amostral	10	10	10	

Fonte: Elaborada pela autora, 2016.

Os gráficos por média e dispersão para a variável no sortimento LP02 são ilustrados na Figura 24. Observa-se que o processo está fora de controle, apresentando pontos abaixo do limite inferior.

Figura 24 - Gráficos de controle por média (A) e por dispersão (B) para diâmetro maior no sortimento LP02.



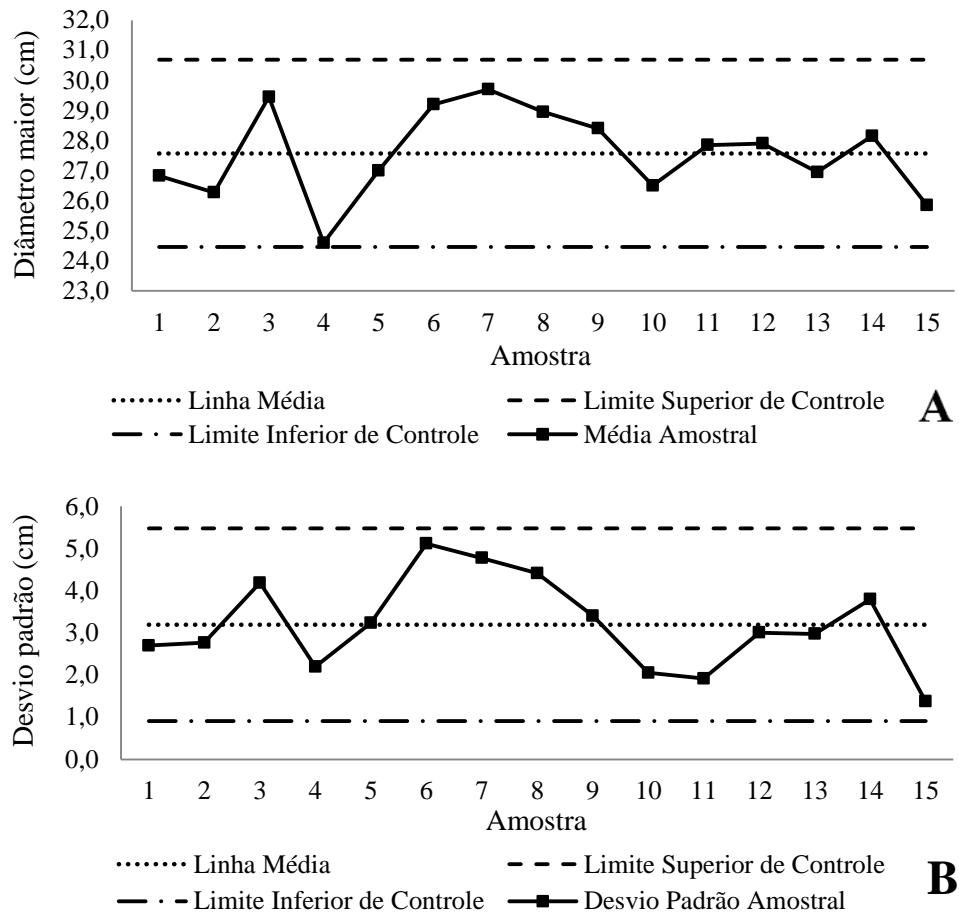
Fonte: Elaborado pela autora, 2016.

A partir do gráfico de dispersão, nota-se que a variabilidade do processo está dentro dos limites de controle, com exceção da amostra 9, em que foram encontradas toras com diâmetros superiores a 50,00 cm. Isso pode ser resultado de falha na separação das pilhas dos sortimentos ou ainda, por problemas com a máquina que possam prejudicar a medição das toras.

Na análise conjunta dos gráficos, apesar de próximas ou dentro dos limites de controle, os diâmetros médios observados nas pilhas são superiores ao exigido pelo sortimento, podendo gerar perdas para a empresa. O rebaixamento da classificação pode estar relacionado ao comprimento definido da tora, gerando problemas pelo diâmetro superior do sortimento (34,9 cm).

Para o sortimento TP02 os gráficos de controle por média e dispersão (Figura 25) mostram que as médias do processo se mantiveram dentro dos limites de controle, incluindo o ponto 4, que não chegou a atingir o limite inferior.

Figura 25 - Gráficos de controle por média (A) e por dispersão (B) para diâmetro maior no sortimento TP02.

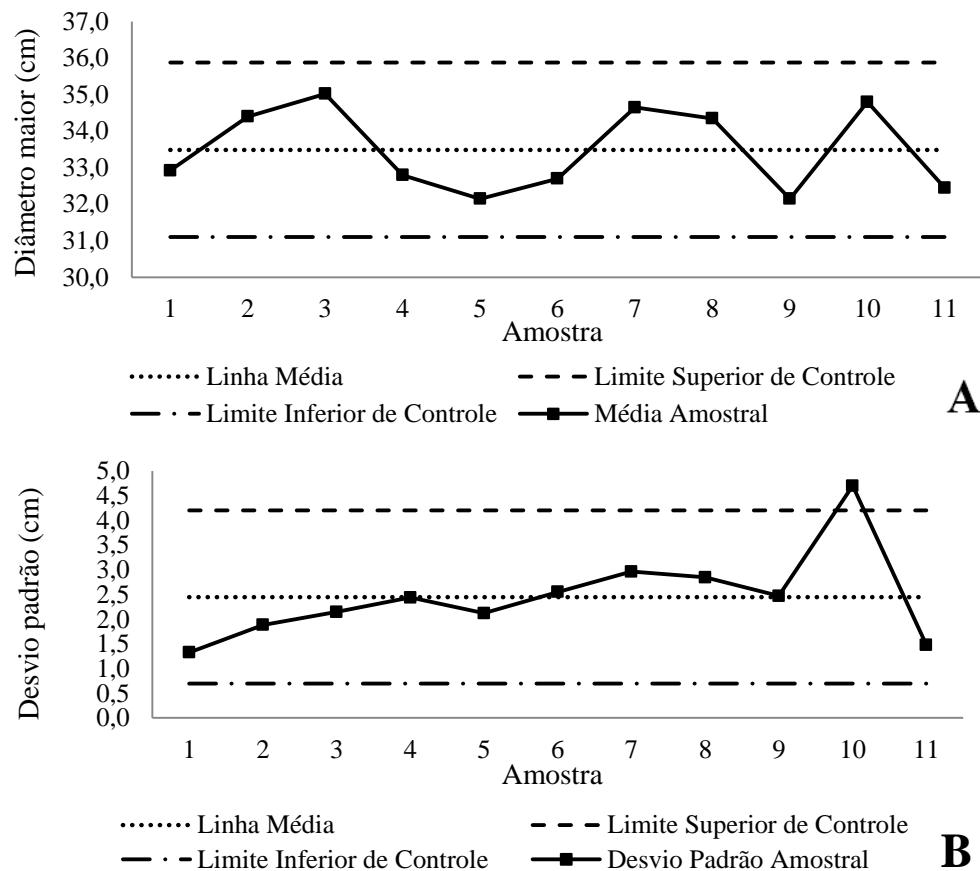


Fonte: Elaborado pela autora, 2016.

A análise da dispersão dos dados mostrou que o processo para classificação do diâmetro maior no sortimento TP02 encontra-se estável com maior variação nas amostras 6 e 15. Apesar do processo sob controle, a análise conjunta dos gráficos mostra que os diâmetros observados estão acima dos limites determinados para o sortimento (24,9 cm). Isso pode ser explicado pelo rebaixamento da tora na classe LP em função da presença de nós.

A Figura 26 ilustra os gráficos de controle por média e dispersão para o sortimento TP03. Nota-se que os valores médios de diâmetro maior estão dentro dos limites de controle e encontram-se distribuídos aleatoriamente, indicando um processo sob controle.

Figura 26 - Gráficos de controle por média (A) e por dispersão (B) para diâmetro maior no sortimento TP03.



Fonte: Elaborado pela autora, 2016.

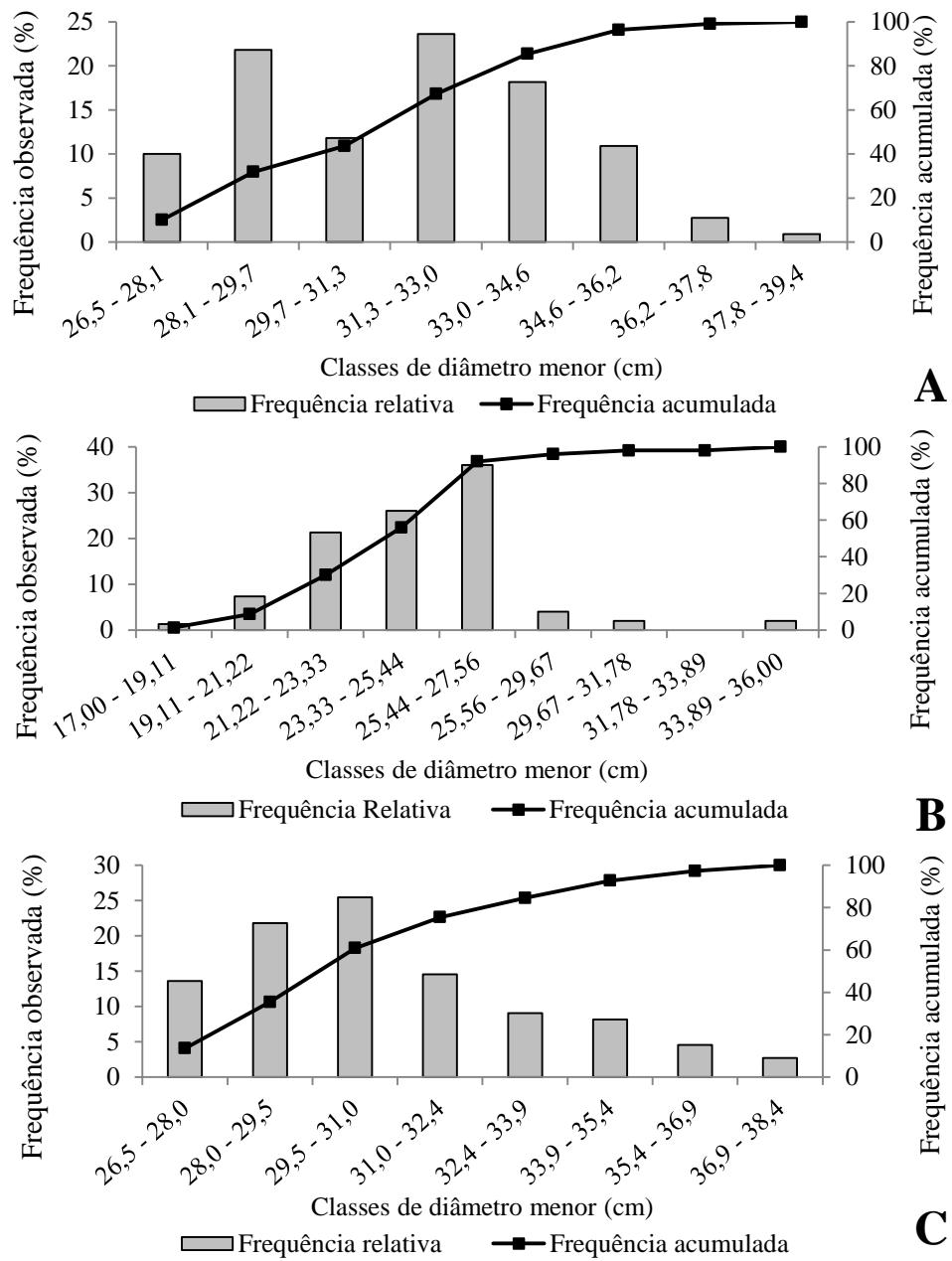
Na análise da dispersão dos dados, observa-se que o processo sai do controle na décima amostra devido à presença de toras com diâmetros 40,5 cm e 42,5 cm. Dessa maneira, ao eliminar a causa que resultou nesse aumento da variação na amostra, traz novamente o controle ao processo.

Portanto, com a análise dos gráficos pode-se dizer que apesar do processo para o sortimento TP03 ser instável, as médias estão, em sua maioria, dentro do limite superior para a classe.

4.3.2.3 Diâmetro Menor

A distribuição dos dados de diâmetro menor, ilustrada na Figura 27, demonstra que aproximadamente 85% dos dados coletados no sortimento LP02 estão distribuídos dentro dos limites. Já para o sortimento TP02 e TP03, cerca de 52% e 92% dos dados, respectivamente, encontram-se entre os limites estabelecidos para cada um deles.

Figura 27 - Distribuição dos dados de diâmetro menor para os sortimentos LP02 (A), TP02 (B) e TP03 (C).



Fonte: Elaborado pela autora, 2016.

A análise da variável, apresentada na Tabela 8, mostra que as médias para os sortimentos LP02, TP02 e TP03 foram de 31,70 cm, 24,75 cm e 30,94 cm, respectivamente. A maior amplitude encontrada foi de 19 cm na classe TP02, seguida da LP02 (12,50 cm) e a TP03 (11,50 cm). Da mesma forma, considerando um erro admissível de 10%, o maior erro amostral encontrado foi no sortimento TP02 (5,20%), na sequência LP02 (4,78%) e TP03 (4,38%).

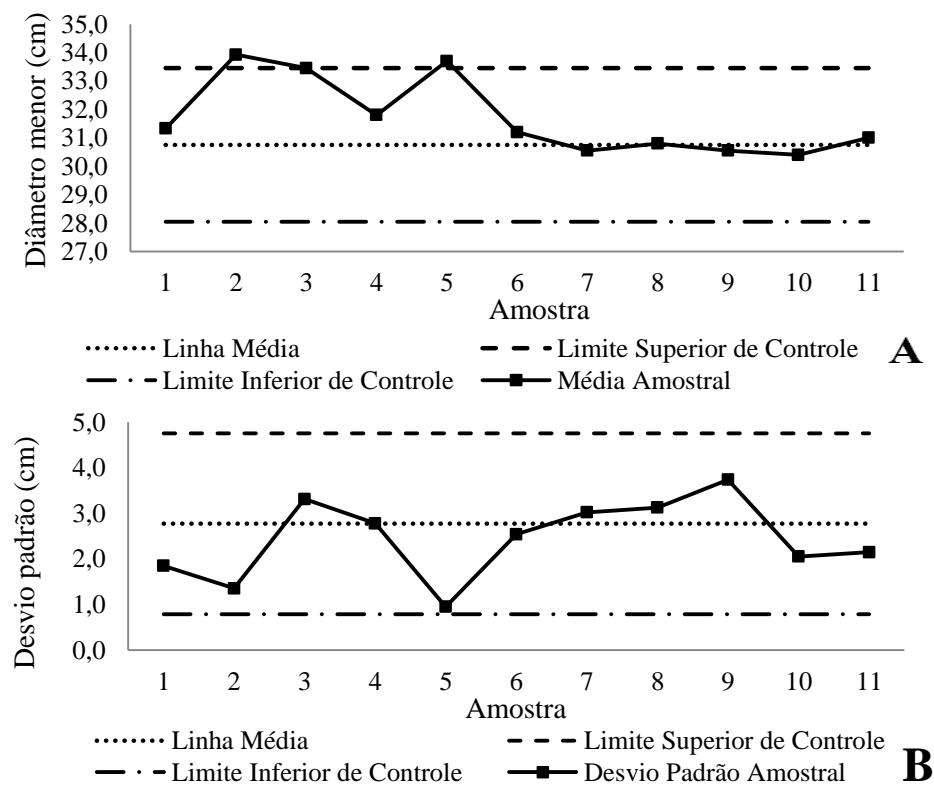
Tabela 8 - Análise do diâmetro menor das toras nos sortimentos LP02, TP02 e TP03.

Descrição	Sortimento – Diâmetro menor			Unidade
	LP02	TP02	TP03	
Média	31,70	24,75	30,94	cm
Moda	28,50	26,50	29,00	cm
Desvio Padrão	2,77	2,83	2,48	cm
Variância	7,685	8,014	6,155	cm ²
Máximo	39,00	36,00	38,00	cm
Mínimo	26,50	17,00	26,50	cm
Amplitude	12,50	19,00	11,50	cm
Erro amostral	4,78	5,20	4,38	%
Número de amostras	11	15	11	
Tamanho amostral	10	10	10	

Fonte: Elaborada pela autora, 2016.

Os gráficos de controle por média e dispersão para o sortimento LP02 ilustrados na Figura 28 demonstra que os valores médios da variável permaneceram quase totalmente entre os limites calculados, com exceção das amostras 2, 3 e 5. Na sequência as médias se localizaram próximas à linha central, estabilizando o processo.

Figura 28 - Gráficos de controle por média (A) e por dispersão (B) para diâmetro menor no sortimento LP02.

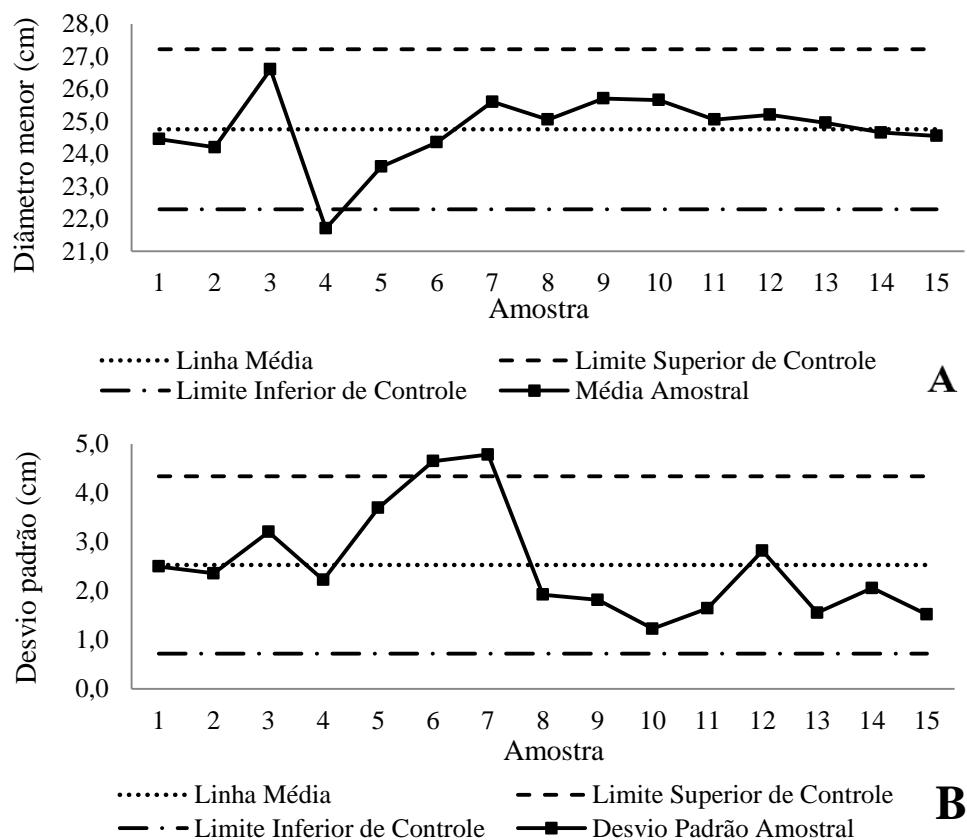


Fonte: Elaborado pela autora, 2016.

O gráfico por dispersão mostra todos os pontos dentro dos limites de controle, em conjunto, os gráficos revelam um processo com maior variação no início, no qual encontra-se fora de controle. Observa-se ainda que os diâmetros encontrados estão dentro do especificado para o sortimento.

A Figura 29 ilustra os gráficos de controle por média e dispersão da variável para o sortimento TP02. Nota-se que o processo se mantém estável até o ponto 4, quando a média do processo fica abaixo do limite inferior. Após a amostra, observa-se a estabilização do processo com as médias localizadas dentro dos limites.

Figura 29 - Gráficos de controle por média (A) e por dispersão (B) para diâmetro menor no sortimento TP02.

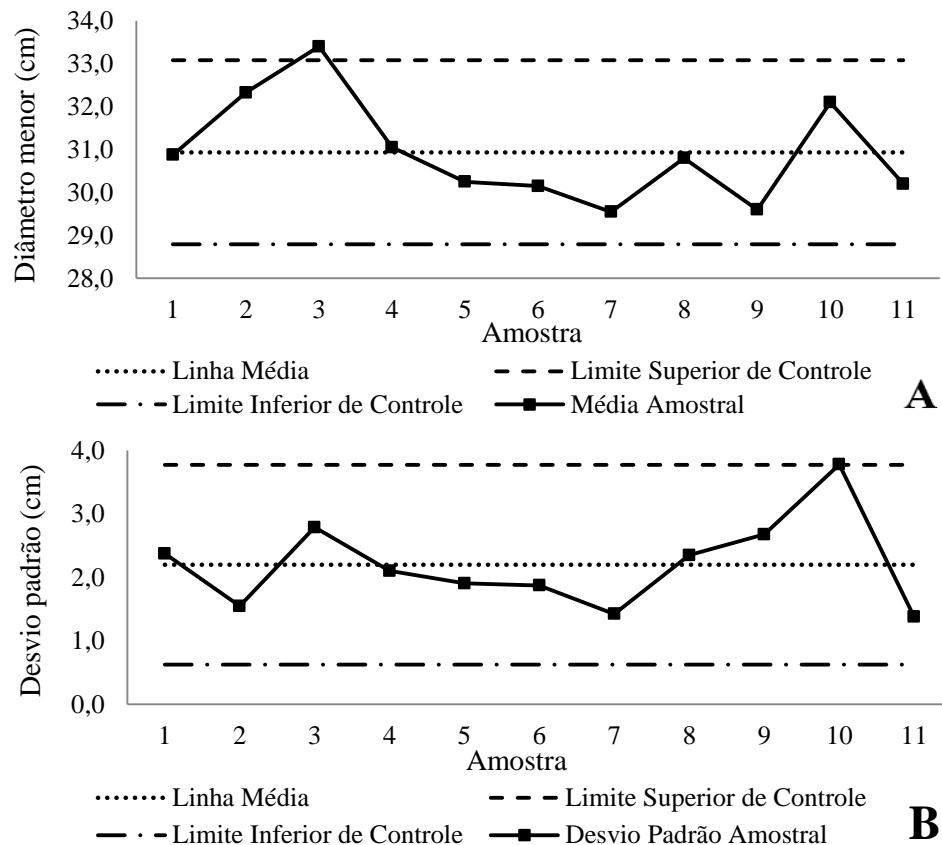


Fonte: Elaborado pela autora, 2016.

A análise do gráfico de dispersão indica que uma grande variação do desvio padrão amostral com pontos acima do limite superior nas amostras 6 e 7. Assim, em conjunto com o gráfico de médias, o processo apresenta diâmetros dentro dos limites especificados para a classe, porém se mostra instável.

Os gráficos de controle por média e dispersão no sortimento TP03 são apresentados na Figura 30. Nela é possível observar que já na terceira amostra, das médias, o processo sai de controle estabilizando na sequência.

Figura 30 - Gráficos de controle por média (A) e por dispersão (B) para diâmetro menor no sortimento TP03.



Fonte: Elaborado pela autora, 2016.

O gráfico de dispersão apresentou o desvio padrão dos dados dentro dos limites de controle, e em geral, próximos à linha central, com exceção do ponto 10, cujo desvio foi igual ao limite superior.

Assim, os gráficos mostram um processo instável. As amostras com diâmetros maiores podem ser resultados da desclassificação das toras em função da presença de nós.

4.3.3 Altura de toco

A coleta de dados para a variável foi realizada em duas frentes de colheita, uma de desbaste e outra de corte raso, sendo uma amostra por hectare, totalizando 30 amostras com tamanho igual a 15. O limite máximo para a altura de toco varia de acordo com cada frente

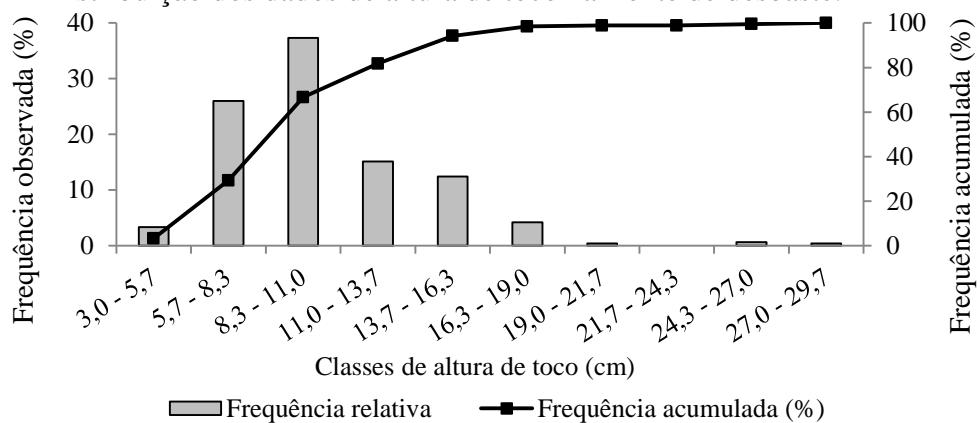
em função do modelo do cabeçote utilizado pela equipe. Neste caso, a frente em que é realizado desbaste, o limite máximo é de 15 cm. Já para frente que realiza o corte raso, a altura máxima aceitável, na ocasião, foi de 22 cm.

4.3.3.1 Desbaste

Durante a coleta dos dados junto foram observados o intenso tráfego de máquinas e grande quantidade de resíduos, o que pode ter interferido nos resultados. Ainda, foi observada a inexperiência dos operadores.

A distribuição dos dados referentes à altura de toco na frente de desbaste é ilustrada na Figura 31. Observa-se que 90% encontram-se dentro do limite especificado pela empresa (15 cm).

Figura 31 - Distribuição dos dados de altura de toco na frente de desbaste.



Fonte: Elaborado pela autora, 2016.

A análise da variável é apresentada na Tabela 9. O valor médio do processo foi de 10,53 cm e a moda de 10,0 cm. O desvio padrão das amostras foi de 3,61 cm e a amplitude 26,00 cm, obtendo-se um valor mínimo de 3,00 cm e máximo de 29,00 cm. A variação da altura ocorre em função, principalmente, do relevo e do cabeçote da máquina, uma vez que o corte baixo pode danificar o equipamento e o corte mais alto pode ser resultado da pedregosidade ou declividade do terreno. Considerando-se o erro admissível de 10%, o erro de amostragem encontrado foi de 10,42%, valor este que pode ser reduzido com o aumento no número de amostras.

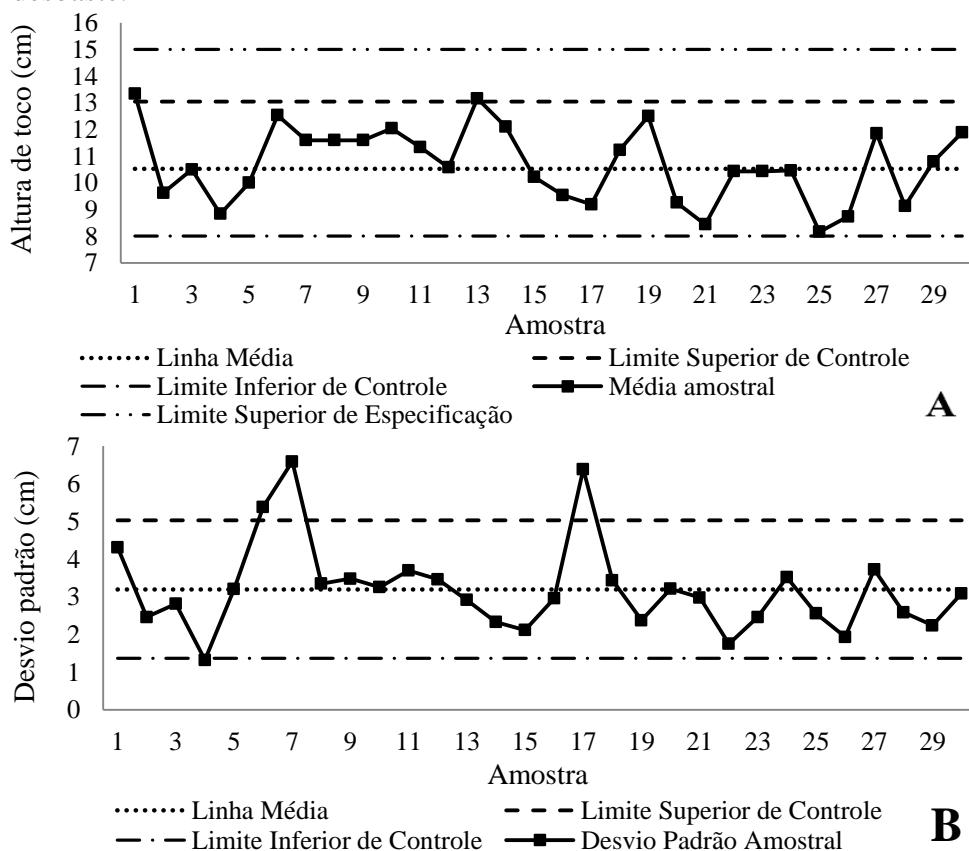
Tabela 9 - Análise da altura de toco na frente de desbaste.

Descrição	Valor	Unidade
Média	10,53	cm
Moda	10,00	cm
Desvio Padrão	3,61	cm
Variância	13,02	cm ²
Máximo	29,00	cm
Mínimo	3,00	cm
Amplitude	26,00	cm
Erro amostral	10,42	%
Número de amostras	30	
Tamanho amostral	15	

Fonte: Elaborada pela autora, 2016.

A Figura 32 ilustra os gráficos de controle por média e dispersão para a variável. Nota-se que o processo inicia fora de controle, com uma amostra pouco acima do limite superior de controle, porém dentro do limite especificado pela empresa (15 cm). A mesma coisa aconteceu com a amostra 13.

Figura 32 - Gráficos de controle por média (A) e por dispersão (B) para altura de toco na frente de desbaste.



Fonte: Elaborado pela autora, 2016.

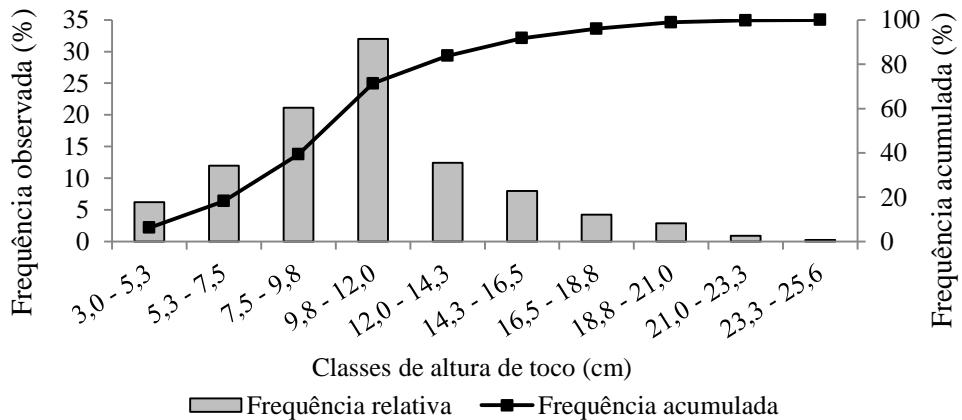
A análise da dispersão dos dados mostra que o processo está fora de controle, com as amostras 6, 7 e 17 acima do limite superior e ainda o ponto 4, abaixo do limite inferior. Já a avaliação conjunta dos gráficos mostra que o processo de altura de toco na equipe do desbaste, apesar de estar dentro das especificações da empresa, é considerado instável pelo CEP, podendo ser resultado dos fatores observados na área durante a coleta, como a presença de resíduos e o revolvimento de alguns tocos em função do tráfego de máquinas.

4.3.3.2 Corte raso

Na coleta dos dados junto à equipe de corte raso foi observado o intenso tráfego de máquinas, a grande quantidade de resíduos e ainda, a umidade do solo, fator que ocasionou no revolvimento de alguns tocos. Ainda, foi observada a experiência dos operadores.

A Figura 33 ilustra a distribuição dos dados referentes altura de toco na frente de corte raso. Praticamente todos os dados encontram-se dentro do limite especificado pela empresa (22,0 cm).

Figura 33 - Distribuição dos dados de altura de toco na frente de corte raso.



Fonte: Elaborado pela autora, 2016.

Na tabela 10 é apresentada a análise da variável. A média de altura encontrada foi de 10,86 cm. O desvio padrão das amostras foi de 3,76 cm e a amplitude 22 cm, com valores variando de 3 cm a 25 cm. O erro de amostragem para a equipe foi de 9,94% e pode ser reduzido com o aumento da quantidade de amostras.

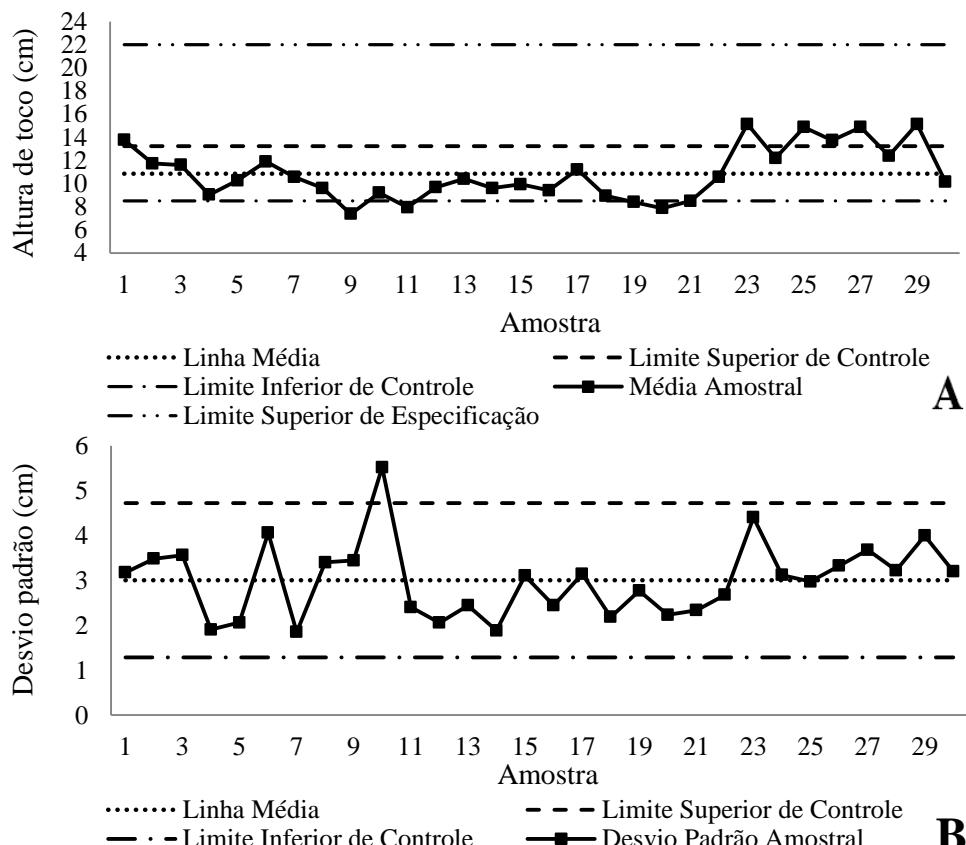
Tabela 10 - Análise da altura de toco na frente de corte raso.

Descrição	Avaliação	Unidade
Média	10,86	cm
Moda	10,00	cm
Desvio Padrão	3,76	cm
Variância	14,15	cm ²
Máximo	25,00	cm
Mínimo	3,00	cm
Amplitude	22,00	cm
Erro amostral	9,94	%
Número de amostras	30	
Tamanho amostral	15	

Fonte: Elaborada pela autora, 2016.

A Figura 34 apresenta os gráficos de controle por média e dispersão para a variável. Analisando os gráficos, observa-se que o processo é instável, apresentando pontos que ultrapassam ambos os limites de controle. Apesar disso, as médias observadas estão abaixo do limite de especificação da empresa (22 cm).

Figura 34 - Gráficos de controle por média (A) e por dispersão (B) para altura de toco na frente de corte raso.



Fonte: Elaborado pela autora, 2016.

A variação da altura, em geral, ficou entre os limites de controle, com exceção da amostra 10. Assim, apesar de atender às especificações da empresa, as alturas observadas são instáveis, devido à alta umidade do solo, o que intensificou o revolvimento dos tocos na passagem das máquinas. Dessa maneira, a altura do toco pode influenciar no trânsito das máquinas para a colheita e posteriormente às atividades de silvicultura.

5 CONCLUSÕES

O trabalho evidenciou que, apesar de possuir sistemas voltados para o controle da qualidade no setor de colheita florestal, a empresa ainda possui pontos críticos fora de controle e que demandam atenção: danos às árvores remanescentes, sortimento e altura de toco.

Em relação aos danos provocados nas árvores remanescentes durante o desbaste, pode-se concluir que o processo é estável e previsível. Contudo, o limite superior de controle encontrado no processo (41%) foi considerado alto e, portanto, é fundamental a melhoria no processo para reduzir os custos gerados com a perda de madeira. Para o sortimento, o processo é considerado, em geral, instável e não previsível, apresentando causas especiais de variação. Já para a altura de toco, embora o processo esteja dentro dos limites especificados pela empresa, é considerado instável e não previsível.

Assim, as ferramentas da qualidade utilizadas foram eficientes na avaliação do processo de colheita da empresa tendo como base os pontos críticos, bem como, suas respectivas causas, permitindo a tomada de decisão da empresa para melhorias e otimização do processo.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, M. A. P. de; *et al.* Uma proposta de adaptação e implantação do FMEA em uma empresa do setor automotivo brasileiro. **Revista Espacios**, [S. I] v. 37, n. 7, p. 23. 2016.
- ALVARENGA, T. H. de P; *et al.* Aspectos relevantes sobre mapeamento de processos. **Revista Engenharia e Tecnologia**. Ponta Grossa/PR, v. 5, n. 2, ago. 2013.
- ALVARES, C. A; *et al.* Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, [S. I], v. 22, n. 6, p. 711–728, jan. 2014.
- ALVES, R. A; PAULISTA, P. H. Proposta de ensaios experimentais para aplicação das ferramentas da qualidade. **Revista Científica da FEPI**, Itajubá/MG, v. 8. 2015.
- ARCE, J. E; MACDONAGH P; FRIEDL R. A. Geração de padrões ótimos de corte através de algoritmos de traçamento aplicados a fustes individuais. **Revista Árvore**, Viçosa/MG, v.28, n. 2, p. 207-217. 2004.
- ARVANITOYANNIS, I. S; VARZAKAS, T. H. Application of ISO 22000 and failure mode and effect analysis (FMEA) for industrial processing of a salmon: a case study. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Amherst, v. 48, n. 5, p. 411-429. 2008.
- ASSOCIAÇÃO CATARINENSE DE EMPRESAS FLORESTAIS. **Anuário estatístico de base florestal para o estado de Santa Catarina 2014**. Lages/SC, 2014. Disponível em: <<http://www.acef.org.br/uploads/20140613104756.pdf>> Acesso em: 15 jun 2016.
- ASSOCIAÇÃO CATARINENSE DE EMPRESAS FLORESTAIS. **Anuário estatístico de base florestal para o estado de Santa Catarina 2016 ano base 2015**. Lages/SC, 2016. 105 p.
- BRAND, F. A; *et al.* Avaliação da metodologia FMEA como ferramenta para reduzir impactos ambientais no processo manutenção industrial. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**. Santa Maria/RS, v. 10, n. 10. p. 2081-2090. jan-abr. 2013.
- CAMPOS, V. F. **TQC – Controle da qualidade total (no estilo japonês)**. 8. ed. Nova Lima, MG: INDG Tecnologia e Serviços Ltda, 2004. 256 p.

CASSANELLI, G; *et al.* Failure Analysis-assisted FMEA. Elsevier. 2006. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Giovanna_Mura2/publication/220454730_Failure_analysis-assisted_FMEA/links/55e5b6ec08aecb1a7ccd26fa.pdf> Acesso em: 28 nov. 2016.

COLETTI, J; BONDUELLE, G. M; IWAKIRI, S. Avaliação de defeitos no processo de fabricação de lamelas para pisos de madeira engenheirados com uso de ferramentas de controle de qualidade. **Acta Amazonica**. Manaus/AM, v. 40, n. 1, mar. 2010.

CROSBY, P. B. **Qualidade é investimento**. 3. ed. Rio de Janeiro: J. Olímpio, 1990. 327 p.

DIAS JÚNIOR, A. F; *et al.* Desdobramento da função qualidade (QFD) na avaliação da qualidade do carvão vegetal utilizado para cocção de alimentos. **Floresta e Ambiente**, [S.I], v. 22, n. 2, p. 262-270. 2015.

EXLER, R. B; LIMA, C. J. B. de; NUNES, F. M. Utilização do controle estatístico de processo para o monitoramento da qualidade do biodiesel produzido pela usina Alfa. 2. ed. **Revista Tecnologia e Sociedade**, [S.I]. 2013.

FARIA, A. N. da S; SOUZA, S. M. de L. Gestão da qualidade total num serviço de radiologia: contributos utilizados no centro de medicina nuclear. **Revista Saúde e Desenvolvimento**. [S.I], v.6, n.3, jul/dez. 2014.

FERREIRA, J. D; GASPARINI, V. A. Análise da gestão de qualidade da produção de macarrão: Um estudo de caso na empresa “Beta”. **Revista de Ciências Gerenciais**. v. 20, n. 32, p. 70-76, 2016. Disponível em: <<http://pgsskroton.com.br/seer/index.php/rcger/article/view/4471/3384>> Acesso em: 09 mar. 2017.

FERNANDES, J. M. R.; REBELATO, M. G. Proposta de um Método para Integração entre QFD e FMEA. **Gestão e Produção**. São Carlos, v. 13, n. 2, mai/ago. 2006.

FLORESTAL GATEADOS. **Plano de manejo florestal**. Resumo público. Campo Belo do Sul, 2015. Disponível em: <<http://www.gateados.com.br/novo/Resumo.pdf>> Acesso em: 20 abr 2016.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF UNITED NATIONS - FAO. **Global Forest Resources Assessment 2010**. Roma, 2010. 340 p.

FREITAS, K. E. de. Análise da colheita florestal mecanizada. **Revista da Madeira**. 112. ed. 2008. Disponível em:
<http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=1243&subject=Colheita>
Acesso em: 03 mar. 2017.

FREITAS, M. de et al.. **Avaliação e controle de qualidade em florestas de *Eucalyptus*.** Circular Técnica IPEF, Piracicaba-SP, n. 91, 8 p, fev. 1980.

HENNING, E; *et al.* Um estudo para a aplicação de gráficos de controle estatístico de processo em indicadores de qualidade da água potável. **Revista Eletrônica Sistemas e Gestão**. Niterói/RJ, v. 9, n. 1, p. 2-13. 2014. Disponível em:
<<http://www.revistasg.uff.br/index.php/sg/article/view/V9N1A1/SGV9N1A1>> Acesso em: 07 jan. 2017.

IGNÁCIO, S. A. Importância da estatística para o processo de conhecimento e tomada de decisão. **Revista Paranaense de Desenvolvimento**. Curitiba/PR, n. 118, p. 175-192, jan/jun. 2010.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Relatório IBA 2016**. Disponível em:
<http://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA_RelatorioAnual2016_.pdf> Acesso em: 28 set 2016.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Relatório IBA 2015**. Disponível em:
<http://iba.org/images/shared/iba_2015.pdf> Acesso em: 16 jun 2016.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Relatório IBA 2014**. Disponível em:
<http://iba.org/images/shared/iba_2014_pt.pdf> Acesso em: 20 jun 2016.

JACOVINE, L. A. G; *et al.* Descrição e uso de uma metodologia para avaliação dos custos de qualidade na colheita florestal semimecanizada. **Ciência Florestal**, Santa Maria/RS, v. 9, n. 1, p. 143-160, 1999.

JACOVINE, L. A. G; *et al.* Avaliação da qualidade operacional em cinco subsistemas de colheita florestal. **Revista Árvore**, Viçosa/MG, v. 29, n. 3, p. 391-400, maio/jun. 2005.

JORGE, G. A; MIYAKE, D. I. Estudo comparativo das ferramentas para mapeamento das atividades executadas pelos consumidores em processos de serviço. **Production**, São Paulo, v.26, n.3, jul/set. 2016.

JURAN, J. M. **How to think about quality.** In: JURAN, J.M.; GODFREY, A.B. *Juran's quality Handbook*. New York: McGraw Hill, 1998. p. 2.1-2.18.

LIMA, P. H. de; *et al.* Aplicação da análise do modo e efeito de falhas (FMEA) no processo de colheita mecanizada de cana-de-açúcar. **Ciência e Tecnologia:** Fatec-JB, Jaboticabal, v. 7, 2015. Suplemento.

LINS, B. F. E. Ferramentas básicas da qualidade. **Ciência da Informação.** Brasília, 153-161. mai/ago. 1993.

MAICZUK, J; ANDRADE JÚNIOR, P. P. Aplicação de ferramentas de melhoria de qualidade e produtividade nos processos produtivos: um estudo de caso. **Qualitas Revista Eletrônica.** Campina Grande/PB, v.14, n. 1, 2013. Disponível em: <<http://revista.uepb.edu.br/index.php/qualitas/article/view/1599/924>> Acesso em: 07 jan. 2017.

MALINOVSKI, R. A; *et al.* Otimização da distância de extração de madeira com forwarder. **Scientia Forestalis.** Piracicaba/SP, v. 36, n. 79, p. 171-179, 2008.

MALINOVSKI, R. A; MALINOVSKI, J. R. Colheita. **Revista Madeira.** 68. ed. dez. 2002. Disponível em: <http://www.remade.com.br/br/revistadamedeira_materia.php?num=262&subject=Col>. Acesso em: 26 dez. 2016.

MARIANI, C. A; PIZZINATTO, N. K; FARAH, O. E. **Método PDCA e ferramentas da qualidade no gerenciamento de processos industriais:** Um estudo de caso. XII SIMPEP. Bauru/SP, 2005.

MATOS, R.B. **Indicadores de desempenho para o beneficiamento de madeira serrada em empresas de pequeno porte.** 2004. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

MATOS, R. B. de; MILAN, M. Avaliação 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/MG, v. 33, n. 5, p. 977-985, set/out. 2009.

MIGUEL, P. A. C. **Gestão da qualidade:** TQM e modelos de excelência. In: CARVALHO, M.M. de; PALADINI, E.P. (Coord.). *Gestão da qualidade: teoria e casos*. Rio de Janeiro: Elsevier, p. 85-124, 2005.

MIGUEL, P. A. C. **Qualidade:** Enfoques e Ferramentas. 1. ed. São Paulo: Artliber, 2006.
 MONTGOMERY, D. C. **Introdução ao controle estatístico da qualidade.** 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2004.

MÜLLER, G. L.; DIESEL, L; SELLITO, M. A. Análise de processos e oportunidade de melhorias em uma empresa de serviços. **Revista Produção Online.** [S.I], v.10, n.3, p. 524-550, 2010. Disponível em: <<https://producaoonline.org.br/rpo/article/viewFile/241/716>> Acesso em: 07 jan. 2017.

NASCIMENTO, M. L. do; *et al.* **Mapeamento de processo: uma abordagem para a produção de bovinos de corte.** Zootec – Águas de Lindóia/SP. Associação Brasileira de Zootecnistas. Águas de Lindóia/SP. 2009.

NEUMANN, B; CALMON, A. P. S; AGUIAR, M. M. Aplicação do ISA e diagrama de Pareto como ferramentas de gestão do loteamento Lagoa Carapebus. **Latin American Journal of Business Management.** São Paulo, v. 4, n. 1, p. 44-65, jan-jun. 2013.

OAKLAND, J.S. **Statistical process control.** 5. ed. Oxford-UK: Butterworth-Heinemann, 2003.

ORSSATTO, F; BOAS, M. V.; EYNG, E. Gráfico de controle da média móvel exponencialmente ponderada: aplicação na operação e monitoramento de uma estação de tratamento de esgoto. **Engenharia Sanitária e Ambiental.** Rio de Janeiro, v. 20, n. 4, out/dez. 2015.

PALADINI, E. P; *et al.* **Gestão da qualidade:** teoria e casos. 4^a reimpressão. Rio de Janeiro, Elsevier, 2005. 355 p.

PALADY, P. **FMEA: Análise dos Modos de Falha e Efeitos:** prevendo e prevenindo problemas antes que ocorram. 1 ed. São Paulo IMAM, 1997. 269p.

PEREIRA, A. L. N; LOPES, E. da S; DIAS, A. N. Análise técnica e de custo do *feller buncher* e *skidder* na colheita de madeira em diferentes produtividades do povoamento. **Ciência Florestal.** Santa Maria, v. 25, n. 4, p. 981-989, out/dez. 2015.

PICANCIO, A. C. S. **Gestão da qualidade aplicada à melhoria do processo de produção de carvão vegetal.** 70 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa/MG, 2011.

PLANO DIRETOR DO MUNICÍPIO DE CAMPO BELO DO SUL. Usina Hidrelétrica Barra Grande. Campo Belo do Sul, jan. 2004. Disponível em: <http://www.campobelodosul.sc.gov.br/uploads/492/arquivos/68952_0.207028001222182044_plano_diretor.pdf> Acesso em: 03 mar. 2017.

RABELO, M. H. S; SILVA, E. K; PERES, A. de P. Análise de Modos e Efeitos de Falha na avaliação dos impactos ambientais provenientes do abate animal. **Engenharia Sanitária e Ambiental**. Rio de Janeiro, v.19, n.1, jan./mar. 2014.

REIS, M. de. A; *et al.* Aplicação sistemática mecanizada de isca formicida granulada em eucaliptais em fase de manutenção. **Cerne**. Lavras/MG, v. 21, n. 3, p. 423-428. 2015.

REZENDE, J. L. P; *et al.* Avaliação da qualidade na colheita florestal semimecanizada. **Scientia Forestalis**. Piracicaba/SP, n. 57, p. 13-26, jun. 2000.

ROCHA, T. A. H; *et al.* Gestão de recursos humanos em saúde e mapeamento de processos – reorientação de práticas para promoção de resultados clínicos satisfatórios. **Revista de Administração Hospitalar e Inovação em Saúde**. Belo Horizonte/MG, v. 11, n. 3, 2014.

ROJANO, A. D. P; BUSTAMANTE, C. A. B. Mitigación de defectos en productos manufacturados. **Ingeniería y competitividad**. Cali, v. 17, n. 1. jan/jun. 2015.

ROSA, L. C. da. **Introdução ao Controle Estatístico de Processos**. Santa Maria: Ed. da UFSM, 2009. 152p.

ROSA, L. C. da.; GARRAFA, M. Análise dos modos de falha e efeitos na otimização dos fatores de produção no cultivo agrícola: subprocesso colheita da canola. **Gestão e Produção**. São Carlos, v. 16, n.1, p. 63-73, jan/mar. 2009.

ROOS, C; MORAES, J. A. R; ROSA, L. C. da. **Melhoria da qualidade dos serviços de transporte utilizando a ferramenta FMEA**. **Revista Gestão Industrial**. Ponta Grossa/PR, v. 4, n. 1, p. 148-159, 2008.

SAMPIETRO, J. A. *et al.* **Análise da qualidade de operações mecanizadas de colheita em corte raso de povoamentos de pinus**. IX Simpósio Brasileiro de Pós-Graduação em Ciências Florestais. Guarapari/ES, 2016.

SANTOS, G. T. dos; SCHUSTER, M. M; PRADELLA, S. Gestão da qualidade versus gestão por processos: metodologias unidas para dar maior competitividade à indústria. **Revista do Secretariado Executivo**. Passo Fundo/RS, p. 51-64, n. 9, 2013.

SANTOS, J. G. dos. Proposta de melhoria do processo de contratação de serviços de ti e da gestão dos contratos na administração pública federal. **Revista Eixo**, Brasília, v. 2, n. 1, 2013.

SANTOS, S. R. dos; MACIEL, A. J. da S. Proposta Metodológica Utilizando Ferramentas de Qualidade na Avaliação do Processo de Pulverização. **Engenharia Agrícola**. Jaboticabal, v. 26, n. 2, mai-ago. 2006.

SILVA, A. E. B. de C; CASSIANI, S. H. de B. **Prospective risk analysis of the anti-infective medication administration process**. **Revista Latino-Americana de Enfermagem**. Ribeirão Preto, vol.21, jan./feb. 2013.

SILVA, R. P. da; *et al.* Qualidade da colheita mecanizada de feijão (*Phaseolus vulgaris*) em dois sistemas de preparo do solo. **Revista Ciência Agronômica**. Fortaleza/CE, v. 44, n. 1, p. 61-69, jan-mar. 2013.

SILVA, R. P. da; *et al.* Variabilidade espacial e controle estatístico do processo de perdas na colheita mecanizada do algodoeiro. **Engenharia Agrícola**. Jaboticabal. v. 27. n. 3. p. 742-752. set./dez. 2007.

SOARES, P. R. C; *et al.* Pontos críticos do processo de produção de pisos maciços de madeira. **Ciência Florestal**, Santa Maria/RS, v. 22, n. 2, p. 353-363, abr.-jun. 2012a.

SOARES, P.R.C; *et al.* Avaliação dos pontos críticos na manufatura de pisos de madeira. **Scientia Forestalis**, Piracicaba/SP, v. 40, n. 95, p. 407-415, set. 2012b.

SOARES, P. R. C. Sistema de medição de performance para o controle de plantas invasoras em plantações florestais. **Revista Floresta**, Curitiba-PR, v. 45, n. 1, p. 175-184, jan./mar. 2015.

SOUZA, J. T. de; *et al.* Qualidade da madeira serrada proveniente árvores dominantes e médias de *Eucalyptus grandis* submetidas à secagem. **Cerne**, Lavras/MG, v. 18, n. 1, jan/mar. 2012.

SOUZA, N. D. de; *et al.* Avaliação da qualidade de portas de madeira maciça por meio de cartas de controle. **Ciência da Madeira (Brazilian Journal of Wood Science)**. [S.I], v. 5. n. 2. ago. 2014.

STAMATIS, D. H. **Failure mode and effect analysis: FMEA from theory to execution**. Wisconsin-USA: ASQ Quality Press, 1995.

SZYMCZAK, D. A; *et al.* Compactação do solo causada por tratores florestais na colheita de *Pinus taeda L.* na região sudoeste do Paraná. **Revista Árvore**. Viçosa/MG, v.38, n.4, p.641-648, 2014.

TEREZAN, L. H; BERNARDI, M.; SILVA, A. I. G. da. **Controle de Qualidade Florestal na Eldorado Brasil S.A.** In: Anais da 50^a Reunião Técnico-Científica do Programa Cooperativo sobre Silvicultura e Manejo. Série Técnica IPEF, v. 24 n. 45, 2016.

THIVEL, P. X; BULTEL, Y; DELPECH, F. Risk analysis of a biomass combustion process using MOSAR and FMEA methods. **Journal of Hazardous Materials**, Pohang, v. 151, n. 1, p. 221-231, feb. 2008.

TRINDADE, C.; OLIVEIRA, A. C.; RIBEIRO, G. T. **Controle de qualidade na empresa florestal**. Informe agropecuário, v.12, n.141, p.47-49,1986.

TRINDADE, C; *et al.* **Gestão e controle da qualidade na atividade florestal**. Viçosa-MG: Editora UFV, 2012. 253 p.

TRINDADE, C; *et al.* **Ferramentas da qualidade:** aplicação na atividade florestal. 2. ed. Viçosa-MG: Editora UFV, 2007. 158 p.

TRINDADE, C; *et al.* **Ferramentas da qualidade:** aplicação na atividade florestal. Viçosa: UFV, 2000. 124 p.

VEIT, C.W; *et al.* Gestão e melhoria da qualidade: o caso de uma empresa metalúrgica. **Revista Contabilidade, Ciência da Gestão e Finanças**. [S.I], v. 1. n. 1. p. 23-29. 2013.

VERAS, C. M. dos A. **Gestão da Qualidade**. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão. São Luis – Maranhão. 2009.

VIEIRA, G. C; *et al.* Custos operacionais e de produção na atividade mecanizada de corte florestal. **Nativa, Sinop. Pesquisas Agrárias e Ambientais**. v.4, n.5, p.342-346, set./out. 2016.

VIEIRA, S. **Estatística para a Qualidade:** como avaliar com precisão a qualidade em produtos e serviços. Rio de Janeiro: Campus, 1999. 198p.

VOLTARELLI, M. A; *et al.* Monitoring of mechanical sugarcane harvesting through control charts. **Engenharia Agrícola**. Jaboticabal, v. 35, n.6, nov./dez. 2015.

ZAMBRANO, T. F; MARTINS, M. F. Utilização do método FMEA para a avaliação do risco ambiental. **Gestão e Produção**. São Carlos, v. 14, n. 2, p. 295-309, mai-ago. 2007.

ZANFERRARI, P. M; *et al.* Desenvolvimento e aplicação de instrumento administrativo para orientação das pesquisas em Telefonoaudiologia. **Revista CEFAC**. São Paulo, v.18, n.2, mar./abr. 2016.

ANEXOS

ANEXO A - QUESTIONÁRIO UTILIZADO NAS ENTREVISTAS

Indicadores Críticos na Colheita Florestal

Mestranda: Bruna Martins Garcia

Orientador: Philipe R. C. Soares, Dr.

O projeto tem como objetivo avaliar a qualidade do processo de colheita florestal da empresa, com base em seus pontos críticos. Sendo assim, o questionário abaixo será utilizado na pesquisa, visando identificar melhorias no processo, trazendo benefícios tanto para empresa, quanto para colaboradores.

1) Quais os principais pontos críticos da colheita? (pode assinalar mais de uma alternativa)

- Altura de toco
- Danos às árvores remanescentes
- Comprimento das toras
- Sujeira na carga
- Árvores deixadas no talhão
- Outros. Qual?

1.1) Se você marcou a altura de toco como um ponto critico, em seu ponto de vista, quais as principais causas desta falha? (pode assinalar mais de uma alternativa)

- Treinamento de funcionários
- Maquinário
- Calibração da máquina
- Limpeza do sítio
- Relevo
- Outros. Qual?

1.2) Se você marcou os danos causados às árvores remanescentes como um ponto critico, em seu ponto de vista, quais as principais causas desta falha? (pode assinalar mais de uma alternativa)

- Treinamento de funcionários
- Maquinário
- Planejamento da operação

- Calibração da máquina
- Outro. Qual?

1.3) Se você marcou comprimento das toras como um ponto crítico, em seu ponto de vista, quais as principais causas desta falha? (pode assinalar mais de uma alternativa)

- Treinamento de funcionários
- Maquinário
- Calibração
- Espécie
- Poda
- Outro. Qual?

1.4) Se você marcou sujeira na carga como um ponto crítico, em seu ponto de vista, quais as principais causas desta falha? (pode assinalar mais de uma alternativa)

- Planejamento das operações silviculturais
- Treinamento de funcionários
- Clima
- Outro. Qual?

1.5) Se você marcou árvores deixadas no talhão como um ponto crítico, em seu ponto de vista, quais as principais causas desta falha? (pode assinalar mais de uma alternativa)

- Planejamento
- Acessibilidade ao local
- Maquinário
- Capacidade de carga
- Treinamento de funcionários
- Segurança
- Outro. Qual?

1.6) Se você marcou outro ponto crítico, em seu ponto de vista, quais as principais causas da falha indicada?