

UNESP  
Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”  
Faculdade de Engenharia  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção

EDSON MARCELO MIESSI MENTE

**APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DO PENSAMENTO ENXUTO NA  
REDUÇÃO DE PERDAS NA INDÚSTRIA SUCROENERGÉTICA:  
UM ESTUDO DE CASO**

BAURU – SP

2010

EDSON MARCELO MIESSI MENTE

APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DO PENSAMENTO ENXUTO NA  
REDUÇÃO DE PERDAS NA INDÚSTRIA SUCROENERGÉTICA:  
UM ESTUDO DE CASO

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Faculdade de Engenharia de Bauru da Universidade Estadual “Júlio de Mesquita Filho”, como requisito para obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Dr. Manoel Henrique Salgado

BAURU – SP

2010

**DIVISÃO TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO  
UNESP - BAURU**

Mente, Edson Marcelo Miessi.

Aplicação das ferramentas do pensamento enxuto na redução de perdas na indústria sucroenergética: um estudo de caso / Edson Marcelo Miessi Mente, 2010.

122 f.

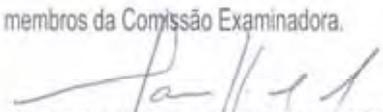
Orientador: Manoel Henrique Salgado

Dissertação (Mestrado)-Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia, Bauru, 2010

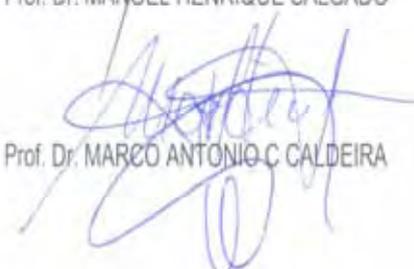
1. Pensamento enxuto. 2. Perdas. 3. Ferramentas da qualidade. 4. Agronegócio sucroenergético. I. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia. II. Título.

**ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE EDSON MARCELO MIESSI MENTE, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, DO(A) FACULDADE DE ENGENHARIA DE BAURU.**

Aos 13 dias do mês de agosto do ano de 2010, às 09:00 horas, no(a) ANFITEATRO DA PÓS-GRADUAÇÃO DA FACULDADE DE ENGENHARIA, reuniu-se a Comissão Examinadora da Defesa Pública, composta pelos seguintes membros: Prof. Dr. MANOEL HENRIQUE SALGADO do(a) Departamento de Engenharia de Produção / Faculdade de Engenharia de Bauru, Prof. Dr. MARCO ANTONIO C CALDEIRA do(a) Departamento de Computação / Faculdade de Ciências de Bauru, Prof. Dr. OTÁVIO JOSÉ DE OLIVEIRA do(a) Departamento de Engenharia de Produção / Faculdade de Engenharia de Bauru, sob a presidência do primeiro, a fim de proceder a arguição pública da DISSERTAÇÃO DE MESTRADO de EDSON MARCELO MIESSI MENTE, intitulado "APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DO PENSAMENTO ENXUTO NA REDUÇÃO DE PERDAS NA INDÚSTRIA SUCROENERGÉTICA: UM ESTUDO DE CASO". Após a exposição, o discente foi arguido oralmente pelos membros da Comissão Examinadora, tendo recebido o conceito final: APROVADO. Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que, após lida e aprovada, foi assinada pelos membros da Comissão Examinadora.



Prof. Dr. MANOEL HENRIQUE SALGADO



Prof. Dr. MARCO ANTONIO C CALDEIRA

Prof. Dr. OTÁVIO JOSÉ DE OLIVEIRA

## DEDICATÓRIA

Aos meus pais Evandro e Tereza,  
à minha esposa Fabiana e ao meu filho Eduardo,  
e aos meus irmãos Evandro, Evair, Ênio e Éder,  
dedico este projeto.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Professor Doutor Manoel Henrique Salgado, pela colaboração e apoio na condução deste projeto.

Aos Professores que contribuíram para ampliação dos meus conhecimentos neste curso.

Aos funcionários da pós-graduação da Faculdade de Engenharia da UNESP - Bauru.

Aos “engenheiros” Antônio Marchesini, Paulo Freitas e Paulo Viotto pelo incentivo.

Aos meus amigos da turma de Engenharia Química da UNICAMP EQ-90 pela inspiração.

*“Não se gerencia o que não se mede, não se mede o que não se define, não se define o que não se entende, não há sucesso no que não se gerencia.”*

William Edwards Deming

## RESUMO

O setor sucroenergético é muito importante para a economia brasileira, como fonte de geração de receitas, empregos e energia renovável. Em 2007, representou cerca de 1,7% do Produto Interno Bruto. No Brasil, a cana-de-açúcar é a matéria-prima principal do setor, para a produção de açúcar e etanol. A expansão do setor tem como consequência o surgimento de novas usinas e a ampliação das plantas já existentes. Neste contexto, as empresas têm conhecimento da necessidade de se tornarem mais competitivas. Assim, têm procurado investir na aplicação de ferramentas da qualidade, a fim de obter melhorias em seus sistemas de gestão. No processo de produção de etanol e açúcar, a partir de cana-de-açúcar, as operações agrícolas seguem o mesmo princípio das operações de manufatura, mantendo a lógica de entradas, processos de transformação e saídas, onde os insumos passam por um processo de transformação para tornarem-se produto. Um dos grandes efeitos da aplicação do Pensamento Enxuto é a redução de perdas, ou seja, a eliminação de atividades que não agreguem valor ao produto final. Pesquisas na gestão de operações do agronegócio, em especial em usinas sucroenergéticas, são recentes. Este trabalho tem por objetivo propor uma abordagem de implementação dos princípios do Pensamento Enxuto nas operações de uma usina de açúcar e etanol, procurando apresentar contribuições para o meio acadêmico e também para os gestores de operações de usinas açúcar e etanol. A questão da pesquisa foi analisada por meio de estudo de caso em uma usina sucroenergética, em especial, nas operações de corte, carregamento e transporte, com base na observação direta e análise de dados. Foram avaliadas as variações nas quantidades de cana-de-açúcar transportadas entre as áreas agrícolas e a usina, por meio de caminhões e reboques que provocam perdas por deslocamentos desnecessários. De maneira Geral, a aplicação de ferramentas do Pensamento Enxuto e, em especial, do ciclo *PDCA* se mostrou eficaz na redução de perdas nos processos de corte, carregamento e transporte de cana-de-açúcar. Com a redução da variação no peso das cargas transportadas, houve um aumento de cerca de 15% na carga média transportada, reduzindo, assim, as perdas durante o período de uma safra.

**Palavras-chave:** Pensamento Enxuto. Perdas. Ferramentas da Qualidade. Agronegócio Sucroenergético

## **ABSTRACT**

The sector of sugar and ethanol is very important for the Brazilian economy as a source of generating revenue, jobs and renewable energy. In 2007, it accounted for approximately 1.7% of Gross National Product. In Brazil, sugar cane is the main raw material of the sector for production of sugar and ethanol. The sector's expansion has resulted in the emergence of new plants and expansion of existing plants. In this context, companies are aware of the need to become more competitive. Thus, companies of this sector have sought to invest in the application of quality tools to achieve improvements in their management systems. In the process of production of ethanol and sugar from sugar cane, farming operations follow the same principle of manufacturing operations, keeping the logic inputs, processing and outputs where inputs go through a process of transformation to make product. One of the major effects of applying Lean Thinking is to reduce waste through the elimination of activities that do not add value to the final product. Researches in operations management in agribusiness, especially ethanol and sugar plants are recent. The aim of this study is to propose an implementation approach of the Lean Principles in the operations of a sugar and ethanol plant, seeking present contributions for the academic and also for managers of operations of sugar and ethanol plants. The issue of research was analyzed by means of a case study in a sugar an ethanol plant, particularly in cutting, loading and transport, on the basis of direct observation and analysis of data. This study evaluated the variations in quantities of sugar cane transported between the agricultural areas and the plant by means of trucks and tows which cause wastes by unnecessary displacements. In general, the application of the tools of Lean Thinking and, in particular, the PDCA cycle was effective in reducing wastes in the processes of cutting, loading and transport of sugar cane. By reducing the variation in weight of cargo carried, there was an increase of about 15% in average load transported, thus reducing the wastes during the period of one harvest.

**Keywords:** *Lean Thinking. Wastes. Quality Tools. Agribusiness of sugar and ethanol.*

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa da produção do setor sucroenergético .....	23
Figura 2: Participação de produção de cana-de-açúcar por Estado - Safra 2008/2009 .....	24
Figura 3: Comparativo da evolução de vendas de autoveículos por tipo de combustível no Brasil .....	27
Figura 4: Matriz energética brasileira e mundial.....	33
Figura 5: Custo da produção agrícola sucroenergética.....	36
Figura 6: Operações agrícolas da produção de cana-de-açúcar.....	37
Figura 7: Fluxo de operações do CCT em usinas sucroenergéticas.....	41
Figura 8: Sequenciamento de operações em frente de cana inteira .....	42
Figura 9: Veículos para transporte de cana-de-açúcar .....	45
Figura 10: Princípio do não-custo.....	52
Figura 11: Sistema Toyota de Produção .....	58
Figura 12: Conceito <i>Jidoka</i> .....	64
Figura 13: Conjugação dos Tipos de utilização do Ciclo <i>PDCA</i> .....	68
Figura 14: Ciclo <i>PDCA</i> .....	69
Figura 15: Diagrama de Ishikawa.....	71
Figura 16: O princípio de Pareto - a maior parte dos efeitos é produzida por um número pequeno de causas.....	72
Figura 17: Ferramentas de Controle de Qualidade .....	73
Figura 18: Ilustração das análises efetuadas individualmente para cada agrupamento Tipo de caixa de carga, variedade e número do corte da cana.....	85
Figura 19: Diagrama de Causa e efeito. (Diagrama de ishikawa).....	87
Figura 20: Gráfico de Pareto. Estratificação das quantidades transportadas pelos tipos de caixas de carga.....	89
Figura 21: Gráfico sequencial mostrando variação do peso dos reboques 2EB, com 1º corte e variedade RB 855453.....	90

Figura 22: Modelo de Procedimento Operacional Padrão.....	93
Figura 23 Gráfico ilustrando a identificação de lacunas ou perdas.....	96
Figura 24 Gráfico sequencial, mostrando variação do peso dos reboques 2EB, com 1º corte e variedade RB 855453.....	98
Figura 25: Ilustração da tonelagem de carga transportada para mesmo tipo de caixa de carga, variedade de cana e número de corte.....	99
Figura 26: Evolução da tonelagem média transportada pelos veículos por viagens, mostrando variação do com 1º corte e variedade RB 855453 .....	101

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Dados consolidados da produção de sucroenergética no Brasil, por safra .....	22
Tabela 2: Principais países produtores de açúcar, em mil toneladas.....	28
Tabela 3: Principais países exportadores de açúcar, em mil toneladas.....	29
Tabela 4: Principais países consumidores de açúcar, em mil toneladas .....	30
Tabela 5: Oferta Interna de Energia .....	32
Tabela 6: Capacidade de carga dos veículos utilizados no transporte de cana.....	46
Tabela 7: Nivelamento da produção de 5 modelos.....	65
Tabela 8: Caracterização dos equipamentos de transporte de cana.....	81
Tabela 9: Estratificação da quantidade transportada pelos tipos de caixa de carga.....	81
Tabela 10: Estratificação da quantidade transportadas por Número de corte.....	82
Tabela 11 Estratificação da Variedade e da quantidade da cana transportada .....	83
Tabela 12: Descrição do grupo analisado .....	84
Tabela 13: Controle do desempenho diário dos operadores de carregamento.....	94
Tabela 14: Análise das perdas identificadas no transporte de cana-de-açúcar do Reboque 2EB e Corte número 1.....	96
Tabela 15: Análise envolvendo perdas em toneladas e potenciais ganhos em reais, para variação na carga média do peso dos reboques 2EB, com 1º corte e variedade RB 855453.....	98
Tabela 16: Resumo lacunas financeiras identificadas.....	100
Tabela 17: Análise das perdas identificadas no transporte de cana-de-açúcar do Reboque 2 EB.....	115
Tabela 18: Análise das perdas identificadas no transporte de cana-de-açúcar do Reboque SC 8 M CA.....	116

Tabela 19: Análise das perdas identificadas no transporte de cana-de-açúcar do Reboque 4 EA .....	117
Tabela 20: Análise das perdas identificadas no transporte de cana-de-açúcar do Reboque SC 8M CP .....	118
Tabela 21: Análise das perdas identificadas no transporte de cana-de-açúcar do Reboque SC 7M CB .....	119
Tabela 22: Análise das perdas identificadas no transporte de cana-de-açúcar do Reboque 2 EA .....	120
Tabela 23: Análise das perdas identificadas no transporte de cana-de-açúcar do Reboque SC 8M CB .....	121
Tabela 24: Cálculo ganho obtido comparando-se safra 2006 x 2007 .....	122

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Os números do setor sucroenergético, dados referentes à safra 2007/2008 .....	21
Quadro 2: Veículos e composições usuais para o transporte de cana .....	44
Quadro 3: Noção de Ideal da Toyota .....	50
Quadro 4: Parâmetros da abordagem em massa e enxuta.....	53
Quadro 5: Caracterização do conceito do PE por vários autores.....	56
Quadro 6: Grupos definidos para análise dos dados.....	79
Quadro 7: Causas Identificadas na análise do processo de identificação de perdas .....	91
Quadro 8: Plano de Ação elaborado para neutralizar as causas mais impactantes .....	92
Quadro 9: Sete perdas de Ohno (1988) e as perdas identificadas nos processo de CCT da Usina em estudo.....	95

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

Al	-	Alumínio
CCT	-	Corte, Carregamento e Transporte
CO <sub>2</sub>	-	Gás Carbônico
Consecana	-	Conselho dos Produtores de Cana, Açúcar e Etanol do Estado de São Paulo
CTC	-	Centro de Tecnologia Canavieira
ERP	-	<i>Enterprise Resource Planning</i>
IBGE	-	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
JIT	-	<i>Just-in-time</i>
m <sup>3</sup>	-	metros cúbicos
MAPA	-	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
Mn	-	manganês
MWm	-	<i>Megawatts médios</i>
Na	-	sais de sódio
OIA	-	Organização Internacional Agropecuária
PE	-	Pensamento Enxuto
PDCA	-	<i>Plan, Do, Check, Act</i>
Proetanol	-	Programa Nacional do Etanol
RIDESA	-	Rede Interuniversitária para Desenvolvimento do Setor Sucroalcooleiro
STP	-	Sistema Toyota de Produção
TQC	-	<i>Total Quality Control</i>
UNICAMP	-	Universidade Estadual de Campinas
USDA	-	United States Department of Agriculture

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>16</b>
1.1 Justificativa .....	17
1.2 Formulação do Problema .....	18
1.3 Objetivos .....	18
1.4 Estrutura do trabalho .....	18
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>20</b>
2.1 Panorama e importância do setor sucroenergético .....	20
2.1.1 A matéria-prima cana-de-açúcar .....	21
2.1.2 Etanol .....	24
2.1.3 Açúcar .....	27
2.1.4 Matriz Energética e Bioeletricidade .....	30
2.2 Peculiaridades das usinas de açúcar e etanol .....	35
2.3 Operações do agronegócio da cana-de-açúcar .....	37
2.3.1 Operações agrícolas da cana-de-açúcar.....	37
2.3.1.1 Preparo do solo .....	37
2.3.1.2 Plantio .....	39
2.3.1.3 Tratos culturais, Irrigação, Colheita.....	39
2.3.1.4 O sistema de corte, carregamento e transporte .....	40
2.3.2 Processos logísticos da cana-de-açúcar.....	47
2.4 Pensamento Enxuto .....	49
2.4.1 Conceitos de Pensamento Enxuto .....	49
2.4.2 Princípios e conceitos fundamentais do pensamento enxuto.....	51
2.4.3 Sistema Toyota de Produção .....	57
2.4.3.1 <i>Just-in-time</i> .....	59
2.4.3.2 Jidoka .....	63
2.4.3.3 <i>Heijunka</i> .....	65
2.4.3.4 <i>Kaizen</i> .....	66

2.4.3.5 O ciclo <i>PDCA</i> .....	67
<b>3 MÉTODO DA PESQUISA .....</b>	<b>76</b>
<b>4 ESTUDO DE CASO .....</b>	<b>78</b>
4.1 Caracterização das variáveis utilizadas no estudo de caso.....	78
4.1.1 Quantidade Total de Cana Transportada.....	80
4.1.2 Características dos Tipos de Caixas de carga (Reboques) e utilizadas no composições transporte de cana.....	81
4.1.3 Número de Cortes da cana-de-açúcar.....	82
4.1.4 Variedade da cana-de-açúcar transportada.....	82
4.1.5 Características das variáveis de maior representatividade no transporte de cana-de-açúcar e formação de agrupamentos para análise das perdas.....	84
4.2 Identificação das causas da variabilidade dos pesos das caixas de carga.....	85
<b>5 ANÁLISE DOS DADOS E RESULTADOS .....</b>	<b>88</b>
5.1 Identificação e descrição de ferramentas do Pensamento Enxuto utilizadas para redução de perdas nos processos de Corte, Carregamento e Transporte – CCT.....	88
5.2 Análise das sete grandes perdas propostas na literatura e sua correlação nos processos de CCT.....	94
5.3 Análise e quantificação das perdas nos processos de CCT.....	95
5.3.1 Quantificação das perdas.....	95
5.3.2 Transformação das perdas em termos de lacunas financeiras.....	97
5.3.3 Resumo das perdas para todos os agrupamentos.....	100
5.3.4 Comparação do desempenho da safra 2006 com a safra 2007.....	101
5.4 Considerações sobre os resultados e proposições.....	102
<b>6 CONCLUSÃO .....</b>	<b>104</b>

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....106**

ANEXO I – Identificação de Perdas .....115

ANEXO II – Cálculo dos Ganhos Obtidos, comparando-se as safra 2006 e  
2007.....122

## 1 INTRODUÇÃO

O setor sucroenergético é de grande importância para a economia brasileira, como fonte de geração de receitas, empregos e energia renovável. Em 2007, representou 1,76% do Produto Interno Bruto. No Brasil, a cana-de-açúcar é o principal insumo do setor, para a produção de açúcar e etanol. A expansão do setor tem como consequência o surgimento de novas usinas e a ampliação das plantas já existentes (UNICA, 2009).

Neste contexto, as empresas têm conhecimento da necessidade de se tornarem mais competitivas. Para tanto, têm procurado investir na aplicação de ferramentas da qualidade, a fim de obter melhorias em seus sistemas de gestão.

Na realidade, procuram formas de reduzir custos, mantendo um nível de atendimento, no mínimo, satisfatório para o cliente e que lhe possibilite continuar fazendo parte desse sistema. Aliás, a questão dos custos é de fundamental importância para a sobrevivência da empresa no mercado.

Devido à sazonalidade da oferta do etanol, por exemplo, e tendo em vista a impossibilidade de se manter estoques, o preço do produto reduz, diminuindo o lucro do produtor, afetando sua capacidade de pagamento de fornecedores e empréstimos.

Segundo a União da Indústria de Cana-de-Açúcar (UNICA, 2009), em 2007/2008, a produção de cana-de-açúcar chegou a 490 milhões de toneladas, foram produzidas 30,7 milhões de toneladas de açúcar, 22,5 bilhões de litros de etanol e gerados 1.800 MW médios de bioeletricidade.

As estimativas para 2015/2016 são de uma produção de 829 milhões de toneladas de cana-de-açúcar, 41,3 milhões de toneladas de açúcar, 46,9 bilhões de litros de etanol e geração de 11.500 MW médios de bioeletricidade, em apenas oito anos; portanto, a produção de etanol será multiplicada por dois e a bioeletricidade vai registrar aumento de quase 600% (UNICA, 2009).

Em um mercado tão promissor, novos investidores devem surgir, aumentando ainda mais a competição no setor. Importante destacar a tendência mundial por fontes de energia menos poluidoras, possibilitando maior participação do biocombustível, em substituição a tipos mais agressivos ao meio-ambiente.

Considerando que nesse complexo mercado, o nível de competição é fator primordial para o desempenho das usinas, a implementação de uma gestão de mais qualidade e profissionalizada pode colaborar para que a empresa tenha maior poder de competitividade no mercado e, conseqüentemente, obter melhores resultados.

## **1.1 Justificativa**

Nos últimos anos, a introdução de novas tecnologias de produção de açúcar e etanol impulsionou o agronegócio brasileiro tornando-o competitivo mundialmente em termos de custo e qualidade. O setor sucroenergético fatura de forma direta e indireta, cerca de R\$ 51 bilhões por ano, correspondendo a 1,76% do PIB. São gerados cerca de 4,5 milhões de empregos diretos e indiretos (BRASIL, 2007). Diante da sua importância para o agronegócio brasileiro este estudo pode contribuir para a evolução e melhoria competitiva desse setor.

No sistema de produção de açúcar e etanol, a partir de cana-de-açúcar, as operações agrícolas seguem o mesmo princípio das operações de manufatura, mantendo a lógica de entradas, processos de transformação e saídas, como proposto por Slack, Chambers e Johnston (2002), onde os insumos passam por um processo de transformação para se tornarem produto.

A manufatura industrial reúne três modelos de produção: artesanal, massa e enxuta. Na artesanal, têm-se profissionais altamente especializados; na produção em massa, máquinas e equipamentos especializados para tarefas únicas e a produção enxuta, que combina as vantagens da artesanal (variedade de produtos) com a de massa (baixo custo de produção) e com operadores multiqualificados com máquinas flexíveis (GIANNINI, 2007).

Para quaisquer que sejam as operações de manufatura, o ideal é que elas sejam otimizadas. O Pensamento Enxuto almeja a perfeição, buscando custos declinantes, redução de itens com defeitos, baixos níveis de estoque e variedade de produtos (WOMACK; JONES; ROOS, 1992).

Um dos grandes efeitos da aplicação do Pensamento Enxuto é a redução de perdas, ou seja, a eliminação de atividades que não agreguem valor ao produto final (WOMACK; JONES; ROOS, 1992).

Pesquisas na gestão de operações do agronegócio, em especial de produção de etanol, são recentes (UNICA, 2009). Algumas das pesquisas estão mais

direcionadas, de acordo com Yamada (1999), para questões de simulação computacional e em situações específicas mais voltadas à logística.

Identificou-se a necessidade de estudos que demonstrem como ferramentas de gestão, em especial, do Pensamento Enxuto, que podem beneficiar as operações da produção de açúcar e etanol, reduzindo perdas e melhorando os resultados do negócio, já que existe uma carência em relação a esse tipo de pesquisa.

## **1.2 Formulação do Problema**

O presente trabalho, a partir de análises e observações do autor sobre aplicação das ferramentas do Pensamento Enxuto no agronegócio, está orientado para responder à seguinte questão de pesquisa:

**Como os princípios do Pensamento Enxuto podem ser aplicados nas operações de uma usina de açúcar e etanol?**

## **1.3 Objetivo**

Desta forma, o objetivo principal deste trabalho é propor uma abordagem de implementação dos princípios do Pensamento Enxuto nas operações de uma usina de açúcar e etanol, em especial nas operações de Corte, Carregamento e Transporte – CCT, procurando apresentar contribuições para o meio acadêmico e também, para os gestores de operações de usinas de açúcar e etanol.

## **1.4 Estrutura do trabalho**

No intuito de atender aos objetivos propostos, além deste primeiro capítulo, este trabalho está estruturado em mais quatro, descritos da seguinte forma:

O capítulo 2 - abrange a revisão bibliográfica sobre as peculiaridades das usinas de açúcar e etanol, operações do agronegócio da cana-de-açúcar e conceitos e ferramentas do Pensamento Enxuto.

No capítulo 3 - a partir dos conceitos teóricos da seção 2, é descrito o método de pesquisa a ser efetuado na usina de açúcar e etanol.

No capítulo 4 – o estudo de caso sobre a usina de açúcar e etanol é apresentado.

No capítulo 5 – são relatados os resultados da aplicação da pesquisa efetuada na usina, descrevendo os resultados e analisando-os conforme a teoria de base do capítulo 2.

No capítulo 6 - apresentam-se as conclusões obtidas por meio do desenvolvimento deste trabalho.

No final deste trabalho encontram-se as referências bibliográficas utilizadas em seu desenvolvimento.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

Este capítulo apresenta os fundamentos para o desenvolvimento desta dissertação. O foco é agrupar o referencial teórico, de forma a proporcionar ao leitor a contextualização da problemática, que contribuirão para responder à questão da pesquisa. Inicialmente, discute-se o setor sucroenergético e uma visão geral das operações que envolvem uma usina de produção de açúcar e etanol. Posteriormente, apresentam-se os princípios do Pensamento Enxuto e suas características.

### **2.1 Panorama e importância do setor sucroenergético**

O agronegócio sucroenergético vem, ao longo desta década, não só gerando divisas para o país, mas também desenvolvimento, envolvendo iniciativas relevantes tanto para os trabalhadores da área como para uma extensa rede que envolve fornecedores de máquinas, equipamentos, materiais, insumos e sistemas para o setor.

O setor fatura, direta e indiretamente, cerca de R\$ 51 bilhões por ano, o que corresponde a aproximadamente 1,76% do PIB nacional. É, também, um dos setores que mais empregam no país, com mais de 4,5 milhões de empregos diretos e indiretos e reúne mais de 72.000 agricultores (BRASIL, 2007).

Atualmente, o Brasil é o maior produtor mundial de açúcar e o segundo exportador de etanol. O setor sucroenergético é o terceiro maior exportador do país, perdendo apenas para a soja e a carne, exercendo forte influência na determinação dos preços internacionais do açúcar. Além dos produtos derivados da produção de açúcar e etanol, quando se olha para a cadeia do agronegócio da cana-de-açúcar, verificam-se números relevantes para a economia nacional (REIMBERG, 2009).

A produção da safra 2007/2008 atingiu o volume recorde de 490 milhões de toneladas, processadas em mais de 370 usinas, todas elas auto-suficientes na produção de energia. Ao final da safra 2007/2008, a cana ocupava 7,8 milhões de hectares, equivalentes a 2,3% das terras cultiváveis no Brasil.

O Quadro 1 apresenta um resumo com números do setor sucroenergético nacional.

---

Movimenta:	R\$ 51 bilhões (Produção)
Representa:	1,76 % do PIB
Gera:	4,5 milhões de empregos diretos e indiretos
Envolve:	72.000 agricultores
Moe:	490 milhões de toneladas de cana
Produz:	32 milhões de toneladas de Açúcar
Produz:	27 bilhões de litros de Etanol
Exporta:	20 milhões de toneladas de açúcar / US\$ 9 bilhões
Exporta:	5 bilhões de litros de Etanol / US\$ 2,2 bilhões
Recolhe:	R\$ 13 bilhões em impostos e taxas
Investe:	R\$ 6 bilhões/ano
Compõem-se de:	373 Usinas e Destilarias (em operação + projetos)
Área cultivada	7,8 milhões de hectares – 2,3% área cultivável

---

**Quadro 1: Os números do setor sucroenergético, dados referentes à safra 2007/2008**

Fonte: Unica (2009).

O segmento de produtos industriais derivados do agronegócio sucroenergético cresceu cerca de 3,5%, em 2007, destacando-se os derivados da cana-de-açúcar, com crescimento de 6,4%, impulsionados pelo aumento das exportações de etanol, em 11,4%, em face de uma tendência do uso de etanol como alternativa ao petróleo, concomitante ao crescimento da utilização de etanol no mercado nacional, dada a ampliação da frota de veículos com motor *flex fuel* (bicombustível), segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2008).

### 2.1.1 A matéria-prima cana-de-açúcar

O agronegócio brasileiro de cana-de-açúcar é o maior do mundo, com aproximadamente 560 milhões de toneladas, seguido da Índia, com 300 milhões de toneladas. Abaixo de 100 milhões de toneladas, figuram China, Austrália, Tailândia (UNICA, 2009).

Os dados do Anuário Estatístico da Agroenergia (BRASIL, 2009), apontam a produção de cana no Brasil, na safra 2008/2009, na faixa de 560 milhões de toneladas, superando em 12% a safra anterior, que foi de 490 milhões de toneladas. Da mesma maneira, a área ocupada pela cultura, em 2008, foi de 8,92 milhões de hectares de área plantada e 8,14 milhões de hectares de área colhida; um crescimento de 11,5%, quando comparada ao mesmo período da safra 2007. No que tange a esse total, 88,8% (500 milhões de hectares) estão na região Centro-Sul e os 11,2% (63 milhões de hectares) restantes, na região Norte/Nordeste, como se pode observar na Tabela 1.

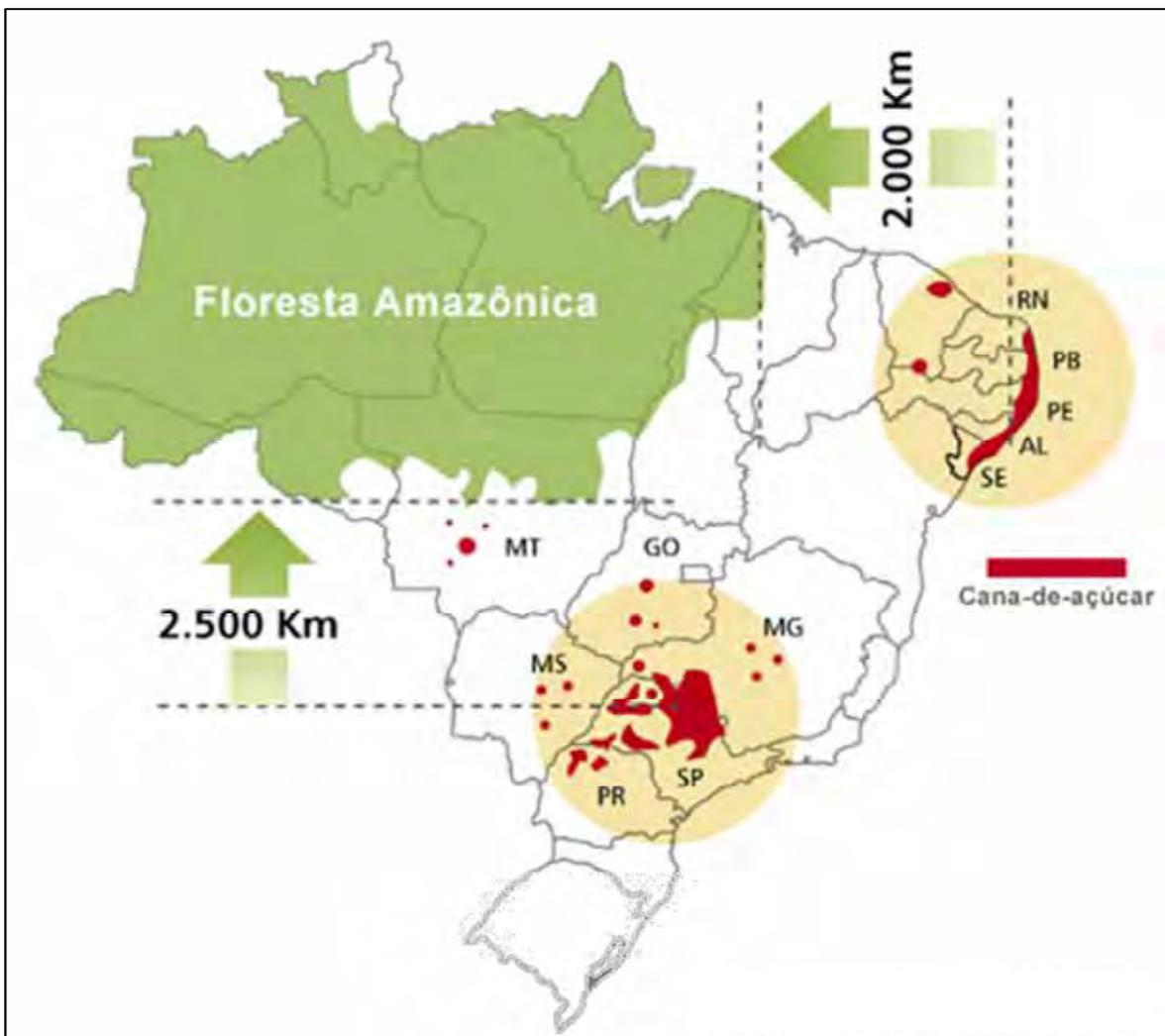
Na região Centro-Sul do país, na safra 2008/09, a produção foi de 500 milhões de toneladas de cana, volume 13,7% acima dos 431 milhões de toneladas da safra 2007/08, segundo levantamento do Anuário Estatístico da Agroenergia (BRASIL, 2009), apresentado na Tabela 1.

**Tabela 1: Dados consolidados da produção de sucroenergética no Brasil, por safra**

SAFRA 2007/2008							
REGIÃO	CANA MOÍDA (t)			ÁLCOOL (m³)			AÇÚCAR (t)
	Própria	Fornecedores	Total	Anidro	Hidratado	Total	Total
Centro-Sul	244.233.597	186.999.919	431.233.516	7.413.769	12.838.852	20.252.621	26.472.055
Norte / Nordeste	40.334.115	24.275.561	64.609.676	1.050.751	1.142.607	2.193.358	4.825.564
Brasil	284.567.712	211.275.480	495.843.192	8.464.520	13.981.459	22.445.979	31.297.619
SAFRA 2008/2009							
REGIÃO	CANA MOÍDA (t)			ÁLCOOL (m³)			AÇÚCAR (t)
	Própria	Fornecedores	Total	Própria	Fornecedores	Total	Total
Centro-Sul	273.649.860	226.518.802	500.168.662	8.541.557	16.665.712	25.207.269	27.059.421
Norte / Nordeste	38.833.497	24.636.365	63.469.862	1.081.463	1.294.005	2.375.468	4.276.409
Brasil	312.483.357	251.155.167	563.638.524	9.623.020	17.959.717	27.582.737	31.335.830

Fonte: MAPA / Brasil (2009).

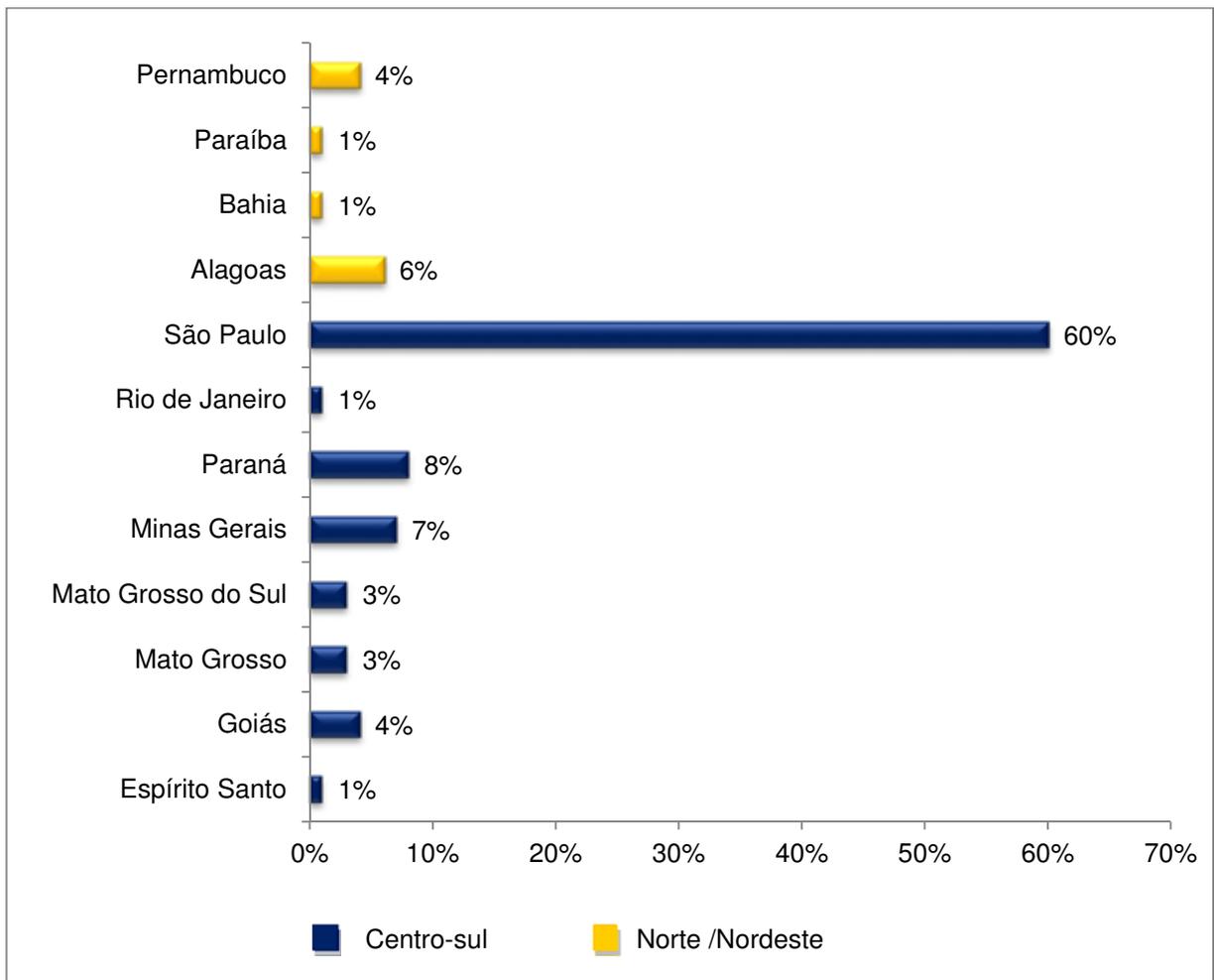
A Figura 1 mostra, em vermelho, as áreas onde se concentram as plantações e usinas produtoras de açúcar, etanol e bioeletricidade, segundo dados oficiais do IBGE, UNICAMP (Universidade Estadual de Campinas – SP) e do Centro de Tecnologia Canavieira (CTC) (UNICA, 2009). Na safra 2008/09, o Estado de São Paulo aparece como o maior produtor nacional de cana (60%), seguido pelo Paraná (8%), Minas Gerais (7%), Alagoas (6%), Goiás (4%) e Pernambuco (4%) (Figura 1 ).



**Figura 1: Mapa da produção do setor sucroenergético**

Fonte: NIPE-Unicamp, IBGE, CTC (*apud* ÚNICA, 2009).

Os demais Estados aparecem com pequenas produções (BRASIL, 2009). Entretanto, é importante ressaltar que Mato Grosso e Mato Grosso do Sul são Estados promissores, uma vez que possuem clima e topografia adequados ao plantio da cana. Estes Estados têm recebido grandes investimentos direcionados à construção de novas unidades e, portanto, num futuro próximo, terão participação significativa na produção nacional (TEIXEIRA, 2006).



**Figura 2: Participação de produção de cana-de-açúcar por Estado - Safra 2008/2009**

Fonte: Brasil (2009).

### 2.1.2 Etanol

O etanol é o combustível renovável mais produzido e consumido no mundo. Entre 2000 e 2008, a produção mundial mais que dobrou. Apesar do interesse crescente pelos combustíveis renováveis, o comércio internacional de etanol ainda é

pequeno, movimentando cerca de 5 bilhões de litros, devido às restrições impostas, principalmente pelos países desenvolvidos (UDOP, 2009).

Recentemente, o etanol vive sob intensas polêmicas, por conta da decisão dos países desenvolvidos de substituir uma pequena parte do petróleo por bicomcombustíveis. Os Estados Unidos aprovaram lei que prevê a substituição de 15% da gasolina por etanol (136 bilhões de litros em 2022, mais de seis vezes a atual produção brasileira). A Comissão Européia, por sua vez, propõe substituir 10% dos combustíveis fósseis por renováveis. Apesar dessas leis e determinações, a princípio positivas, são acrescentadas altas tarifas de importação, barreiras não tarifárias e argumentos desprovidos de bases científicas que, somados, inibem o avanço do etanol de cana-de-açúcar no mercado internacional (UNICA, 2009).

No Brasil, dois grandes fatores impulsionam o sucesso: a mistura obrigatória à gasolina e a expansão do mercado de carros *flex*. A especificação da mistura no Brasil autoriza um teor de 20 a 25% de etanol anidro na gasolina, definido pela relação de oferta e demanda. Aproximadamente nove, em cada dez carros novos, adotam a nova tecnologia (UDOP, 2009).

De acordo com a Unica (2009), em março de 2008, o consumo de etanol ultrapassou o de gasolina, passando a representar mais de 50% do combustível líquido utilizado nos veículos leves no Brasil. Ao final de 2008, a produção foi de 19.584 milhões de litros; essa produção e utilização ajudam a reduzir as emissões de gases causadores do efeito estufa e os motoristas podem comprá-lo, em praticamente, qualquer um dos 33 mil postos de combustíveis do país.

Ao final de 2008, a produção de carros *flex* superou 2 milhões de veículos *flex* vendidos, segundo a UDOP (2009).

Aproximadamente 25% da frota brasileira de automóveis e veículos comerciais leves serão *flex*, percentual que deve subir para 50%, em 2012, e 65%, em 2015. A indústria automobilística faz pesados investimentos nessa tecnologia: dez montadoras oferecem mais de 60 modelos de carros *flex* a preços equivalentes às versões movidas à gasolina (UNICA, 2009).

No Brasil, o uso do etanol está limitado, atualmente, aos veículos leves. Estuda-se a possibilidade de utilização no transporte público, em ônibus movidos por uma mistura de 95% de etanol e 5% de um aditivo promovedor de ignição (E-95). O

estudo está baseado em um projeto-piloto, coordenado pelo Centro Nacional de Referência em Biomassa, Cenbio (UNICA, 2009).

A tecnologia de motores bi-combustíveis já está consolidada e vários países se interessam em adicionar o etanol à gasolina, como forma de reduzir suas emissões de carbono geradas pela queima de combustíveis fósseis, cujos gases poluentes são provocadores do aquecimento global. Além de poder ser misturado à gasolina, o etanol é uma fonte limpa e renovável de energia (BRASIL, 2009).

Diante do aumento de preços e perspectiva de oferta ajustada de petróleo, o etanol fabricado da cana-de-açúcar aparece como uma das alternativas mais competitivas no mundo, quando comparado a outras fontes. Investimentos vêm sendo feitos em grande escala para desenvolver o setor sucroalcooleiro, com o ingresso crescente de investidores estrangeiros, que vêm no Brasil a possibilidade de que o país seja o novo fornecedor mundial de energia (BRASIL, 2009).

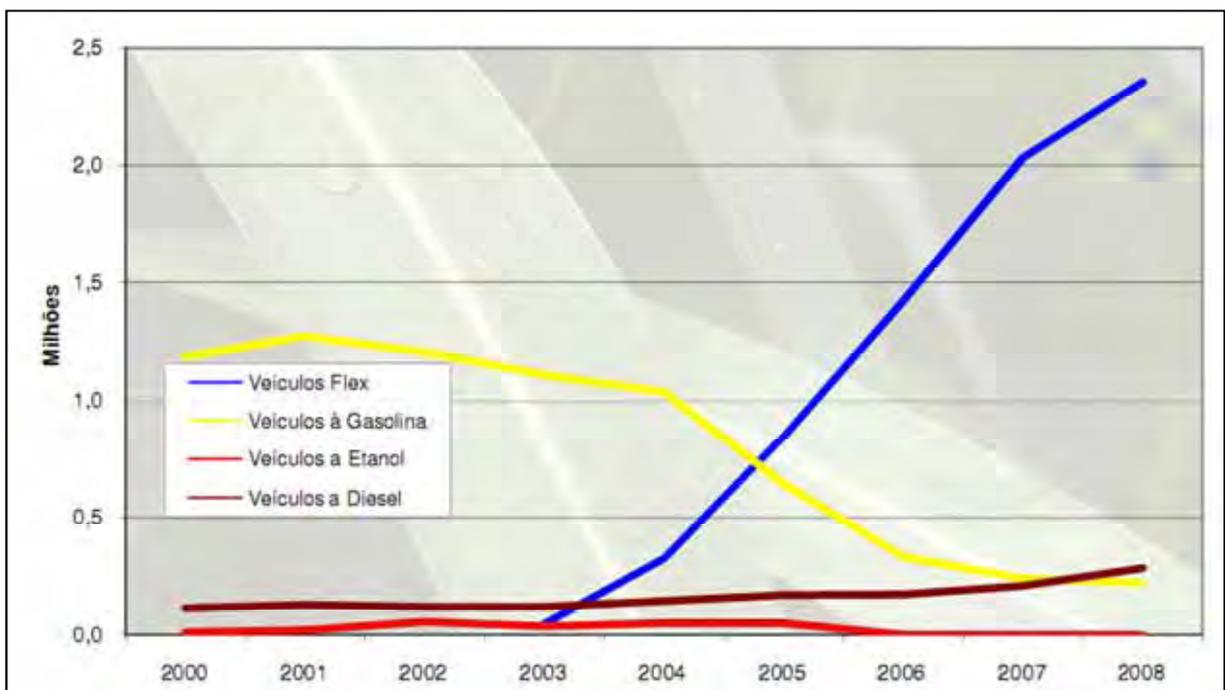
Com relação às comparações internacionais, o Brasil é o maior exportador mundial de etanol, com 5,12 bilhões de litros exportados em 2008. Além disso, o país é o segundo maior produtor mundial de etanol, com 36% do total produzido, ficando atrás, apenas, dos Estados Unidos que lideram o *ranking* com 39% (BRASIL, 2009).

Os Estados Unidos não são auto-suficientes e absorveram mais de 50% das exportações brasileiras em 2008, apesar de serem os maiores produtores de etanol do mundo (BRASIL, 2009). Esse país possui altos custos de produção do etanol derivado do milho e, além disso, já atingiu o limite de ocupação territorial para suas lavouras desse produto. Por outro lado, o Brasil, além de possuir custo de produção do etanol inferior ao norte-americano, possui também, disponibilidade de terras para expandir a área ocupada com a cana, que hoje, é de 8,92 milhões de hectares, equivalente a apenas 1% do território nacional (BRASIL, 2009).

A principal atratividade de substituição de óleo diesel pelo etanol é o grande potencial de ganhos para o meio ambiente. Estima-se que a troca de mil ônibus movidos a diesel, por modelos movidos a etanol, reduziria as emissões de CO<sub>2</sub> em quase 96 mil toneladas por ano, equivalentes às emissões de 18 mil automóveis movidos à gasolina. Outra importante conquista é a eliminação da emissão das partículas tóxicas que compõem a fumaça emitida por motores a diesel (STRAPASSON, 2007).

A partir de 2003, a venda de automóveis bicombustível atingiu o patamar de 6,4 milhões de unidades, com participação nas vendas de autoveículos superiores a 95% do total, em 2008 (ANFAVEA, 2008).

A Figura 3 ilustra a evolução de vendas de autoveículos por tipo de combustível no Brasil, entre 2000 e 2008.



**Figura 3: Comparativo da evolução de vendas de autoveículos por tipo de combustível no Brasil**

Fonte: UDOP (2009).

### 2.1.3 Açúcar

Em relação ao açúcar, mais de 125 países importam açúcar do Brasil, maior produtor e exportador do mundo, responsável por cerca de 20% da produção e 35% das exportações contabilizadas internacionalmente. A produção nacional em 2007/2008, foi de 30,7 milhões de toneladas. Pouco menos de dois terços dessa produção foram para o mercado internacional, sendo que o açúcar bruto representou mais de 65% das vendas ao exterior (UNICA, 2009).

O Brasil exportou dois terços do açúcar produzido no país, cerca de 18,6 milhões de toneladas, das quais 65% deste montante refere-se ao açúcar bruto.

O Brasil é também, o maior produtor e exportador mundial de açúcar e, em conjunto com a Austrália e alguns países da América Central e do Sul, é um dos poucos países a exportar mais do que o consumo doméstico (Tabela 2 e 3). O país é responsável por 40% das exportações mundiais de açúcar.

**Tabela 2: Principais países produtores de açúcar, em mil toneladas**

	2004	2005	2006	2007	2008
<b>Brasil</b>	26.377	28.134	31.620	33.200	32.290
<b>União Européia</b>					
<b>Índia</b>	10.912	9.785	10.680	10.680	15.800
<b>China</b>	21.845	21.697	18.100	18.100	15.010
<b>Estados Unidos</b>	7.462	4.588	5.650	5.650	8.050
<b>México</b>	7.647	6.783	7.030	7.030	7.000
<b>Austrália</b>	5.671	5.619	5.410	5.410	5.750
<b>Tailândia</b>	5.530	5.393	4.730	4.730	4.900
<b>Paquistão</b>	4.480	2.838	3.260	3.260	3.900
<b>Cuba</b>	2.600	1.300	1.275	1.275	1.500
<b>Outros Países</b>	41.311	39.962	42.070	42.070	47.777
<b>TOTAL</b>	148.267	141.314	152.175	152.175	161.527

Fonte: USDA e OIA (*apud* Brasil 2009, p. 58).

Em 2008, as exportações brasileiras desse produto foram de 19,47 milhões de toneladas; em relação à safra de 2008/2009, o Brasil já totalizou 21,14 milhões de toneladas de açúcar exportado (BRASIL, 2009).

**Tabela 3: Principais países exportadores de açúcar, em mil toneladas**

	2004	2005	2006	2007	2008
<b>Brasil</b>	16.294	18.399	19.530	20.530	20.128
<b>Tailândia</b>	4.893	3.305	2.290	4.740	5.550
<b>Austrália</b>	4.315	4.238	4.150	3.910	4.045
<b>Guatemala</b>	1.165	1.569	1.240	1.500	1.515
<b>Cuba</b>	1.937	769	750	540	820
<b>Índia</b>	133	38	1.200	2.730	650
<b>Colômbia</b>	1.232	1.179	800	560	620
<b>África do Sul</b>	958	1.136	840	700	485
<b>União Européia</b>	4.309	6.660	4.040	1.625	150
<b>Turquia</b>	138	3	135	42	20
<b>Outros Países</b>	10.502	10.592	14.582	11.940	15.625
<b>TOTAL</b>	54.876	47.888	49.557	48.817	49.608

Fonte: USDA e OIA (*apud* Brasil 2009, p. 59).

A Índia é o país que mais consome açúcar no mundo, cerca de 23,5 milhões de toneladas, em 2008; a União Européia fica em segundo lugar, tendo consumido, em 2008, 19,74 milhões de toneladas e o Brasil fica em terceiro lugar com um consumo de 15 milhões de toneladas, como mostra a Tabela 4 (BRASIL, 2009).

**Tabela 4: Principais países consumidores de açúcar, em mil toneladas**

	2004	2005	2006	2007	2008
<b>Índia</b>	19.858	20.109	20.110	20.880	23.500
<b>União Européia</b>	17.691	16.764	17.530	19.310	19.742
<b>Brasil</b>	11.613	11.785	11.980	13.820	15.000
<b>Estados Unidos</b>	10.856	10.949	11.260	12.470	12.620
<b>China</b>	8.993	9.247	9.230	9.110	9.715
<b>Federação Russa</b>	6.700	6.600	6.500	6.500	6.500
<b>México</b>	5.300	4.876	4.980	4.940	4.950
<b>Paquistão</b>	3.915	4.052	4.200	4.400	4.650
<b>Indonésia</b>	4.004	4.075	3.950	4.250	4.425
<b>Japão</b>	2.403	2.397	2.230	2.451	2.400
<b>Outros Países</b>	55.272	26.551	59.753	59.569	62.299
<b>TOTAL</b>	146.605	147.405	151.723	157.700	165.801

Fonte: USDA e OIA (*apud* Brasil 2009).

#### 2.1.4 Matriz Energética e Bioeletricidade

Advinda da produção nas usinas sucroalcooleiras, a bioeletricidade trouxe renda ao setor, ampliando o mercado, por meio de melhorias na competitividade e a sustentabilidade do açúcar e do etanol. Devido ao sucesso do novo produto, o setor passou a ser denominado sucoenergético. Atualmente, o etanol e a cana representam 16% da matriz energética brasileira, sendo a segunda mais importante fonte de energia do país, atrás do petróleo e seus derivados (UDOP, 2009).

O setor, também se destaca pelos projetos sociais e ambientais, como grande gerador de divisas e ocupação rural, produzindo energia renovável e limpa, reconhecida mundialmente pelas suas vantagens ambientais, sociais e econômicas (REIMBERG, 2009).

Mediante os sérios problemas ambientais que afligem o planeta e a escassez das reservas de petróleo, a energia derivada do etanol surge como uma importante alternativa ao futuro do planeta e à geração de renda ao trabalhador rural (BRASIL, 2007).

A Matriz Energética brasileira é bastante limpa, devido, principalmente, à participação das energias primárias ofertadas internamente, representando 45%, enquanto em outros países essa participação corresponde, em média, a 13% (BRASIL, 2007).

Machado (2008) observa que a cana-de-açúcar, que nos últimos anos já se destacava pelo seu crescimento expressivo na Matriz Energética Brasileira, alcançou em 2007, um patamar inédito.

Segundo os dados preliminares do Balanço Energético Nacional (BEN, 2008), divulgados pela Empresa de Pesquisas Energéticas (EPE), e demonstrados na Tabela 5, a participação dos produtos derivados da cana (entre os quais, o etanol e o bagaço) na composição das fontes primárias de energia utilizadas no país, ultrapassou 16%, ocupando a segunda posição entre os energéticos mais demandados em 2007 – atrás, apenas, do petróleo e derivados, com 37,3%.

De acordo com a Resenha Energética Brasileira, desenvolvido pelo Ministério de Minas e Energia, após os levantamentos preliminares da Oferta Interna de Energia (OIE), apurou-se que a demanda total de energia no Brasil, em 2008, atingiu 251,5 milhões de tep - toneladas equivalentes de petróleo, com índice de 5,3% superior ao montante verificado em 2007 e equivalente à cerca de 2% da energia mundial (BRASIL, 2009).

**Tabela 5: Oferta Interna de Energia**

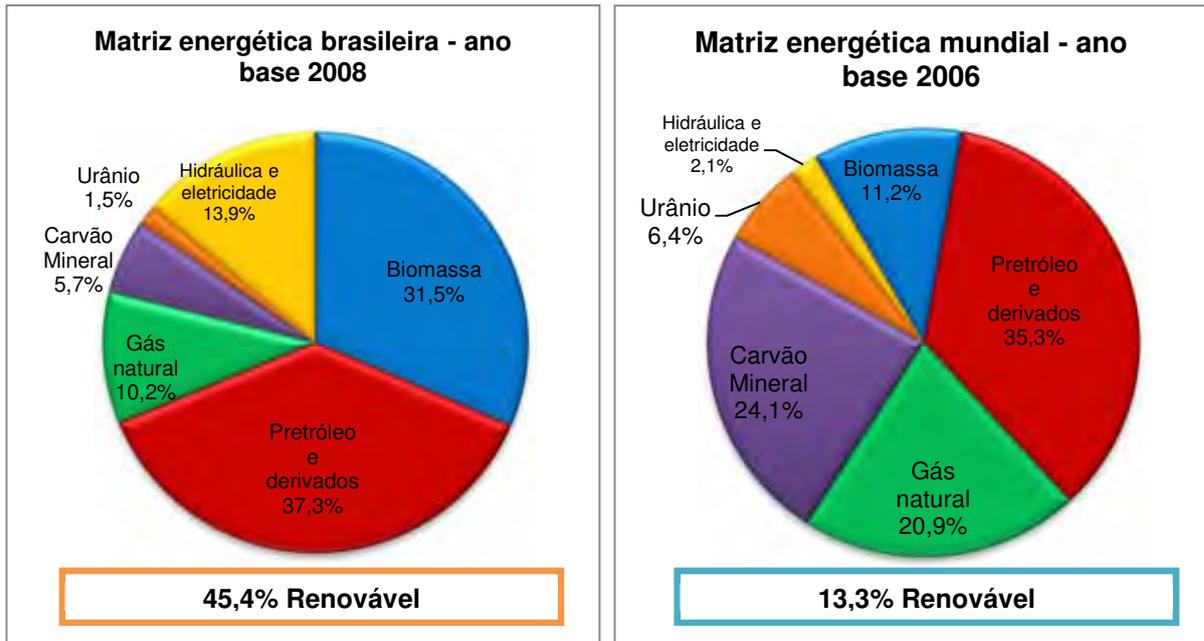
ESPECIFICAÇÃO	2008/2007 (%)	Estrutura (%)	
		2007	2008
NÃO RENOVÁVEL	6,4	54,1	54,6
Petróleo e derivado	5,0	37,4	37,3
Gás natural	15,4	9,3	10,2
Carvão mineral e derivados	-0,4	6,0	5,7
Urânio (U <sub>3</sub> O <sub>2</sub> ) e derivados	11,9	1,4	1,5
RENOVÁVEL	4,1	45,9	15,4
Hidráulica e eletricidade	-1,4	14,9	13,9
Lenha e carvão vegetal	0,3	12,0	11,4
Derivados da cana-de-açúcar	10,5	15,9	16,6
Outras renováveis	12,6	3,2	3,4
TOTAL	5,3	100,0	100,0

Fonte: Brasil (2009).

Dois fatores contribuíram para a formação do crescimento da demanda por energia: os resultados negativos alcançados pelos setores exportadores, especialmente os intensivos em energia (metalurgia, química e açúcar) e o bom desempenho da demanda interna de bens e serviços (BRASIL, 2009).

A redução relativa do uso das fontes renováveis, no país, ocasionou o aumento na demanda total por energia. Com isso, a energia renovável representou, em 2008, 45,4% da Matriz Energética Brasileira, equivalente a quatro vezes mais que a mundial – 13,3%, enquanto em 2007, a participação foi de 45,9% (BRASIL, 2009). A figura 4 compara a matriz energética brasileira em 2006 e 2008.

Já na opinião de Goldemberg (2007), a forma como a matriz energética mundial evolui, está basicamente ligada a dois fatores: a necessidade de reduzir os impactos ambientais do uso da energia e a necessidade crescente de reduzir a vulnerabilidade dos países, no suprimento de fontes de energia importadas.



**Figura 4: Matriz energética brasileira e mundial**

Fonte: Brasil (2009).

Por essas razões, a matriz energética mundial está se reorientando para o aumento da contribuição de fontes renováveis de energia. No Brasil, praticamente toda energia elétrica é gerada em fontes hídricas e o etanol já representa 6,5% da matriz energética brasileira, sob forma de biomassa tradicional. Ainda, o avanço do consumo de etanol, a partir da cana de açúcar, já proporciona a substituição de 40% da gasolina que seria usada no país, se ele não existisse (GOLDEMBERG, 2007).

Além da geração hidroelétrica de energia, os derivados da cana também se fazem importantes na composição da matriz brasileira, representando 14% da energia primária. Um desses derivados é o bagaço da cana, que é um resíduo sólido da produção de açúcar e etanol, que se destina à geração de energia, nas formas térmica, mecânica e elétrica. Esta energia é capaz de suprir toda a demanda das unidades produtoras e ainda gerar excedentes exportáveis à rede elétrica (BRASIL, 2007).

Apesar da crise financeira mundial, o setor sucroenergético brasileiro continuará crescendo em 2009, conforme análise da Unica (2009). Assim como outros segmentos da economia, a instabilidade afetou também, o segmento, mas isso deverá implicar somente um aumento mais modesto na produção de cana-de-açúcar e de seus derivados, como o açúcar, o etanol e a bioeletricidade.

Segundo o diretor-executivo da Unica, Sousa (2008) salientou que:

O aumento da demanda por etanol no mercado interno, graças ao crescimento da frota de veículos *flex*, assim como a sustentação do preço do açúcar no mercado externo, representam um conjunto de fatores positivos para o setor, no médio prazo. As ações pela sustentabilidade do etanol de cana-de-açúcar e os processos de certificação e padronização em desenvolvimento, são fundamentais para tornar o etanol uma *commodity* energética global. As especificações atuais do Brasil, dos Estados Unidos e da Europa ainda apresentam diferenças de características, valores limites, unidades e métodos, que se constituem em desafios à comercialização do etanol no mercado internacional (SOUSA, 2008, pg 1).

A bioeletricidade gerada, a partir da biomassa da cana, é uma opção particularmente interessante para o Brasil, onde a maior parte da eletricidade vem de grandes usinas hidrelétricas. A colheita da cana, quando a maior parte da biomassa está disponível, coincide com a estação seca do ano, período em que as hidrelétricas diminuem a produção, em consequência da redução nos níveis dos reservatórios; portanto, a bioeletricidade aumenta a segurança energética do país. No Estado de São Paulo, usinas e destilarias são auto-suficientes na produção de energia elétrica, por meio de co-geração ou da bioeletricidade, energia gerada a partir de biomassa vegetal. No setor sucroenergético, isso significa co-geração - geração de dois tipos de energia: a elétrica e a mecânica, usando a biomassa como fonte principal (UNICA, 2009).

A bioeletricidade é produzida por meio da queima do bagaço, resíduo seco e fibroso do processamento da cana, processo utilizado nas usinas de açúcar e destilarias de etanol. Porém, é possível produzir muito mais energia, se o bagaço e a palha da cana-de-açúcar (pontos e folhas dos talos) forem queimados em caldeiras de alta eficiência (MACHADO, 2008).

Assim, segundo Machado (2008), dois terços do potencial energético da cana-de-açúcar poderão ser aproveitados para gerar eletricidade.

Com a colheita mecanizada da cana, a palha não será mais desperdiçada, mas coletada e utilizada, juntamente com o bagaço, em caldeiras de alta eficiência, permitindo que mais usinas de açúcar e etanol possam comercializar excedentes de bioeletricidade.

As usinas de açúcar e etanol têm potencial médio de geração de excedentes de energia equivalente a 1.800 *megawatts* médios (MWm), em valores de safra

2007/08, que correspondem a 3% das necessidades do Brasil. Com o aumento da utilização de biomassa da cana (bagaço e palha), e a implementação de caldeiras de alta eficiência, estimativas sugerem que, até 2015, essa geração pode chegar a 11.500 MWm ou 15% da demanda de energia elétrica do país (UNICA, 2009).

De acordo com a Unica (2009), gerar bioeletricidade e promover a co-geração de energia trazem muitos benefícios:

- a) a instalação e a operação acarretam baixo impacto ambiental;
- b) as usinas, pelos critérios do mecanismo de desenvolvimento limpo do Protocolo de Kyoto, são elegíveis à obtenção de créditos de carbono;
- c) a implantação de unidades produtivas exige menos tempo do que outras fontes de eletricidade e podem ser implementadas por um número maior de investidores.
- d) representam um impulso para toda a cadeia produtiva (insumos, máquinas, equipamentos e outros) envolvida no processo.

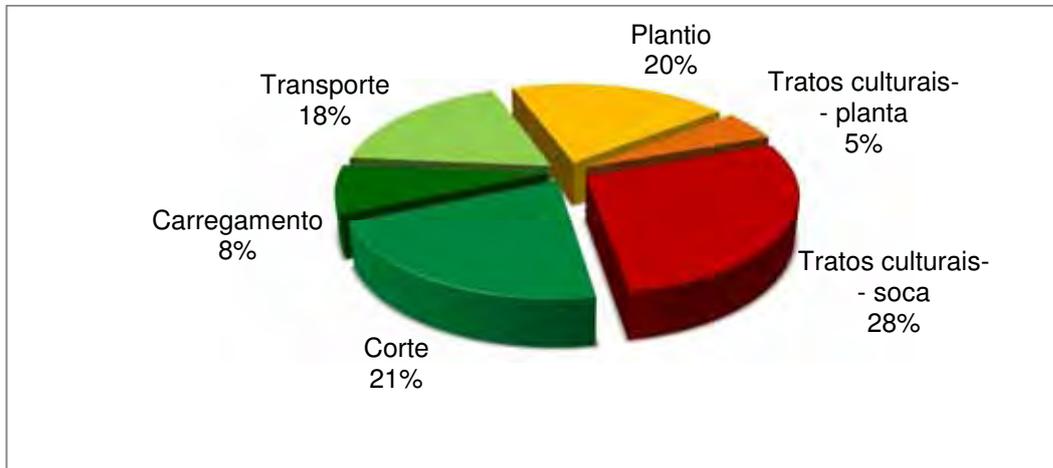
## **2.2 Peculiaridades das usinas de açúcar e etanol**

Segundo Yamada (2002), o processo produtivo sucroenergético é caracterizado pela sazonalidade: na época da safra, a usina trabalha com sua maior capacidade e, na entressafra faz sua manutenção e gerencia seu estoque.

O período de moagem é definido por três fatores relacionados ao clima seco. Primeiramente, a cana tem seu teor de sacarose aumentado, em virtude do *stress* hídrico causado pela menor disponibilidade de água. Em segundo lugar, do ponto de vista agrônomo, a colheita apresenta menor risco de causar danos, como a compactação do solo e o dilaceramento de soqueiras (raízes de cana), devido à movimentação das máquinas no campo. Finalmente, a interrupção frequente do processo de colheita e transporte, devido à chuva, reduz a confiabilidade de entrega de cana na indústria (AMARAL *et al.*, 2008).

As diferentes etapas do trabalho, no processo de produção canavieira, vêm sendo reestruturadas, tecnológica e gerencialmente, objetivando a diminuição de custos da produção, que representam, em média, 62% do custo total das empresas (TEIXEIRA, 2006).

De acordo com Cerri (2008), 60% dos custos de produção estão associados ao setor agrícola; e o corte, carregamento e transporte somam 47%, como se observa na Figura 5.



**Figura 5: Custo da produção agrícola sucroenergética**

Fonte: Cerri (2008).

Neste processo, a gestão agrícola tem de administrar a intensificação da mecanização da lavoura integradamente à indústria processadora (SILVA, 2006).

Diferente dos demais países produtores de cana-de-açúcar, no Brasil, o processamento industrial é integrado verticalmente à produção agrícola. Desta forma, a usina mói cana própria (ou arrendada) e de fornecedores e dependendo do tipo de contrato, as operações agrícolas de preparo de solo, plantio e tratos culturais, além do próprio corte, carregamento e transporte (CCT) da cana, são realizadas pela usina (AMARAL *et al.*, 2008).

Outra característica peculiar da indústria sucroenergética é a continuidade de suas operações. Uma vez iniciada a safra e a moagem na indústria, o abastecimento de cana deve ser contínuo, pois os custos decorrentes da interrupção do fornecimento de cana e *warm-up*, para a retomada das atividades, são muito altos; daí, a necessidade de um planejamento adequado das operações de corte, carregamento e transporte da cana-de-açúcar para a indústria, cujo principal aspecto é a otimização dos recursos alocados nestas operações, ou seja, mínimo de perdas (SILVA, 2006).

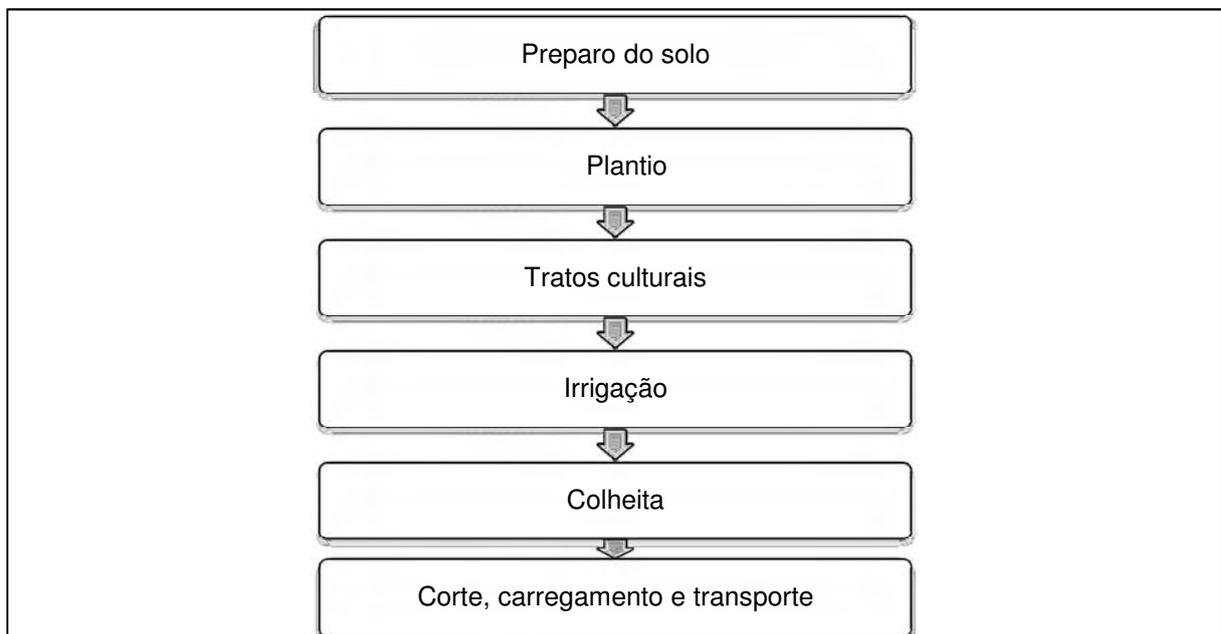
## 2.3 Operações do agronegócio da cana-de-açúcar

Ao longo da história da agroindústria canavieira, a cana-de-açúcar foi utilizada como matéria-prima para a fabricação de inúmeros produtos, dentre eles, se destacam o açúcar e mais recentemente o etanol, como os principais (PIACENTE, 2005). As operações do agronegócio da cana-de-açúcar dividem-se em agrícola e industrial.

### 2.3.1 Operações agrícolas da produção de cana-de-açúcar

Segundo Amaral *et al.* (2008), a produção agrícola da cana compreende preparo do solo, plantio, tratos culturais, irrigação, colheita, corte, carregamento e transporte (Figura 6).

O processo agrícola é distribuído ao longo dos 12 meses do ano (TEIXEIRA, 2006).



**Figura 6: Operações agrícolas da produção de cana-de-açúcar**

Fonte: Amaral *et al.* (2008).

### 2.3.1.1 Preparo do solo

Para o plantio da cana-de-açúcar, há a necessidade de preparar o solo, removendo-se a vegetação existente e plantas indesejáveis, criando-se condições favoráveis à germinação e ao desenvolvimento da cultura. Deve-se adequar a quantidade de nutrientes, com a eliminação de componentes químicos e biológicos indesejáveis, bem como a compactação do solo. O preparo do solo influencia diretamente a longevidade e produtividade do canavial (SANTIAGO; ROSSETTO, 2007).

O preparo do solo envolve as seguintes etapas: calagem, gessagem e fosfatagem, que propiciarão boas condições para o crescimento radicular, o controle de plantas daninhas, as operações de sulcação-adubação, o preparo da muda, entre outros que colaboram para o sucesso do plantio, do estabelecimento e da produtividade da cultura (SANTIAGO; ROSSETTO, 2007).

Segundo Amaral *et al.* (2008), o preparo do solo visa atenuar ou eliminar os seguintes fatores:

- a) físicos: compactação, adensamento e encharcamento;
- b) químicos: baixo teor de nutrientes, elevados teores de alumínio (Al), manganês (Mn) e sais de sódio (Na);
- c) biológicos: nematóides, cupins, entre outros.

Um diagnóstico adequado determinará fatores limitantes ao desenvolvimento radicular do preparo do solo para o plantio da cana-de-açúcar. Dependendo das condições de talhão, pode-se optar pelo sistema convencional de preparo do solo, pelo cultivo mínimo ou pelo plantio direto, composto por operações de aração e gradagem com subsolagem, se necessário (AMARAL *et al.*, 2008).

A reforma do canavial deve ocorrer após cinco cortes, em média, e deve remover a vegetação existente para o novo plantio. A destruição das soqueiras poderá ser feita com o arado ou implementos desenvolvidos especialmente para esse fim.

### **2.3.1.2 Plantio**

De acordo com Santiago; Rossetto (2007), o plantio da cana-de-açúcar envolve um planejamento com levantamento topográfico e sistematização do terreno. O plantio pode ocorrer manualmente ou mecanicamente, compreendendo as etapas de corte de mudas, distribuição no sulco, corte dos colmos, em pedaços menores, dentro do sulco e cobertura. As épocas de plantio podem seguir o sistema de ano e meio, sistema de ano e de inverno.

Os sistemas de plantio da cana-de-açúcar são o de ano e meio ou cana de 18 meses, o de ano ou cana de 12 meses e o plantio de inverno. Dentre os sistemas, o de ano e meio, que ocorre entre janeiro a março, é considerado ideal, pois apresenta boas condições de temperatura e umidade, garantindo o desenvolvimento das gemas. Esta condição possibilita a brotação rápida, reduzindo a incidência de doenças nos toletes (FERREIRA *et al.*, 2008).

Outro fator preponderante para o plantio da cana-de-açúcar é a escolha o espaçamento adequado para a otimização de atividades, como o uso intensivo de máquinas e colheita. O espaçamento adequado contribui para o aumento da produção, pois interfere favoravelmente na disponibilização de recursos, como luz, água e temperatura – variáveis consideradas determinantes para que haja aumento de produção (FERREIRA *et al.*, 2008).

O plantio mecanizado é atualmente uma tendência nas usinas, pois as grandes extensões de plantio e o período curto com as condições ótimas de clima e a economia em mão-de-obra têm sido as causas da mecanização das operações de plantio (SANTIAGO; ROSSETTO, 2007).

### **2.3.1.3 Tratos culturais, Irrigação e Colheita**

O trato cultural na cana-de-açúcar faz o controle das ervas daninhas, adubação em cobertura e adoção de uma vigilância fitossanitária para controlar a incidência do carvão (TERRA, 2009).

O período crítico da cultura, devido à concorrência de ervas daninhas, vai da emergência aos 90 dias de idade. Aplicam-se herbicidas em pré-emergência, logo após o plantio e em área total e dependendo das condições de aplicação, infestação

da gleba e eficiência do praguicida, há necessidade de uma ou mais carpas mecânicas e catação manual até o fechamento da lavoura (TERRA, 2009).

Em regiões com déficit hídrico, há a necessidade de irrigação. Essa alternativa é aplicada principalmente na região Nordeste e requer planejamento adequado, considerando-se as necessidades hídricas, o manejo apropriado da água na cultura e as peculiaridades fisiológicas do crescimento da cana irrigada (FARIAS *et al.*, 2008).

Atualmente, a colheita da cana-de-açúcar, no Brasil, além da colheita manual, é processada mecanicamente, num processo que combina a operação de colheita com a de carregamento. Trata-se de equipamento que corta uma linha por vez, utiliza um veículo que trafega paralelamente à colhedora, para receber a matéria-prima, separa boa parte das folhas e ponteiros e os lança ao solo na área colhida.

Perfila-se um novo conceito de colheita da cana-de-açúcar, sem queima prévia, que visa ao aproveitamento integral da planta, envolvendo operações adicionais para a retirada das folhas e a disposição adensada de colmos e palhiço para o transporte (BRAUNBECK; MAGALHÃES, 2006).

#### **2.3.1.4 O sistema de Corte, Carregamento e Transporte**

O sistema de Corte, Carregamento e Transporte (CCT) compreende às frentes de corte, sistema de colheita e equipamentos de transporte.

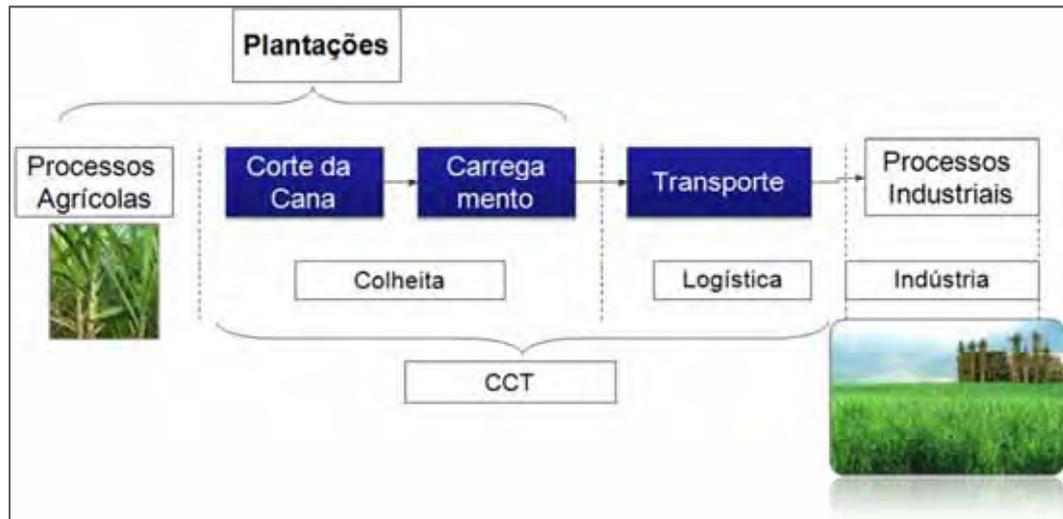
A frente de corte, segundo Silva (2006), consiste numa equipe autônoma que, inicialmente, trabalha a cana-de-açúcar. Conforme o tipo de cana, as frentes de corte operam com equipamentos diferentes, que podem ser corte manual ou colheita mecanizada.

Segundo Rossetto (2009), dependendo da capacidade de moagem da usina, da distribuição geográfica e do tamanho das fazendas, entre outros fatores, é que se determina a quantidade de frentes de corte.

Rossetto (2009) ressalta que após o corte e a colheita, efetua-se o carregamento com a acomodação da cana nos caminhões que fazem o transporte até a usina. Essa etapa utiliza a circulação de veículos mais leves do que os treminhões dentro da lavoura, evitando, assim, a compactação do solo e

aumentando a agilidade desse processo. Os sistemas de carregamento da cana-de-açúcar podem ser manuais e mecanizados.

Na Figura 7, pode-se observar o fluxo das operações de corte, carregamento e transporte em usinas sucroenergéticas.



**Figura 7. Fluxo de operações do CCT em usinas sucroenergéticas.**

Já Ripoli; Ripoli (2004) resumem as operações de corte, carregamento, transporte e recepção da matéria-prima em três grandes grupos: manual, semi-mecanizado e mecanizado.

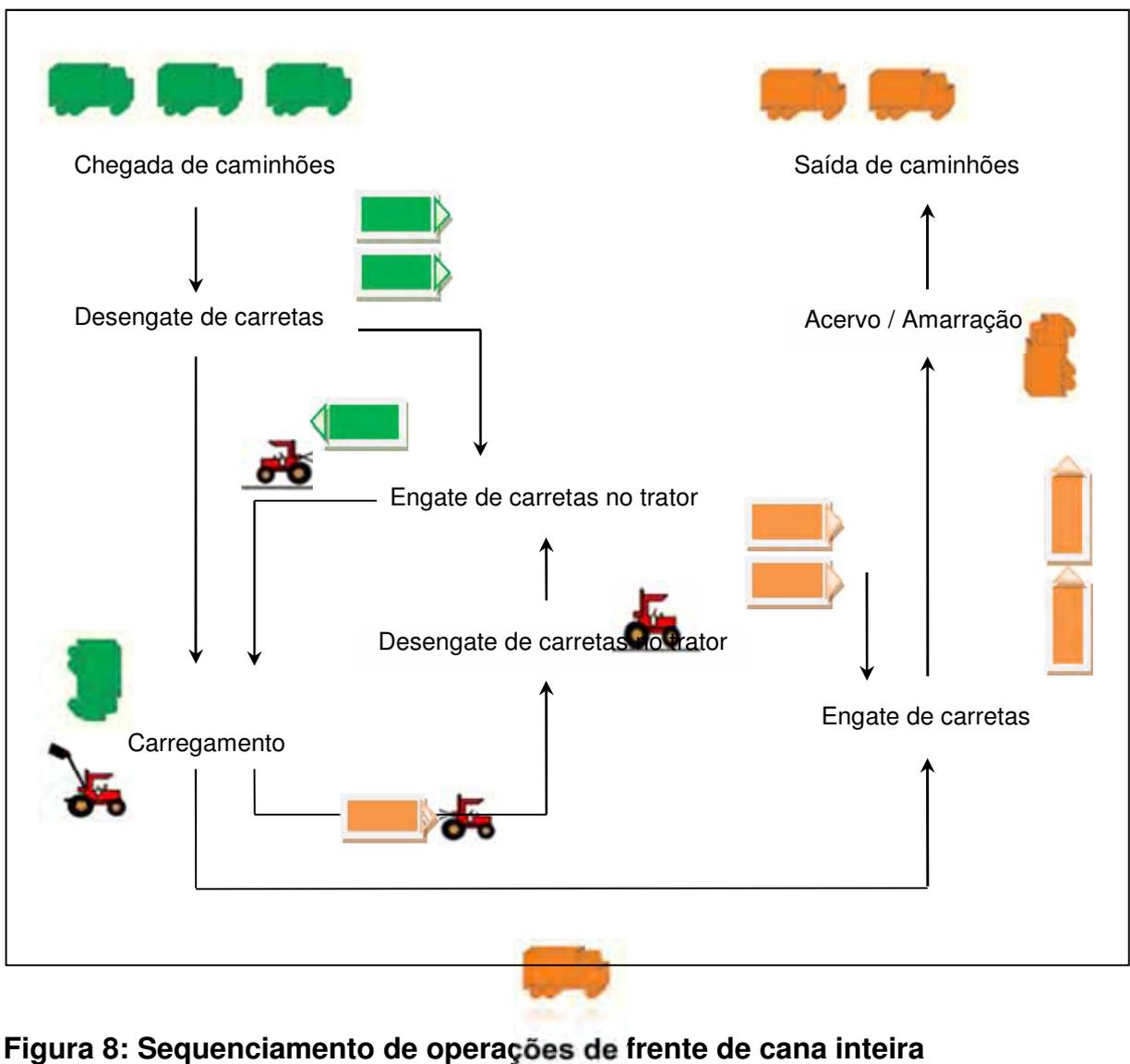
No sistema manual, o corte e o carregamento são feitos manualmente, podendo haver um subsistema de transporte intermediário, por tração animal ou transbordo com dispositivos específicos.

Rossetto (2009) comenta que o sistema semimecanizado envolve o corte manual e carregamento de cana inteira nas unidades de transporte, por carregadoras mecânicas.

O sistema mecanizado utiliza cortadoras de diversos tipos ou colhedoras de cana inteira; com subsistema de carregamento mecânico ou ainda, colhedoras de cana picada e carretas de transbordo, empregando somente mão-de-obra especializada, como operadores de máquinas e tratoristas, sem a necessidade do emprego de trabalhadores braçais (RIPOLI; RIPOLI, 2004).

As máquinas colhedoras de cana picada realizam sequencialmente as operações de corte, picação, limpeza e carregamento da cana em unidades de transporte. A colheita mecanizada tem como principal vantagem a rapidez na execução do trabalho, porém se esse trabalho não for bem executado, as perdas em eficiência serão maiores (RIPOLI; RIPOLI, 2004).

Independente da classificação apresentada, Ripoli; Ripoli (2004), genericamente, os sistemas são geralmente identificados pela forma em que a cana é recebida na indústria: cana inteira ou cana picada.



**Figura 8: Sequenciamento de operações de frente de cana inteira**

Fonte: Adaptado de Silva (2006).

O esquema apresentado na Figura 8 ilustra as operações típicas de uma frente de cana inteira, com transporte nas configurações *truck*, Romeu e Julieta e treminhão.

Os caminhões chegam à frente de cana inteira (Figura 8) e se dirigem ao ponto de engate, onde fazem o desacoplamento dos reboques (no caso, apenas as composições Romeu e Julieta e treminhão, que possuem, respectivamente, um e dois reboques atrelados ao caminhão) e o engate nos tratores-reboque. Na sequência, os caminhões desengatados e os tratores-reboque com as carretas acopladas, se dirigem para alguma carregadora disponível dentro da área de colheita. As carregadoras permanecem junto à cana disposta em montes ou em esteiras.

O operador do caminhão ou do trator se posiciona ao lado da carregadora e esta se movimenta, coleta a cana, com auxílio do rastelo e da garra e deposita o feixe na carroceria do caminhão ou reboque (SILVA, 2006).

Após a conclusão da carga, os caminhões e os tratores-reboque, puxando os reboques carregados, se dirigem até o ponto de desengate, onde estes reboques são desatrelados dos tratores. Após o desacoplamento dos reboques, os tratores retornam, desatrelados, até o ponto de engate, para atrelar algum reboque vazio ou simplesmente aguardar a chegada de caminhões (SILVA, 2006).

No ponto de desengate, os reboques carregados são atrelados aos caminhões para formar novamente a composição de transporte completa (Romeu e Julieta e treminhão). Após a montagem do caminhão, são feitas duas operações adicionais: o acerto de carga, quando os colmos de cana são aparados rente à carroceria e a amarração da carga, quando a carga é presa à carroceria, por meio de cabos de aço ou cordas para evitar a perda de colmos de cana no trajeto até a usina. Finalizada estas operações, o caminhão retorna à usina. Já nas operações de frente de cana picada, utilizam-se transbordos, um implemento que possui uma caçamba, atrelado ao trator e dotado de pistões hidráulicos, que possibilitam transferir a cana recebida da colhedora para os caminhões (SILVA, 2006).

De acordo com Rosseto (2009), nas operações de frente de cana picada, os caminhões de cana picada chegam à frente e permanecem estacionados numa área denominada malhador. Os tratores rebocando os transbordos (normalmente duas

unidades) vêm até os caminhões, acionam os pistões hidráulicos e a carroceria dos transbordos se eleva, transferindo a carga para os caminhões.

Após a transferência, os tratores se dirigem para as colhedoras que permanecem no interior da área de colheita, para efetuarem um novo carregamento. A colhedora realiza sequencialmente o corte, a picação e a limpeza da cana, conduzindo-a para os transbordos. Após a conclusão da carga, os tratores se dirigem novamente para o malhador e transferem a cana para os caminhões, fechando, assim o ciclo operacional (ROSSETTO, 2009).

De acordo com Silva (2006), após ser colhida, é necessário que a cana-de-açúcar seja transportada de modo adequado, uma vez que como a maioria dos produtos de natureza vegetal, a cana, também está sujeita à rápida perda de qualidade. São muitos os tipos de transporte utilizados para a cana-de-açúcar

Dados da ÚNICA (2009), apontam que o transporte rodoviário representam cerca de 95% de toda cana-de-açúcar colhida no País e as vias utilizadas podem pertencer à propriedade, aos municípios, aos Estados ou ao Governo Federal.

Existe uma série de veículos, conforme Rosseto (2009), que podem ser utilizados para o transporte rodoviário da cana-de-açúcar, como: tratores, caminhões, carretas, animais de tração e barçaça.

DESCRIÇÃO	NOME USUAL	DESENHO
Caminhão plataforma	<i>Truck</i>	
Caminhão plataforma com um reboque acoplado	Romeu e Julieta	
Caminhão plataforma com dois reboques acoplados	Treminhão	
Cavalo mecânico com dois semi-reboques acoplados	Rodotrem	

## Quadro 2: Veículos e composições usuais para o transporte de cana

Fonte: Adaptado de Silva (2006).

A escolha do tipo de veículo a ser utilizado está relacionada à distância do

campo de produção, à unidade industrial, às condições de tráfego das vias de circulação e aos custos operacionais de cada tipo de transporte. Ao produtor interessa entregar a maior quantidade de matéria-prima no menor tempo possível, reduzindo, assim, os custos dessa etapa da cadeia produtiva (NAZARENO, 2003).

As composições de transporte rodoviário de cana mais comuns são apresentadas no Quadro 2.

No transporte rodoviário, usam-se caminhões combinados, com reboques em diferentes configurações: caminhão simples, trucado, caminhão trucado com um reboque (Romeu e Julieta), caminhão trucado com dois reboques (treminhão), um cavalo mecânico com dois reboques (rodotrem) (SILVA, 2006).

Para curtas distâncias, dentro da fazenda, também se utilizam tratores com um ou mais reboques (toletes de aproximadamente 30 cm). A diferença reside no tipo de carrocerias e também, no carregamento e descarregamento de cana (RODRIGUES, 2009).



**Figura 9: Veículos para transporte de cana-de-açúcar**

Fonte: Adaptado de Silva (2006).

Conforme coloca Silva (2006), existem vários tipos de carrocerias que foram desenvolvidos ao longo do tempo, à medida que os caminhões, também foram modernizando-se. Hoje, a ênfase é no sentido de desenvolver sistemas versáteis que transportem cana inteira e picada, utilizando-se o mesmo sistema de descarga e recepção.

As carrocerias convencionais para cana inteira (Figura 9), são as mais recentes, totalmente confeccionadas em aço, sendo também, fechadas na parte frontal e traseira e as laterais semi-abertas (ROSSETTO, 2009).

A carroceria tipo caçamba para cana inteira e picada (Figura 10), é uma carroceria totalmente fechada, feita em chapa e perfis de aço. A descarga é feita

basculando-se a caçamba, cujo eixo de articulação se localiza na parte superior lateral do lado da descarga. O processo de descarregamento é realizado por guindaste tipo *Hilo* (NASCIMENTO, 2006).

Por motivos econômicos, a tendência é a adoção somente de caminhões de grande capacidade de carga, principalmente o rodotrem, ficando os caminhões de pequena capacidade para utilização em distâncias curtas ou em locais com insuficiência de espaço para manobra e, também, em determinadas estradas (SILVA, 2006).

Ainda com relação à infra-estrutura de transporte, é possível utilizar carretas e semi-reboques reserva, em esquema de bate e volta, para dinamizar a entrega da cana.

De acordo com a composição de transporte e o tipo da carroceria utilizada, variam a necessidade de potência do motor do caminhão, a capacidade de carga transportada por viagem, as velocidades de deslocamento (vazio e carregado), o tipo de carregamento no campo e o tipo de descarga na usina (ROSSETTO, 2009).

Caso o dimensionamento do transporte não esteja adequado, poderão ocorrer problemas de abastecimento de cana na usina. Ainda em relação à infraestrutura de transporte, é possível utilizar carretas e semi-reboques reservas em sistema de bate e volta, para agilizar as operações no campo e/ou na usina (NAZARENO, 2009).

A Tabela 6 resume os tipos de veículos utilizados no transporte de cana-de-açúcar no sistema de corte, carregamento e transporte (CCT) e suas respectivas capacidades de carga.

**TABELA 6: Capacidade de carga dos veículos utilizados no transporte de cana**

TIPO DE VEÍCULO	CAPACIDADE DE CARGA EM TONELADAS
Caminhão simples	10 - 13
Caminhão trucado	13 - 20
Romeu e Julieta	30 - 40
Treminhão	40 - 50
Rodotrem	50 - 60

Fonte: Rossetto (2009).

### 2.3.2 Processos logísticos da cana-de-açúcar na área industrial

A cana-de-açúcar que chega à usina vem de pontos distintos, ou seja, de áreas de plantio diferentes.

Para Piacente (2005), a qualidade dos produtos e subprodutos gerados no processamento da cana depende de uma série de fatores dentre eles: a variedade; condições de clima e solo; sistema de cultivo; ausência ou emprego da irrigação; o estágio de maturação da cana; o teor de impurezas minerais ou de matéria estranha; sanidade da cana, em relação ao ataque de doenças; o tempo de estocagem da cana queimada, entre outros.

Já Silva (2006), aponta o número do corte da cana, variedade da cana-de-açúcar e localização do plantio (fazenda, sítio e outros), os fatores que impactam na qualidade da cana colhida. E ainda salienta que esses fatores impactam no nível de aproveitamento da cana e também, influenciam a logística de entrega desse material.

Piacente (2005) comenta que para avaliar os fatores determinantes da qualidade dos produtos e subprodutos da industrialização da cana, é necessário recolher uma amostra de todo o carregamento de cana-de-açúcar que chega até a usina e analisá-la. Feita a coleta da amostra para a análise de qualidade da matéria-prima, a cana é descarregada no pátio e, em seguida, é encaminhada até as operações preliminares à moagem.

A forma de descarregar a cana dos caminhões varia de acordo com o tipo de cana e o tipo de carroceria dos veículos. Os sistemas de descarga de cana inteira mais comuns são a descarga por hilo ou por ponte rolante.

O caminhão estaciona entre o hilo e a mesa de recepção de cana e os cabos de aço sobre os quais a carga de cana está colocada, são acoplados aos ganchos da barra. Por meio da elevação da barra, a carga é gradualmente transferida para a mesa (NASCIMENTO, 2006).

O sistema por ponte rolante é similar às pontes rolantes localizadas em diversos tipos de indústria, para a movimentação de equipamentos pesados. Toda a

carga é erguida da carroceria do caminhão, por meio de cabos de aço e é depositada na mesa de uma única vez (RIPOLI; RIPOLI, 2005).

Os sistemas de descarga de cana picada podem ser por báscula lateral ou por báscula superior. Na báscula lateral, uma lateral da carroceria do caminhão (ou do reboque)  erguida e por meio de um mecanismo pantogrfico, a lateral oposta da carroceria do caminhão (ou reboque)  aberta e a cana desliza para a mesa

No sistema por báscula superior, a carroceria do caminhão (ou do reboque ou do semi-reboque) possui um mancal no alto da estrutura, que permite a rotao da caixa e o tombamento total da cana para a mesa. Similarmente aos sistemas de cana inteira, a elevao da caixa pode ser feita por meio de hilo ou por ponte rolante (RIPOLI; RIPOLI, 2005).

Após serem descarregados, os veículos de cana inteira passam primeiramente por um processo de limpeza de carroceria, quando restos de cana são retirados manualmente de seu interior e, em seguida, seguem para a balança para uma nova pesagem (peso tara).

Na balança, o caminhão  pesado novamente, para cálculo do peso líquido, deixando a área industrial e retornando ao campo para mais uma viagem. (NASCIMENTO, 2006)

## 2.4 Pensamento Enxuto

O movimento da qualidade total, iniciado no Japão e, posteriormente, disseminado pelo mundo todo, trouxe consigo um conjunto de novas técnicas ou metodologias de trabalho nas áreas de produção e administração (MARTINS; LAUGENI, 2005). Uma das vertentes foi o Pensamento Enxuto ou Manufatura Enxuta, preconizando uma nova forma mais flexível e inovadora de gerir as empresas, buscando melhor eficiência e competitividade.

### 2.4.1 Conceitos do Pensamento Enxuto

O conceito “Enxuto” teve grande influência do livro “A Máquina que Mudou o Mundo”, escrito por Womack, Jones e Roos. Esse livro é uma importante obra para se conhecer o sistema de produção enxuta (NAZARENO, 2003). De acordo com Burcher (2004), o termo foi popularizado pelos pesquisadores do *Massachusetts Institute of Technology – MIT*. O foco dos pesquisadores foi apresentar as diferenças de desempenho entre as empresas automobilísticas do ocidente e do oriente.

A referência internacional em Pensamento Enxuto é a montadora de automóveis Toyota, que criou o seu próprio sistema de produção. Esse sistema de produção levou a empresa a resultados muito superiores aos obtidos pelas montadoras norte-americanas e européias, que adotavam, naquela época, o tradicional sistema de produção em massa. Hoje, montadoras como a Ford, GM, Chrysler e outras empresas de outras áreas, como metalurgia, aeroespacial e bens de consumo, criaram sistemas de produção similares ao da Toyota (SANTOS, 2003).

No sistema de produção enxuta, utilizam-se diversas ferramentas e técnicas, como método *PDCA*, *kanban*, círculos das qualidades, *QFD*, células de trabalho ou

de produção, entre outras, de forma integrada, permitindo, como no caso da Toyota, que sua produção seja extremamente flexível e adaptável, apesar de suas especificações rígidas de produto, fluxo de material e de atividades de produção. Estas especificações permitem que os processos sejam testados sempre que entram em operação, seguindo o método científico de experimentação (SANTOS, 2003).

Para realizar qualquer modificação, é utilizada uma metodologia própria de experimentação da modificação, assim, que o processo se desenvolva sempre a um patamar superior de desempenho.

As empresas que trabalham com Pensamento Enxuto têm uma noção muito clara do ideal de pessoas ou produto (Quadro 3). Tal senso comum entre seus funcionários motiva-os a realizar melhorias continuamente, muito mais do que para somente cumprir as especificações do cliente.

A complexidade do Pensamento Enxuto torna-o de difícil implantação. É muito comum o insucesso na implantação desse sistema. Muitas empresas que dizem ter esse sistema implantado, têm, às vezes, apenas um conjunto de ferramentas em uso ou departamento específicos, operando, em parte, dentro do conceito da produção enxuta (MARTINS; LAUGENI, 2005).

<b>NOÇÃO DE IDEAL DA TOYOTA</b>	
<b>1</b>	É livre de defeitos, ou seja, tem as características e o desempenho que o cliente deseja
<b>2</b>	Pode ser fornecido em lotes unitários
<b>3</b>	Pode ser entregue imediatamente
<b>4</b>	Pode ser produzido sem desperdício de material de trabalho, energia e outros recursos
<b>5</b>	Pode ser produzido num ambiente de trabalho seguro que física, emocional e profissionalmente são para qualquer funcionário

**Quadro 3: Noção de Ideal da Toyota**

Fonte: Spear (1999).

É necessário definir precisamente o valor sob a perspectiva do cliente final, em termos do produto, com capacidades específicas, oferecidas num prazo e custo específicos. Isso é necessário, pois se a empresa utilizar o sistema de produção

enxuta para, por exemplo, um produto não desejado pelo cliente, ela estará desperdiçando recursos. Os desperdícios, de uma maneira ampla, devem também, ser identificados em toda a cadeia de valor de cada produto ou família de produtos, para posterior eliminação. Faz parte dessa cadeia de valor a definição do produto, o gerenciamento de informações, desde o aceite do pedido até o planejamento detalhado da entrega e a transformação física dos materiais. Tipos de desperdício ou *muda* comuns são sucata, retrabalho, etapas não necessárias de produção, transporte interno, estoques, entre outros. As etapas dos processos devem ser desenhadas para poder ocorrer continuamente. Atividades em lotes devem ser minimizadas, evitando-se formação de estoques intermediários. Desta forma, é possível fornecer ao cliente o que ele deseja e somente quando ele deseja. Produzir somente o que o cliente deseja, é um conceito básico do Pensamento Enxuto (MARTINS; LAUGENI, 2005).

No Pensamento Enxuto, tenta-se chegar à perfeição, que dificilmente se alcança, pois conforme os desperdícios identificados vão sendo removidos, outros não tão significativos surgem. A definição de valor também, não é constante e a sua revisão identifica outros desperdícios ao longo da cadeia de valor. Assim, a perfeição é um objetivo seguido no Pensamento Enxuto (SANTOS, 2003).

A produção enxuta significa uma operação que é, ao mesmo tempo, eficaz e eficiente: ela busca atingir o nível máximo de produtividade e qualidade total, fazer um cálculo eficaz dos custos, eliminando passos desnecessários no processo de produção e buscando continuamente a melhoria. Devoluções são aceitáveis e a assessoria, o pessoal da gerência, o *overhead* e o estoque são considerados causas de desperdício (MARTINS; LAUGENI, 2005).

De acordo com Shingo (1996), as melhorias significativas no processo de produção, dentro do Pensamento Enxuto, consistem em distinguir o fluxo do produto (processo) do fluxo de trabalho (operação) e realizar uma análise separada. Ainda segundo o autor, para maximizar a eficiência da produção, é fundamental melhorar o processo, antes de tentar melhorar as operações.

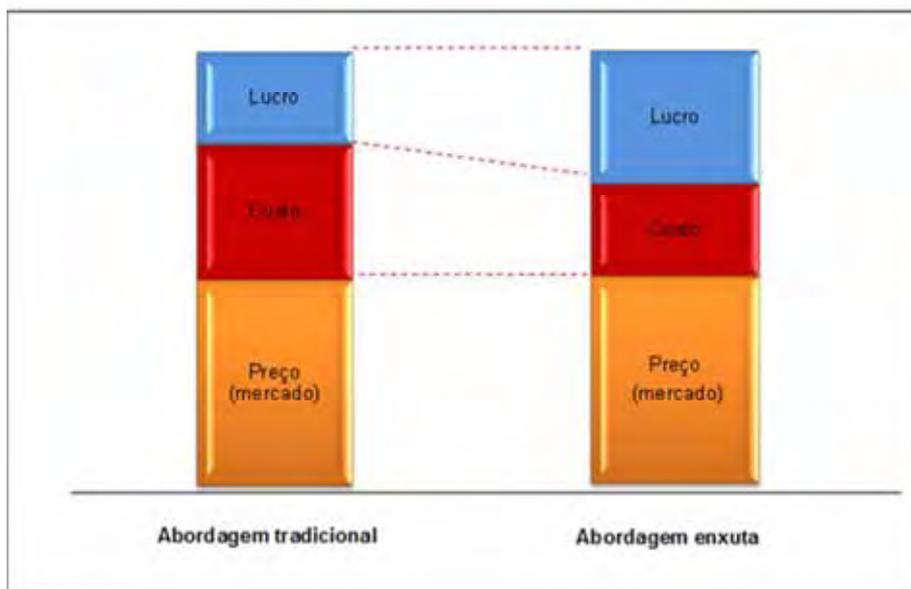
#### **2.4.2 Princípios e conceitos fundamentais do Pensamento Enxuto**

Para o entendimento de um conceito, é primordial entender sua finalidade, sua aplicabilidade, o resultado que se espera deste conceito (SILVA *et al.*, 2007).

De acordo com Silva *et al.* (2007, p. 56) “o pensamento enxuto inicia-se pela definição de valor – o que é importante para o cliente, ou seja, o foco é a criação de valor para o cliente”. Os autores ainda comentam que todas as ferramentas e técnicas do Pensamento Enxuto são meios para se atingir essa finalidade e não fins em si mesmos.

Por criação de valor entende-se que é fornecer ao cliente o produto ou serviço desejado, com qualidade excepcional, preços competitivos e entrega adequada. Soma-se a isso um produto produzido ou serviço prestados por pessoal, num ambiente seguro e com motivação.

Para Giannini (2007), o pensamento enxuto ou STP tem como objetivo produzir produtos ou serviços com nível de qualidade classe mundial, para suprir a expectativas dos clientes e ser um modelo de responsabilidade corporativa, dentro da indústria e a comunidade ao redor. O Sistema Toyota de Produção, que deu origem ao Pensamento Enxuto, que é um sistema voltado para eliminação de perdas e atividades que não agregam valor, os autores Giannini (2007); Liker (2005); Ohno (1997); Ghinato (2000), destacam que o cerne do STP é a perseguição da eliminação de qualquer tipo de perda, conhecido, na Toyota, como princípio do não-custo. A figura 10 representa as diferenças entre as abordagens a tradicional e a proposta, a partir do pensamento enxuto.



**Figura 10: Princípio do não-custo**

Fonte: Adaptado de Giannini (2007).

Barros Filho (2003) salienta que a tradicional equação de formação de preço dos produtos:

$\text{Preço} = \text{Custo} + \text{Lucro}$ , é substituída pela  $\text{Lucro} = \text{Preço} - \text{Custo}$ .

O acirramento da concorrência, a globalização dos mercados provocam a mudança na equação de formação de preços. Giannini (2007) descreve o conceito do Pensamento Enxuto, via comparação entre os outros tipos de produção em massa e artesanal. Segundo a autora, o pensamento enxuto combina a variedade de produtos (artesanal) e baixo custo (massa). O Quadro 4 compara alguns parâmetros da abordagem em massa e abordagem enxuta.

PONTO DE VISTA	ABORDAGEM	
	MASSA	ENXUTA
Cliente	Produtos produzidos em grandes quantidades, com níveis de qualidade estatisticamente aceitáveis, necessidade de inventário ocioso, com baixos preços	Clientes desejam produtos livres de defeitos no momento em que precisam e nas quantidades que eles solicitam
Liderança	Existe maior imposição de regras e normas por parte da liderança	Busca o trabalho em equipe, criatividade e participação
Organização	As organizações são voltadas mais para Individualismo e existe um grau elevado de burocracia	Trabalho em equipe e hierarquias horizontalizadas
Relações externas (fornecedores)	As negociações são baseadas em preço	A visão é baseada em relacionamento de longo prazo
Gestão da informação	Gestão improdutiva da informação, baseada em relatórios sintéticos gerados pelos gerentes	Gestão produtiva da informação baseada em controles visuais, mantidos pelos operadores/ supervisores
Cultura	Lealdade e obediência Subcultura de alienação e conflito trabalhista	Cultura harmoniosa de envolvimento das pessoas, baseada no desenvolvimento de longo prazo
Produção	Mecanização em alta escala <i>Layout</i> funcional Habilidades mínimas dos operadores Elevados níveis de inventário	Automação <i>Layout</i> celular Operadores multifuncionais Fluxo unitário Inventário minimizado
Manutenção	Especialistas em manutenção realizam as correções	Gestão dos equipamentos conjunto entre operadores, pessoal de manutenção e engenharia
Engenharia	Modelo baseado em gênios individuais, com pouca participação com a realidade da produção	Modelo baseado no trabalho em equipe, com grande participação de clientes. Desenvolvimento simultâneo do produto

	e projeto de processo
--	-----------------------

#### Quadro 4: Parâmetros da abordagem em massa e enxuta

Fonte: Adaptado de Jacson e Jones (1996).

Para entender um pouco mais o conceito do pensamento enxuto apresenta-se o pensamento de Ohno (1997, p. 52) que relata: “Tudo o que estamos fazendo, é olhar a linha do tempo, do momento em que o cliente nos entrega um pedido até o ponto que se recebe por esse pedido. E estamos reduzindo essa linha, removendo os desperdícios que não agregam valor”. O Pensamento Enxuto fundamentado, a partir do Sistema Toyota de Produção, originalmente nasceu da necessidade de redução de perdas. O Quadro 5 apresenta um resumo dos principais autores e a caracterização acerca do pensamento enxuto.

Caracterização	CARACTERIZAÇÃO DO CONCEITO E FERRAMENTAS DO PENSAMENTO ENXUTO
Shingo (1996)	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Eliminação completa de perdas</li> <li>✓ Produção contra-pedido (alta diversidade, produção em baixas quantidades, entrega rápida e manejo da flutuação da carga), levando à eliminação da superprodução</li> <li>✓ Mínima força de trabalho (automação)</li> <li>✓ Kanban</li> </ul>
Correa (2001)	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Células de trabalho</li> <li>✓ Produção em pequenos lotes, lotes mistos com estoques mínimos</li> <li>✓ Melhor balanceamento</li> <li>✓ Trabalho em equipe com um líder</li> </ul>
Atkinson (2004)	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Pensamento Enxuto como chave de melhoria para toda a organização</li> </ul>
Womack; Jones; Roos. (2004)	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Mudanças rápidas, forçando empresas a desenvolverem flexibilidade e estruturas enxutas</li> <li>✓ Os benefícios da adoção do Pensamento Enxuto nas empresas são: <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Aumento da produtividade da mão-de-obra ao longo do sistema como um todo</li> <li>✓ Redução de estoques no sistema</li> <li>✓ Redução de erros que chegam ao cliente</li> <li>✓ Redução de sucata dentro do processo de produção</li> <li>✓ Redução de acidentes</li> <li>✓ Redução do tempo de lançamento de novos produtos</li> <li>✓ Possibilidade de oferta maior de variedade de produtos a um custo adicional modesto</li> </ul> </li> </ul>

Yu (2003)	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Necessidade de Inovação não somente em tecnologia (instrumental/equipamentos/<i>software</i>) mas também em termos de ferramentas gerenciais e conhecimento</li> </ul>
<b>Caracterização</b>	<b>CARACTERIZAÇÃO DO CONCEITO E FERRAMENTAS DO PENSAMENTO ENXUTO</b>
Shook (2009)	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Importância do mapeamento do fluxo de Valor</li> <li>✓ Visualização real do fluxo como um todo</li> <li>✓ Identificar as fontes de desperdícios para eliminá-las;</li> <li>✓ Padronizar a linguagem, tornando visíveis as decisões sobre o fluxo</li> <li>✓ Reune em uma única ferramenta conceitos e técnicas Enxutas</li> <li>✓ Formar a base de um plano de ação</li> <li>✓ Mostra relação entre o fluxo de informação e o fluxo de material ser uma ferramenta qualitativa, que representa etapas que agregam valor, <i>Lead Time</i>, distância percorrida, quantidade de estoque, entre outros.</li> <li>✓ Detalhando de como a unidade produtiva deveria operar para criar valor real.</li> <li>✓ O mapeamento de valor descreve como a empresa atingirá os números que ela estabeleceu como metas.</li> <li>✓ O mapeamento tem como primeiro objetivo, otimizar o atendimento das necessidades do cliente.</li> </ul>
Ohno (1988)	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Proposta de uma Lista de desperdícios que devem ser combatidos nas empresas: <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Defeitos (nos produtos),</li> <li>✓ Excesso de produção de mercadorias desnecessárias</li> <li>✓ Estoques de mercadorias à espera de processamento ou consumo</li> <li>✓ Processamento desnecessário</li> <li>✓ Movimento desnecessário (de pessoas),</li> <li>✓ Transporte desnecessário (de mercadorias)</li> <li>✓ Espera (dos funcionários pelo equipamento de processamento) para finalizar o trabalho ou por uma atividade anterior, que se aplica a qualquer negócio.</li> </ul> </li> </ul>
Osono(2008)	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Relatório A3</li> <li>✓ Forças expansivas x Forças integrativas (STP)</li> </ul>
Ghinato (2000)	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Sistema focado no atendimento das necessidades do clientes</li> <li>✓ Eliminação total das perdas na cadeia de agregação de valor</li> <li>✓ Sistema Produção Flexível</li> </ul>
Ferro (2008)	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Relação de longo prazo com o fornecedor</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Foco nas Pessoas – Trabalho em equipe</li> <li>✓ Valor para o Cliente</li> <li>✓ Eliminação de desperdícios (atividades que não agregam valor)</li> </ul>
--	--

Caracterização	CARACTERIZAÇÃO DO CONCEITO E FERRAMENTAS DO PENSAMENTO ENXUTO
Holweg (2006)	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Processo de aprendizagem dinâmico</li> </ul>
Liker (2005)	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 14 princípios do Pensamento Enxuto</li> <li>✓ <i>Just-in-Time</i></li> <li>✓ <i>Jidoka</i></li> </ul>
Miyake (2002)	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Produção Puxada</li> <li>✓ Produção Flexível</li> <li>✓ Redução da variabilidade dos processos</li> </ul>
Monden (1984)	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Melhoria de atividades e processos</li> <li>✓ Melhoramento contínuo por meio de mudanças e proposta feitas pelos próprios funcionários</li> </ul>
Slack et al., 2002	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Pensamento enxuto como Inovação, sendo abordagem voltada à estratégia de exigências do mercado, e visa, predominantemente à flexibilização do produto (bem ou serviço), para o atendimento das necessidades dos consumidores</li> </ul>
Imai (1992)	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Nenhum dia deve passar, sem que algum tipo de melhoria tenha sido implementada nas operações</li> <li>✓ Busca constante pela perfeição</li> </ul>

### Quadro 5: Caracterização do conceito do PE por vários autores

Fonte: Elaborado pelo autor.

Todos os conceitos de ferramentas apresentadas nos itens anteriores são orientadas para redução de perdas, aumento de eficiência do sistema, reduzindo custos (OHNO, 1997). Eles servirão como base para investigação nos estudos de caso, para que a questão de pesquisa seja respondida com o presente trabalho. Alguns dos conceitos serão detalhados nos próximos itens.

#### 2.4.3 Sistema Toyota de Produção

Como dito anteriormente, o sistema de produção advindo do Japão foi denominado Sistema Toyota de Produção ou Toyotismo, por ter sido primeiramente desenvolvido nas indústrias Toyota ou Produção Enxuta, dada a sua filosofia de produzir cada vez mais com menos (SILVA *et al.*, 2007).

Womack, Jones e Roos (1992) chamou o sistema da Toyota de *lean production* (produção enxuta) em oposição à *buffered production* que, segundo Santos (2003), caracterizaria a produção em massa.

Womack, Jones e Roos (1992) ainda comentam que a produção enxuta consistia em produzir, com o máximo de economia de recursos, para representar a forma de produção desenvolvida na Toyota. Em um segundo momento, Womack, Jones e Roos (2004) ampliam a abordagem e incorporam o conceito de Pensamento Enxuto (*Lean Thinking*), que, mais do que uma técnica, significa uma filosofia que requer menores *lead times*, para entregar produtos e serviços com elevada qualidade e baixo custos, por meio da melhoria do fluxo produtivo, por meio da eliminação dos desperdícios no fluxo de valor.

O sistema Toyota, segundo Ohno (1988), apresenta uma produção em séries pequenas de produtos com muitas diferenciações.

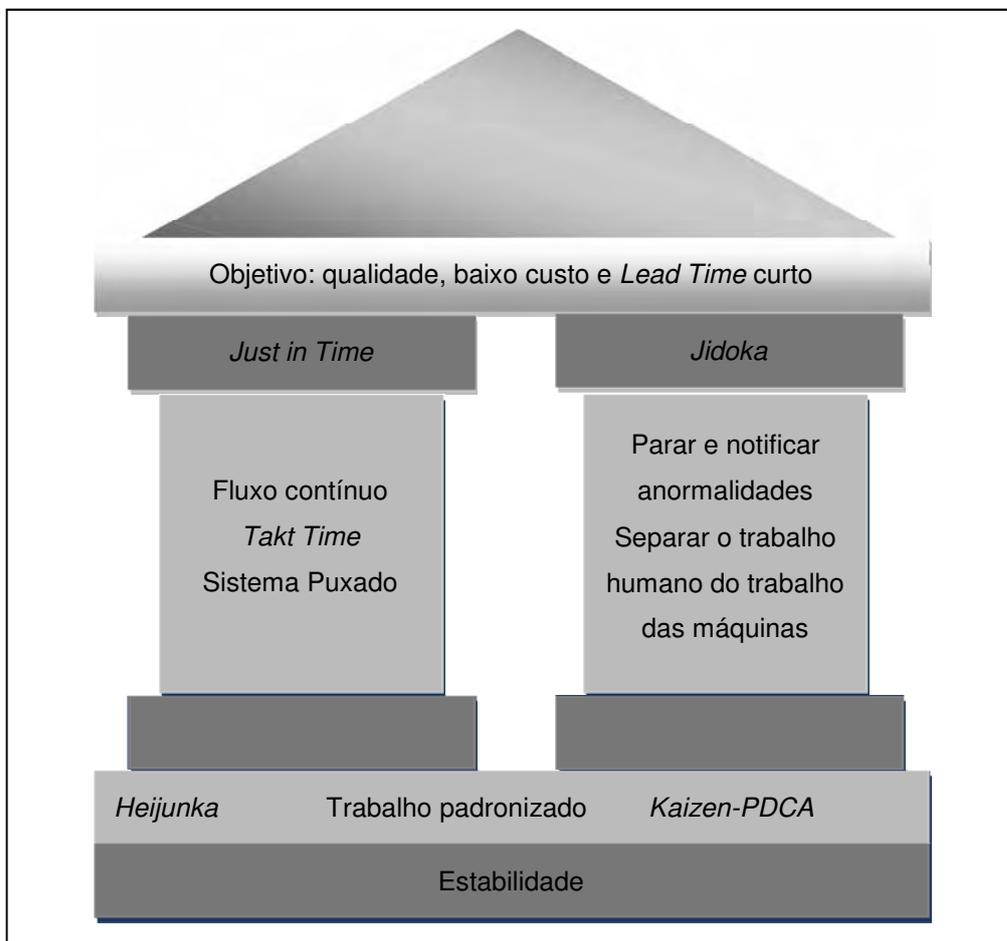
A produção enxuta combina as vantagens da produção artesanal e em massa, evitando os altos custos da primeira e a rigidez desta última. Com essa finalidade, a produção enxuta emprega equipes de trabalhadores multiquificados em todos os níveis da organização, além de máquinas altamente flexíveis e cada vez mais automatizadas, para produzir imensos volumes de ampla variedade (OKUBARO, 2001 *apud* SILVA *et al.*, 2007, p. 2).

Slack, Chambers e Johnston (2002) postulam que o sistema de produção da Toyota é formado por apenas quatro regras implícitas, que guiam a concepção, o projeto, operação e melhoria de qualquer atividade, relação ou fluxo para produto e serviço. As quatro regras são:

- 1) Todo trabalho deve ser altamente especificado no seu conteúdo, sequência, tempo e resultado.
- 2) Toda relação cliente-fornecedor (interno e externo) deve ser direta, com um canal definido e claro para enviarem pedidos e receber respostas.
- 3) O fluxo de trabalho e processo para todos os produtos e serviços devem ser simples e direto.
- 4) Qualquer melhoria deve ser feita pelo método científico, sob a coordenação de um orientador e no nível mais baixo da organização (SLACK *et al.*, 2002, p, 122).

Slack, Chambers e Johnston (2002) comentam que essas quatro regras requerem que as atividades, relações e fluxos de trabalho e processo possam sinalizar problemas automaticamente. É essa contínua resposta aos problemas que faz com que esse sistema, aparentemente rígido, seja na verdade extremamente flexível e adaptável às mudanças.

A Figura 11 resume o Sistema Toyota de Produção e suas principais ferramentas e técnicas.



**Figura 11: Sistema Toyota de Produção**

Fonte: Adaptado de Martins e Laugeni (2005).

Segundo Slack, Chambers e Johnston (2002), a gerência da Toyota reconhece que os maiores problemas estão nos detalhes; por isso, eles garantem que o trabalho seja altamente especificado. Quando um banco é montado num carro, todos os parafusos são apertados na mesma sequência, num mesmo tempo e no torque correto. Esse tipo de especificação é válido para todas as atividades e níveis hierárquicos da empresa. Isso facilita ao funcionário da empresa saber se está executando uma tarefa corretamente ou não, reduz a variação no processo e permite que correções sejam feitas imediatamente, no processo, no caso de desvios.

A sustentação do Sistema Toyota de Produção é baseada em dois pilares, *jidoka* e o *just-in-time* e a base do sistema é a estabilidade.

A estabilidade é considerada a base do Sistema Toyota de Produção, como um todo, pois auxilia na garantia da produção de itens livres de defeitos (pilar *Jidoka*), na quantidade e momento certo (pilar *Just-in-Time*) (GHINATO, 2000).

Frigeri (2008), afirma que o planejamento da produção e das próprias ações de melhorias só pode ser realizado em um ambiente, sob controle e previsível, bem como o processo de identificação e eliminação de perdas, que só consegue ser efetivado em condições estáveis; caso contrário, não é possível encontrar os problemas de forma preventiva e, sim, corretiva.

O conceito *kaizen* advém de uma filosofia organizacional e comportamental, por meio de uma cultura voltada à melhoria contínua, com foco na eliminação de perdas em todos os sistemas de uma organização (MARTINS; LAUGENI, 2005).

Outro conceito fundamental da filosofia *Lean* ou um dos pilares do STP é metodologia *PDCA* – *Plan, Do, Check, Act*, centrada na resolução de problemas, identificação da causa e na procura da melhor solução (OSONO, 2008).

#### **2.4.3.1      *Just-in-time***

O sistema *just-in-time*, doravante denominado *JIT*, foi desenvolvido na *Toyota Motor Company*, no Japão, por Taiichi Ono, visando, sobretudo, o combate, ao desperdício. Toda atividade que consome recursos e não agrega valor ao produto, é considerado um desperdício. Dessa forma, estoques que custam dinheiro e ocupam espaço, transporte interno, paradas intermediárias - decorrentes das esperas do

processo -, refugos e retrabalhos são formas de desperdício e conseqüentemente devem ser eliminadas ou reduzidas ao máximo (MARTINS; LAUGENI, 2005).

O conceito *just-in-time* foi desenvolvido, aperfeiçoado e ampliado por Ohno e Shingo, baseados nas idéias de Kiichiro Toyoda de manter as peças necessárias para a montagem de um automóvel ao lado da linha de montagem. Segundo Ghinato (1996), o conceito prega que somente peças certas, na quantidade certa e no momento certo são fornecidas de um posto de trabalho para outro.

Posteriormente, o conceito de *JIT* se expandiu, e hoje é mais uma filosofia gerencial, que procura não apenas eliminar os desperdícios, mas também colocar o componente certo, no lugar certo e na hora certa. As partes são produzidas em tempo de atenderem às necessidades de produção, ao contrário da abordagem tradicional de produzir caso as partes sejam necessárias. Conforme coloca Shingo (1996), cada processo deve ser abastecido com os itens necessários, na quantidade necessária, no momento necessário, ou seja, sem geração de estoques. Segundo Motta (1993), o *JIT* é uma técnica de gerenciamento que pode ser aplicada tanto na área de produção quanto nas outras áreas da empresa.

Embora seja considerada uma filosofia de gerenciamento global, o sistema *JIT* de gestão da produção tem suas habilidades voltadas à gestão de curto e curtíssimo prazo, e tem sido adotada pelas empresas ocidentais, num processo relativamente recente, designado na literatura, a partir do termo *Lean Production*. A adaptação da filosofia japonesa ao contexto ocidental tem possibilitado suprir as deficiências dos sistemas *Enterprise Resource Planning (ERP)*, no que se refere à gestão e controle de chão-de-fábrica de curtíssimo prazo (FAVARETTO *et al.*, 2002).

Além de eliminar desperdícios, a filosofia *JIT* procura utilizar a capacidade plena dos colaboradores, pois a eles é delegada a autoridade para produzir itens de qualidade, para atender, em tempo, o próximo passo do processo produtivo. Em um sistema *JIT*, em que a qualidade é essencial, o colaborador tem a autoridade de parar um processo produtivo, se identificar algo que não esteja dentro do previsto. Deverá, também, estar preparado para corrigir a falha ou, então, pedir ajuda aos colegas de trabalho. Essa atitude seria impensável nos sistemas tradicionais de produção em massa, no qual a linha jamais poderia ser parada (MARTINS; LAUGENI, 2005).

De acordo com Slack, Chambers e Johnston (2002), a habilidade de fornecimento do sistema *JIT* não só economiza capital de giro (mediante a redução

de níveis de estoque), mas também, contribui para o aprimoramento significativo na habilidade da operação em aprimorar sua eficiência intrínseca.

O *JIT* representa um conjunto de conceitos fundamentais de produção. O sistema inclui os seguintes conceitos de eliminação do desperdício, qualidade perfeita, tempos de ciclo reduzidos, envolvimento de funcionários, valor adicionado à manufatura, descobrir problemas e evitar sua recorrência (FAVARETTO *et al.*, 2002).

Um sistema *JIT* deve apoiar-se em alguns elementos básicos, sem os quais serão pequenas as chances de sucesso. Por exemplo, programa mestre (*master plan*), *Kanban*, tempos de preparação, redução dos tempos de preparação ao máximo, colaborador multifuncional, *layout* da fábrica e qualidade de fornecedores. Desta forma, o *JIT* afeta praticamente todos os aspectos da operação de uma fábrica: tamanho dos lotes, programação, qualidade, *layout*, fornecedores, relações trabalhistas e muitos outros. Enquanto os efeitos são de consequência profunda, assim são também os benefícios potenciais: giros de estoque de 50 a 100 vezes por ano, qualidade superior e substanciais vantagens de custos (15% a 30%) (MARTINS; LAUGENI, 2005).

O objetivo do *Just-in-Time*, segundo Ghinato (2000), é identificar, localizar e eliminar as perdas, garantindo o fluxo contínuo de produção. O autor afirma ainda que a viabilização do *JIT* depende de três fatores: fluxo contínuo, *takt-time* e produção puxada.

A implementação de um fluxo contínuo no processo de fabricação de um produto implica a reorganização do *layout* fabril, transformando-os de *layouts* funcionais para *layouts* celulares. Nos *layouts* funcionais, as máquinas se localizam agrupadas de acordo com seus processos (por exemplo: grupo de fresas, grupo de prensas), já nos *layouts* celulares, as células são montadas de acordo com os diversos processos necessários para a fabricação de determinada família de produtos (FRIGERI 2008, p. 26).

Em relação ao fluxo contínuo, pode-se dizer que é a capacidade de implementação de um fluxo unitário, que conduz ao fluxo contínuo de produção, para que os estoques entre processos sejam eliminados completamente. Assim sendo, é possível eliminar as perdas por estoque, perdas por espera e reduzir o *lead-time* de produção (FRIGERI, 2008).

O conceito de *takt-time* está ligado ao perfeito balanceamento das operações no decorrer do processo de fabricação, necessário para implementação do JIT, conforme Guinato (2000).

Para Alvarez (2001), o *takt-time* é definido, partindo-se da demanda do mercado e do tempo disponível para produção; é o ritmo de produção necessário para atender a demanda. De forma matemática, pode-se dizer que é a razão entre tempo disponível para produção e o número de unidades a serem produzidas.

No Sistema Toyota de Produção, o ritmo da demanda do cliente final é repercutido ao longo de toda a cadeia de valor; isto ocorre, porque a informação de produção flui de processo em processo, em sentido contrário ao fluxo de materiais. Desta forma, a produção puxada evita a superprodução, uma vez que produz somente o que é vendido (GHINATO, 2000).

O sistema de produção puxada proporciona aos processos-clientes a possibilidade de comprarem o que precisarem quando for conveniente. Esse tipo de produção é como um supermercado. Os clientes podem ir às prateleiras e apanharem o que quiserem, pois elas serão reabastecidas à medida que os produtos forem retirados (FRIGERI, 2008, p. 27).

Na Toyota, a produção puxada é viabilizada pelo *Kanban*, um sistema de comunicação entre as operações. O *Kanban* se constitui num método simples de controlar visualmente os processos, além de balancear a produção, eliminar as perdas e permitir reposição de estoques, baseados na demanda (FRIGERI, 2008).

O *Kanban* auxilia o sistema de produção puxada, pois o processo subsequente retira do processo precedente as peças e materiais necessários para sua utilização, bem como impede a produção e transportes excessivos e a fabricação de produtos defeituosos.

Slack, Chambers e Johnston (2002) definem três tipos de *Kanbans*:

- a) *Kanban* de movimentação ou transporte: usado para especificar o lugar de onde o componente deve ser retirado e sua destinação.
- b) *Kanban* de produção: sinaliza o início de um processo para determinado item, especificando os materiais necessários, quantidades e outras informações relevantes para sua fabricação.

- c) *Kanban* do fornecedor: é utilizado para avisar ao fornecedor a necessidade de envio de material para determinado estágio da produção. É normalmente utilizado com fornecedores externos.

O *Kanban* mais usado nos processos produtivos é o de produção e o de movimentação.

Silva *et al* (2007) comentam que a ferramenta empregada para operar o Sistema Toyota de Produção é o *Kanban*. As funções do *Kanban* são:

Conter o desperdício pelo excesso de produção: produzindo só a quantidade a ser utilizada no processo posterior. Fornecer informações para a produção e para a retirada: como o que, quando, e quanto produzir e transportar. É um instrumento de controle visual. Permite decidir rapidamente sobre a anormalidade. É um instrumento para melhoria contínua. É utilizado como contramedida no aumento do estoque e na detecção das causas de variações de estoque (SILVA *et al.*, 2007, p. 5).

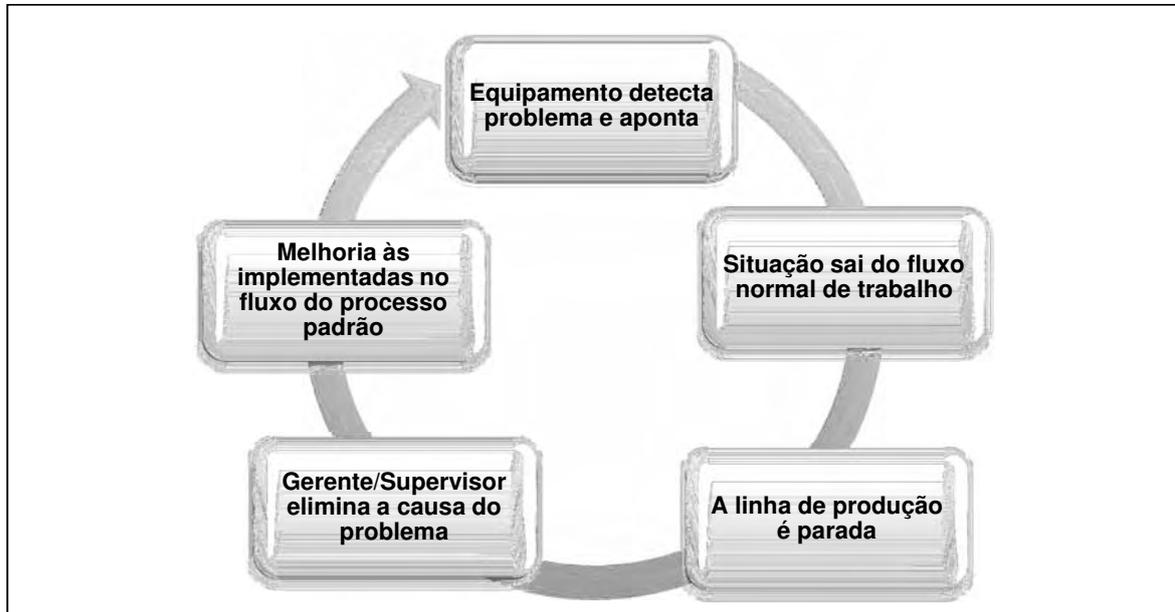
#### **2.4.3.2 Jidoka**

O termo *Jidoka* pode ser definido como autonomação com toque humano. Dentro do sistema Toyota de Produção significa transferência de inteligência humana para a máquina. O conceito originou-se do tear auto-ativado de Toyoda Sakichi. O *Jidoka* contribui para redução de produtos defeituosos, e para automaticamente no caso de anormalidades, na linha, permitindo que a situação seja investigada (TOYOTA, 2009).

Segundo Black (2001), autonomação não deve ser confundida com automação. Autonomação, segundo Barros Filho (2003), se refere ao controle autônomo de qualidade e defeitos.

O conceito de autonomação foi disseminado por Ohno e inspirado nos mecanismos de parada automática, instalados em teares inventados por Sakichi Toyoda (GHINATO, 1994). Ela elimina a superprodução e evita a fabricação de produtos defeituosos, já que dá à máquina ou ao operador a autonomia de interromper a produção, sempre que algo anormal seja detectado ou quando a quantidade planejada é atingida. O que possibilita uma melhoria na qualidade, pois permite que a linha seja parada no caso de detecção de peças defeituosas, gerando

uma ação imediata de correção (TOYOTA, 2009). A Figura 12 resume o significado do conceito *Jikoda*.



**Figura 12. Conceito *Jidoka***

Fonte: Adaptado de Toyota (2009).

No STP, a automação possibilita uma melhoria da qualidade, pois permite que a linha seja parada, no caso de detecção de peças defeituosas. Isto gera uma ação imediata de correção da anormalidade por parte do operador ou de outro técnico. Essa intervenção valoriza a atuação do operário e estimula a aplicação de melhorias (BARROS FILHO, 2003).

Um sistema de controle visual para indicar as paradas da linha é essencial para a orientação das ações corretivas. A Toyota utiliza um quadro indicador de parada da linha pendurado acima da linha de produção. Quando as operações estão normais, a luz verde está ligada. Quando um operador deseja ajustar alguma coisa na linha e solicita ajuda, ele acende uma luz amarela. Se uma parada na linha for necessária, devido a algum problema, a luz vermelha é acesa. Este sistema de controle visual da linha é chamado de *Andon* (BARROS FILHO, 2003, p. 15).

Ohno (1997) observa que é graças à implementação da automação nas linhas de montagem da Toyota reduzem a fabricação de produtos defeituosos, elimina a superprodução, e pára automaticamente no caso de anormalidades permitindo que a situação seja investigada.

Conhecido como *Poka-Yoke*, os dispositivos utilizados no *Jidoka* proporcionam a separação Homem/ Máquina.

*Poka-yoke* significa à prova de erros. Um processo ou produto deve ser projetado de forma a eliminar qualquer possibilidade prevista de defeito. Pelo *poka-yoke*, pode-se conseguir o *zero defeitos* na produção (MAXIMIANO, 2007).

Na área de serviços, também é possível projetar sistemas à prova de erros. Como o serviço é quase sempre uma interação direta entre o cliente e o fornecedor do serviço, o projeto deve prever a possibilidade de erro, tanto por parte do cliente, que normalmente não está habituado à sistemática do serviço, como também, do fornecedor. Este, sim, deve estar habilitado a não cometer erros (MAXIMIANO, 2007).

*Poka-Yoke* são os dispositivos pelos quais o *Jidoka* é colocado em prática, pois são os mecanismos de detecção de anormalidades que, acoplados a uma operação, impedem a execução irregular de uma atividade (GHINATO, 2000).

### 2.4.3.3 *Heijunka*

Segundo Magee (2008), *heijunka* é o nivelamento geral do volume e da variedade de itens produzidos no final da linha de produção em intervalos determinados. Ainda segundo o autor é um pré-requisito para o *JIT*.

Ghinato (2000) exemplifica a utilização do *heijunka* por meio de um exemplo na indústria automobilística (Tabela 7).

**Tabela 7: Nivelamento da produção de 5 modelos de automóveis**

Modelo	Produção Mensal (20 dias)	Produção Diária (480 min.)	<i>Takt-Time</i> (minutos)
Modelo A	4.800 unidades	240 unidades	2 minutos
Modelo B	2.400 unidades	120 unidades	4 minutos
Modelo C	1.200 unidades	60 unidades.	8 minutos
Modelo D	600 unidades	30 unidades.	16 minutos
Modelo E	600 unidades	30 unidades	16 minutos

<b>TOTAL</b>	<b>9.600 unidades</b>	<b>480 unidades</b>	<b>1 minuto</b>
--------------	-----------------------	---------------------	-----------------

Fonte: Ghinato (2000)

Como se observa na Tabela 7, nas demandas para 5 modelos diferentes de automóveis, a última coluna apresenta o *takt-time*, considerando-se uma linha de montagem para cada um dos modelos. No entanto, os diferentes modelos devem ser fabricados na mesma linha, de acordo com suas respectivas demandas.

A programação realizada pelo *heijunka* permite definir uma determinada sequência de montagem capaz de atender a demanda de cada modelo, como se estivesse sendo montado em linhas exclusivas (FRIGERI, 2008).

#### **2.4.3.4 Kaizen**

O conceito *kaizen* foi introduzido na administração, a partir de 1986, por Masaaki Imai e tem sido associado à idéia de melhoria contínua, não só no trabalho como também no lar e na vida social. O termo é formado a partir de *KAI*, que significa modificar e *ZEN*, que significa para melhor (MARTINS; LAUGENI, 2005).

De acordo com Osono (2008), o conceito *kaizen* é o hábito mental de querer fazer um pouco melhor todos os dias, eliminando desperdício e buscando uma maior eficiência. É uma Atitude associada a nunca ficar satisfeito com o *status quo*, o que ajuda a explicar por que a Toyota se mantém contínua e persistentemente realizando experiências (OSONO, 2008).

Martins e Laugeni (2005) salientam que são várias as forças que agem no sentido contrário a *kaizen*; dentre elas, a falta de iniciativa e o comodismo. A fim de combater o comodismo às mudanças, algumas ações são sugeridas:

- a) Descarte as idéias fixas e convencionais.
- b) Pense em como fazer e não no por que não pode ser feito.
- c) Não apresente desculpas. Comece por questionar as práticas correntes
- d) Não procure a perfeição. Faça-o imediatamente, mesmo que seja para atingir somente 50% dos objetivos.
- e) Corrija o erro imediatamente, caso o cometa.
- f) Não gaste dinheiro com a *kaizen*, use a criatividade.

- g) A criatividade surge com as necessidades.
- h) Faça a pergunta por quê? Pelo menos cinco vezes e procure as causas-raízes.
- i) Procure se aconselhar com dez pessoas, em vez de somente com uma.
- j) As sugestões *kaizen* são infinitas.

De acordo com Martins e Laugeni (2005), o conceito *kaizen* é uma filosofia gerencial e pode ser aplicado, de forma segmentada em partes específicas da organização. Assim, pode-se ter:

- a) *Kaizen* de projeto: desenvolver novos conceitos para novos produtos;
- b) *Kaizen* de planejamento: desenvolver um sistema de planejamento, quer para a produção, quer para finanças quer para *marketing*;
- c) *Kaizen* de produção: desenvolver ações que visem eliminar desperdícios no chão-de-fábrica e melhorem o conforto e a segurança no trabalho.

O conceito *kaizen*, como filosofia gerencial, é bem mais ampla que a gestão da qualidade total, pois abrange a necessidade de melhoria contínua dos gerentes, dos operários, em todos os aspectos de vida (MARTINS; LAUGENI, 2005).

Fleury (1993, *apud* FRIGERI, 2008, p, 29) afirma que:

A *Kaizen* é uma postura crítica das empresas japonesas que se traduz num esforço contínuo para aumentar a eficiência dos processos produtivos e aplica diversas técnicas para essa finalidade, tais como o – *Total Quality Control* (TQC), Análise de Valor e – Círculos de Controle de Qualidade (CCQ) dentre outras (FLEURY, 1993 *apud* FRIGERI, 2008, p. 29).

De acordo com Ghinato (2000), a prática da *kaizen* depende do monitoramento contínuo dos processos, com a utilização do ciclo de *Deming* ou método *PDCA*.

#### **2.4.3.5 O Ciclo *PDCA***

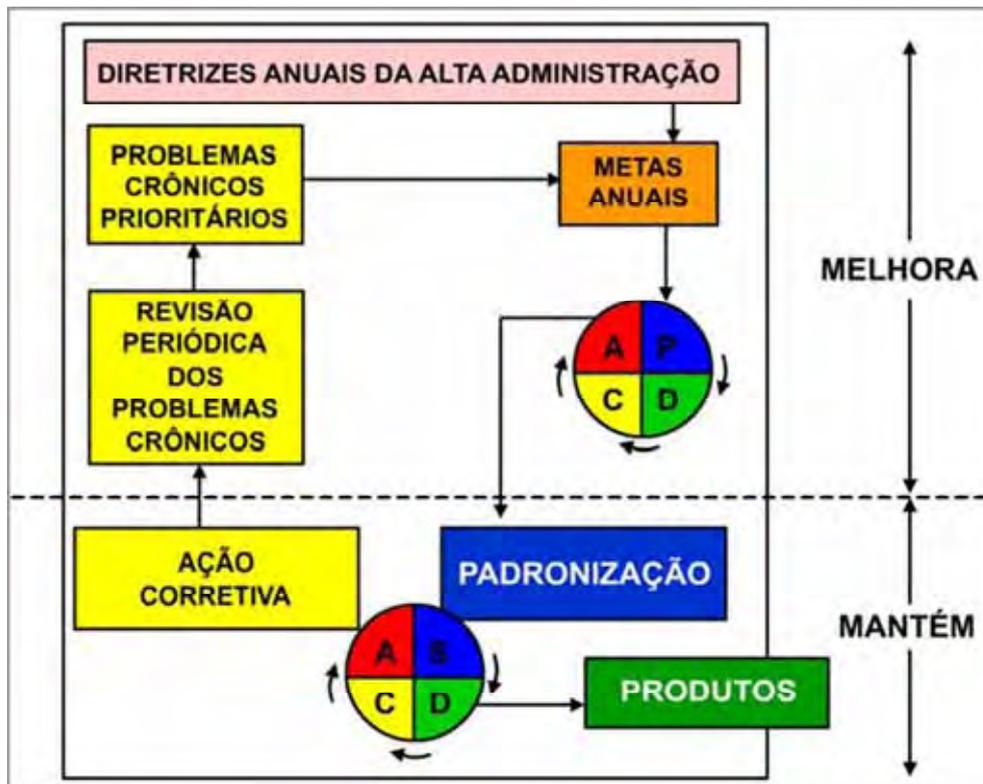
Como postulado por Slack; Chambers; Johnston (2002), o ciclo *PDCA* é a sequência de atividades, que são realizadas de maneira cíclica, para melhorar atividades. Também conhecido como ciclo de Deming, em homenagem a W.E.

Deming, um dos responsáveis pela sua difusão no Japão, nos anos 50. O conceito do melhoramento contínuo implica literalmente um processo de melhoria sem fim, questionando e requestionando os trabalhos, numa operação, de forma a obter sempre melhores resultados.

Para Campos (2002), o *PDCA* é um método de gestão e o caminho para se atingir metas e que deve ser entendido e aplicado pelos gerentes nas organizações.

Para Aguiar (2002), Sousa (2006) e Shiba (1997), a metodologia *PDCA* – *Plan, Do, Check, Act* é uma metodologia de resolução de problemas, baseada em oito passos, a fim de propor soluções aos problemas e utilizado para garantir as metas necessárias à sobrevivência das empresas.

A figura 13 ilustra as formas de gerenciamento para manter e melhorar.



**Figura 13: Conjugação dos Tipos de utilização Ciclo PDCA**

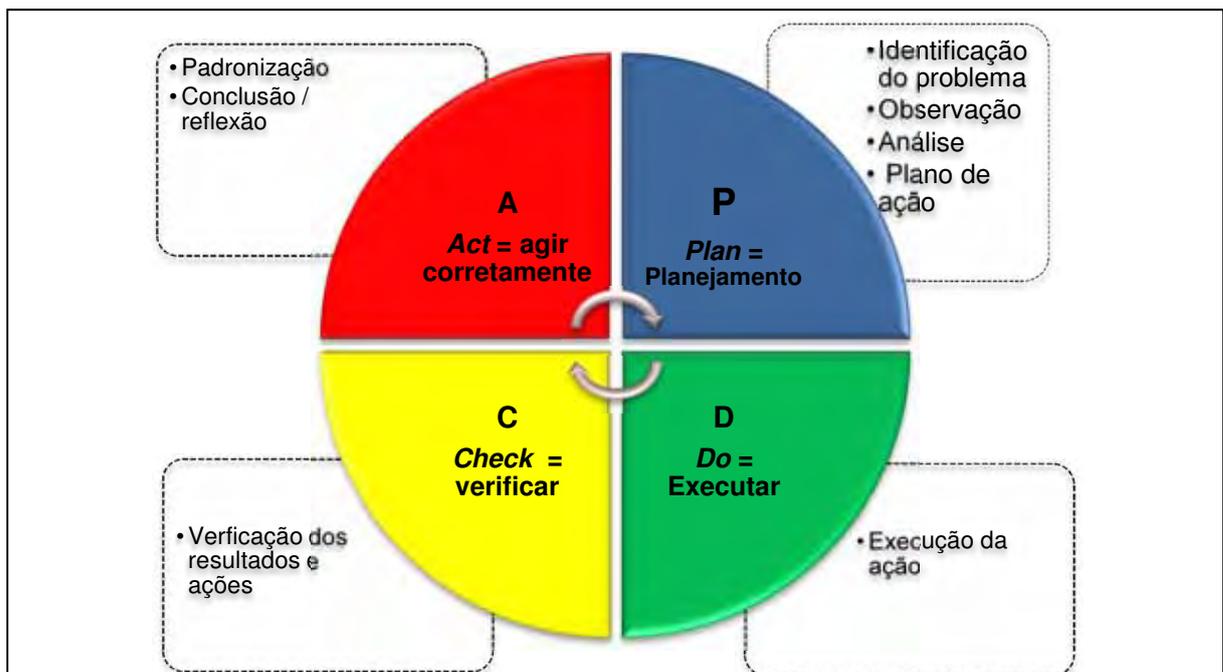
Fonte: Adaptado de Aguiar (2002).

Sousa (2006) explica que o ciclo *PDCA* foi desenvolvida por Walter A. Shewhart, na década de 30 e consagrada por Willian Edwards Deming, a partir da década de 50, onde foi empregado, com sucesso, nas empresas japonesas para o melhoria da qualidade de seus produtos e processos. A metodologia nasceu no

escopo da tecnologia *Total Quality Control (TQC)*, como uma ferramenta que melhor representava o ciclo de gerenciamento de uma atividade. Aguiar (2002) ressalta que o método *PDCA* tem como objetivo, exercer o controle dos processos, podendo ser usado de forma contínua, para seu gerenciamento em uma organização, por meio do estabelecimento de uma diretriz de controle, visando promover mudanças radicais nos produtos e processos existentes (Planejamento da Qualidade), do monitoramento do nível de controle, a partir de padrões (Manutenção da Qualidade/*SDCA*) e da melhoria contínua dos resultados da empresa com o processos existentes (Melhoria da Qualidade).

O ciclo *PDCA* compõe o conjunto de ações em sequência, dada pela ordem estabelecida pelas letras que compõem a sigla: *P* (*plan*: planejar), *D* (*do*: fazer, executar), *C* (*check*: verificar, controlar), e finalmente o *A* (*act*: agir, atuar corretivamente). O *PDCA* simboliza o princípio da iteração na resolução de problemas, ou seja, efetuar melhorias por etapas e repetir o ciclo de melhoria diversas vezes (SHIBA, 1997).

O modelo conhecido como Ciclo *PDCA*, também representa as atividades de Planejamento e Controle e suas etapas (Figura 14).



**Figura 14: PDCA - Método de Gerenciamento de Processos**

Fonte: Adaptado de Aguiar (2002).

Na fase de Planejamento (*P*) do ciclo *PDCA* – identifica-se o problema ou se estabelece uma meta, por meio de fatos e dados que são visualizados nos gráficos de controle, resultados esperados de um padrão, folhas de verificação, ou ainda, pesquisa de avaliação do nível de satisfação (CABRAL, 2002; AGUIAR 2002).

Na fase de observação, devem ser levantados todos os dados relativos ao problema e desdobrados em problemas menores ou específicos; e a análise do problema pode ser feita pelo diagrama de causa e efeito. Essa ferramenta, se utilizada corretamente, possibilita o melhor entendimento das causas que influenciam no resultado do processo (CABRAL, 2002; AGUIAR 2002).

Na identificação da causa ou etapa de análise do processo, deve-se procurar entender o problema ou oportunidade e identificar suas causas e consequências. De acordo com Maximiano (2006), algumas técnicas foram desenvolvidas para ajudar os gerentes a analisar problemas de forma sistemática, estudando suas causas, consequências e prioridades. De acordo com Osono (2008), na Toyota, os funcionários são estimulados à prática do *genchi genbutsu* ou “ir direto a fonte” e analisar continuamente as causas básicas.

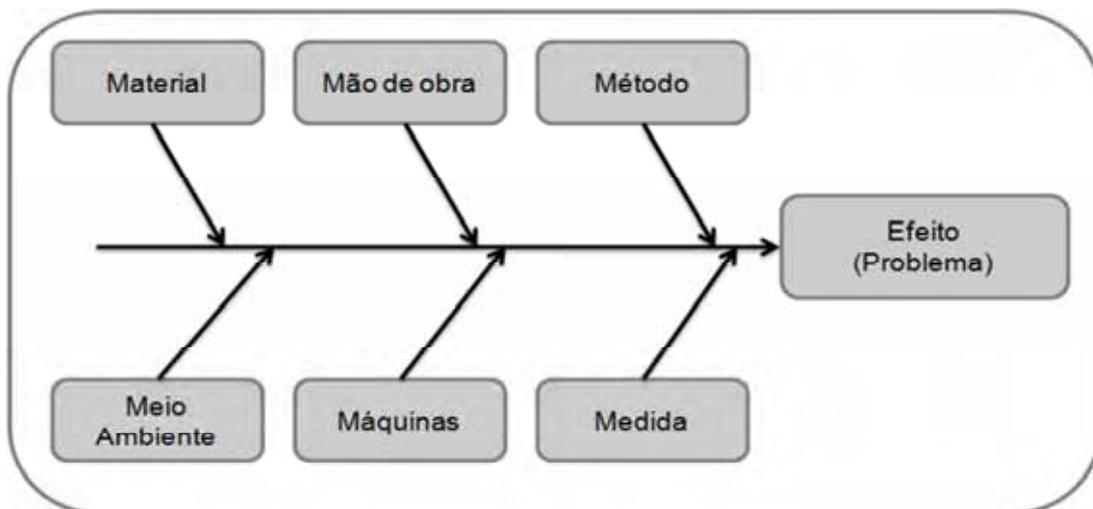
Uma vez identificadas as causas, é necessário bloqueá-las ou minimizá-las. Segundo Aguiar (2002), o *5W1H* é uma ferramenta que objetiva dispor um cronograma de planejamento da execução e o monitoramento de ações a serem executadas. Para isso, constrói-se uma tabela, relacionando as seguintes questões; o que, como, por que, onde, quando e quem, analisados em cima de cada item e anotar as decisões em cada questão considerada.

As principais ferramentas de controle de qualidade são: o Diagrama de Ishikawa, Princípio de Pareto, Gráfico de Dispersão, Lista de Verificação (*Checklist*) ou Tabelas de Dados, Histograma e Gráficos de Controle.

O Diagrama de Ishikawa (de Espinha de Peixe ou de Causa e Efeito) apresenta um efeito principal, associado graficamente às suas potenciais causas. As causas situam-se à esquerda do efeito, podendo ainda ser subdivididas em subcausas (secundárias e terciárias), conforme a complexidade da situação em estudo. O nome Diagrama de Ishikawa deve-se ao seu criador. A disposição gráfica utilizada (Figura 15) lembra a estrutura de uma espinha de peixe; daí, por que também é conhecido com este nome. Para facilitar a organização das causas, as mesmas são geralmente organizadas em grupos de origens, onde os principais

utilizados referem-se à Medida, Máquina, Método, Material, Pessoal e Meio-Ambiente (MAXIMIANO, 2006).

Para Kume (1993), vários métodos devem ser aplicados conjuntamente na resolução de problemas. O *brainstorming*, por exemplo, possibilita chegar às causas mais influentes, colhendo o maior número possível de causas, a fim de construir o Diagrama de Causa e Efeito. Outra ferramenta útil é o diagrama de Pareto.

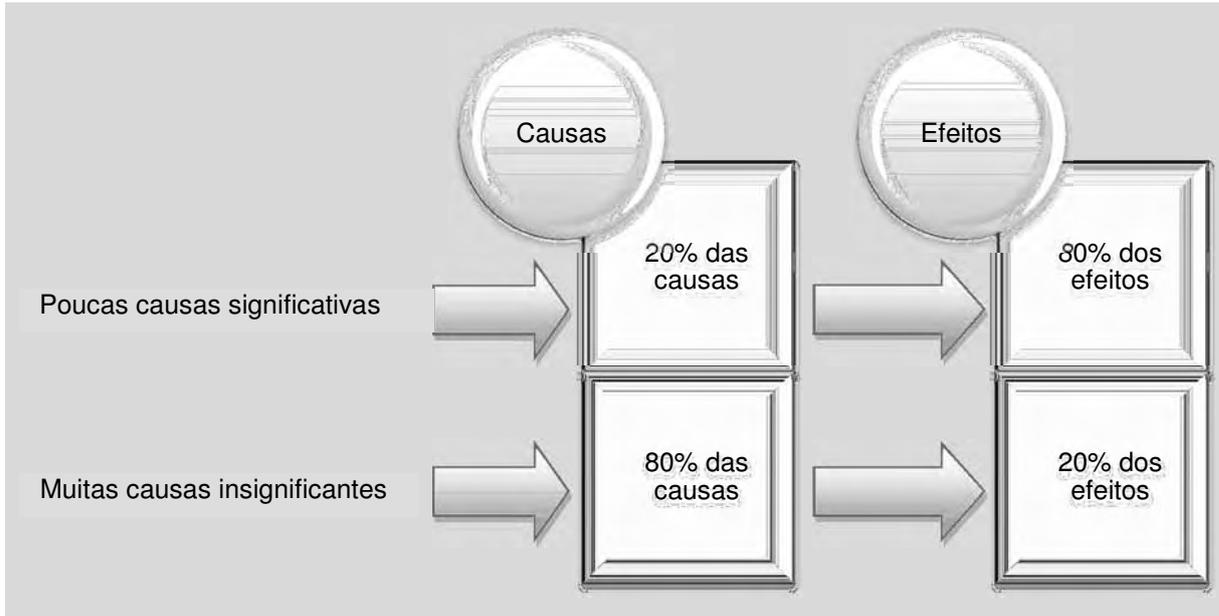


**Figura 15: Diagrama de Ishikawa**

Fonte: Adaptado de Maximiano (2006).

O princípio de Pareto (ou análise de Pareto) é uma técnica que permite selecionar prioridades, quando se enfrenta grande número de problemas ou quando é preciso localizar as mais importantes de um grande número de causas.

Dentro de uma coleção de itens, os mais importantes, segundo algum critério de importância, normalmente representam pequena proporção do total. Segundo o princípio de Pareto, a maior quantidade de ocorrências ou efeitos depende de uma quantidade pequena de causas. Isso também é conhecido como princípio 80-20 (Figura 16). Portanto, focalizar as poucas causas significativas, permite resolver a maioria dos problemas. O primeiro problema a ser resolvido toma-se encontrar as prioridades - as causas ou problemas que provocam as consequências mais danosas.



**Figura 16: O princípio de Pareto - a maior parte dos efeitos é produzida por um número pequeno de causas**

Fonte: Maximiano (2006).

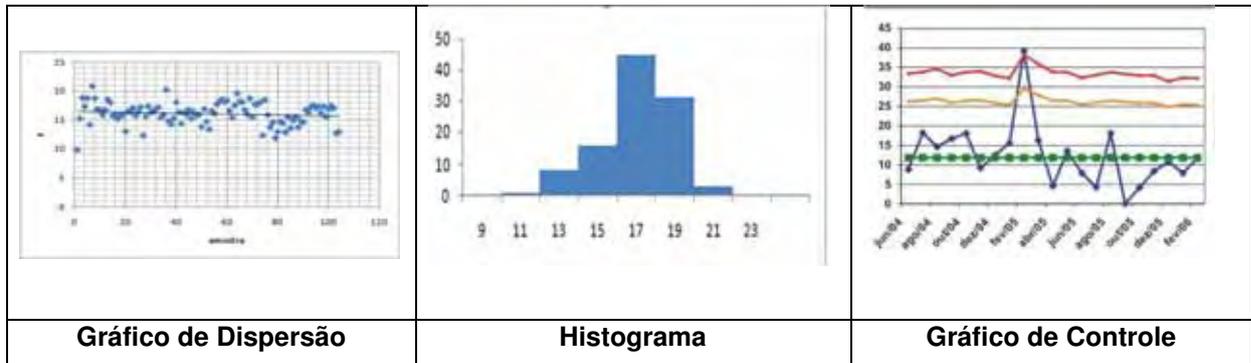
As listas de verificação são geralmente utilizadas para coletar dados que representam os fatos. São empregados para levantar dados sistematicamente com relação à frequência de diversos efeitos (SIHIBA, 2007).

Outra ferramenta de controle de qualidade, o Gráfico de Dispersão, é utilizado para a visualização do tipo de relacionamento existente entre os valores correspondentes a uma série de duas variáveis, plotando as mesmas em um eixo XY, no sentido de prover a correlação entre elas. Os gráficos de dispersão são muito utilizados para a análise de tendências, sendo esta última considerada por si só uma outra ferramenta da qualidade (MAXIMIANO, 2006).

O Histograma consiste em um gráfico de barras, que representa a distribuição de frequências de um evento. Na prática, pode, por exemplo, ser utilizado para a verificação da alocação de um recurso em um projeto, ao longo de um determinado período (gráfico de recursos) (AGUIAR 2002).

O Diagrama ou gráfico de Controle é uma disposição gráfica dos resultados de um processo ao longo de um determinado período, utilizada para verificar se o mesmo está dentro de determinadas faixas de referência. Estas faixas constituem limites a serem observados, para que o processo seja considerado sob controle. Os Gráficos de Controle são considerados uma ferramenta preventiva para identificação

de problemas. Um exemplo da sua utilização seria relacionar as medições coletadas em um ensaio de resistência do concreto a ser utilizado em uma obra, para verificar se a mesma está dentro do previsto no projeto (MAXIMIANO, 2006). A figura 17 ilustra exemplos das ferramentas do controle da qualidade.



**Figura 17: Ferramentas de Controle de Qualidade**

Na etapa elaboração do plano de ação dentro da fase *P* do *PDCA*, consiste em planejar todas as atividades necessárias para a solução do problema, registrando em formulário-padrão. Para a elaboração do plano de ação deve-se: identificar as soluções possíveis, incentivando a equipe envolvida a citar para cada causa selecionada todas as ações que podem gerar um bloqueio parcial ou definitivo destas causas; escolher as soluções mais adequadas, levar em consideração o custo de cada ação proposta.

Na Fase de execução (*D*) do Ciclo *PDCA*, o plano de ação proposto deve ser implementado e os dados coletados para serem avaliados na fase de controle (AGUIAR, 2002).

A fase de controle (*C*) do Ciclo *PDCA*, consiste em verificar se o problema foi solucionado, por meio de comparação dos resultados. Verifica-se a situação anterior (efeito indesejável e suas consequências) e compara-se com a situação atual, mencionando as diferenças, ou seja, os ganhos obtidos, após a implantação do plano de ação. Se o efeito indesejável realmente desapareceu, isso significa que a metodologia de análise e solução de problemas foi devidamente utilizada, ou seja, a análise foi bem feita e a solução implantada foi eficaz. Caso o problema persista, deve-se retornar o processo de observação e girar novamente o Ciclo *PDCA*, dessa

vez buscando apoio e ajuda de pessoas que tenham mais experiência na utilização da metodologia (CABRAL, 2002; AGUIAR, 2002; CAMPOS, 2002).

Nesta fase uma ferramenta utilizada é controle visual do processo ou gestão à vista. De acordo com Gianninni (2007), essa ferramenta permite rápida e clara visualização do andamento da produção para que o gerenciamento do sistema seja mais ágil, por meio da apresentação de resultados para que todos possam acompanhar o desempenho do processo.

Na fase de ação (A) do Ciclo *PDCA*, como se observa na Figura 26, no caso de sucesso, meios de manutenção dos resultados devem ser implementados e uma conclusão necessita ser feita. No caso de insucesso, o giro do *PDCA* deve ser reiniciado, com a aplicação das ferramentas da qualidade. (AGUIAR, 2002; CAMPOS, 2002).

Para Campos (2002), o padrão técnico do processo é o documento básico para o controle do processo. Este documento contém todos os parâmetros técnicos necessários ao processo de fabricação de um produto ou de um serviço. O padrão técnico do processo traduz para os operadores da empresa as necessidades dos clientes, por meio dos itens de controle que devem ser observados e é utilizado dentro do controle integrado da qualidade.

A análise do padrão técnico é feita para determinar os parâmetros de controle (valores dos itens de controle) de tal forma que cada operador saiba exatamente o que tem que ser feito e possa garantir a total satisfação do cliente. Do padrão técnico do processo, as informações vão para o operador, por meio dos procedimentos operacionais (CABRAL, 2002).

O Procedimento Operacional é um documento preparado pelas pessoas diretamente ligadas à tarefa, com o objetivo de garantir, de forma eficiente e segura, os requisitos da qualidade para um processo. Portanto, este documento será sempre o ponto final do fluxo das informações técnicas e gerenciais. O Procedimento Operacional deve conter, de forma mais simples possível, todas as informações necessárias ao bom desempenho da tarefa.

Conforme Slack, Chambers e Johnston (2002), neste estágio, a mudança ou melhoria obtida deve ser consolidada ou padronizada. Esta é uma fase de reflexão e que deve refletir sobre as atividades do grupo durante a solução do problema. Neste momento, deve se questionar sobre o que de bom ou de ruim aconteceu; que pontos positivos e negativos foram observados nesse processo; quais os pontos que

precisam ser melhorados; como foi o envolvimento da equipe e de cada membro do grupo; como foi a participação e apoio dos facilitadores e da linha de comando e quais as lições aprendidas com a utilização do método *PDCA*.

### 3 MÉTODO DE PESQUISA

Essa dissertação utilizou-se da abordagem de pesquisa qualitativa. O método de pesquisa utilizado foi o estudo de caso e as fontes de coletas de dados foram oriundas de uma empresa do setor sucroalcooleiro.

De acordo com Gil (2002), os tipos de pesquisas qualitativas podem ser: estudo de caso, pesquisa descritiva, pesquisa exploratória, pesquisa participante e pesquisa-ação.

Conforme observa Bryman (1995), a natureza da pesquisa qualitativa provê ao pesquisador um forte senso do contexto, propiciando ainda grande facilidade ao entendimento do que ocorre na organização. Portanto, a pesquisa com características qualitativas, vem auxiliar o pesquisador a compor um panorama geral da situação da empresa, de seus problemas e de suas necessidades

Sobre a pesquisa qualitativa, Goldenberg (2000) afirma que:

Na pesquisa qualitativa, a preocupação do pesquisador não é com a representatividade numérica do grupo pesquisado, mas com o aprofundamento da compreensão de um grupo social, de uma organização, de uma instituição, de sua trajetória, entre outros (GOLDENBERG, 2000, p. 14).

Segundo Yin (2001) a utilização do estudo de caso ocorre quando a pergunta da pesquisa começa com “como” ou “por que”, ou quando o foco temporal está em fenômenos contemporâneos ou, ainda, o pesquisador tem pouco controle sobre os eventos.

A escolha pela realização do estudo de caso veio da necessidade de se observar a teoria apresentada, para se responder a questão da pesquisa. O estudo de caso é um dos meios mais importantes de pesquisa em gestão de operações, especialmente no desenvolvimento de novas teorias. Muitos conceitos inovadores e teorias em gestão de operações, da produção enxuta à estratégia de manufatura foram desenvolvidos com base em estudos de casos (VOSS *et al.*, 2002).

O método de estudo de caso, segundo Yin (2001), caracteriza-se pela simplicidade de passos para realização de pesquisas em ambientes organizacionais e administrativos, ressaltando que este método preserva as características holísticas e significativas dos eventos estudados.

Yin (2001) classifica ainda o estudo de caso no tocante a quantidade de casos como sendo caso único ou múltiplos casos, mas qualquer que seja a quantidade é importante buscar esclarecer no estudo o motivo pelo qual uma ou um conjunto de decisões foram tomadas, como foram implementadas e com quais resultados alcançados.

O instrumento de coleta de dados utilizado foi a coleta documental e observacional conforme técnica descrita por Gil (2002). O autor ainda define a entrevista, questionário, formulários, testes e escalas entre outros como forma de coletar dados.

## **4 ESTUDO DE CASO**

O estudo de caso foi realizado em uma Usina de açúcar e etanol, localizada no município de Catanduva (SP). A Usina produz açúcar, etanol, levedura e energia.

Fundada em 6 de agosto de 1952, foi a primeira Usina de açúcar da região de Catanduva. A empresa já passou pelas diversas fases, nos seus processos de gestão e melhoria de competitividade, com aplicação de Gestão pela Qualidade Total, programa 5S e certificação ISO 9000.

### **4.1 Caracterização das variáveis utilizadas no estudo de caso**

A realização do estudo de caso foi feita através da análise do banco de dados da empresa, utilizando-se dos registros relativos aos processos de pesagem da cana-de-açúcar transportada pelos caminhões e reboques, utilizados no abastecimento da usina na safra 2006/2007.

Um dos objetivos desse estudo de caso é propor a redução da variabilidade do processo de transporte de caixas de cargas, contendo cana-de-açúcar, bem como aumentar o peso médio de cada unidade transportada. Assim a análise dos dados foi pautada pela formação de grupos comparáveis, compostos por três elementos: Caixa de carga (tipos de veículos), Variedade e Número do corte de cana-de-açúcar. Os grupos foram formados pela composição do reboque-variedade-número do corte da cana-de-açúcar. Desta forma, um grupo formado, por exemplo, pelo reboque 2 eixos baixos, variedade RB 855453 e número de corte 1, com suas respectivas quantidades transportadas. O quadro 6 apresenta a caracterização dos componentes que podem ser combinados para a formação de grupos utilizados pela Usina

Dessa forma, poder-se-ia ter um grupo formado, por exemplo, pelo reboque 2 eixos baixos, variedade RB 855453 e número de corte 1.

ELEMENTOS DE ANÁLISE	Grupos	OBSERVAÇÕES	
Caixas de carga	7 m carroceria baixa ( Reb. SC 7M CB)	As caixas de carga compõem as varias formações dos comboios. Para efeito de análise da variabilidade, analisou-se cada caixa de forma separada e independente	
	8 m carroceria alta (Reb. SC 7M CB)		
	8 m carroceria baixa (Reb. SC 8M CA)		
	Reboques 2 eixos baixo (Reboque 2EB)		
	Reboques 2 eixos alta (Reboque 2 EA)		
	Reboques 4 eixos alta (Reboque 4EA)		
Variedades de cana	IAC 873396	São inúmeras as variedades de cana nas plantações. As condições climáticas e de solo definem o plantio de cada uma das variedades.	
	MIX 2		RB 72454
	RB 765418		RB 806043
	RB 835054		RB 835089
	RB 835486		RB 845257
	RB 855036		RB 855113
	RB 855453		RB 855536
	RB 867515		SP 801816
	SP 801842		SP 803280
	SP 813250		SP 835073
	SP 841431	SP 853877	
	SP 87396	SP 832847	
Números de Corte	1º ao 9º	Houve a separação de cada corte para análise da variabilidade.	

#### **Quadro 6: Grupos definidos para análise dos dados**

As operações de CCT envolvem vários processos. Para efeito de análise dos dados a variabilidade no peso das cargas transportadas de cana-de-açúcar da área de produção (fazendas/sítios) até a usina foi priorizado para análise. Neste estudo adotou-se a terminologia peso em toneladas das caixas de cargas em vez de massa.

Como as combinações resultam na formação de diversos grupos, para efeito de análise, foram considerados dados das caixas de carga do reboque 2EB,

combinado com a Variedade RB 855453 e com o Número de corte 1. Para cada caixa dessa combinação, no período da safra 2006/2007, foi anotado o peso, em tonelada.

#### 4.1.1 Quantidade Total de Cana Transportada

Na Safra 2006/2007, foram moídas um total de 1.918.492 toneladas. Para efeito desse estudo, foram analisadas e tratadas amostras de dados representando 1.003.510 toneladas de cana-de-açúcar transportadas entre as áreas rurais e a usina processadora. Neste Caso, apenas serão consideradas as quantidade de cana-de-açúcar transportadas pelos veículos da própria usina.

#### 4.1.2 Características dos Tipos de Caixas de carga (Reboques) e composições utilizadas no transporte de cana-de-açúcar.

O transporte é efetuado via veículos (caminhões), com caixas de carga acoplada a eles; são responsáveis pelo transporte da cana das áreas rurais até a usina produtora. A tabela 8 destaca características e capacidades nominais de transporte dessas caixas de carga e abreviação utilizada nas análises.

**Tabela 8: Caracterização dos equipamentos de transporte de cana**

TIPO DE CAIXA DE CARGA	CAPACIDADE (t)
Caminhões chassi comprido 7m carroçaria baixa ( reb. SC 7M CB)	15
Caminhões chassi comprido 8 m cana picada ( reb. SC 7M CB)	18
Caminhões chassi comprido 8 m carroçaria baixa (reb. SC 8M CB)	17
Caminhões chassi comprido 8 m carroçaria alta (reb. SC 8M CA)	18
Reboques 2 eixos altos (reboque 2EA)	18
Reboques 2 eixos baixos (reboque 2EB)	15
Reboques 4 eixos altos (reboque 4EA)	25

Fonte: Dados fornecidos pela empresa.

O desdobramento das quantidades transportadas é apresentado pelo tabela 9, destacando que a maior quantidade foi transportada pelos reboques de 2 eixos baixos (Reboque 2EB) responsável por 37% da quantidade transportada e que será analisada nesta pesquisa.

**Tabela 9: Estratificação da quantidade transportada pelos tipos de caixa de carga**

<b>Tipo de caixa carga</b>	<b>Quantidade transportada (t)</b>	<b>% participação</b>	<b>% acumulado</b>
Reboque 2EB	372.162	37%	37%
Reboque SC 8M CA	235.051	23%	61%
Reboques 4EA	146.801	15%	75%
Reboque SC 8M CP	86.767	9%	84%
Reboque SC 7M CB	61.567	6%	90%
Reboques 2EA	58.108	6%	96%
Reboque SC 8M CB	43.054	4%	100%
<b>Total</b>	<b>1.003.510</b>		

Fonte: Dados fornecidos pela empresa.

A tabela 9 mostra uma análise de Pareto para distribuição das quantidades transportada nesta safra e analisadas neste projeto, por tipo de reboque.

O objetivo desta estratificação é priorizar a análise dos dados, para que haja foco nos nas características de interesse. Uma outra informação importante é mostrar que os reboques apresentam capacidades nominais e características diferentes entre si e que impactam na quantidade transportada; entretanto o transporte dos reboques foi individualizado para efeito de análise, agrupando-se o mesmo tipo de reboque, corte e variedade de cana.

#### 4.1.3 Número de Cortes da cana-de-açúcar

Ao longo do seu ciclo de plantio, o corte da cana-de-açúcar apresenta vários estágios do 1º corte, 2º corte e assim sucessivamente, neste estudo aparecem, os cortes número 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 9. A cana é cortada e depois brota novamente. O número de cortes da cana-de-açúcar determina quantas vezes aquela área de plantio já foi cortada; isso tem impacto nas características da matéria-prima como tamanho, densidade, quantidade de açúcar (SILVA, 2006). A tabela 10 caracteriza as quantidades extraídas de cana; os corte números 1,2,4 e 3 representam juntos 85% do volume transportado.

**Tabela 10: Estratificação da quantidade transportadas por Número de corte**

<b>Número de corte</b>	<b>Quantidade transportada (t)</b>	<b>% participação</b>	<b>% acumulado</b>
1	470.472	45%	47%
2	150.794	15%	62%
4	127.719	13%	75%
3	103.181	10%	85%
5	91.967	9%	94%
8	51.477	5%	96%
7	5.464	1%	100%
9	2.435	-	100%
<b>Total</b>	<b>1.003.510</b>		

Fonte: Dados fornecidos pela empresa.

#### 4.1.4 Variedade da cana-de-açúcar transportada

A cana-de-açúcar apresenta diversas variedades, que são utilizadas para o plantio, conforme condições do solo e do clima. Essas variedades apresentam variações nas suas densidades, tamanho e formato, isso impacta diretamente na

quantidade (peso) de cana transportado, pois dependendo da variedade um maior ou menor volume, pode ser transportado pela mesma caixa de carga, dependendo da densidade da cana. A tabela 11 representa a distribuição dessas variedades, que alimentaram de cana-de-açúcar a usina estudada. A variedade RB 855453, por exemplo, representa 25% do total de cana extraída e transportada.

**Tabela 11: Estratificação da Variedade e da quantidade da cana transportada**

<b>Tipo variedade</b>	<b>Quantidade transportada (t)</b>	<b>% participação</b>	<b>% acumulado</b>
RB 855453	253.639	25%	25%
SP 813250	176.669	18%	43%
SP 801842	144.953	14%	57%
RB 855486	82.358	8%	66%
SP 801816	67.954	7%	72%
RB 855536	67.552	7%	79%
RB 72454	40.427	4%	83%
RB 855036	35.279	4%	87%
RB 845257	30.594	3%	90%
SP 841431	30.694	3%	93%
RB 867515	24.989	2%	95%
IAC 873396	13.459	1%	97%
SP 835073	8.770	1%	98%
SP 87396	8.076	1%	98%
SP 803280	8.040	1%	99%
RB 855113	2.808	0%	99%
RB 835054	1.956	0%	100%
Viveiro	1.154	0%	100%
MIX 2	918	0%	100%
SP 832847	756	0%	100%
RB 835054	420	0%	100%
Não definido	45	0%	100%
<b>Total</b>	<b>1.003.510</b>		

Fonte: Dados fornecidos pela empresa.

#### 4.1.5 Características das variáveis de maior representatividade no transporte de cana-de-açúcar e formação de agrupamentos para análise das perdas.

Os dados foram coletados via banco de dados da empresa. A empresa possui o *Software* da Oracle®, com banco de dados que contempla os dados das variáveis analisadas neste projeto.

Usualmente existem três técnicas importantes para coletar e analisar dados para entender as causas do problema, conforme Shiba (1997): a estratificação, a plotagem de gráficos e o enfoque nos desvios. O problema foi então desdobrado agrupando-se os mesmo tipos de caixas de cargas(reboques), o mesmo número de corte e variedade de cana-de-açúcar, buscando visualizar a variação do peso transportado pelas caixas de carga.

Para efeito de análise, a tabela 12 apresenta os elementos de análise com maior participação no transporte de cana. Os reboques de 2 eixos baixos transportaram 37% da carga total de matéria-prima, o primeiro corte (1) da cana representou 47% da fonte de matéria-prima e a variedade de cana RB858483 representou a maior quantidade plantada e colhida na safra em estudo.

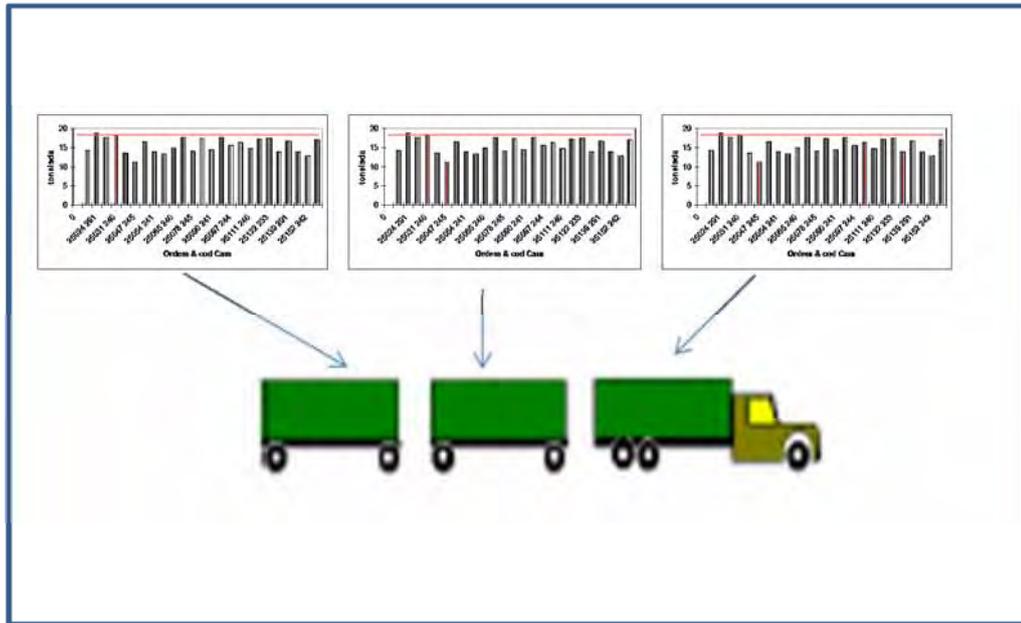
**Tabela 12: Descrição do grupo analisado**

<b>Elementos de análise</b>	<b>Descrição do Grupo</b>	<b>Quantidade transportada (t)</b>	<b>% participação na quantidade total de cana transportada</b>
Tipo de caixa carga	Reboques dois eixos baixo	372.162	37%
Número do corte	1	470.472	47%
Variedade da cana	RB 855453	253.639	25%

Fonte: Dados fornecidos pela empresa.

Cada viagem realizada para transporte de cana entre as áreas rurais e a usina em estudo foi agrupada, de forma que cada caixa de carga (reboque) do

mesmo tipo foi separado, com o mesmo número de corte e a mesma variedade da cana-de-açúcar. Os dados foram analisados para cada agrupamento, tipo de reboque, número do corte e variedade de cana, conforme podemos observar na figura 18.



**Figura 18: Ilustração das análises efetuadas individualmente para cada agrupamento Tipo de caixa de carga, variedade e número do corte da cana.**

#### 4.2 Identificação das causas da variabilidade dos pesos das caixas de carga

Neste projeto foram utilizados o *Brainstorming* e diagrama de causa e efeito (ou Diagrama de Ishikawa). Aguiar (2002) destaca que essas ferramentas são utilizadas para identificação das causas de um problema, utilizando o conhecimento técnico e prático das pessoas sobre o problema em estudo. Já o Diagrama de causa e efeito é utilizado para mostrar a relação entre a causa e o efeito (problema) em estudo. Neste estudo de caso, técnicos, gerentes e pessoal de operação, envolvido com a questão do corte, carregamento e transporte das caixas de cargas, participaram do processo de análise das causas com essas ferramentas citadas. O objetivo é extrair

conhecimento técnico das pessoas envolvidas sobre determinado problema; a princípio, o interessante é que se identifique quantidade de causas, passando depois por um processo de refinamento e priorização de causas com maior impacto no problema.

Para análise do processo, ou seja, identificação das causas da variabilidade das caixas de carga de mesma variedade, tipo de cana e número de corte foram realizadas reuniões, envolvendo líderes de campo, supervisores, técnicos e gerentes para identificar as causas da variabilidade.

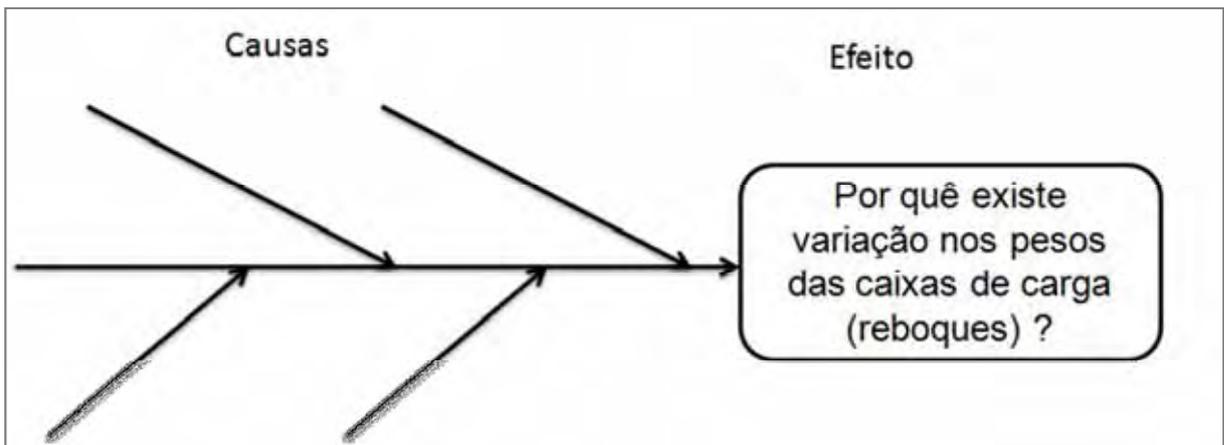
A ferramenta utilizada foi o diagrama de causa e efeito. A equipe reunida apontou quais seriam as prováveis causas que poderiam influenciar na variabilidade das quantidades de cana transportada pelas caixas de carga.

As causas apontadas foram:

- Falta de padronização nas caixas de carga (tamanho/fabricante);
- Limites de tonelagem de cargas para tráfego previsto por lei;
- Baixa experiência dos operadores (elevado tempo para adquirir prática);
- Terreno com declive acentuado;
- Cana Torta;
- Condições Climáticas;
- Falta acompanhamento diário do desempenho de peso dos caminhões (caixas carga);
- Operador com poucas horas de treinamento prático;
- Rotatividade de operadores;
- Estradas impróprias;
- Cana inteira sem queimar;
- Falta de Procedimento operacional para carregamento das caixas de carga;
- Ausência de uso de rodotrem para cana picada;
- Uso equipamentos com alto peso (carrocerias e reboques);
- Falta de acompanhamento diário do desempenho dos operadores;
- Baixa capacidade do transbordo (cana picada);
- Variedade com densidade de carga baixa;

- Falta de padrão no corte (empilhamento pé com pé);

Para facilitar a visualização, as causas não foram colocadas no diagrama de causa e efeito, conforme figura 19. Apenas o problema foi anotado no diagrama.



**Figura 19: Diagrama de Causa e efeito. (Diagrama de Ishikawa).**

Após identificação das causas, a equipe envolvida elegeu as causas mais influentes atribuindo notas 1, 3 ou 5 para as causas menos impactantes, médio impacto e alto impacto, respectivamente.

Após a identificação das causas mais influentes, as ações foram elaboradas para minimizar ou bloquear as causas identificadas.

## 5 ANÁLISE DOS DADOS E RESULTADOS

Este Capítulo apresenta a análise dos dados e os principais resultados obtidos. A apresentação das análises está dividida da seguinte forma:

- Identificação e descrição de ferramentas do Pensamento Enxuto, utilizadas para redução de perdas nos processos de Corte, Carregamento e Transporte – CCT;
- Análise das sete grandes perdas propostas na literatura e sua correlação nos processos de CCT;
- Análise e quantificação das perdas nos processos de CCT;
- Considerações sobre os resultados e proposições.

### 5.1 Identificação e descrição de ferramentas Pensamento Enxuto utilizadas para redução de perdas nos processos de Corte, Carregamento e Transporte – CCT

- **Ciclo *PDCA***

O Ciclo *PDCA* é um método para se atingir uma meta ou melhorar um processo. Verificando as operações de corte, colheita e transporte (CCT), a utilização do método foi focada na redução da variabilidade do peso das caixas de cargas de cana-de-açúcar, entre as áreas rurais e a usina processadora, estudada neste projeto, ou seja, reduzir as perdas por transporte.

Para o processo de identificação do problema, foram utilizadas ferramentas para avaliar as lacunas proporcionadas pela variabilidade no transporte das caixas de carga. Com essa ferramenta, identificou-se que o principal problema estava relacionado às perdas no CCT.

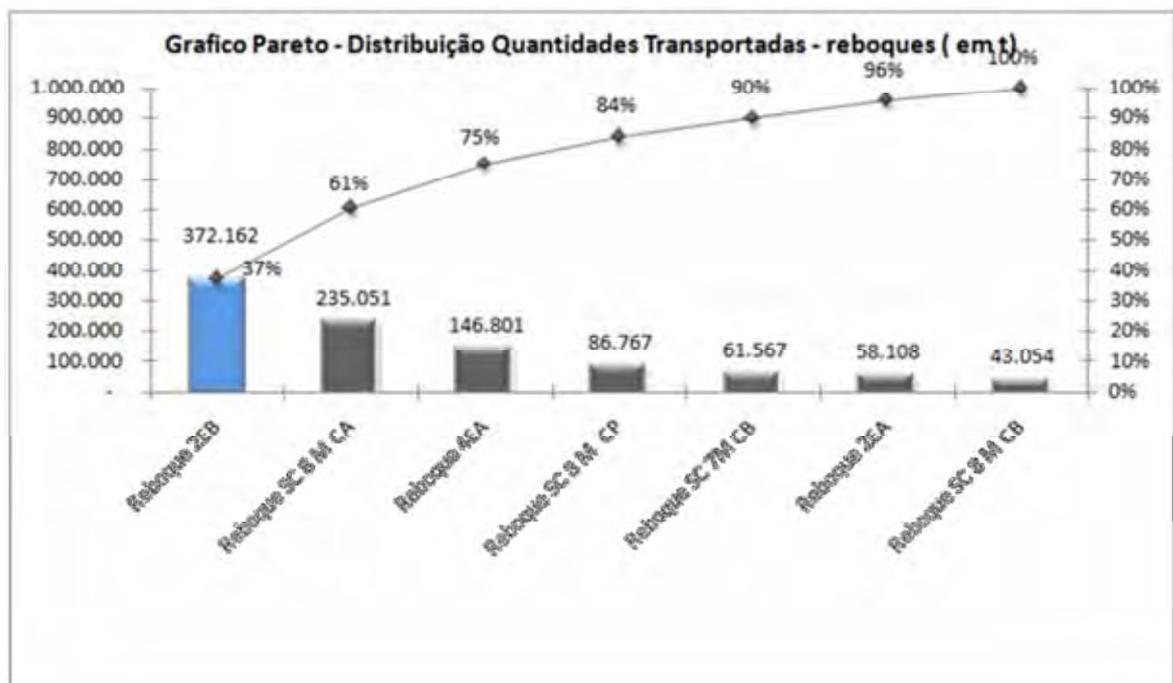
A equipe agrícola e de logística da empresa propôs uma meta de redução nas perdas identificadas, em relação à safra 2006; esse potencial de redução foi

estabelecido com base nas diretrizes repassadas pela Diretoria de Operações Agrícola, responsável pela área de CCT da usina. Para Hotosami (1989), a definição de metas forma o melhor caminho para aproximar o ideal do real.

- **Diagrama de Pareto**

As principais variáveis relacionados ao CCT envolvem tipo de caixa de carga, variedade e número de corte da cana-de-açúcar.

Com diagrama de Pareto, pode-se identificar os tipos de caixa de carga, variedade e número de corte com maior volume transportado e, assim, priorizar a análise no processo de transporte de cana-de-açúcar. Os resultados da aplicação dessa ferramenta foram apresentados no capítulo 3. A partir deles, o grupo de estudo priorizado foi formado por caixa de carga, tipo Reboques 2EB, Corte número 1 e variedade RB 855453. A figura 20 ilustra a ferramenta.

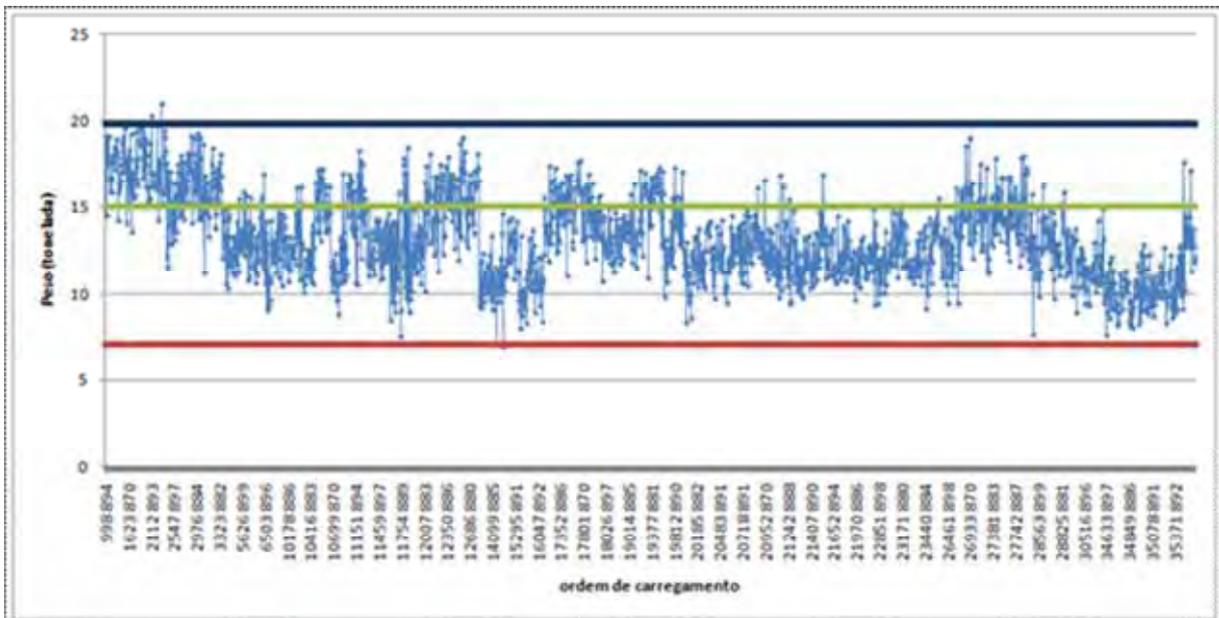


**Figura 20: Gráfico de Pareto. Estratificação das quantidades transportadas pelos tipos de caixas de carga**

- **Gráfico de Controle**

A ferramenta foi utilizada para identificar as variações nos pesos das caixas de carga e quantificar as potenciais perdas geradas pelas variações nos pesos. A ferramenta, também foi utilizada para monitorar o processo de redução das perdas ao longo da safra.

Segundo Aguiar (2006), o objetivo do gráfico de controle é apresentar e organizar, de uma forma gráfica e por ordem temporal de ocorrência, características de interesse quantificadas; neste caso, o peso da caixa de carga contendo cana-de-açúcar. Kume (1993) descreve a origem dos gráficos de controle como forma de eliminar variações; este estudo de caso mostra as variações do peso das caixas de carga e, por conseguinte, servir como subsídio para identificar causas e propor ações de melhoria do processo de transporte, focando, a redução da variação do peso ou aumento da carga média transportada. A figura 21 ilustra um modelo de gráfico de controle utilizado.



**Figura 21. Gráfico de controle mostrando variação do peso dos reboques**

- **Diagrama de Causa-e-Efeito**

O diagrama de causa-e-efeito é uma ferramenta utilizada para identificação das causas que afetam ou influenciam determinado problema ou variação. Também, busca obter conhecimento das pessoas envolvidas sobre as causas do problema, priorizar causas e quantificar o efeito das causas em características de interesse.

Após a definição dos grupos a serem estudados, utilizou-se esse diagrama para identificação das causas da variabilidade do peso das caixas de carga utilizadas no transporte de cana-de-açúcar.

As principais causas encontradas são apresentadas no quadro 7.

<b>PRINCIPAIS CAUSAS IDENTIFICADAS</b>
Baixa experiência dos operadores (elevado tempo para adquirir prática)
Falta de padrão no corte (empilhamento pé com pé)
Falta de Procedimento operacional para carregamento das caixas de carga
Falta de acompanhamento diário do desempenho de peso dos caminhões (caixas carga)
Falta de acompanhamento diário do desempenho dos operadores
Baixa capacidade do transbordo (cana picada)
Operador com poucas horas de treinamento prático
Ausência de uso de rodotrem para cana picada
Variedade com densidade de carga baixa
Cana inteira sem queimar
Rotatividade de operadores
Condições Climáticas
Falta de padronização nas caixas de carga (tamanho/fabricante)

**Quadro 7: Causas Identificadas na análise do processo de identificação de perdas**

- **Plano de Ação**

O plano de Ação é uma ferramenta que visa dispor um cronograma de planejamento da execução e monitoramento das ações, para bloquear as causas mais impactantes em determinado problema.

A ferramenta utilizada foi *5W1H* (o quê, por quê, quem, onde ou local, quando ou prazo e como), que tem por objetivo definir ações, responsáveis, prazos, o modo como a ação será realizada e o porquê da ação estar sendo efetuada sempre com foco em reverter às causas elencadas na identificação da variabilidade do peso das caixas de carga. A ferramenta neste estudo foi adaptada, omitindo-se o “por quê”.

O Quadro 8 exemplifica plano de ação elaborado pela equipe contendo algumas das ações propostas.

N.º	AÇÃO (O QUE)	QUEM	PRAZO	COMO	LOCAL
1	Intensificar os treinamentos dos operadores de carregadeiras e líderes de frente	Líderes de Campo	01/04/07	1. elaborando POP's (com fotos) para carregamento de cargas e formação de leiras 2. preparando material para treinamento 3. treinando as equipes (liderança) 4. Acompanhando no local de trabalho a operação com os POP's	Agrícola
2	Criar indicador diário desempenho do operador, por tipo de reboque e por frente de corte	Lider Logistica	10/04/07	1. Interagindo com CI e solicitar relatório diário de carga por operador e tipo de caixa. 2. Realizando acompanhamento diário junto aos líderes e operadores	Agrícola
3	Padronizar o corte da cana	Líderes de Campo	10/04/07	1. Elaborando POP para o corte e e formação de leiras 2. Treinando as equipes 3. Acompanhando no local de trabalho a operação	Agrícola

**Quadro 8. Plano de Ação elaborado para neutralizar as causas mais impactantes**

- **Procedimento Operacional Padrão**

Em função do plano de ação elaborado, procedimentos operacionais padrão foram criados, com o intuito de padronizar o modo como os operadores devem carregar as caixas de carga e realizar o corte da cana. Em seguida, os líderes de frente treinaram todos os operadores na execução do procedimento operacionais, de forma a evitar ou minimizar a variabilidade no processo de

carregamento. A figura 22 ilustra um modelo de procedimento operacional padrão elaborado.



**Figura 22. Modelo de Procedimento Operacional Padrão**

- **Controle Visual do Processo**

O controle visual ou gestão à vista é uma ferramenta que disponibiliza dados e informações para os envolvidos em determinado processo, no sentido de monitorar o desempenho dos indicadores destes processos. A ferramenta foi utilizada para divulgar os resultados dos pesos dos reboques carregados pelos operadores e o desempenho das frentes de carregamento.

A tabela 13 exemplifica o controle visual criado para monitoramento do desempenho da tonelagem das caixas de carga por operador de carregadeira. Neste controle, o desempenho de cada operador é identificado diariamente, assim os supervisores de campo passam a controlar o desempenho, anotando quantas cargas estão acima ou não da meta proposta. Desta forma, possibilitando correção das eventuais causas dos desvios junto aos operadores.

**Tabela 13. Controle do desempenho diário dos operadores no processo de carregamento**

OPERADOR_FRENTE_4	RESUMO_GERAL			DIA_20/5
	QTDE_CARGAS	QTDE_ABAIXO_META	% ABAIXO	FAROL
OPERADOR 1	239	47	20%	●
OPERADOR 2	325	122	38%	●
OPERADOR 3	231	0	0%	●
OPERADOR 4	231	15	6%	●
OPERADOR 5	344	34	10%	●
OPERADOR 6	30	0	0%	●
OPERADOR 7	340	0	0%	●
OPERADOR 8	17	0	0%	●
OPERADOR 9	269	17	6%	●
OPERADOR 10	371	49	13%	●
Total geral	2397	284	12%	●

Com a implementação do controle diário do carregamento das caixas de carga pelos operadores, possibilitou-se uma visão para o próprio operador de como está o seu desempenho no processo de carregamento dos reboques.

A informação diária passou a ser crucial e contribuiu para redução na variabilidade e melhoria do desempenho médio das cargas de caixa.

## **5.2 Análise das sete grandes perdas propostas na literatura e sua correlação nos processos de CCT**

Das sete grandes perdas propostas por Ohno (1988), este estudo de caso analisou e tratou as perdas por transporte identificadas nos processos de CCT.

Por meio da verificação da variabilidade de pesos dos reboques de transporte de cana, foram identificadas oportunidades de melhoria do processo de transporte de matéria-prima das áreas rurais até a usina.

O Quadro 9 relaciona as sete perdas propostas por Ohno (1988) e as perdas encontradas nos processos de CCT.

<b>SETE PERDAS PROPOSTA POR OHNO</b>	<b>PERDAS IDENTIFICADAS NO TRANSPORTE DE CANA</b>
Perda por Superprodução	Transporte (abastecimento) maior que a capacidade de moagem
Tempo de espera	Caminhões aguardando para pesagem Caminhões aguardando para descarregar
Transporte	Consumo de combustível desnecessário Carga (peso) menor que a capacidade
Processo	Processo de carregamento dos reboques (“engaiolamento” da cana)
Estoques	Reboques no pátio aguardando descarregamento
Movimento	Deslocamento desnecessário reboques Deslocamento desnecessário de operadores e motoristas de caminhão
Produtos defeituosos	Excesso de terra junto à cana-de-açúcar transportada

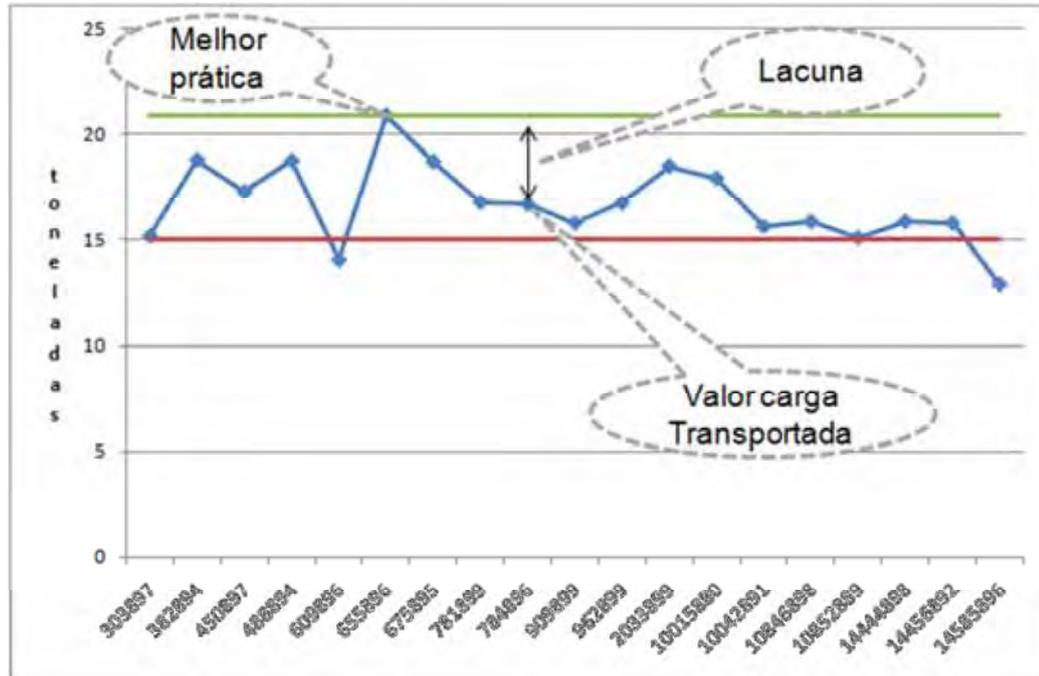
**Quadro 9: Sete perdas de Ohno (1988) e as perdas identificadas nos processos de CCT da Usina em estudo**

Apesar dos setes tipo de perdas identificadas, este estudo priorizou a análise da variação dos pesos das caixas de carga, durante o transporte de cana-de-açúcar, entre as áreas agrícolas e a Usina.

### **5.3 Análise e quantificação das perdas nos processos de Corte, Carregamento e Transporte**

#### **5.3.1 Quantificação das perdas**

Para identificação e quantificação das perdas, as combinações (tipo de caixa, número do corte e variedade de cana) foram plotados em gráficos, com os valores dos pesos para cada agrupamento. Na figura 20, ilustram-se os resultados de um agrupamento (reboque 2EB, corte1, variedade RB 855453). As perdas potenciais ou lacunas foram identificadas como a diferença entre o valor da melhor prática de carregamento e o valor do peso de cada amostra deste agrupamento.



**Figura 23. Gráfico ilustrando a identificação das lacunas ou perdas**

Por exemplo, a quantidade transportada pelo reboque 2EB, contendo o 1º Corte e a variedade RB 855453, foi de 71.715 toneladas, totalizando 5.117 viagens ou deslocamentos dessa caixa de carga entre a área rural e a usina. Esta análise caracteriza um dos tipos propostos por Ohno, que é a perda por transporte desnecessário.

Na tabela 14, são apresentados os resultados relativos às perdas no transporte para o Reboque 2EB, Corte número 1 e as variedades relativas a esse corte. No Anexo I, estão todos os resultados obtidos para identificação das perdas no transporte para esses agrupamentos.

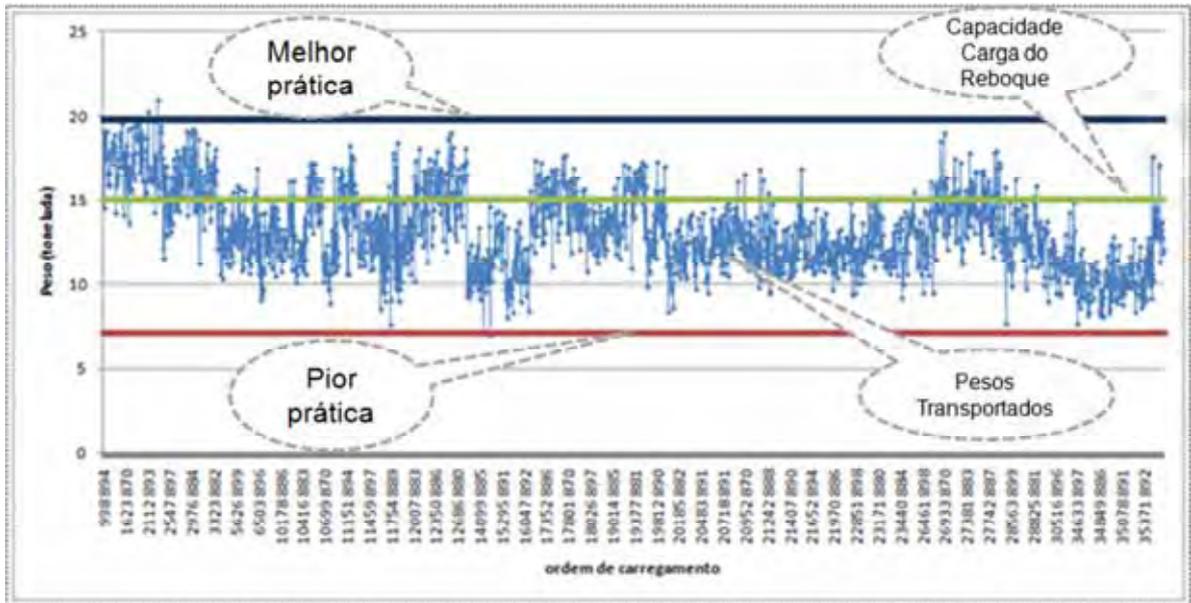
**Tabela 14: Análise das perdas identificadas no transporte de cana-de-açúcar por meio do Reboque 2EB, Corte número 1 para 12 variedades de cana-de-açúcar**

Número do corte	Variedade da cana	Volume transportado (t)	Quantidade de Caixas de Carga Transportadas	Valor médio da carga (t)	Perdas (t) *
					Toneladas transportadas de forma ineficiente
1	RB 855453	71.715	5.117	14,01	41.673
	SP 813250	35.238	2.824	12,48	19.861
	SP 801842	12.369	869	14,23	3.617
	RB 72454	9.730	722	13,48	4.623
	RB 845257	7.764	648	11,98	2.497
	SP 841431	6.808	577	11,8	3.121
	RB 867515	6.602	599	11,02	2.103
	RB 855036	5.868	510	11,51	3.919
	RB 855536	5.145	442	11,64	2.455
	RB 835486	4.613	452	10,2	2.463
	IAC 873396	4.531	475	9,54	1.686
	SP 801816	1.125	76	14,81	244
					<b>88.262</b>

Observa-se nesta tabela, na variedade RB 855453 (1ª Linha), um total de 41.673 toneladas de perdas ou quantidades de cana-de-açúcar transportada de forma ineficiente.

Neste caso, foram transportados 71.715 toneladas de cana-de-açúcar por meio de 5.117 caixas de carga que se deslocaram entre a área rural e a usina com valor médio de 14,01 toneladas. Baseando-se na melhor prática de 22,08 toneladas identificadas nesse agrupamento, obtém-se uma lacuna acumulada de 41.673 toneladas transportadas de forma ineficiente. É evidente que em termos práticos essa tonelagem 22,08 foi alcançada em um número reduzido de viagens, porém é possível utilizá-la como referencial máximo para cálculo das lacunas.

A figura 21 ilustra a variação dos pesos das caixas de cargas para esse agrupamento, utilizando 1.965 amostras de pesos transportados pelas caixas de carga. As linhas do gráfico nas linhas em azul claro ilustra a variação dos pesos das caixas de carga. A linha verde ilustra a capacidade nominal dos reboques 2EB e a linha azul escuro, a melhor prática (descontando valores de picos máximos), a linha vermelha mostra o menor valor encontrado. Descartando-se os efeitos de quebras de equipamentos e maior consumo de combustível, percebe-se que todo carregamento nas caixas de carga podem ser melhor aproveitados.



**Figura 24. Gráfico seqüencial, mostrando variação do peso dos reboques 2EB, com 1º corte e variedade RB 855453**

### 5.3.2 Transformação das perdas em termos de lacunas financeiras

Muitas vezes, as atividades de melhoria nas organizações não são quantificadas em termos de resultados financeiros. Neste projeto, procurou-se estabelecer um indicador financeiro para a melhoria efetuada. Considerando que o custo médio de uma tonelada de cana transportada é da ordem de R\$13 por tonelada, segundo dados fornecidos pela empresa, referente à safra 2006/2007, pode-se ter uma idéia das oportunidades de ganhos financeiros a serem obtidos com a redução das perdas no transporte.

A figura 22 ilustra uma análise entre duas caixas de carga do mesmo tipo, mesma variedade de cana e número do corte. Uma delas contém 19,78 toneladas e a outra 15,28 toneladas, ou seja, uma diferença de 4,5 toneladas. Traduzindo isso em termos financeiros, pode-se dizer que nesta comparação houve uma perda teórica de R\$ 58,5 ( $4,5 \text{ t} \times \text{R}\$13/\text{t}$ ) comparando-se essas duas caixas de carga.



**Figura 25: Ilustração da tonagem de carga transportada para mesmo tipo de caixa de carga, variedade de cana e número de corte**

No item 4.3.1 foi utilizado como referencial caixas transportando a 22,08 toneladas neste contexto encontra-se 41.673 foram transportadas de forma ineficiente. Em termos financeiros isso representa R\$ 541 mil de perdas, somente para o agrupamento caixa de carga - reboque 2EB, corte 1 e variedade RB 855453.

A análise anterior foi realizada em função de uma melhor prática de 22,08 toneladas. A tabela 15 apresenta situações com referencias de práticas com valores mais próximos da prática (15, 16, 17, 18 e 20 toneladas) e suas correspondentes perdas.

**Tabela 15: Análise envolvendo perdas em toneladas e potenciais ganhos em reais para variação na carga média do peso dos reboques 2EB, com 1º corte e variedade RB 855453**

Varição peso médio Caixas de carga (t)	Lacuna (t)	Perdas (R\$)
15	5.054	65.520
16	10.157	132.041
17	15.274	198.562
18	20.391	265.083
20	29.499	383.490

A prática da análise e controle dentro do ciclo *PDCA* na linha do Pensamento Enxuto, permite aos gestores “enxergar” as perdas, que muitas vezes são “invisíveis” aos gerentes da organização e são chamados de custos invisíveis. Muitas vezes, o

óbvio leva as organizações a um não entendimento da possibilidade de melhoria dos seus processos.

A maioria das organizações segue apenas as fases planejar e fazer, não avaliando seus erros para descobrir o que não está funcionando. O resultado é que poucas ações são tomadas para corrigir os problemas, sendo que o desempenho quase nunca evolui ou se evolui, é de forma muito modesta.

Como identificado nas causas, a falta de treinamento dos operadores e a falta de controle diário foram apontados como causas fundamentais para a variação do peso das caixas de carga. Uma visão do desempenho diário das cargas para o responsável pelo controle de pesagem e para as frentes de CCT foram fundamentais, para reduzir essas perdas.

### 5.3.3 Resumo das perdas para todos os agrupamentos

A tabela 16 resume as perdas identificadas (lacunas) no transporte de cana-de-açúcar, em termos financeiros para todo volume transportado pelos veículos da empresa (1.003.510 toneladas).

**Tabela 16: Resumo lacunas financeiras identificadas**

Tipos de Caixa Carga	Volume Transportado (t)	Quantidade de Caixas de Carga Transportadas	Valor Médio Carga(t)	Lacuna* Toneladas transportadas de forma ineficiente	Lacuna Financeira(R\$)
Reboque 2 EB	372.162	27.272	13,6	153.497	1.995.456
Reboque SC 8 M CA	235.051	14.642	16,1	85.289	1.108.763
Reboque 4 EA	146.801	7.965	18,4	62.872	817.342
Reboque SC 8 M CP	86.767	5.644	15,4	28.931	376.101
Reboque SC 7 M CB	61.567	4.907	12,5	25.199	327.585
Reboque 2 EA	58.108	3.818	15,2	23.362	303.711
Reboque SC 8 M CB	43.054	2.960	14,5	14.081	183.050
<b>Total geral</b>	<b>1.003.510</b>	<b>67.208</b>	<b>14,9</b>	<b>393.232</b>	<b>5.112.010</b>

Neste sentido as lacunas foram obtidas como a diferença entre a melhor prática (descontado picos) e os resultados reais. O objetivo de se definir metas é

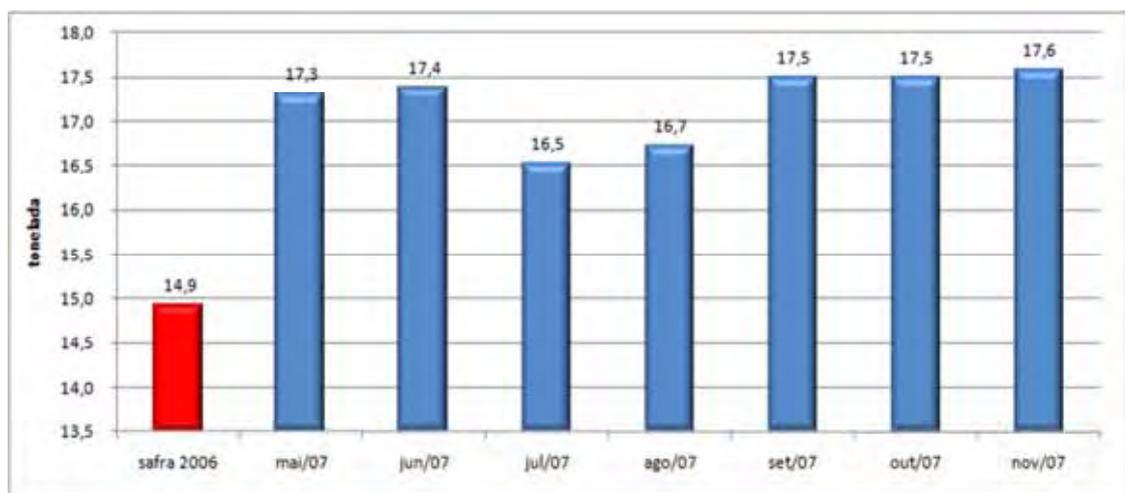
reduzir a distância entre o ideal e o processo corrente, ou seja, reduzir a variação nos pesos das caixas de carga.

As perdas potenciais ou lacunas identificadas na análise do CCT, para transporte de cana de açúcar, são da ordem de R\$ 5,1 Milhões. O anexo I apresenta o detalhamento dos dados para todos os tipos de caixa de carga, número do corte e variedade da cana-de-açúcar.

As equipes envolvidas traçaram uma meta de redução nas perdas ou lacunas identificadas, visando melhorar o desempenho das viagens, ou seja, redução da variação no peso das cargas de caixas e, por consequência, aumento da carga média transportada.

#### 5.3.4 Comparação do desempenho da safra 2006 com a safra 2007

A tonelagem média transportada pelas caixas de carga na safra 2006 foi de 14,9 toneladas. Em 2007, carga média apresenta a melhoria percentual de cerca de 18% com relação a 2006, ou seja, 17,2 toneladas em média. A figura 23 ilustra a evolução da carga média transportada na safra 2006 e os valores médios dos meses da safra de 2007.



**Figura 26. Evolução da tonelagem média transportada pelas caixas de carga na safra 2006 e o valores médios dos meses de 2007.**

Considerando a carga média das caixas de carga referencial da safra de 2006 (14,9 toneladas) e a média de carga para os meses de 2007 (17,2 toneladas) e baseado no custo de R\$ 13 a tonelada transportada de cana-de-açúcar resultou numa economia de cerca de R\$ 2,6 milhões.

Na safra de 2007 foram transportados 1,54 milhões de toneladas de cana-de-açúcar o que representou 90.022 deslocamentos das caixas de cargas da área agrícola até a usina.

Se fosse mantido o mesmo desempenho médio da safra de 2006, que foi 14,9 toneladas, o valor transportado seria de 1,31 milhões de toneladas, ou seja, 13.469 deslocamentos das caixas de carga a mais seriam realizadas, o que representa 201 mil toneladas de cana-de-açúcar. Traduzindo isso em termos financeiros representam R\$ 2,6 milhões economizados, comparando-se com a safra de 2006. O Anexo II apresenta como os cálculos foram realizados para demonstração dos ganhos.

A melhoria nas cargas médias no transporte da safra 2007 deve-se em grande parte ao resultado da aplicação das ferramentas do Pensamento Enxuto. A prática do ciclo *PDCA* e algumas ações implementadas como o controle diário de peso por frente de colheita e por operadores e a padronização do carregamento contribuíram para minimizar as variações no peso das caixas de carga.

#### **5.4 Considerações sobre os resultados e proposições**

Embora bons resultados tenham sido alcançados, o processo de aplicação das ferramentas do Pensamento Enxuto encontrou uma série de dificuldades. A seguir, são apresentados os problemas durante a implementação:

- O envolvimento da alta administração se restringiu a participação em reuniões de acompanhamento;
- A coleta e análise de dados foram realizadas, no entanto, houve grande demora e dificuldade para gerar os dados necessários;
- Os resultados foram usados sem uma análise mais crítica das áreas envolvidas nos processos;

- Não existiu uma infra-estrutura adequada com relação a pessoal, como exemplo, um coordenador responsável pelo projeto de melhoria;
- A integração entre as ferramentas geradas para controle dos resultados, como o controle de peso das cargas de caixa e o ERP da empresa foi desenhada de forma informal, ou seja, sem uma integração e especificação detalhada.

Para empresas com a pretensão de implementar essa ferramenta, propõe-se as etapas descritas a seguir, baseadas na observação deste estudo de caso:

1. Definição da estrutura organizacional para acompanhamento do projeto;
2. Nivelamento dos conceitos sobre o Pensamento Enxuto nos setores envolvidos;
3. Participação direta da alta administração nos processos de implementação;
4. Envolver equipe de Tecnologia da Informação para disponibilização de dados de forma a facilitar e agilizar o tratamento dos dados;
5. Realizar um projeto piloto levando-se em consideração a abrangência do problema a ser resolvido ou meta a ser atingida, neste caso as operações de CCT, que tem maior impacto nos custos;
6. Traduzir o problema ou meta em termos financeiros e declarar o problema de forma clara para todos os envolvidos na solução;
7. Gerenciar as ações a serem implementadas e os resultados obtidos;
8. Realizar análise crítica do uso das ferramentas ao longo do projeto e verificar os pontos a serem melhorados.

## 6 CONCLUSÃO

Este trabalho contribui para evidenciar o Pensamento Enxuto como uma valiosa e estratégica ferramenta na busca pelo aumento da competitividade em empresas do setor sucroenergético via redução de perdas. A ferramenta quando incorporada pela empresa gera redução de perdas e passa a ser um diferencial competitivo.

As análises mostraram grande variabilidade dos pesos para o mesmo tipo de caixa de carga, corte e variedade de cana. Muitas vezes, os gestores não estão capacitados para gerenciar sob esse ponto de vista. O que ocasiona perdas para as organizações

Neste estudo, foram identificadas perdas potenciais ou lacunas de cerca de R\$ 5,1 milhões, devido à variação no peso das caixas de carga provocando deslocamentos desnecessários no transporte de cana-de-açúcar comparando-se dados das safras de 2006 e 2007. Com a aplicação dos princípios do Pensamento Enxuto, o estudo mostrou uma redução nas perdas e melhoria de cerca de 15% no valor da carga média das caixas de carga utilizadas no transporte de cana-de-açúcar durante o período da safra de 2007.

Do potencial de perdas levantadas, parte pode não ser eliminada por questões de projetos e inerentes ao processo. Porém, neutralizando algumas causas identificadas pode-se reduzir as perdas com transporte de cana-de-açúcar.

Vale salientar que algumas ações propostas para neutralizar as causas, em alguns casos, são de baixo custo, como o controle de peso por operador gerado a partir de uma planilha eletrônica, contendo os resultados das pesagens. A aplicação das técnicas do pensamento enxuto, reduz a variabilidade no processo de transporte de cana-de-açúcar garantindo assim maior competitividade à empresa. Existe uma necessidade das empresas em “aprender a enxergar” as perdas dentro das organizações, com aplicação de ferramentas do Pensamento Enxuto. Muitos gestores por falta de conhecimento, tempo e procrastinação não avaliam seus processos adequadamente. Como se demonstrou na análise dos resultados muitos ganhos em competitividade pode ser atingidos com mudanças na gestão dos processos via ferramentas gerenciais. De maneira geral a aplicação das ferramentas do Pensamento Enxuto e, em especial, do ciclo *PDCA* se mostrou eficaz para

redução de perdas nos processos de Carregamento, Corte e Transporte (CCT) em uma usina sucroenergética.

Como esta pesquisa foi realizada em apenas uma empresa do setor sucroenergético, uma das limitações é o impedimento quanto à generalização das conclusões para outras empresas, muito embora as empresas do setor tem característica de processos de corte, carregamento e transporte muito parecidas, ainda não se pode generalizar a aplicação das ferramentas gerenciais do Pensamento Enxuto e os resultados por causa das questões de cultura, pessoal e tecnologia.

Com a finalização desta pesquisa foi possível identificar questões que podem vir a ser desenvolvidas e que são potenciais objetos de pesquisas futuras. Dentre eles, pode-se destacar:

- Consumo de combustível da frota
- Disponibilidade da frota
- Consumo de insumos agrícolas
- Processos de colheita de cana-de-açúcar mecanizada
- Processos de fabricação de etanol e açúcar
- Processos de Geração de Energia

Por fim, outras ferramentas do Pensamento Enxuto apresentadas na Revisão Bibliográfica, não foram identificadas. Ferramentas como *Kanban*, *JIT*, *Jidoka* e *Heijunka* podem ter suas aplicações investigadas em estudos futuros.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, Sílvio. **Integração das ferramentas da qualidade ao PDCA e ao Programa Seis Sigma**. Nova Lima: INDG Tecnologia e Serviços Ltda, 2002.

ALVAREZ, R. R. *Takt-Time: Conceitos e Contextualização dentro do Sistema Toyota de Produção*. **Gestão e Produção**. v.8,n 1, p1-18, 2001.

AMARAL, Y. N. Gestão do custo por atividade aplicado a uma indústria agrícola canavieira do Estado de Alagoas. *In: XVIII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO*, 13 a 16., 2008, Rio de Janeiro. **A integração de cadeias produtivas com a abordagem da manufatura sustentável**: anais. Rio de Janeiro, Abepro, 2008.

ANFAVEA. Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores. Anuário da indústria automobilística brasileira. São Paulo: Anfavea, 2008.

ATKINSON, Philip, **Creating and Implementing Lean Strategies**. Management Services. Enfield: Feb 2004. Vol. 48, N. 2; p. 18, acesso 05 de julho 2009 <http://gateway.proquest.Com/openurl>

BARROS FILHO, A. **Utilização de ferramentas de confiabilidade em um ambiente de manufatura de classe mundial**. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Faculdade de Engenharia Mecânica, São Luis.

BLACK, J. T. **O projeto da fábrica com futuro**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.

BRASIL Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Balanço Nacional da cana-de-açúcar e agroenergia. Brasília: Mapa/ACS, 2007. 139 p.

\_\_\_\_\_. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Anuário estatístico da agroenergia / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Brasília: Mapa/ACS, 2009. 160 p.

BRAUNBECK, O. A.; MAGALHÃES, P. S. G. Colheita de cana-de-açúcar com auxílio mecânico. Disponível em: <[http://homologa.ambiente.sp.gov.br/etanolverde/saibaMais/artigos/Producao/Auxilio Mecanico Colheita Cana.pdf](http://homologa.ambiente.sp.gov.br/etanolverde/saibaMais/artigos/Producao/Auxilio_Mecanico_Colheita_Cana.pdf)>. Acesso em: 28 nov. 2009.

BRYMAN, A. **Research methods and organization studies**. London : Routledge, 1995.

BURCHER, P. Lean viewed as philosophy. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v.17,n.1 , p. 56-72, 2006.

CABRAL, José H. **Gerenciamento do processo produtivo para o aperfeiçoamento contínuo de uma célula de produção no setor automobilístico**. 2002. Monografia (Pós-Graduação MBA em Gerência de Produção) - Universidade de Taubaté, Taubaté.

CAMPOS, Vicente F. **Gerenciamento da rotina do trabalho do dia-a-dia**. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 2002.

CERRI, D. G. Sistema de monitoramento de corte, carregamento e transporte de cana-de-açúcar para gerenciamento de frota. In: WORKSHOP SOBRE GERENCIAMENTO AGRÍCOLA NO SETOR SUCROALCOOLEIRO, 2., 2008, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba, Centro de Tecnologia Canaveieira (CTC), 2008.

CORRÊA, Henrique L., GIANESI, Irineu G. N., CAON, Mauro, **Planejamento, Programação e Controle da Produção**, 4ª ed, São Paulo: Editora Atlas, 2001.

DIEESE. Desempenho do setor sucroalcooleiro brasileiro e os trabalhadores. Estudo e pesquisas. Departamento intersindical de estatística e estudos socioeconômicos. São Paulo: Dieese, Ano 3, n. 30, fev. 2007.

FARIAS, C. H. A. *et al.* Índices de crescimento da cana-de-açúcar irrigada e de sequeiro no Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande: UAEAg/UFCG, v. 12, nº 4, p.356–362, 2008.

FAVARETTO; F. *et al.* Considerações sobre a utilização de dados de controle da produção no contexto da filosofia *lean production*. In: XXII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. 23 a 25., 2002, Curitiba. **Anais...** Curitiba, Abepro, 2002

FERREIRA, M. C. *et al.* **Tratamento de toletes de cana-de-açúcar para o controle da podridão-abacaxi em pulverização conjugada ao plantio mecanizado**. Eng. Agríc. Jaboticabal. v. 28, nº 2, pp. 263-273, 2008.

FERRO, José R. Empresa Não seguiu lição da Toyota, diz pesquisador. **Jornal Valor Econômico**. 05/12/2008

FRIGERI, M. **Análise sobre o mapeamento do fluxo de valor**: uma ferramenta do sistema de produção enxuta. 2008. Monografia (Bacharel em Tecnólogo em Produção com Ênfase Industrial) - Faculdade de Tecnologia de Taquaritinga, Taquaritinga.

GHINATO, P. **Sistema Toyota de Produção**: mais do que simplesmente *just-in-time*, autonomia e zero defeitos. 1996. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Escola de Engenharia. UFRGS, Caxias do Sul.

\_\_\_\_\_. **Elementos para a compreensão de princípios fundamentais do sistema toyota de produção**: autonomia e zero defeitos. 1994. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Escola de Engenharia da UFRGS, Porto Alegre.

\_\_\_\_\_. **Produção & Competitividade**: aplicações e inovações. Recife: Universidade Federal de Pernambuco-UFPE, 2000.

GIANNINI, R. **Aplicação das ferramentas do pensamento enxuto na redução de perdas em operações de serviços**. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

GOLDEMBERG, J. **Futuro energético e biocombustíveis**: existe ameaça à produção de alimentos ? São Paulo: Ethanol Summit, 2007.

GOLDEMBERG, M. **A arte de pesquisar: como fazer pesquisa qualitativa em Ciências Sociais**. Rio de Janeiro: Record. 2000

GUERRINI, F. M. **Planejar e redigir textos científicos em Engenharia de Produção**. São Carlos: Departamento de Engenharia da Produção da Universidade de São Paulo, 2002.

HAIR, J. F. *et al.* **Análise multivariada de dados**. 5ª. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

HOLWEG, Matthias. The Genealogy of Lean Production. **Journal Of Operations Management**. V.25, p. 420-437, 2007.

HOUAISS. Disponível em: < <http://educacao.uol.com.br/dicionarios>>. Acesso em: 28 jan. 2010.

HOTOSAMI, Katsuya . **The QC problem solving approach; solving workplace problems the japanase way**. Tokio: 3A Corporation, 1989. 168p.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa Industrial. 2008. Disponível em: <<http://www.ibge.com.br>>. Acesso em: 28 dez. 2009.

IMAI, M. **KAIZEN, A Estratégia para o Sucesso Competitivo**, 4ª ed, São Paulo: Insituto IMAM, 1992

JACSON, T.; JONES, K. **Implementing a lean management system**. Portland: Productivity Press, 1996.

JOHNSON, R. A.; WICHERN, D. W. **Applied multivariate statistical analysis**. 6. ed. USA :Pearson Prentice Hall, 2007.

KUME, H. **Métodos estatísticos para melhoria da qualidade**. São Paulo: Gente, 1993.

LIKER, J. K. **O modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo**. Porto alegre: Bookman, 2005, 316p.

MACHADO, O. Cana-de-açúcar já é a segunda fonte primária de energia no Brasil. Informe à Imprensa da Empresa de Pesquisa Energética – EPE: resultados preliminares – BEN. Rio de Janeiro, 8 mai. 2008.

MAGGE, D. **O Segredo da Toyota: lições de liderança da maior fabricante de automóveis do mundo**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/>>. Acesso em 28 nov. 2009.

MARCONI, Marina A; LAKATOS, Eva. **Fundamentos em metodologia científica**. São Paulo: Atlas, 2001.

MARTINS, P. G.; LAUGENI, F. P. **Administração da Produção**. 2ª. ed. São Paulo: Saraiva, 2005.

MATTOS, R. **Metodologia de Análise e Solução de Problemas**: como controle da qualidade via PDCA é o modelo gerencial para todas as pessoas da empresa. 1998. Disponível na Web em Julho de 2002.

MAXIMIANO, A. C. A. **Administração de projetos**: como transformar idéias em resultados. São Paulo: Atlas, 2006.

MAXIMIANO, A. C. A. **Teoria Geral da Administração**. 2<sup>a</sup>. ed. São Paulo. Atlas, 2007.

MIYAKE, D. **Melhorando o Processo: Seis Sigma e Sistema de Produção Lean**. In ROTONDARO *et AL*. Seis Sigma – Estratégia Gerencial para melhoria da processos, produtos e serviços. São Paulo: Editora Atlas, 2002

MODEN, Y., **Toyota Production System: An Integrated Approach to Just-In-Time**, 2ed, Industrial Engineering and Management Press, Norcross, GA, 1993.

MOTTA, P. C. D. **Ambigüidades Metodológicas do Just-in-time**. In: ENCONTRO ANUAL DA ANPAP, 17. 1993. **Anais...** Salvador, ANPAP, 1993.

NASCIMENTO, A. NOGUEIRA. **Otimização da capacidade de instalações sucroalcooleiras**. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Química - Campinas, SP. 2006.

NAZARENO, R. R. **Sistema de monitoramento de corte, carregamento e transporte de cana-de-açúcar para gerenciamento de frota**. 2003. Dissertação (Mestre em Engenharia da Produção) - Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos.

OHNO, T. **Toyota Production System: beyond large-scale production**. Portland: Productivity, Inc., 1988.

\_\_\_\_\_. **O sistema Toyota de produção**: além da produção em larga escala. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997. 149p.

OSONO, E. **Relatório Toyota**: contradições responsáveis pelo sucesso da maior montadora do mundo. São Paulo: Ediouro, 2008

PIACENTE, F. J. **Agroindústria canavieira e o sistema de gestão ambiental: o caso das usinas localizadas nas bacias hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá.** 2005. Dissertação (Pós-Graduação em desenvolvimento econômico) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

REIMBERG, M. Representantes do setor sucroalcooleiro não comprovam alto custo de comida para cortadores de cana. 8. ago. 2009. **Agência de Notícias Repórter Brasil**. Disponível em: <<http://www.ecodebate.com.br/2009/08/08/representantes-do-setor-sucroalcooleiro-nao-comprovam-alto-custo-de-comida-para-cortadores-de-cana/>>. Acesso em: 28 nov. 2009.

RIPOLI, T. C. C.; RIPOLI, M. L. C. **Biomassa de cana-de-açúcar: colheita, energia e ambiente.** 2ª. ed. Piracicaba: Ed. Autor, 2004. 302 p.

RODRIGUES, C. D. **Processo de Produção de Açúcar e Etanol Princípio de Funcionamento Usina Sucroalcooleira.** 27. fev. 2009. Disponível em: <<http://sites.google.com/site/clauberdalmas>>. Acesso em: 28 nov. 2009.

ROSSETO, R. **Carregamento.** Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa. Disponível em: <[http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01\\_99\\_22122006154841.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_99_22122006154841.html)>. Acesso em: 28 nov. 2009.

SANTIAGO, A. D.; ROSSETTO, R. **Preparo do solo.** Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa. 2007. Disponível em: <[http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01\\_20\\_711200516716.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_20_711200516716.html)>. Acesso em: 28 nov. 2009.

SANTOS, C. A. **Produção Enxuta: uma proposta de método para introdução em uma empresa multinacional instalada no Brasil.** 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

SHIBA, Shoji. **TQM: Quatro revoluções da gestão da qualidade.** PORTO ALEGRE, ARTES MÉDICAS, 1997.

SHINGO, Shoji. **A Study of the Toyota Production System from an Industrial Engineering Viewpoint,** Productivity Press, Cambridge, MA, 1989.

SHINGO, Shoji. **O Sistema Toyota de Produção do ponto de vista da Engenharia de Produção.** Porto Alegre: Artimed 1996. 296 p

SHOOK, John. **Aprendendo a Enxergar - mapeando o fluxo de valor para agregar**. Lean Institute. Elsevier. 2009.

SPEAR, Steven. **Decoding the DNA of Toyota Production System**. HBR. 1999.

SILVA, N. F. *et al.* **Análise do sistema Toyota de produção em duas empresas de ramos industriais distintos**. In: XXVII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 9 a 11., 2007, Foz do Iguaçu. A energia que move a produção - um diálogo sobre integração, projeto e sustentabilidade: anais. Foz do Iguaçu, Abepro, 2007.

SILVA, J. E. A. R. **Desenvolvimento de um modelo de simulação para auxiliar o gerenciamento de sistemas de corte, carregamento e transporte de cana-de-açúcar**. São Carlos: ESALQ, 2006.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. **Administração da produção**. 2ª. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

SOUSA, A. Ciclo PDCA: um instrumento para melhoria contínua. 20 set. 2006. Disponível em: <<http://wiki.ifsc.edu.br/mediawiki/images/7/76/PDCA.pdf>>. Acesso em: 29 jan. 2010.

SOUSA, E. L. Setor sucroenergético do Brasil manterá o crescimento em 2009. 18 dez. 2008. Agronegócios BR. Disponível em: <<http://blogs.universia.com.br/agronegocios/2008/12/23/unica-setor-sucroenergetico-mantera-crescimento-em-2009/>>. Acesso em: 29 jan. 2010.

STRAPASSON, A. B. Balanço nacional da cana-de-açúcar e agroenergia. Brasília, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2007.

TEIXEIRA, A. A. Setor sucroalcooleiro: desenvolvimento, degradação, contradições e promessas. In: IV CICLO DE DEBATES EM ECONOMIA INDUSTRIAL, TRABALHO E TECNOLOGIA. 25 abr. 2006, São Paulo. **Anais....** São Paulo, EITT - PUCSP, 2006.

TERRA, H. V. Como construir, montar e operar uma microdestilaria de etanol combustível (etanol) de capacidade de 100 litros/dia. Disponível em: <<http://www.scribd.com/doc/19407213/Curso-de-Micro-Destilaria-2009>>. Acesso em: 29 jan. 2010.

TORELLI, M. **Qualidade da Informação sob a perspectiva de produto**. 2005. Monografia (Pós-Graduação Master Business Information Systems Executivo em Ciência da Computação) - Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo

TOYOTA, **Jikoda manufacturing high-quality products**: automation with a human touch. Disponível em: <[http://www2.toyota.co.jp/en/vision/production\\_system/jidoka.html](http://www2.toyota.co.jp/en/vision/production_system/jidoka.html)>. Acesso em: 28 nov. 2009.

UDOP, União dos Produtores de Bioenergia. 2009. Disponível em: <<http://www.udop.com.br/2009>>. Acesso em: 28 nov. 2009

UNICA. União da Indústria de Cana-de-Açúcar. Disponível em: <<http://www.unica.com.br>>. Acesso em: 2 ago. 2009.

VOSS, C *et al.* Case research in operations management. **International Journal of Operations & Production Management**. v. 22, n. 2, 2002, p. 195 – 219.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. **A máquina que mudou o mundo**. 3ª.ed. Rio de Janeiro: Campus, 1992. 347p.

\_\_\_\_\_. **A mentalidade enxuta nas empresas**: elimine os desperdícios e crie riqueza. Rio de Janeiro: Campus, 2004.

YAMADA, F. J.: Tecnologias Aplicadas ao setor sucroalcooleiro. **Rev. Jornal Cana**, São Paulo, out, 1999, p.15-18.

YAMADA, M. Carlos. **Aplicação dos conceitos de modelagem e de redes Petri na análise do processo produtivo da indústria sucroalcooleira**. Dissertação mestrado Universidade de São Paulo (USP) - Escola de Engenharia de São Carlos(EESC) - 2002.

YU, Abraham, *et al.* O Processo de Inovação na Indústria Brasileira de Autopeças para Veículos Leves: Estudo comparativo de casos no segmento de reposição, Universidade de São Paulo, Departamento de Administração, série de WORKINGPAPERS 2003, Nº 03/017, disponível em [www.ead.fea.usp.br/wpapers](http://www.ead.fea.usp.br/wpapers), acessado 22 de junho 2009

YIN, Robert K. **Estudo de Caso: Planejamento e Métodos**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

## ANEXO I – Identificação de Perdas

Tabela 17: Análise das perdas identificadas no transporte de cana-de-açúcar do Reboque 2EB

Número Corte	Variedade da cana de açúcar	Volume Transportado (t)	Quantidade de Caixas de Carga Transportadas	Valor Médio Carga(t)	Lacuna (t) * Toneladas transportadas de forma ineficiente	Lacuna Financeira(R\$)
1º	RB 855453	71.715	5.117	14,01	41.673	541.743
	SP 813250	35.238	2.824	12,48	19.861	258.192
	SP 801842	12.369	869	14,23	3.617	47.024
	RB 72454	9.730	722	13,48	4.623	60.104
	RB 845257	7.764	648	11,98	2.497	32.462
	SP 841431	6.808	577	11,80	3.121	40.568
	RB 867515	6.602	599	11,02	2.103	27.336
	RB 855036	5.868	510	11,51	3.919	50.946
	RB 855536	5.145	442	11,64	2.455	31.921
	RB 835486	4.613	452	10,20	2.463	32.017
IAC 873396	4.531	475	9,54	1.686	21.921	
SP 801816	1.125	76	14,81	244	3.171	
4º	SP 801816	15.550	1.265	12,29	8.096	105.244
	SP 813250	14.265	992	14,38	4.042	52.540
	SP 801842	10.759	741	14,52	3.184	41.388
	RB 855453	8.022	526	15,25	2.339	30.402
	RB 855536	5.492	390	14,08	1.590	20.664
	RB 845257	4.692	384	12,22	2.320	30.163
	RB 835486	2.589	180	14,38	818	10.640
	RB 855113	1.161	91	12,76	403	5.241
SP 803280	438	31	14,12	74	960	
2º	RB 855453	9.865	639	15,44	3.856	50.124
	RB 855536	8.044	463	17,37	2.091	27.184
	SP 813250	7.926	567	13,98	3.127	40.645
	RB 835486	7.651	579	13,21	3.124	40.613
	SP 841431	3.042	197	15,44	981	12.750
	RB 845257	2.965	227	13,06	1.018	13.238
	SP 87396	2.456	135	18,20	455	5.915
	RB 72454	1.061	62	17,12	265	3.450
RB 855036	999	57	17,52	153	1.990	
3º	RB 855453	11.031	681	16,20	3.671	47.719
	RB 835486	9.438	642	14,70	3.055	39.720
	SP 801842	6.272	439	14,29	1.792	23.292
	RB 855036	3.483	240	14,51	1.145	14.886
	SP 835073	2.595	149	17,41	425	5.524
	SP 813250	1.461	103	14,19	337	4.380
	RB 72454	826	67	12,33	266	3.455
	RB 845257	682	37	18,45	98	1.276
5º	SP 801816	11.057	801	13,80	3.568	46.379
	SP 801842	8.205	588	13,95	2.473	32.153
	SP 813250	7.787	530	14,69	1.994	25.924
	RB 855536	3.749	256	14,64	1.467	19.076
	RB 835486	811	53	15,30	188	2.439
6º	SP 813250	9.021	652	13,84	2.963	38.525
	SP 801842	3.584	257	13,95	1.000	12.994
	RB 855536	3.500	250	14,00	1.056	13.727
	SP 801816	2.325	174	13,36	587	7.629
9º	RB 835486	5.417	348	15,57	802	10.428
7º	RB 855536	1.696	108	15,70	228	2.965
	RB 855113	740	60	12,33	185	2.410
Total geral		<b>372.162</b>	<b>27.272</b>	<b>13,65</b>	<b>153.497</b>	<b>1.995.456</b>

Fonte: Dados fornecidos pela empresa.

**Tabela 18: Análise das perdas identificadas no transporte de cana-de-açúcar do Reboque SC 8 M CA**

Número Corte	Variedade da cana de açúcar	Volume Transportado (t)	Quantidade de Caixas de Carga Transportadas	Valor Médio Carga(t)	Lacuna (t) * Toneladas transportadas de forma ineficiente	Lacuna Financeira(R\$)	
1º	RB 855453	49.731	2.995	16,60	21.342	277.447	
	SP 813250	20.900	1.498	13,95	9.871	128.328	
	RB 867515	11.958	986	12,13	4.391	57.081	
	RB 72454	7.138	454	15,72	3.037	39.480	
	RB 835486	6.183	428	14,45	2.944	38.272	
	RB 855036	4.729	344	13,75	2.933	38.131	
	RB 855536	4.665	346	13,48	1.671	21.729	
	SP 841431	4.531	336	13,48	2.125	27.627	
	SP 801842	3.993	283	14,11	1.750	22.746	
	IAC 873396	3.263	285	11,45	1.255	16.320	
	SP 801816	1.762	113	15,59	433	5.632	
	SP 832847	756	71	10,65	217	2.819	
2º	RB 855453	9.897	527	18,78	2.999	38.986	
	RB 855536	7.133	360	19,81	1.911	24.847	
	RB 835486	5.145	329	15,64	1.841	23.929	
	SP 813250	4.911	287	17,11	1.738	22.592	
	SP 841431	2.729	159	17,17	832	10.817	
	RB 845257	2.711	173	15,67	1.084	14.090	
	SP 87396	1.923	92	20,90	422	5.492	
	RB 72454	1.152	63	18,29	297	3.867	
	RB 855036	1.137	65	17,49	129	1.677	
	SP 801842	953	60	15,89	190	2.471	
	SP 803280	758	47	16,13	188	2.443	
	IAC 873396	545	44	12,39	96	1.250	
	RB 835054	231	13	17,80	12	156	
	SP 801816	84	6	14,06	2	31	
	0	45	4	11,35	0	4	
	3º	RB 855453	12.467	637	19,57	3.612	46.962
		RB 835486	6.843	394	17,37	2.244	29.171
SP 835073		3.419	170	20,11	687	8.931	
SP 801842		2.864	170	16,84	760	9.879	
RB 855036		2.366	149	15,88	793	10.315	
RB 845257		754	40	18,84	115	1.498	
RB 72454		706	40	17,66	181	2.355	
MIX 2		501	26	19,28	69	891	
SP 841431		400	26	15,37	74	961	
SP 87396		351	17	20,66	23	305	
SP 801816		220	13	16,89	27	346	
RB 835054		118	7	16,83	4	48	
4º		SP 801816	10.822	648	16,70	4.163	54.125
		RB 855453	5.604	298	18,81	1.367	17.769
	SP 813250	2.857	159	17,97	767	9.974	
	RB 845257	1.882	102	18,45	419	5.448	
	RB 835486	1.580	91	17,36	381	4.956	
	RB 855113	907	45	20,16	134	1.747	
	Viveiro	728	49	14,86	236	3.071	
	RB 855036	576	32	17,99	70	916	
	SP 801842	541	34	15,93	120	1.560	
	SP 835073	405	20	20,26	51	657	
	MIX 2	320	22	14,54	33	435	
	SP 803280	290	16	18,14	43	555	
5º	SP 801816	6.750	388	17,40	2.026	26.342	
	RB 855536	2.568	130	19,75	804	10.458	
	SP 813250	1.829	98	18,66	479	6.227	
	RB 765418	386	25	15,42	52	680	
	Viveiro	253	15	16,89	55	713	
	RB 855453	134	8	16,79	8	98	
6º	SP 801842	4.890	312	15,67	1.483	19.285	
	RB 855536	710	34	20,88	82	1.065	
	RB 72454	595	32	18,58	127	1.656	
	SP 801816	454	27	16,83	84	1.098	
<b>Total geral</b>	<b>235.051</b>	<b>14.642</b>	<b>16,05</b>	<b>85.289</b>	<b>1.108.763</b>		

Fonte: Dados fornecidos pela empresa.

**Tabela 19: Análise das perdas identificadas no transporte de cana-de-açúcar do Reboque 4EA**

Número Corte	Variedade da cana de açúcar	Volume Transportado (t)	Quantidade de Caixas de Carga Transportadas	Valor Médio Carga(t)	Lacuna (t) * Toneladas transportadas de forma ineficiente	Lacuna Financeira(R\$)
1º	RB 835486	12.502	746	16,76	8.247	107.206
	RB 855453	12.332	656	18,80	6.620	86.066
	SP 801842	12.071	712	16,95	5.787	75.232
	SP 813250	10.163	610	16,66	6.124	79.618
	RB 72454	7.033	400	17,58	3.632	47.222
	RB 855536	5.870	348	16,87	2.494	32.416
	SP 841431	3.718	231	16,09	1.853	24.093
	IAC 873396	2.485	206	12,06	1.794	23.323
	RB 867515	1.695	115	14,74	518	6.731
	RB 855036	1.563	107	14,61	387	5.029
	RB 845257	1.368	73	18,74	328	4.260
SP 801816	1.341	71	18,89	304	3.958	
2º	RB 855453	8.325	384	21,68	3.001	39.008
	SP 813250	6.726	306	21,98	1.919	24.946
	SP 801842	5.367	277	19,38	1.908	24.806
	RB 855536	3.290	135	24,37	1.073	13.948
	SP 841431	2.683	142	18,89	852	11.072
	RB 845257	1.612	83	19,42	452	5.877
	RB 72454	1.507	72	20,93	325	4.219
	SP 803280	1.312	70	18,74	326	4.243
	SP 87396	1.217	49	24,84	239	3.101
	RB 855036	1.091	53	20,58	180	2.342
	RB 835054	1.018	46	22,14	171	2.227
5º	SP 801842	7.886	430	18,34	3.335	43.360
	SP 801816	4.254	247	17,22	2.215	28.789
	RB 855536	1.540	76	20,26	615	7.989
	SP 813250	1.446	95	15,22	1.139	14.804
	RB 855453	876	45	19,47	155	2.012
3º	SP 813250	4.831	220	21,96	1.391	18.084
	RB 855036	3.568	187	19,08	1.310	17.024
	RB 835486	2.312	117	19,76	577	7.497
4º	RB 855453	4.732	201	23,54	829	10.777
	SP 801842	1.920	102	18,82	666	8.657
	SP 835073	1.268	50	25,36	153	1.988
	SP 803280	843	37	22,77	124	1.615
6º	SP 801842	4.213	234	18,01	1.729	22.482
	RB 855536	825	32	25,77	102	1.320
<b>Total geral</b>		<b>146.801</b>	<b>7.965</b>	<b>18,43</b>	<b>62.872</b>	<b>817.342</b>

Fonte: Dados fornecidos pela empresa.

**Tabela 20: Análise das perdas identificadas no transporte de cana-de-açúcar do Reboque SC 8M CP**

Número Corte	Variedade da cana de açúcar	Volume Transportado (t)	Quantidade de Caixas de Carga Transportadas	Valor Médio Carga(t)	Lacuna (t) * Toneladas transportadas de forma ineficiente	Lacuna Financeira(R\$)
1º	SP 801842	12.221	768	15,91	4.599	59.792
	RB 835486	4.515	271	16,66	1.494	19.425
	RB 855453	2.372	139	17,07	741	9.632
	RB 855036	1.561	125	12,49	458	5.956
	RB 845257	506	32	15,82	83	1.077
	IAC 873396	182	18	10,14	55	717
	SP 841431	103	9	11,49	7	86
	RB 72454	102	7	14,54	34	441
RB 867515	65	6	10,80	8	108	
5º	SP 801842	11.057	729	15,17	4.077	53.006
	SP 813250	7.635	491	15,55	3.725	48.426
	RB 855536	946	65	14,56	252	3.273
	RB 855453	914	63	14,52	221	2.879
	Viveiro	46	3	15,42	0	-
RB 765418	35	3	11,56	0	-	
6º	SP 813250	10.010	669	14,96	3.722	48.382
	SP 803280	2.936	190	15,45	535	6.961
	RB 855536	2.443	173	14,12	722	9.387
4º	SP 801842	11.680	750	15,57	3.374	43.865
	RB 855453	1.482	94	15,76	295	3.834
	RB 835486	836	54	15,49	243	3.155
	SP 803280	472	29	16,27	70	913
	Viveiro	127	9	14,06	19	248
	RB 855036	51	3	17,00	0	-
2º	SP 813250	2.451	152	16,13	846	10.996
	RB 845257	2.023	144	14,05	759	9.862
	SP 801842	1.378	95	14,50	371	4.825
	RB 855453	444	25	17,75	95	1.232
	SP 841431	278	17	16,34	49	637
	RB 72454	202	14	14,41	66	853
	SP 87396	184	10	18,42	11	140
	RB 855536	128	7	18,27	7	96
	SP 803280	100	7	14,23	7	89
	RB 835486	66	5	13,11	14	176
3º	SP 801842	2.923	190	15,38	890	11.572
	SP 813250	1.786	109	16,39	518	6.730
	RB 855453	1.012	65	15,56	297	3.857
	RB 72454	920	68	13,53	212	2.759
	RB 855036	242	16	15,11	25	321
	RB 835486	180	11	16,32	16	213
SP 87396	153	9	17,05	14	179	
<b>Total geral</b>		<b>86.767</b>	<b>5.644</b>	<b>15,37</b>	<b>28.931</b>	<b>376.101</b>

Fonte: Dados fornecidos pela empresa.

**Tabela 21: Análise das perdas identificadas no transporte de cana-de-açúcar do Reboque SC 7M CB**

Número Corte	Variiedade da cana de açúcar	Volume Transportado (t)	Quantidade de Caixas de Carga Transportadas	Valor Médio Carga(t)	Lacuna (t) * Toneladas transportadas de forma ineficiente	Lacuna Financeira(R\$)
1º	RB 855453	7.337	584	12,56	4.589	59.657
	SP 813250	4.571	420	10,88	1.970	25.607
	RB 72454	3.021	242	12,48	1.320	17.160
	SP 801842	2.412	216	11,17	858	11.149
	RB 855536	2.361	211	11,19	1.139	14.806
	RB 855036	2.040	199	10,25	1.372	17.834
	RB 867515	1.970	202	9,75	715	9.299
	SP 841431	1.907	174	10,96	841	10.928
	IAC 873396	1.241	129	9,62	492	6.391
2º	SP 801816	704	56	12,57	198	2.575
	RB 845257	495	42	11,79	111	1.446
	RB 855453	1.969	135	14,59	767	9.966
	SP 813250	1.656	117	14,15	1.107	14.385
	SP 841431	983	74	13,28	321	4.169
	RB 72454	769	54	14,24	206	2.680
	SP 801842	752	57	13,20	145	1.890
	RB 845257	737	60	12,28	169	2.200
	RB 855036	715	53	13,49	135	1.751
3º	SP 87396	681	44	15,48	130	1.695
	RB 835486	598	44	13,59	110	1.431
	IAC 873396	259	27	9,61	27	351
	SP 803280	239	20	11,96	39	502
	RB 835054	177	12	14,79	21	278
	RB 855036	2.065	155	13,32	716	9.304
	RB 855453	1.658	108	15,35	323	4.199
	SP 801842	1.501	109	13,78	410	5.324
	RB 835486	1.097	81	13,55	279	3.627
4º	SP 813250	758	49	15,47	378	4.909
	RB 855536	466	29	16,07	61	793
	SP 835073	322	22	14,64	68	888
	RB 72454	266	20	13,28	52	673
	SP 801816	3.606	263	13,71	1.964	25.531
	SP 813250	1.426	102	13,98	373	4.855
	RB 855453	992	66	15,03	202	2.625
	RB 855536	611	38	16,07	75	976
5º	SP 801842	374	29	12,90	92	1.197
	RB 845257	287	19	15,11	47	609
	RB 855036	223	17	13,11	30	386
	SP 801816	2.510	181	13,87	1.328	17.259
	SP 801842	1.826	148	12,34	598	7.771
6º	SP 813250	914	61	14,99	531	6.909
	RB 855536	758	47	16,12	300	3.904
	RB 835486	158	11	14,40	14	177
7º	SP 801842	1.852	160	11,57	561	7.296
	RB 855536	153	10	15,27	9	113
8º	SP 801816	99	7	14,18	8	106
	RB 72454	47	3	15,70	0	-
<b>Total geral</b>		<b>61.567</b>	<b>4.907</b>	<b>12,55</b>	<b>25.199</b>	<b>327.585</b>

Fonte: Dados fornecidos pela empresa.

**Tabela 22: Análise das perdas identificadas no transporte de cana-de-açúcar do Reboque 2EA**

Número Corte	Variedade da cana de açúcar	Volume Transportado (t)	Quantidade de Caixas de Carga Transportadas	Valor Médio Carga(t)	Lacuna (t) * Toneladas transportadas de forma ineficiente	Lacuna Financeira(R\$)
1º	RB 855453	16.530	1.054	15,7	8.970	116.607
	SP 813250	7.244	535	13,5	3.391	44.089
	RB 845257	3.589	276	13,0	1.128	14.668
	RB 867515	2.392	204	11,7	711	9.247
	SP 801816	2.119	135	15,7	765	9.949
	RB 72454	2.119	135	15,7	765	9.949
	RB 855036	1.921	149	12,9	1.143	14.858
	SP 841431	1.626	125	13,0	813	10.572
2º	RB 855536	1.145	89	12,9	357	4.641
	RB 855453	2.607	140	18,6	758	9.860
	RB 855536	2.603	141	18,5	759	9.873
	RB 835486	1.827	118	15,5	610	7.924
	SP 813250	1.456	90	16,2	492	6.393
3º	SP 87396	781	39	20,0	120	1.558
	RB 855453	3.266	178	18,3	775	10.071
4º	RB 835486	2.583	160	16,1	781	10.149
	RB 855453	1.669	94	17,8	352	4.582
5º	SP 813250	1.126	66	17,1	216	2.810
	SP 801816	1.504	90	16,7	455	5.911
Total geral		58.108	3.818	15,2	23.362	303.711

Fonte: Dados fornecidos pela empresa.

**Tabela 23: Análise das perdas identificadas no transporte de cana-de-açúcar do Reboque SC 8M CB**

Número Corte	Variedade da cana de açúcar	Volume Transportado (t)	Quantidade de Caixas de Carga Transportadas	Valor Médio Carga(t)	Lacuna (t) * Toneladas transportadas de forma ineficiente	Lacuna Financeira(R\$)
1º	RB 835486	4.668	328	14,23	1.966	25.556
	SP 801842	3.315	249	13,31	1.353	17.588
	SP 813250	2.897	238	12,17	1.190	15.475
	RB 855453	2.689	183	14,69	904	11.752
	RB 72454	2.549	182	14,01	1.247	16.207
	SP 841431	968	80	12,10	259	3.369
	IAC 873396	953	85	11,21	635	8.249
	RB 867515	307	29	10,60	55	717
	SP 801816	177	13	13,61	17	219
	RB 855036	172	15	11,44	12	157
	RB 845257	148	11	13,46	5	69
2º	RB 855453	2.104	137	15,36	619	8.048
	SP 801842	1.649	112	14,73	479	6.222
	RB 855536	810	43	18,84	146	1.894
	SP 841431	781	53	14,73	252	3.270
	RB 72454	435	32	13,59	125	1.623
	RB 835054	411	26	15,80	53	689
	RB 845257	379	27	14,05	72	931
	SP 87396	329	17	19,35	42	551
	SP 803280	323	22	14,69	42	551
4º	RB 855453	1.863	109	17,09	444	5.777
	SP 813250	722	50	14,45	225	2.930
	SP 801842	636	43	14,79	218	2.839
	SP 835073	512	27	18,97	62	808
	SP 803280	329	18	18,30	52	681
	RB 855036	243	15	16,19	20	265
	RB 835486	114	7	16,32	5	70
	MIX 2	97	8	12,07	8	100
3º	SP 813250	1.802	104	17,32	929	12.075
	SP 801842	741	46	16,10	147	1.917
	RB 855036	667	46	14,51	161	2.088
	RB 835486	634	37	17,12	125	1.620
	SP 835073	249	15	16,60	28	359
	SP 841431	139	10	13,88	14	182
	RB 855536	132	7	18,92	5	67
	RB 72454	111	7	15,85	7	87
5º	SP 801816	1.491	94	15,86	491	6.382
	SP 801842	1.353	93	14,55	521	6.775
	SP 813250	852	46	18,53	284	3.687
	RB 855536	435	25	17,42	105	1.368
6º	SP 801842	3.395	246	13,80	728	9.462
	RB 855536	335	18	18,59	23	295
	RB 72454	138	7	19,65	6	83
<b>Total geral</b>		<b>43.054</b>	<b>2.960</b>	<b>14,55</b>	<b>14.081</b>	<b>183.050</b>

Fonte: Dados fornecidos pela empresa.

## ANEXO II – Cálculo Ganhos Obtidos comparando-se as safra de 2006 e 2007

**Tabela 23. Cálculo ganho obtido comparando-se as safras 2006 x 2007**

	meses safra 2007							Total
	5	6	7	8	9	10	11	
Deslocamentos das caixas de carga	13.338	16.589	15.042	15.906	13.500	10.349	5.297	
carga Média (t) (2007) caixa Carga	17,3	17,4	16,5	16,7	17,5	17,5	17,6	
Tonelagem Transportada	230.955	288.539	248.753	266.127	236.385	181.215	93.157	1.545.130
Carga Média (2006)	<b>14,9</b>							
Como teria sido com valor médio da caixa de Carga média 2006	199.141	247.679	224.580	237.473	201.558	154.516	79.081	1.344.028
Ganho em toneladas	31.814	40.860	24.172	28.654	34.827	26.699	14.076	201.102
Custo Tonelada Transportada (R\$/t)	13							
Ganho em R\$	413.584	531.174	314.240	372.508	452.749	347.082	182.994	<b>2.614.330</b>

Fonte: Dados fornecidos pela empresa.