

**CENTRO UNIVERSITARIO DE FORMIGA – UNIFOR – MG
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
CAMILO EUSTÁQUIO DOS SANTOS**

**APLICAÇÃO DO PROCESSO DE PENSAMENTO DA TOC PARA RESOLUÇÃO
DE PROBLEMAS: UM ESTUDO DE CASO EM UMA INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS
LOCALIZADA NO CENTRO OESTE DE MINAS GERAIS**

FORMIGA

2012

CAMILO EUSTÁQUIO DOS SANTOS

APLICAÇÃO DO PROCESSO DE PENSAMENTO DA TOC PARA RESOLUÇÃO DE
PROBLEMAS: UM ESTUDO DE CASO EM UMA INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS
LOCALIZADA NO CENTRO OESTE DE MINAS GERAIS

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Engenharia de Produção do UNIFOR-MG, como requisito parcial para a obtenção de título de bacharel em Engenharia de Produção.

Orientador (a): Prof. (a). Danielle Fernandes Campos.

FORMIGA

2012

Camilo Eustáquio dos Santos

APLICAÇÃO DO PROCESSO DE PENSAMENTO DA TOC PARA RESOLUÇÃO DE
PROBLEMAS: UM ESTUDO DE CASO EM UMA INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS
LOCALIZADA NO CENTRO OESTE DE MINAS GERAIS

Trabalho de conclusão de curso
apresentado ao curso de Engenharia de
Produção do UNIFOR-MG, como requisito
parcial para a obtenção de título de
bacharel em Engenharia de Produção.

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Ms. Danielle Fernandes Campos

Orientadora

Prof. Daniel Gonçalves Ebias

Examinador

UNIFOR-MG

Formiga, 03 de dezembro de 2012.

Filho meu, se aceitares as minhas palavras e esconderes contigo os meus mandamentos à sabedoria o teu ouvido e para inclinares o coração ao entendimento, e, se clamares por inteligência e por entendimento alçares a voz, se buscares a sabedoria como a prata e como tesouros escondidos a procurares.

Provérbios 2:1-4

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a DEUS, por ter me dado “perseverança” e “paciência” para a conclusão deste curso. Por ter me dado graça para alcançar mais um objetivo em minha vida, o qual certamente se torna motivo de honra para mim e para as pessoas que me cercam.

A minha mãe (*in memoriam*) e meu pai, pela base familiar que me proporcionaram desde o começo da minha existência.

A minha amada esposa e meu filho, os quais, com muita paciência me apoiaram e me deram força em todos os momentos durante o curso.

A professora Danielle, pela paciência, por todo conhecimento que me proporcionou durante a realização deste trabalho.

RESUMO

No contexto competitivo em que as organizações estão inseridas, é extremamente necessária a busca pelo melhoramento de seus sistemas. O presente trabalho aborda temas pertinentes à Administração da Produção, Custos de Produção, Teoria das Restrições (TOC) e o Processo de Pensamento da TOC, possuindo como objetivo principal a aplicação do processo de pensamento da Teoria das Restrições em uma indústria do ramo alimentício, localizada no centro-oeste de Minas Gerais, visando a identificação de recursos restritivos em um dos seus processos de produção, partindo do pressuposto de que em um sistema existirá pelo menos um recurso restritivo, o qual deverá ser eliminado ou pelo menos minimizado, de forma que tal sistema melhore o seu desempenho. As observações *in loco*, análise de dados quantitativos e aplicação das ferramentas do processo de pensamento da teoria das restrições (Árvore de Realidade Atual, Diagrama de Dispersão de Nuvens, Árvore de Dispersão Futura e Árvore de Pré-Requisitos) permitiram identificar oportunidades de melhoria, bem como propor soluções para as mesmas.

Palavras-Chave: Administração da Produção, Custos de Produção, Teoria das restrições (TOC), Processo de pensamento da TOC.

ABSTRACT

In the competitive context in which organizations are embedded, it is extremely necessary to seek the improvement of its systems. The present work will address relevant issues to the Production Administration, Production Costs, Theory of Constraints (TOC) and the TOC Thinking Process, having as main objective the thinking process application of the Theory of Constraints in an food sector industry, located in the center-west of Minas Gerais, aiming at identifying restrictive resources in one of its production processes, starting from the assumption that a system will exists in at least one restrictive resource, which should will be eliminated or at least minimized, so that such a system to improve its performance. On-site observations, data quantitative analysis and application of tools of thinking process of the theory of constraints (Current Reality Tree, Cloud Scatter Diagram, Tree Dispersion Futura and Tree Prerequisite) allowed to identify improvement opportunities, as well propose solutions for them.

Keywords: Production Administration, Production costs, Theory of Constraints (TOC), Thinking Process of TOC.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Linha de produção simples com gargalo.....	27
Figura 2: Otimização contínua para restrições físicas.....	28
Figura 3: Operação tambor-pulmão-corda	31
Figura 4: Ciclo da melhoria contínua do processo de pensamento da TOC	33
Figura 5: Símbolos padronizados para a construção da ARA.....	35
Figura 6: Processo de criação da Árvore de Realidade Futura.....	38
Figura 7: Diagrama da pesquisa.....	42
Figura 8: Esquema do processo de embalagem	44
Figura 9: Esquema do processo de embalagem de um produto similar	45
Figura 10: Controle de paradas do processo de embalagem de produto similar	45
Figura 11: Controle de paradas do processo de embalagem do produto objeto de estudo.....	46
Figura 12: Árvore da Realidade Atual (ARA)	49
Figura 13: Diagrama de Dispersão de Nuvens (DDN)	50
Figura 14: Árvore da Realidade Futura (ARF)	51
Figura 15: Árvore de Pré-Requisitos.....	52
Figura 17: Esquema de embalagem	53

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Os nove princípios da Teoria das Restrições.....	28
Quadro 1: Os nove princípios da Teoria das Restrições (Continuação).....	29
Quadro 2: Processo de pensamento da TOC para resolução de problema	32
Quadro 3: Proposta para construção da árvore de realidade atual	33
Quadro 3: Proposta para construção da árvore de realidade atual	34
Quadro 4: Passos para a construção do diagrama de evaporação de nuvens.....	35
Quadro 5: Passos para a construção da árvore de pré-requisitos.....	38
Quadro 6: Passos para a construção da árvore de transição.....	38
Quadro 7: Custos de material de embalagem.....	46
Quadro 8: Eficiência de cada processo.....	46
Quadro 9: Listagem dos Efeitos Indesejáveis.....	47
Quadro 10: Efeitos Indesejáveis versus Efeitos Desejáveis.....	49

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ADF – Árvore de Dispersão Futura
AGI - Avraham Goldratt Institute
APR – Árvore de Pré-Requisitos
APO – Administração da Produção e Operações
ARA – Árvore da Realidade Atual
ARF – Árvore da Realidade Futura
AT – Árvore de Transição
CIF – Custos Indiretos de Fabricação
CTV – Custo Total Variável
DDN – Diagrama de Dispersão de Nuvem
ED – Efeitos Desejáveis
EI – Efeitos Indesejáveis
ROI – Retorno Sobre Investimento
GU – Ganho Unitário
MP – Matéria-Prima
MOD – Mão de Obra Direta
OEE – Overall Equipment Efficiency
OI – Objeto Intermediário
OPT – Optimized Production Technology
PV – Preço de Venda
RRC – Recurso com Restrição de Capacidade
TOC – Theory of Constraints
UHT – Ultra High Temperature

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	13
1.1	Formulação do problema	14
1.2	Justificativa.....	14
1.3	Hipótese (s).....	14
2.	OBJETIVOS	15
2.1	Objetivo geral	15
2.2	Objetivos específicos	15
3.	REFERENCIAL TEÓRICO	16
3.1	Administração da produção e operações	16
3.1.1	Evolução da administração da produção e operações.....	17
3.2	Custos de Produção.....	18
3.3	Capacidade de Produção.....	21
3.4	Teoria das Restrições	22
3.4.1	Histórico da TOC (Theory of Constraints)	23
3.4.2	Conceitos da TOC.....	24
3.5	Desenvolvimento da Teoria das Restrições (TOC)	26
3.6	Os nove princípios da Teoria das Restrições (TOC)	28
3.7	Sistema de operação Drum-Buffer-Rope (Tambor-Pulmão-Corda)	30
3.8	Processo de pensamento da TOC para solução de problemas	32
3.8.1	Definições da TOC	32
3.8.2	Árvore da Realidade Atual (ARA).....	33
3.8.3	Diagrama de dispersão de Nuvens (DDN)	36
3.8.4	Árvore de Dispersão Futura (ADF).....	37
3.8.5	Árvore de Pré-Requisitos (APR).....	38
3.8.6	Árvore de Transição (AT)	39

4.	METODOLOGIA.....	41
4.1	Tipos de Pesquisa.....	41
4.2	Técnicas de pesquisas.....	42
4.3	Objeto de estudo.....	43
4.4	Coleta e descrição dos dados.....	43
5.	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	44
6.	CONCLUSÃO.....	55
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	57

1. INTRODUÇÃO

As empresas são organizações complexas, compostas por vários elementos, recursos, pessoas, áreas, sendo estes, fortemente interligados.

De acordo com uma forma tradicional de gerenciamento, existe uma correlação direta entre os vários elementos do sistema, de forma que, quando você executa alguma ação em determinado ponto do sistema, esta irá causar impacto em outro ponto do sistema. Dentro de um contexto complexo, a teoria das restrições (TOC), entende que o desempenho do sistema é limitado ou definido por poucos elementos, sendo estes, reconhecidos como restrições do sistema. Sendo assim, a teoria das restrições procura identificar quais são esses poucos elementos, e com isso formular soluções para extrair o máximo desses elementos, para que o sistema como um todo consiga melhorar o seu desempenho.

Dentro da teoria das restrições destaca-se uma técnica, conhecida como Processo de Pensamento da TOC, que visa, através da aplicação de suas ferramentas, identificar problemas dentro do sistema e propor soluções ótimas para estes. Portanto, para que uma organização consiga alcançar seus objetivos, de minimização dos seus custos de produção, através da aplicação da TOC, é necessário um gerenciamento eficiente e comprometimento de todos os envolvidos.

Em uma economia globalizada, com um nível de concorrência tão elevado, é necessário para uma organização, reduzir seus custos de produção, os quais podem decorrer da otimização do sistema. Deste modo, o presente trabalho trata de um assunto relevante dentro de uma organização, que é a aplicação de ferramentas para minimizar os custos de produção, de forma que ela consiga sobreviver dentro do mercado competitivo.

Sendo assim, o presente trabalho está dividido em cinco capítulos. No capítulo 1, apresenta-se a introdução ao tema, contextualizando a Teoria das Restrições, o processo de pensamento da TOC, o problema de pesquisa, a justificativa da relevância do tema e as hipóteses levantadas. No capítulo 2 é apresentado o objetivo geral e os objetivos específicos do trabalho. No capítulo 3, são apresentados os conceitos teóricos referentes à custos de produção, capacidade produtiva, teoria das restrições e o processo de pensamento da TOC. No Capítulo 4 é apresentada a metodologia utilizada na realização do trabalho. No capítulo 5 são apresentados os resultados e discussões pertinentes ao estudo de

caso, no capítulo 6 é apresentada a conclusão do trabalho e por fim, são apresentadas as referências bibliográficas utilizadas na fundamentação teórica.

1.1 Formulação do problema

Como o processo de pensamento da TOC pode auxiliar na resolução de problemas em uma organização, de modo a reduzir os custos de produção?

1.2 Justificativa

Com a grande concorrência nos dias atuais, as empresas cada vez mais objetivam a redução de seus custos de produção, para com isso se tornar mais competitivas.

Com base nessa realidade, a aplicação do processo de pensamento da TOC, têm se mostrado uma ferramenta eficaz para que se consiga identificar problemas que estejam gerando um aumento nos custos de produção, e com isso, nortear os gestores para uma tomada de decisão, com o objetivo de reverter o quadro negativo encontrado.

Desta forma, o interesse em se estudar o processo de pensamento da TOC se justifica pelo alto grau de importância que há em se reduzir os custos de produção, uma vez que custos elevados podem comprometer o objetivo principal de uma empresa, que é a lucratividade.

1.3 Hipótese (s)

As hipóteses propostas podem ser apresentadas da seguinte forma:

- Aplicar a teoria das restrições permite identificar o(s) gargalo(s) do processo de produção.
- Aplicar o processo de pensamento da teoria das restrições permite analisar e propor soluções para os problemas encontrados no processo produtivo.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Aplicar o processo de pensamento da TOC para identificar problemas em um processo produtivo e propor soluções, a fim de reduzir os custos de produção.

2.2 Objetivos específicos

- Identificar as restrições existentes durante o processo objeto de estudo;
- Comparar a eficiência do processo objeto de estudo com a produção de produtos similares;
- Propor soluções para melhoria do processo.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo são apresentadas técnicas utilizadas na administração da produção, as quais são de suma importância para a manutenção de uma empresa no mercado competitivo. Serão conceituadas ferramentas como a teoria das restrições e o processo de raciocínio da TOC, as quais estão inseridas na Administração da Produção e são largamente utilizadas do contexto atual das organizações, visando uma gestão eficiente dos recursos. Vale lembrar que administração dos recursos disponíveis no âmbito empresarial é um fator preponderante para o sucesso ou fracasso de uma organização. Desta forma, este capítulo apresenta a teoria de vários estudiosos referentes ao trabalho proposto, de forma a embasar o estudo prático.

3.1 Administração da produção e operações

Dentro de um ambiente globalizado, como o que se presencia atualmente, para que uma empresa sobreviva, é necessário contar com uma gestão eficiente, desta forma, a administração da produção e operações surge com ferramentas que irão auxiliar os gestores no exercício de suas funções.

A Administração da Produção e Operações (APO) está relacionada com as atividades necessárias para a produção de um bem, seja ele físico ou um serviço. Com isso a palavra “produção” está correlacionada com as atividades industriais, sendo que, a palavra “operações” está mais diretamente ligada com as atividades desenvolvidas em empresas de serviços (MOREIRA, 2001).

O mesmo autor define a APO como sendo o ramo destinado ao estudo de conceitos e técnicas voltadas para as tomadas de decisões pertinentes à função de Produção ou Operações.

A administração da produção pode ser definida através de uma visão corporativa como sendo a capacidade de gerenciar os recursos diretos e escassos, utilizáveis para a aquisição de produtos e serviços de uma organização. Partindo de uma visão operacional, a administração da produção pode ser definida como um conjunto de componentes, os quais serão utilizados para transformar um determinado número de insumos em resultados assim desejados pela organização, de forma atender as necessidades e/ou exigências de seus clientes em relação à

qualidade, tempo e custo. As organizações, sejam elas filantrópicas ou não, estão ligadas a uma função de operações, pois de alguma forma, elas produzem pacotes de valor, os quais podem ser produtos ou serviços (DAVIS; AQUILANO; CHASE, 2001; CORRÊA; CORRÊA, 2008).

De acordo com Corrêa e Corrêa (2008) as estratégias de operações objetivam garantir o gerenciamento dos processos de produção bem como a entrega do valor ao cliente, de igual maneira, tais práticas de gerenciamento devem estar totalmente alinhadas aos objetivos da empresa em relação aos mercados que ela pretende atender.

3.1.1 Evolução da administração da produção e operações

Embora as origens primárias da gestão de operações sejam difíceis de rastrear, sempre se teve a necessidade de gerenciar alguma operação, pois sempre houve organizações produzindo e entregando algum pacote de valor a clientes (CORRÊA; CORRÊA, 2008).

¹Os grandes empreendimentos realizados na antiguidade, tem grande chance de serem os primeiros processos produtivos a necessitarem de técnicas gerenciais para o desenvolvimento de suas operações. Dentre estes empreendimentos podemos destacar a grande Muralha da China, as Pirâmides do Egito, as Estradas do Império Romano, as grandes Catedrais, etc.

De acordo com Oliveira Neto e Tavares (2008) devido a Revolução Industrial ocorrida no século XVIII, o mundo sofreu grandes modificações no âmbito político, econômico e social, fato este que impulsionou a produção industrial moderna mecanizada, bem como a criação de diversas fábricas.

Segundo Corrêa e Corrêa (2008) no ano de 1776 ocorreram as primeiras atividades que influenciaram diretamente a área da administração da produção como a conhecemos hoje, dentre elas, podemos citar a publicação do clássico de Adam Smith “A Riqueza das Nações” e posteriormente a apresentação da “Máquina a Vapor” por James Watt.

Conforme Araújo (2008) no ano de 1790, Eli Whitney durante a montagem de rifles para o exército americano, conseguiu desenvolver um fluxo de fabricação o

¹Wilson (1995) apud Corrêa e Corrêa (2008)

qual se utilizava de peças padronizadas durante as montagens, fazendo com que o tempo perdido nas tentativas de montagens fosse eliminado. Já em 1898, Frederick Taylor desenvolveu experimentos em uma empresa chamada Bethlen Steel, os quais tinham por objetivo mensurar a capacidade dos funcionários para realizar as tarefas de descarregamento de barras de ferro de vagões ferroviários, através deste estudo Taylor conseguiu definir uma sequência ideal e também a designação do homem certo para a realização das tarefas.

De acordo com Moreira (2001), a partir da Segunda Guerra Mundial a Administração da Produção ganhou um caráter de gerência industrial em um âmbito de absoluto controle, com isto, ao instalar-se um ambiente de concorrência interna e externa, fez com que as atenções se voltassem de uma forma mais intensa para outras áreas, como Marketing e Finanças, que logo se valorizaram grandemente, não ficando apenas reservadas ao meio industrial. Com isso a Administração da Produção evoluiu de uma prática de gerência industrial tradicional para uma ampla disciplina, sendo aplicada largamente no ambiente organizacional.

3.2 Custos de Produção

De acordo com Leone (2000), custo é um gasto relativo a um bem ou serviço utilizado na produção de outros bens e serviços.

O custo de produção ou transformação pode ser definido como sendo a soma da mão de obra direta e das despesas indiretas de fabricação, onde, essa soma pode ser representada pelo esforço próprio da empresa despendido para transformar determinado material em produto acabado (LEONE, 2000).

Segundo Bornia (2002), o custo de produção é o valor dos insumos utilizados na fabricação dos produtos da empresa, desta forma, os custos de produção podem ser divididos em matéria-prima (MP), mão de obra direta (MOD) e custos indiretos de fabricação (CIF), portanto, podemos definir os custos de produção conforme a Equação 1.

$$\text{Custos de Produção} = \text{MP} + \text{MOD} + \text{CIF}$$

Equação 1

Onde:

MP = matéria-prima;

MOD = mão de obra direta;

CIF = custo indireto de fabricação.

De acordo com o mesmo autor, os custos de matéria-prima podem ser definidos como sendo os principais materiais integrantes do produto, os quais podem ser divididos em unidades físicas e específicas.

Os custos de mão de obra direta são aqueles relacionados diretamente com os trabalhadores em atividade de confecção do produto, ou seja, representam a quantia monetária paga aos trabalhadores diretamente envolvidos na produção de determinado produto, contudo, aqueles trabalhadores que não contribuem diretamente para a fabricação do produto, compõem a mão de obra indireta.

Já os custos indiretos de fabricação são definidos como sendo todos os demais custos de produção, tais como:

- Materiais de consumo;
- Mão de obra indireta;
- Depreciação;
- Energia Elétrica;
- Telefone;
- Água, etc.

Contudo, o que difere uma empresa atual de uma antiga são os constantes esforços para a melhoria de suas atividades, com isso, as empresas precisam constantemente se aprimorar, não apenas através de novas tecnologias, mas também pela eliminação de desperdícios existentes nos processos (BORNIA, 2002).

A eliminação do desperdício é peça fundamental no processo de melhoria contínua, portanto, podemos definir um desperdício como sendo todo insumo consumido de forma ineficaz e ineficiente. Os desperdícios propriamente ditos não agregam valor nenhum ao produto, portanto, as empresas devem concentrar-se para eliminação destes de forma a minimizar o trabalho adicional e maximizar o trabalho efetivo, o qual agrega valor ao produto, devendo ser este, realizado com a maior eficiência possível (BORNIA, 2002).

O mesmo autor salienta que os desperdícios podem ser classificados em sete diferentes tipos, os quais serão descritos a seguir:

- a) **Desperdício por superprodução:** referem-se à produção de itens acima do necessário ou antecipadamente, onde estes aumentam os estoques e mascaram eventuais problemas no processo.

- b) **Desperdício por transporte:** referem-se basicamente às atividades de movimentação de materiais, as quais não agregam nenhum valor ao produto, contudo, a sua eliminação depende diretamente da reorganização física da fábrica.
- c) **Desperdício no processamento:** correspondem às atividades de transformação desnecessárias. Para que este desperdício seja eliminado é necessário utilizar de meios técnicos de análise de valor do produto e do processo.
- d) **Desperdício por fabricação de produtos defeituosos:** correspondem à fabricação de produtos fora de especificações de qualidade. A eliminação deste desperdício deve ser embasada na confiabilidade do processo e na rápida identificação e eliminação das falhas.
- e) **Desperdício no movimento:** relacionam-se à movimentação inútil na realização das atividades pertinentes ao processo. A mensuração deste desperdício esta relacionada à obtenção de padrões de desempenho, podendo ser eliminado através da adequação aos padrões necessários para a produção.
- f) **Desperdício por espera:** são originados pela capacidade ociosa, ou seja, pelos funcionários e instalações parados, os quais, por sua vez, geram custos. Para eliminar este desperdício deve-se reduzir o tempo de preparação das máquinas, balancear a produção e aumentar a confiabilidade do sistema.
- g) **Desperdício por estoque:** podem ser definidas como sendo os custos financeiros de manutenção dos estoques, custos devido a obsolescência dos produtos estocados e principalmente, custos pela perda de oportunidade de mercado, com isso, as empresas devem desprender o máximo esforço para a redução de seus estoques.
- h) **Desperdício de matéria-prima:** correspondem às matérias-primas despendidas de maneira anormal ou acima do necessário para a produção de determinado produto, normalmente é um desperdício de fácil identificação, sendo identificado através da comparação de padrões com o realmente ocorrido.

Portanto, a mensuração dos custos de produção e a identificação de desperdícios no sistema, são de fundamental importância para a sobrevivência e competitividade de uma organização.

3.3 Capacidade de Produção

De acordo com Slack et al. (2007), para medir a capacidade produtiva de um processo é necessário utilizar-se da variável temporal, portanto, defini-se a capacidade de uma operação como sendo a máxima atividade que um processo é capaz de produzir em determinado período de tempo e sob condições normais de operação. Com isso, a máxima atividade refere-se ao ciclo ótimo de um recurso, ou seja, sem a ocorrência de paradas, quebra de ritmo, sem reprocesso ou refugos.

Segundo o mesmo autor, é necessário que todas as operações e processos conheçam sua capacidade, porque, se eles possuem pouca capacidade, não podem atender a demanda, e se possuem muita capacidade, estarão pagando pelo excesso de capacidade.

Segundo Matta e Semerano (2005), capacidade pode ser definida como a forma em que cada recurso produtivo pode ser utilizado para criar valor para os consumidores de determinado seguimento.

Quando os processos de uma empresa são repetitivos e padronizados, a mensuração da capacidade produtiva torna-se mais fácil, porém, quando existe uma variação do processo, é preciso considerar a variedade de produtos, o tempo de produção e as especificações do que é fornecido, portanto, se tratando de um processo variável, é necessário conhecer o tempo que cada produto leva para ser processado, bem como a demanda para cada tipo de produto (SLACK et al., 2007).

De acordo com o mesmo autor, dentro da capacidade produtiva destacam-se dois diferentes conceitos, que são: “a capacidade de projeto e a capacidade efetiva”. Desta forma, a capacidade de projeto, ou capacidade teórica, é aquela implantada na operação, sendo que, na prática, nem sempre esta capacidade é atingida, devido as perdas ocorridas durante o processo. Já a capacidade real, ou capacidade efetiva, refere-se a capacidade obtida após a dedução das perdas do processo. Portanto, através do conhecimento dessas diferentes capacidades, é possível determinar a utilização, sendo definida como o volume de produção real sobre a capacidade de projeto, e a eficiência, a qual é definida como o volume de produção sobre a capacidade efetiva.

Nakajima (1989) salienta a necessidade de se analisar os fatores que influenciam a eficiência de uma linha de produção, onde, o método utilizado para avaliar e medir a eficiência é chamado de OEE (Overall Equipment Efficiency, ou

Eficiência Geral de Equipamento), portanto, através da aplicação deste método é possível mensurar e avaliar as perdas por manutenção, variações no tempo de ciclo, problemas de qualidade e outras interrupções que deduzem a eficiência do sistema.

De acordo com o mesmo autor, para que uma eficiência atenda às expectativas, é necessário que seu índice seja superior a 90%, sendo assim considerado como o índice ótimo.

3.4 Teoria das Restrições

A Teoria das Restrições ou *THEORY OF CONSTRAINTS* (TOC) é uma filosofia de gestão da produção a qual visa o melhoramento contínuo através da identificação de eventos que restringem o fluxo ótimo dos processos.

De acordo com Goldratt e Cox (1997) uma restrição é qualquer coisa que impeça um sistema de atingir um desempenho maior em relação à meta. Dessa forma o desempenho do sistema como um todo, ficará condicionado pelas restrições.

Segundo Guerreiro (1999) a palavra chave na TOC é restrição, a qual pode ser definida como sendo um fator que limite a empresa em alcançar seus objetivos.

Para Cox e Spencer (2002) gargalo é qualquer evento que estabeleça uma redução no fluxo produtivo. Já uma restrição é definida como sendo algum fator ou elemento que impossibilite o alcance de um nível de melhor desempenho do sistema, podendo ser denominado como o elo mais fraco de uma corrente.

De acordo com Pessoa e Cabral (2005) gargalo é qualquer obstáculo no sistema produtivo, o qual restringe e determina o seu desempenho e produtividade. O gargalo é considerado a etapa com menor capacidade produtiva e que impossibilita a organização de atender a demanda por seus produtos, em contra partida, podem ocorrer níveis excessivos de capacidade produtiva em algumas etapas, sendo estas, identificadas como etapas não gargalo, resultando em investimentos ociosos que influenciam de forma negativa o desempenho da organização.

3.4.1 Histórico da TOC (Theory of Constraints)

De acordo com Corrêa e Corrêa (2011), na década de 60, alguns pesquisadores israelenses desenvolveram uma lógica alternativa visando resolver problemas relacionados com a gestão da produção e operações. A partir disso, esses pesquisadores desenvolveram na década de 70 uma lógica computadorizada chamada OPT (Optimized Production Technology – Tecnologia de Produção Otimizada) a qual passou por uma fase de grande desenvolvimento, através do lançamento de várias versões, sendo que posteriormente a OPT daria origem a TOC (Theory of Constraints – Teoria das Restrições).

A Tecnologia da Produção Otimizada (OPT) é uma abordagem da Administração da Produção, a qual tem garantido espaço dentro das publicações relacionadas à administração, como sendo uma nova técnica de gestão da produção, porém, a OPT não garante que sua aplicação implicará em soluções ótimas, uma vez que a técnica está embasada em procedimentos simplificados (CORRÊA; GIANESI, 1993).

Segundo Guerreiro (1999), a Teoria das Restrições pode ser compreendida como uma extensão da ideologia da OPT, uma vez que parte de sua técnica é utilizada na filosofia da TOC, a qual supera as barreiras do sistema produtivo, envolvendo o conjunto de restrições de forma global, sendo identificadas no âmbito produtivo, mercadológico, financeiro, etc. Para Ballesterro-Alvarez (2001), Goldratt conseguiu um grande aumento na capacidade produtiva da fábrica sem, no entanto, aumentar seus custos operacionais.

Conforme Corrêa e Gianesi (1993), para que se consiga alcançar os objetivos de uma organização, é necessário compreender os tipos de recursos existentes em todas as fábricas. Estes recursos podem ser delimitados em recursos restritivos de capacidade ou recursos gargalos e recursos não restritivos de capacidade ou recursos não gargalos.

Na visão de Guerreiro (1999), as restrições podem ser divididas em físicas, as quais podem ser identificadas no meio mercadológico, de fornecedores, materiais, maquinários, projetos, mão de obra e recursos. Outra forma de se identificar uma restrição está no meio político, o qual é formado por leis, normas, procedimentos e paradigmas.

Ballestero-Alvarez (2001) destaca que a TOC está estruturada em duas formas de abordagem, sendo elas:

- O processo de raciocínio para solução de problemas;
- Métodos para tratar das restrições em qualquer situação.

3.4.2 Conceitos da TOC

De acordo com a Teoria das Restrições, uma empresa pode ser definida como sendo um sistema, o qual é formado por um conjunto de elementos interdependentes e inter-relacionados, onde cada elemento desse sistema é responsável pelo desempenho global, o qual irá gerar um resultado final para a empresa, com isso pode-se entender que o resultado final (a meta) desse sistema (empresa) é o ganho ou lucro (BALLESTERO-ALVAREZ, 2001).

Na visão de Corrêa e Corrêa (2011), as organizações têm como objetivo primário “ganhar dinheiro” hoje e no futuro. A partir desse objetivo Goldratt e Cox (1993) salienta que, para as empresas alcançarem tal objetivo, devem-se traçar metas relacionadas ao aumento de capital de giro, satisfação dos clientes e dos funcionários. A partir da definição de uma meta, direcionam-se os esforços aplicados na gestão da empresa, de maneira a aumentar a geração e circulação de dinheiro, o que levará ao alcance da satisfação dos clientes e funcionários.

Para Ballestero-Alvarez (2001), a TOC está embasada no princípio da existência de uma causa comum para diversos eventos, e que os fenômenos os quais observamos são consequências de causas mais complexas, as quais devem ser adequadamente identificadas, sendo que, a não identificação de tais eventos podem afetar diretamente os negócios de uma organização, onde estes se apresentam de uma forma interdependente e visam transformar as entradas (matéria-prima, mão de obra, tecnologia, capital, etc.) em saídas (produto acabado) de forma a gerar lucros.

Corrêa e Gianesi (1993) salientam que o objetivo básico de uma organização é “ganhar dinheiro”, com isso considera-se que o sistema manufatura deve colaborar atuando eficazmente sobre três parâmetros:

- **Fluxo (*throughput*):** é a capacidade do sistema em gerar capital através da venda de seus produtos, onde vale ressaltar que os produtos produzidos, mas ainda não vendidos são considerados estoques.

- **Estoque (*inventory*):** é a quantidade de capital que a empresa deslocou para a aquisição dos bens que pretende vender, lembrando que este valor refere somente à aquisição de matérias-primas, onde que, não se considera o valor adicionado ou o valor do trabalho, os quais serão incluídos nas despesas operacionais.
- **Despesas Operacionais (*operating expenses*):** é todo o capital que o sistema gasta para transformar os estoques em ganhos, ou seja, é todo o dinheiro que sai da empresa em forma de remuneração do trabalho, suprimentos, consumo de serviços públicos, depreciação de equipamentos, etc.

De acordo com Goldratt e Cox (1993), em uma empresa sempre há e sempre haverá uma ou mais restrições, as quais podem afetar diretamente o objetivo básico de uma organização, que é “ganhar dinheiro”. Com base nessa definição, Goldratt propõe medidas de desempenho partindo do princípio de otimização da produção a partir da definição de conceitos e procedimentos para a sincronização ótima da produção, desenvolvendo um modelo para tomada de decisão capaz de minimizar ou eliminar os impactos das restrições.

Segundo Guerreiro (1999), a Teoria das Restrições visa mensurar o desempenho de uma empresa através do estabelecimento de três parâmetros, os quais serão descritos abaixo:

- **Lucro Líquido:** é o valor restante das vendas dos produtos menos os custos e despesas totais da empresa, em outras palavras, é o quanto de capital a empresa está gerando, onde este indicador é considerado como um medidor de desempenho absoluto. Podemos defini-lo pela equação 2:

$$GU = PV - CTV \quad \text{Equação 2}$$

Onde:

GU = ganho unitário

PV = preço de venda

CTV = custo total variável.

- **Retorno sobre o Investimento (ROI):** o retorno sobre os investimentos é medurado através do capital ganho ou perdido em relação ao investimento realizado, ou seja, ao dinheiro empregado em algum tipo de negócio. O mesmo pode ser definido da seguinte forma

$$ROI = \frac{\text{DESPESAS OPERACIONAIS}}{\text{INVENTÁRIO}} \quad \text{Equação 3}$$

- **Fluxo de Caixa:** é constituído pelas movimentações financeiras, que são as entradas e saídas de um determinado período, ou seja, é a quantidade de dinheiro em espécie que a empresa possui em um determinado período. O fluxo de caixa é um fator determinante para a sobrevivência de uma empresa.

Ainda segundo Guerreiro (1999), o fluxo de caixa é utilizado para demonstrar os recebimentos e pagamentos realizados nas transações de uma organização, tendo como medidas de controle da TOC o ganho (que é o capital que entra), o inventário (que é o capital que permanece no sistema através dos produtos e materiais mantidos em estoque) e a despesa operacional (que é o capital a ser desembolsado para a realização dos processos de ganho da empresa).

3.5 Desenvolvimento da Teoria das Restrições (TOC)

Segundo Ballesterro-Alvarez (2001), um sistema nada mais é do que uma sequência de etapas (eventos), com base nessa definição, o que irá determinar o desempenho de todo o sistema será o elo mais fraco, no qual se encontra a restrição. Portanto, se desejamos aumentar o desempenho do sistema, deveremos identificar primeiramente o lugar onde está o elo mais fraco (que é o gargalo ou restrição).

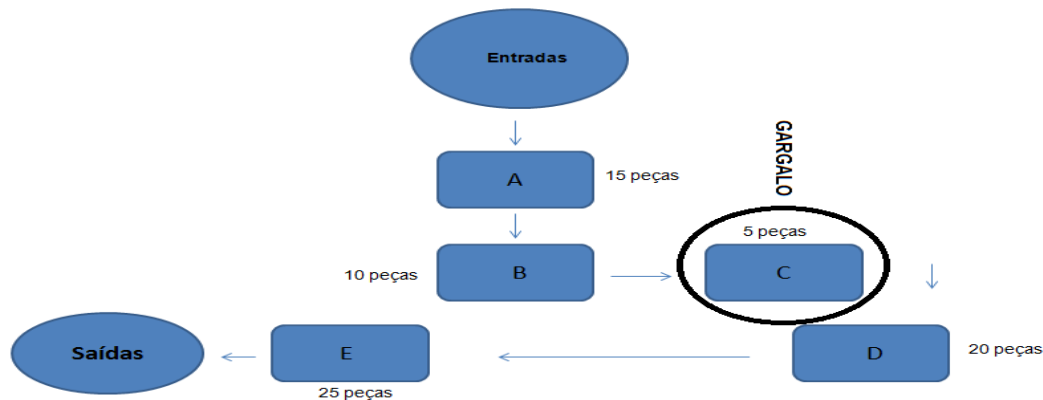
Goldratt e Cox (1993) relatam o desenvolvimento de um processo de otimização contínua para as restrições físicas (englobam o mercado, fornecedores, máquinas, materiais, demanda, projetos e pessoas), o qual é composto por cinco passos. Esses cinco passos de otimização contínua para restrições físicas são descritos a seguir:

1. **Identificar a(s) restrição (ões) do sistema:** De acordo com Guerreiro (1999) nesta primeira etapa devem ser definidas todas as restrições existentes no sistema produtivo, pois, em todo sistema sempre haverá uma restrição. De acordo com Corrêa e Corrêa (2011) esta fase será a identificação dos recursos os quais suas capacidades produtivas impossibilitam o sistema de atender a demanda do mercado por seus produtos. Em uma empresa, o recurso que irá estabelecer o fluxo máximo possível do processo e denominado RRC ou Recurso com Restrição de Capacidade, porém, vale lembrar que só será considerado RRC se a sua

capacidade produtiva for menor do que a demanda do mercado (BALLESTERO-ALVAREZ, 2001).

Observe na Figura 1 exemplo de identificação de um gargalo simples em uma linha de produção:

Figura 1: Linha de produção simples com gargalo



Fonte: Adaptado de (BALLESTERO-ALVAREZ, 2001).

2. Explorar a(s) restrição (ões) do sistema: Na visão de Ballestero-Alvarez (2001), após a identificação do elo mais fraco, ou seja, a restrição, a próxima etapa é obter o máximo desempenho possível do recurso gargalo identificado, pois qualquer tempo perdido nesse recurso acarretará em atraso de todo o sistema. Para Corrêa e Giansesi (1993) é necessário não perder “nenhum” tempo no recurso gargalo, em outras palavras significa extrair o máximo deste recurso.

3. Subordinar todas as demais decisões à(s) restrição (ões): De acordo com Guerreiro (1999) esta fase consiste em manter os recursos não gargalo trabalhando na mesma velocidade do recurso identificado como sendo a restrição do sistema, uma vez que são as restrições quem determinam o fluxo do processo. Ballestero-Alvarez (2001) salienta que é necessário que o recurso não restritivo trabalhe no mesmo ritmo do recurso restritivo, pois, se ele trabalhar mais rápido resultará em excesso de estoques antes da restrição, o que podemos considerar como perda, em contra partida, se o recurso não restritivo trabalhar mais lento que a restrição, o fluxo do processo será interrompido, afetando de forma negativa o desempenho do sistema.

4. Elevar a(s) restrição (ões) do sistema: Para Corrêa e Gianesi (1993) e Corrêa e Corrêa (2011), esta etapa sugere aumentar de alguma forma a capacidade de produção da restrição, para com isso aumentar a capacidade do sistema como um todo. Esta etapa só deverá ser aplicada após ter extraído o máximo da restrição, pois esta medida pode acarretar em aumento nas despesas operacionais, uma vez que poderá ser necessário utilizar-se de subcontratação, turnos extras, compra de máquinas, etc.

5. Eliminar a Inércia: Segundo Ballestero-Alvarez (2001), se na etapa anterior, uma restrição foi eliminada, é necessário voltar a primeira etapa e identificar outra restrição, pois a tendência natural é que, após a quebra de uma restrição, pensamos estar tudo resolvido e com isso deixamos de revisar e reavaliar o sistema, podendo assim cair na inércia. De acordo com Guerreiro (1999) é necessário não cair na inércia, pois, esta por si só, consiste em uma restrição.

A figura 2 expressa os cinco passos para otimização contínua de restrições físicas.

Figura 2: Otimização contínua para restrições físicas



Fonte: Adaptado de Guerreiro (1999).

3.6 Os nove princípios da Teoria das Restrições (TOC)

De acordo com Corrêa e Gianesi (1993) para conseguir atingir os objetivos de uma organização, é necessário entender de uma forma clara o inter-relacionamento

entre os tipos de recursos que geralmente estão presentes em todas as fábricas, sendo eles: **os recursos gargalos e os recursos não gargalos**. Estes recursos podem ser definidos como qualquer elemento necessário para a fabricação de um produto (como pessoas, maquinários, dispositivos, instrumentos de medição, espaço físico, etc.).

Com base na informação citada acima, Corrêa e Corrêa (2011) descrevem um sistema definido, como sendo os princípios da TOC para otimização da produção, conforme o QUADRO 1 abaixo:

Quadro 1: Os nove princípios da Teoria das Restrições.

PRINCÍPIOS	DEFINIÇÃO
1. Balanceie o fluxo e não a capacidade:	Balanceamento do fluxo de produção na fábrica, de forma a garantir que em cada etapa do processo, o fluxo que atravessa todo o sistema seja igual.
2. A utilização de um recurso não- gargalo não é determinada por sua disponibilidade, mas por alguma outra restrição do sistema:	A utilização de um recurso não gargalo é determinada por um recurso gargalo, sendo este o fator que determina o desempenho do sistema.
3. Utilização e ativação de um recurso não são sinônimos:	A utilização demonstra o uso do recurso não gargalo de acordo com a verdadeira capacidade do recurso gargalo. Sobretudo a ativação do recurso não gargalo em nada contribui para o alcance dos objetivos da organização, pois este recurso sendo ativado mais que o suficiente para abastecer o recurso gargalo pode acarretar na elevação de estoques e com isso aumentando as despesas operacionais da empresa.
4. Uma hora ganha num recurso gargalo é uma hora ganha para o sistema global:	O tempo ganho em um recurso gargalo, automaticamente gera uma disponibilidade maior de processamento em todo o sistema, ou seja, o recurso gargalo consegue processar uma quantidade maior de materiais.
5. Uma hora ganha num recurso não-gargalo não é nada, é só uma miragem:	O tempo ganho em um recurso não-gargalo apenas irá aumentar a ociosidade daquele recurso, uma vez que a capacidade produtiva é definida por um recurso gargalo.
6. O lote de transferência pode não ser e, frequentemente, não deveria ser igual ao lote de processamento:	Os lotes de processamento e de transferência, pela TOC não precisam ser iguais, pois os lotes de tamanhos diferentes diminuem o tempo dos produtos na cadeia produtiva.
7. O lote de processamento deve ser variável e não fixo:	Pela ótica da TOC, os lotes de processamento variam de acordo com a situação da fábrica, podendo assim variar de operação para operação, levando em consideração os custos de transportes de estoques, custos de preparação, necessidades de fluxo de determinados itens, tipos de recurso (se gargalo ou não gargalo), etc.

Fonte: Adaptado de (CORRÊA; CORRÊA, 2011).

Quadro 1: Os nove princípios da Teoria das Restrições (continuação)

8. Os gargalos não só determinam o fluxo do sistema, mas também definem seus estoques:	A capacidade produtiva de um sistema é definida pelo gargalo, sendo estes os fatores limitantes do processo. Com isso, os estoques são condicionados através destes gargalos, de forma a eliminar as flutuações dos recursos não-gargalo. Desta forma, cria-se um estoque antes da etapa gargalo, para que nenhum atraso influencie na parada desta etapa, geralmente é criado um <i>time buffer</i> antes do recurso gargalo.
9. A programação de atividades e a capacidade produtiva devem ser consideradas simultâneas e não sequencialmente. Os <i>lead times</i> são um resultado da programação e não podem ser assumidos a priori:	Ao programar a produção, deve-se levar em consideração o conjunto de restrições existentes no sistema. Através desta programação podemos definir os <i>lead times</i> com maior precisão, e com isso atingir uma programação da produção mais adequada.

Fonte: Adaptado de (CORRÊA; CORRÊA, 2011).

3.7 Sistema de operação Drum-Buffer-Rope (Tambor-Pulmão-Corda)

De acordo com Ballesterro-Alvarez (2001), o OPT tem como um forte pilar a programação das atividades do sistema, levando em consideração os recursos gargalos, os não gargalos e os nove princípios descritos acima, com isso, constitui-se a base fundamental do OPT a maximização do uso dessas restrições.

Dentro de um ambiente de manufatura existem várias restrições, as quais podem ser identificadas como:

- Restrições de mercado;
- Restrições quanto a fornecedores;
- Restrições pela política da empresa;
- Restrições de capacidade e processo produtivo.

Com isso, podem até não existir gargalos reais, porém sempre haverá recursos restritivos críticos, denominados RRC, os quais devem estar sincronizados com os outros recursos (CORRÊA; GIANESI, 1993).

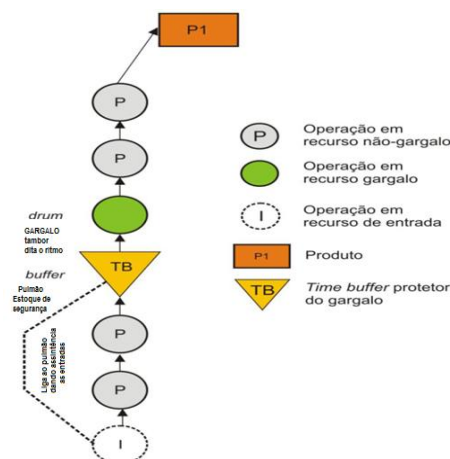
A técnica de sincronização das operações da produção através do OPT é conhecida como *Drum-Buffer-Rope*, ou seja, Tambor-Pulmão-Corda, sendo compreendidos da seguinte forma: O tambor é aquele recurso que estabelece a velocidade e o fluxo de produção. Os pulmões são os estoques temporários, também chamados de estoque por tempo de segurança (*time buffer*), os quais ficam alocados antes dos recursos restritivos críticos e serão responsáveis por abastecer a etapa gargalo caso ocorra algum imprevisto, de forma que a etapa gargalo não fique

parada por falta de material. A corda é uma forma de se sincroniza todos os recursos para que não exceda a velocidade do fluxo produtivo estabelecido pelo Tambor, permitindo também que os materiais cheguem ao time buffer (GUERREIRO, 1999).

De acordo com Ballestero-Alvarez (2001), para se desenvolver a técnica *Drum-Buffer-Rope* é necessário seguir a seguinte sequência:

- Inicialmente o RRC será abastecido de acordo com a sua capacidade de processamento, de forma a atingir o fluxo máximo;
- Definir a melhor sequência para as atividades;
- Estabelecer prioridades entre as várias atividades, levando em consideração as datas dos pedidos;
- Estabelecer as datas em que os estoques de segurança (*time buffer*) estará disponível á frente do recurso restritivo crítico, para que este, não venha interromper o seu processamento por falta de material;
- Definir a programação da produção em função do RRC, uma vez que é este recurso quem dita o ritmo dos processos;
- Estabelecer o controle dos estoques ao longo do processo produtivo, sendo estes estoques dependentes diretamente dos recursos restritivos críticos. Este controle é estabelecido quando se uma corda ao pulmão, com isso, as matérias-primas somente entram no processo produtivo quando há a necessidade de chegada de material ao pulmão. Para melhor entendimento de uma operação Tambor-pulmão-corda, veja a Figura 3:

Figura 3: Operação tambor-pulmão-corda



Fonte: Adaptado de (CORRÊA; GIANESI, 1993).

3.8 Processo de pensamento da TOC para solução de problemas

O processo de pensamentos da Teoria das Restrições pode ser considerado uma eficiente ferramenta para identificação, análise e solução de problemas dentro de uma organização. Desta forma, este capítulo será abordado de uma forma mais detalhada, sendo esta, a base para o desenvolvimento prático proposto neste trabalho.

3.8.1 Definições da TOC

Na visão de Cox e Spencer (2002), o processo de pensamento da TOC é um conjunto de técnicas que podem ser utilizadas separadamente, ou interligadas logicamente, de forma a identificar os problemas centrais e posteriormente apresentar soluções para tais.

De acordo com Ballestero-Alvarez (2001) o processo de pensamento da TOC é um sistema completo para a solução de qualquer tipo de problema, apresentando um enorme potencial de flexibilidade em sua implementação. Vale ressaltar que o processo de pensamento da TOC desenvolvido por Goldratt, se estende além da administração ou do gerenciamento de uma organização, podendo ser utilizado em qualquer situação ou para qualquer realidade.

Goldratt e Cox (1993) definem o processo de pensamento da TOC com sendo um método utilizado para promover a liberação da intuição, sendo ela focada e crítica. Desta forma, Ballestero-Alvarez (2001) salienta que o processo de pensamento da TOC está baseado em relações de causa e efeito, proporcionando uma série de diagramas lógicos que facilitam a explicar nossa intuição perante determinado problema.

A finalidade do processo de pensamento da TOC é elaborar um plano consistente o qual tenha a possibilidade de eliminar os problemas centrais através da implementação da solução apresentada (ALVAREZ, 1995).

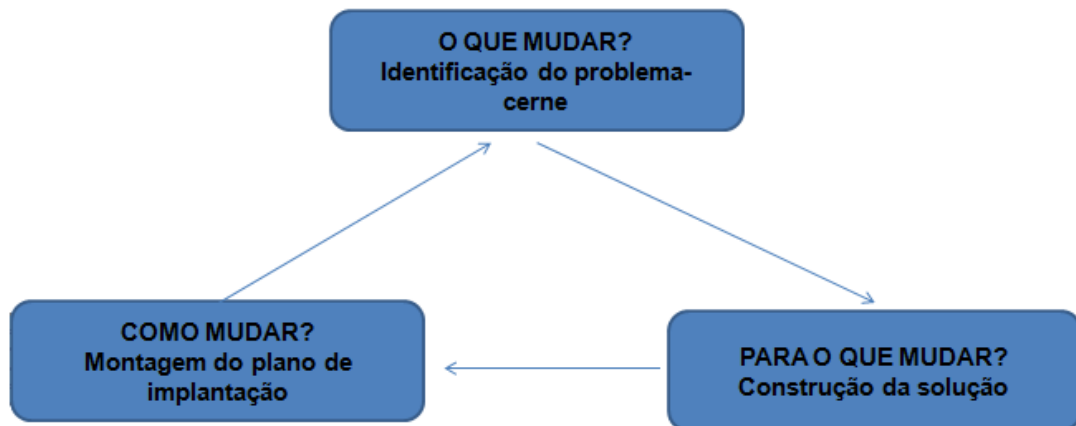
De acordo com Alvarez (1995) o processo de pensamento da TOC baseia-se em um método científico o qual busca responder a três perguntas centrais, sendo elas:

- O que mudar?
- Mudar para o quê?

- Como causar a mudança?

Observe na Figura 4 a apresentação dessas perguntas, bem como suas respectivas relações:

Figura 4: Ciclo da melhoria contínua do processo de pensamento da TOC



Fonte: Adaptado de (BALLESTERO-ALVAREZ, 2001).

Segundo Ballestero-Alvarez (2001) o processo de pensamento da TOC estabelece cinco ferramentas destinadas a nos auxiliarem nas respostas a estas três perguntas. Lembrando que estas técnicas podem ser usadas juntas, de forma complementar ou isoladamente. Vejamos no QUADRO 2 quais são estas técnicas e com qual pergunta elas se relacionam:

Quadro 2: Processo de pensamento da TOC para resolução de problemas

O que mudar?	Para o que mudar?	Como mudar?
Árvore da Realidade Atual (ARA).	Diagrama de Dispersão de Nuvem (DDN); Árvore de Dispersão Futura (ADF).	Árvore de Pré-Requisitos (APR); Árvore de Transição (AT).

Fonte: Adaptado de (BALLESTERO-ALVAREZ, 2001).

3.8.2 Árvore da Realidade Atual (ARA)

Conforme Martins (2002), a ARA é uma ferramenta que contribui na compreensão do problema central e dos efeitos indesejáveis (EI) ou sintomas encontrados no sistema, utilizando-se das relações de causas e efeitos, elaborados em uma estrutura de árvore.

A ARA possui como objetivo, a identificação das restrições do sistema através da relação entre a situação atual do ambiente e os efeitos indesejáveis, buscando

desta forma, determinar todos os problemas-cerne que causam os EIs, efeitos estes que precisam ser eliminados para que o sistema volte a funcionar adequadamente (BALLESTERO-ALVAREZ, 2001).

De acordo com Ballestero-Alvarez (2001) e Cox e Spencer (2002), a ARA deve ser construída seguindo um conjunto uniforme de etapas.

Ballestero-Alvarez (2001) salienta que além de seguir estes passos para a construção da ARA, são necessárias algumas regras básicas para que possamos desenhar de forma lógica a Árvore de Realidade Atual, de forma que todos tenham conhecimento do que ela significa.

O QUADRO 3 reproduz a proposta de cada um dos autores para a elaboração da ARA, onde podemos perceber a existência de uma complementaridade na elaboração dos passos para a construção da árvore, conforme listados abaixo:

Quadro 3: Proposta para construção da árvore de realidade atual

Passo	Proposta de Ballestero-Alvarez (2001)	Proposta de Cox e Spencer (2002)
1	Elabore primeiramente uma lista de efeitos indesejáveis (EIs) que descrevam a área em estudo. Comece com 5 ou 6 efeitos indesejáveis que pretenda mudar.	Desenvolva uma lista contendo de 5 a 10 problemas, chamados efeitos indesejáveis (Eis), os quais estejam relacionados com a situação atual do ambiente.
2	Encontrando uma relação aparente de causa e efeito entre dois ou mais EIs, interligue os elementos indo da causa para o efeito com flechas.	Teste a clareza de cada EI. O EI é uma afirmação clara e concisa? Esse teste é o chamado de ressalva de clareza.
3	Crie um mapa de causas sendo este, o mais detalhado possível, o qual mostre como todos os EIs possuem uma causa-raiz ou origem.	Procure alguma relação causal entre quaisquer dos EIs.
4	Leia a árvore de baixo para cima verificando todas as relações de causalidade e interdependência entre os EIs. Proceda às correções necessárias.	Determine qual EI é a causa e qual é o efeito. Leia como “Se <i>causa</i> , Então <i>efeito</i> ”. Esse teste é chamado de ressalva de causalidade. Ocasionalmente a causa e o efeito podem ser revertidos. Avalie utilizando a seguinte afirmação: “ <i>Efeito</i> ” PORQUE “ <i>Causa</i> ”.
5	Analise a árvore obtida, perguntando a si mesmo se ela reflete sua intuição sobre a área e os problemas que ela enfrenta. Se não, verifique tudo novamente.	Continue o processo de conexão dos EIs utilizando a lógica SE-ENTÃO até que todos os EIs estejam conectados.
6	Se todos os EIs originais foram conectados, não hesite em expandir a sua árvore para conectar outros EIs existentes, mas que não foram incluídos na lista original de EIs.	Frequentemente, a causalidade é forte para a pessoa que sente o problema, mas parece não existir para os outros. Nessas circunstâncias, a “clareza” é o problema. Utilize a ressalva de clareza para eliminar o problema. Geralmente, faltam entidades entre a causa e o efeito.

Fonte: Adaptado de (BALLESTERO-ALVAREZ, 2001, p.459) e (COX; SPENCER, 2002, p.253).




Quadro 3: Proposta para construção da árvore de realidade atual (continuação)

Passo	Proposta de Ballestero-Alvarez (2001)	Proposta de Cox e Spencer (2002)
7	Reexamine os Els. Identifique outros pontos negativos, inclua-os, mesmo que não constem na lista original de Els. A árvore pode ser expandida para cima.	Algumas vezes, a própria causa pode não ser suficiente para criar o efeito. Esses casos são testados com a ressalva de insuficiência de causa e são aprimorados lendo-se da seguinte forma: “SE causa E__ ENTÃO”. Esse “E” conceitual é representado por uma linha horizontal que corta ambos os conectores entre o efeito e as causas.
8	Elimine da árvore quaisquer entidades que não sejam necessárias para conectar todos os Els.	Algumas vezes, o efeito é causado por muitas causas independentes. As relações são fortalecidas pela ressalva de causa adicional.
9	Apresente a árvore final obtida para alguém que o ajude a criticar, verificar e desafiar os pressupostos que você encontrou e, eventualmente, descobrir novos Els.	Algumas vezes, um relacionamento SE ENTÃO parece lógico, mas a causalidade não é apropriada da maneira como está escrita ou verbalizada. Nestas circunstâncias palavras como “alguns”, “poucos”, “muitos”, “frequentemente”, “algumas vezes” e outros modificadores podem fazer a causalidade se torne mais forte.
10	Examine todos os pontos de entrada da árvore e decida quais os que deseja atacar. Escolha entre eles o que contribui mais para a existência dos Els.	A numeração dos Els na ARA serve apenas para facilitar a localização das mesmas. Um asterisco no EI indica que aquele EI faz parte da lista original dos Els.

Fonte: Adaptado de (BALLESTERO-ALVAREZ, 2001, p.459) e (COX; SPENCER, 2002, p.253).

Para a construção da ARA, foram padronizados alguns símbolos conforme a Figura 5:

Figura 5: Símbolos padronizados para a construção da ARA

Significado	Símbolo
Entidade	 Identifica Els ou declarações sugeridas para os Els relacionados.
Referência	 Não tem significado especial, serve apenas como ponto de referência na ordem de leitura.
Flecha	 Indica suficiência, ou seja, a entidade que dá origem à flecha é, por si mesma, uma causa relevante da entidade no outro extremo da flecha. Deve ser lido: "SE A ... ENTÃO B"

Fonte: Adaptado (BALLESTERO-ALVAREZ, 2001).

Para que a ARA esteja precisa e correta, é necessário realizar algumas consistências de forma a validar a estrutura da árvore, sendo possível também ocorrer alguns problemas de lógica, ou, como são chamados pela TOC, ressalvas,

que são efeitos ou causas que devem ser inseridos para facilitar a compreensão e o entendimento da ARA (BALLESTERO-ALVAREZ, 2001).

3.8.3 Diagrama de dispersão de Nuvens (DDN)

Segundo Ballestero-Alvarez (2001), ao desenvolver a ARA, os objetivos a serem alcançados acabam parecendo impossíveis e inatingíveis, nesses casos devemos desenvolver o diagrama de dispersão de nuvens (DDN), o qual é usado para especificar os pressupostos subjacentes que fazem com que o objetivo pareça inatingível. O diagrama de dispersão de nuvens é uma ferramenta que possibilita a investigação do conflito responsável pela proliferação dos problemas, e posteriormente propor soluções para tais, contudo, o DDN não se define em procurar uma solução conciliatória, mas sim, em desenvolver uma forma viável para a solução ótima do problema.

O DDN auxilia a entender o problema raiz, causador dos efeitos indesejáveis, onde o diagrama proporciona uma delimitação dos requisitos necessários para a solução do problema (MARTINS, 2002).

De acordo com Goldratt e Cox (1993), o primeiro passo para solucionar um problema é defini-lo de forma concisa, assim se estará na metade do caminho para solucioná-lo. Desta forma, o próprio desenho da nuvem contribuirá para a focalização e o encontro das soluções para o problema. O QUADRO 4 apresenta alguns passos para a construção do Diagrama de Evaporação das Nuvens.

QUADRO 4: Passos para a construção do diagrama de evaporação de nuvens.

PASSO	DESCRIÇÃO
1	Definir o objetivo em comum. Geralmente esse objetivo é uma proposta inversa ao problema central.
2	Especificar os requisitos necessários para que o objetivo em comum seja atingido.
3	Especificar quais são os pré-requisitos existentes para que os requisitos sejam atendidos, as relações entre os requisitos e os pré-requisitos são as hipóteses que sustentam as posições conflitantes.
4	Especificar o conflito através dos requisitos, pré-requisitos e principalmente dos pressupostos que os sustentam.
5	Verbalizar esses pressupostos que estão por trás da relação efeito-causa que estão estabelecidos entre os requisitos e os pré-requisitos.

Fonte: Adaptado de (GOLDRATT; COX, 1993).

De acordo com Alvarez (1995), após a realização desses passos, chega-se então às soluções. Vale lembrar que para a elaboração destas soluções não existe

nenhuma técnica forma, sugere-se a utilização do *brainstorming*, para que através deste, consiga-se soluções criativas.

Cox e Spencer (2002) definem o DDN como uma ferramenta que busca soluções inovadoras, através do desenvolvimento da criatividade, buscando elementos que possam validar os pressupostos existentes.

3.8.4 Árvore de Dispersão Futura (ADF)

De acordo com Martins (2002) a Árvore de Dispersão Futura (ADF), também conhecida como Árvore de Realidade Futura (ARF), tem como finalidade desenvolver um paralelo entre as propostas sugeridas para as injeções e os efeitos indesejáveis, em outras palavras, este diagrama busca encontrar ramos negativos, os quais podem ser consequências das injeções elaboradas, onde, quando encontrados, precisam ser eliminados para que se obtenha uma solução final bem sucedida. Vale lembrar que a definição de uma injeção é simplesmente um ponto de partida a efetivação do processo de mudança, pois uma ideia não é uma solução.

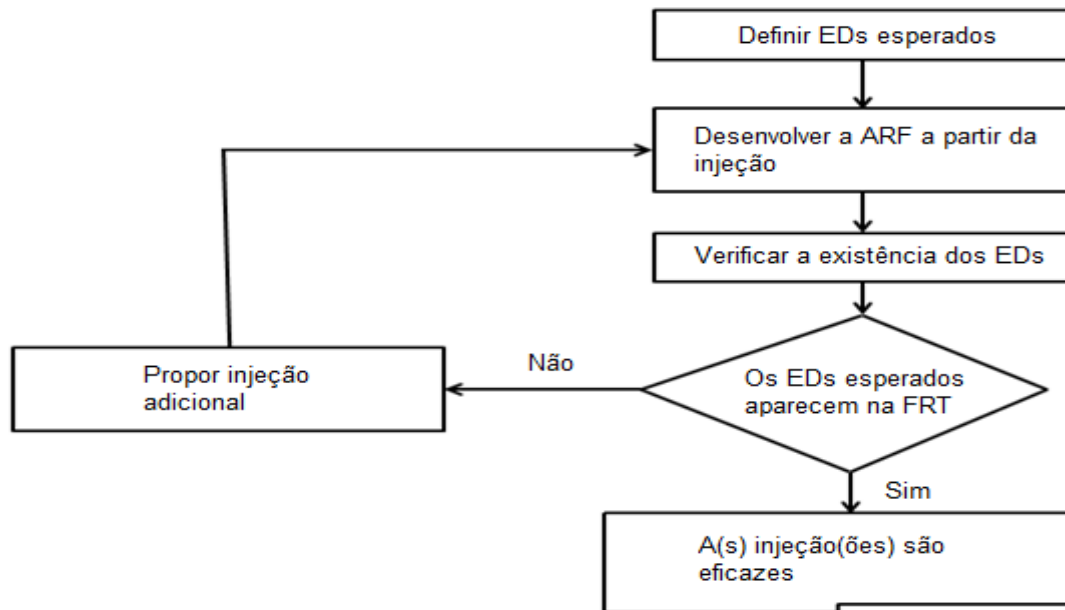
Conforme Goldratt e Cox (1993), para evitar a ocorrência de eventos que tragam uma solução irreal para o sistema, a ADF comporta os Ramos de Ressalva Negativa.

Os Ramos de Ressalva Negativa tem o objetivo de testar a possibilidade de ocorrência e caso se confirme, quais os efeitos negativos irá se obter em uma tomada de decisão em determinada situação (COX; SPENCER, 2002).

Segundo Ballesterro-Alvarez (2001), a ideia básica da ADF é analisar se, a injeção (solução) proposta, irá eliminar os EIs sem no entanto, criar outros problemas.

De acordo com Alvarez (1995) para a construção da ARF é necessário primeiramente definir os efeitos desejados a partir das injeções sugeridas, em seguida, analisar a existência dos efeitos desejados, pois nesse processo é possível que surjam outras injeções em função do processo de criação da árvore, lembrando que durante o processo de criação é necessário inserir ramificações de ressalva negativa, para com isso apresentar uma consistência e senso a Árvore de Realidade Futura. A Figura 6 demonstra o processo de criação da Árvore de Realidade Futura.

Figura 6: Processo de criação da Árvore de Realidade Futura



Fonte: Adaptado (ALVAREZ, 1995).

3.8.5 Árvore de Pré-Requisitos (APR)

De acordo com Ballesterro-Alvarez (2001) a Árvore de Pré-Requisitos (APR) é usada para identificar os obstáculos ou problemas que surgirão durante o processo de implementação da mudança proposta, desta forma, durante o processo de elaboração da APR, se um obstáculo for identificado, devemos escrever logo abaixo um objetivo intermediário, para que, através deste, o obstáculo possa ser vencido. O objetivo contido no topo da APR é a injeção necessária para eliminar os EIs, com isso, conseguindo atingir os objetivos intermediários, certamente se obterá a solução para o problema.

Goldratt e Cox (1993) salientam que a APR apoia-se na capacidade que os indivíduos possuem em colocar obstáculos a qualquer ação, com isso, essa capacidade deve ser usada de forma positiva, ou seja, a capacidade crítica deve ser usada para apoiar o método, e não para justificar a inércia em relação às mudanças necessárias.

A APR é uma ferramenta que procura identificar os problemas existentes no sistema, antes que a mudança proposta seja implementada (MARTINS, 2002).

É viável que a Árvore de Pré-Requisitos seja apresentada a outras pessoas, para que a análise seja mais bem executada (GOLDRATT, 1994).

Alvarez (1995) elaborou uma sequência de passos para a elaboração da APR, conforme descritos no QUADRO 5:

Quadro 5: Passos para construção da árvore pré-requisitos

PASSO	DESCRIÇÃO
1	Identificar os obstáculos para a implantação da injeção.
2	Determinar para cada obstáculo identificado um objetivo intermediário (OI), o qual possa eliminar o obstáculo. Vale lembrar que, assim como a ARA, a APR se baseia através das relações de causa e efeito, para o estabelecimento desses eventos.
3	Certificar-se de que os obstáculos estão sendo eliminados pelos OIs.
4	Caso forem determinados novos OIs, voltar ao passo 1, lembrando que esse processo deve ser cíclico, até que não ocorram novos obstáculos.

Fonte: Adaptado de (ALVAREZ, 1995).

3.8.6 Árvore de Transição (AT)

De acordo com Alvarez (1995) a Árvore de Transição (AT) é um desdobramento da APR, sendo responsável por associar os objetivos intermediários com as ações que efetivamente devem ser realizadas.

Na visão de Ballestero-Alvarez (2001), a AT pode ser definida como sendo um plano detalhado e minucioso, o qual se deve seguir para implantar a mudança e superar todos os obstáculos que possam surgir durante esse processo. Vale a pena ressaltar que estes obstáculos são aqueles já estabelecidos na APR, anteriormente, dessa forma, a AT, não é nada mais que um plano de ação elaborado para solucionar o problema central do sistema.

Alvarez (1995) salienta que a nomenclatura da AT é advinda do fato de ocorrer a implantação da solução, havendo assim a transição de uma situação problemática para uma realidade onde os EIs são destituídos e, conseqüentemente os efeitos desejáveis são estabelecidos.

Para a construção da AT, Alvarez (1995) elaborou uma sequência de passos, os quais estão descritos no QUADRO 6:

QUADRO 6: Passos para a construção da árvore de transição

PASSO	DESCRIÇÃO
1	Inserir na Árvore de Transição os objetivos intermediários encontrados na APR.
2	Determinar ações necessárias para que se consiga alcançar os objetivos intermediários.
3	Certificar que, as ações determinadas garantam os resultados esperados.
4	Em caso de essas ações não serem suficientes, volte ao passo 2.

Fonte: Adaptado de (ALVAREZ, 1995).

Podemos notar que no Processo de Pensamento da TOC, que as ferramentas estão fortemente ligadas, de forma que uma venha completar a outra, ou seja, o resultado de um dos diagramas pode ser a base necessária para a utilização do outro diagrama.

Todavia, Ballestero-Alvarez (2001) ressalta que não é necessário utilizar o Processo de Pensamento da TOC por inteiro, podendo utilizar cada diagrama individualmente, conforme aconselha a AVRAHAM GOLDRATT INSTITUTE (AGI) quando se for tratar de problemas particulares. A AGI aconselha que se use:

- **Processo de Pensamento completo:** quando existe a necessidade de descrever de uma forma detalhada desde o problema até o plano de implantação.
- **Árvore da Realidade Atual:** para isolar um problema-cerne.
- **Diagrama de Dispersão de Nuvens:** para identificar e solucionar problemas em negociações.
- **Árvore de Transição:** para estruturar um plano de ação.

O Processo de Pensamento da Teoria das Restrições nos oferece um conjunto de ferramentas, as quais contribuem para o entendimento sobre os vários problemas complexos existentes em uma organização. Estes problemas podem, na maioria das vezes serem os responsáveis pelo fracasso de uma empresa, portanto, o uso do Processo de Pensamento da TOC se faz viável perante a necessidade e situação de uma organização.

4. METODOLOGIA

Com o objetivo de colocar em prática o modelo teórico apresentado, faz-se necessária a utilização de métodos.

A metodologia utilizada para a realização do presente trabalho é um estudo de caso, a ser realizado em uma indústria de laticínios localizada no centro-oeste do estado de Minas Gerais.

4.1 Tipos de Pesquisa

Ao formular uma pesquisa, é importante determinar seus parâmetros, de forma que tais orientem a solucionar os problemas.

De acordo com Lakatos e Marconi (1991), a pesquisa é uma técnica formal, que busca uma forma para encontrar a realidade, seja através de levantamento de dados de diversas fontes, por meio de quaisquer técnicas ou ferramentas aplicadas.

Desta forma, a fase inicial pode ser descrita como sendo o planejamento da pesquisa, onde se deve especificar os objetivos da pesquisa, apresentar a justificativa de sua realização, definir a modalidade de pesquisa e determinar os procedimentos de coleta e análise de dados.

De acordo com Gil (2002), pesquisa pode ser definida como um procedimento lógico e sistemático que tem por objetivo identificar respostas aos questionamentos que deseja saber.

A pesquisa é desenvolvida mediante o conteúdo de conhecimento disponível através da utilização de ferramentas, métodos, técnicas, e procedimentos científicos. É realizada ao longo de um processo que envolve inúmeras etapas, iniciando-se na formulação do problema, passando pela construção de hipótese, coleta de dados, entre outros, até chegar à análise e interpretação dos dados (GIL, 2002).

Quanto à classificação da pesquisa, o presente trabalho caracteriza-se como uma pesquisa descritiva, por tratar de um problema prático de uma organização, em que se fez necessário coletar informações, analisar o problema e propor alternativas visando a solução do problema.

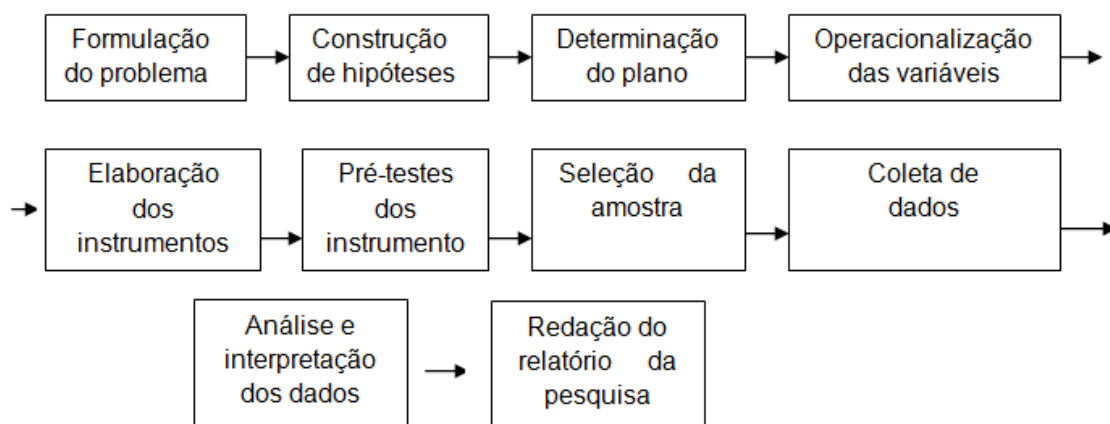
De acordo com Lakatos e Marconi (1991), a pesquisa descritiva pode ser definida como sendo uma investigação da realidade atual, podendo utilizar métodos formais de coleta de dados, de forma a verificar as hipóteses elaboradas.

Para Gil (2002) as pesquisas descritivas, vão além da simples identificação da existência da relação entre as variáveis, e pretendem determinar a natureza desta relação.

Segundo Costa e Costa (2001) a pesquisa descritiva descreve as características de uma determinada população ou de um determinado fenômeno e é a mais tradicional de todas.

Conforme a Figura 7, Gil (2002) apresenta uma sequência de dez passos para elaborar uma pesquisa.

Figura 7: Diagrama da pesquisa.



Fonte: Gil (2002, p.21).

4.2 Técnicas de pesquisas

Para a execução do presente trabalho, foram aplicadas duas técnicas de pesquisa: pesquisa bibliográfica e estudo de caso.

Costa e Costa (2001) destacam a pesquisa bibliográfica como fonte primária para qualquer tipo de pesquisa.

Gil (2002) salienta que as vantagens das pesquisas bibliográficas são notáveis, porém, existem inúmeras fontes equivocadas, sendo conveniente aos pesquisadores analisarem as condições em que as informações foram obtidas, checando a fundo cada dado para não haja comprometimento na qualidade da pesquisa.

Lakatos e Marconi (1991) afirmam que a pesquisa bibliográfica envolve todo registro disponível, decorrente de bibliografias já publicadas. Tornando essas bibliografias em fontes de assuntos a serem pesquisados.

O estudo de caso pode ser definido como a investigação das características significantes de eventos vivenciados.

De acordo com Gil (2002), o estudo de caso consiste no estudo profundo e exaustivo de um objeto, de forma que permita seu amplo e minucioso conhecimento. O mesmo pode ser utilizado tanto como estudo-piloto para esclarecimento do campo da pesquisa como em pesquisas exploratórias (descritivas e explicativas).

Desta mesma forma, Costa e Costa (2001) salientam que estudo de caso é limitado a uma ou poucas unidades, sendo uma pesquisa detalhada e aprofundada.

Sendo assim, qualquer estudo de caso requer uma combinação de métodos e técnicas de coletas de dados.

4.3 Objeto de estudo

O objeto de estudo deste trabalho é uma empresa que atua no ramo de laticínios, localizada na área urbana de uma cidade do centro oeste mineiro.

Trata-se de uma empresa de grande porte, atuando no mercado nacional e internacional, com a produção, industrialização e comercialização de produtos lácteos e de confeitaria.

O presente estudo se fundamentou na identificação de problemas e na proposta de soluções para tais, onde para se atingir este objetivo foi necessária à aplicação de uma ferramenta da Teoria das Restrições, identificada como Processo de Pensamento da TOC, com o intuito de identificar e posteriormente minimizar ou até mesmo eliminar as restrições existentes no sistema dessa empresa.

4.4 Coleta e descrição dos dados

Para responder ao problema de pesquisa, é necessária a coleta de dados quantitativos por meio do acompanhamento e observação dos processos *in loco*, referentes à eficiência dos equipamentos.

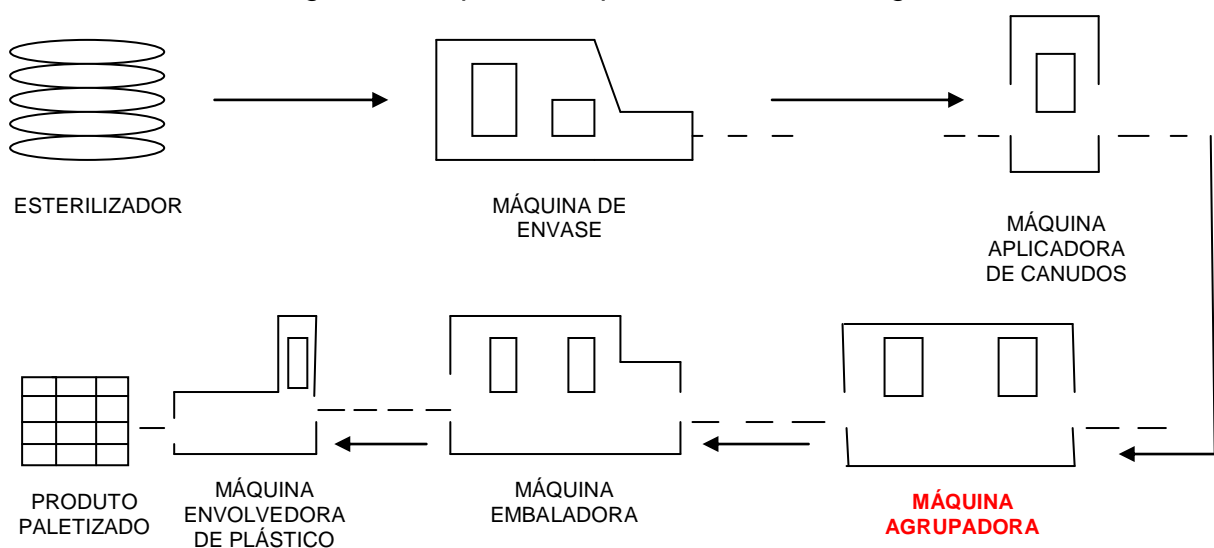
Para a análise dos dados quantitativos foram utilizados os Softwares Microsoft Excel 2007, permitindo a elaboração de tabelas e gráficos específicos para cada fase do processo para melhor explicar os eventos encontrados na empresa e o Microsoft Paint 2007, para a confecção dos diagramas específicos a cada tomada de decisão, de forma a transmitir a compreensão dos dados obtidos pelo pesquisador.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O processo objeto de estudo deste trabalho consiste na embalagem de um produto derivado de leite, fabricado em uma indústria de laticínios localizada no centro-oeste de MG. Para a realização deste processo, primeiramente o produto é esterilizado a alta temperatura, por meio da tecnologia UHT (*ultra righ temperature* ou ultra-alta temperatura), logo após, este produto é enviado para uma máquina de envase asséptico, via tubulação, onde imediatamente o produto deverá ser envasado em embalagens unitárias de 200ml. Após ser envasado, o produto seguirá na linha de produção, onde posteriormente será fixado um canudinho em cada embalagem e em seguida será realizado o processo de agrupamento destas embalagens, processo este que é o alvo deste estudo.

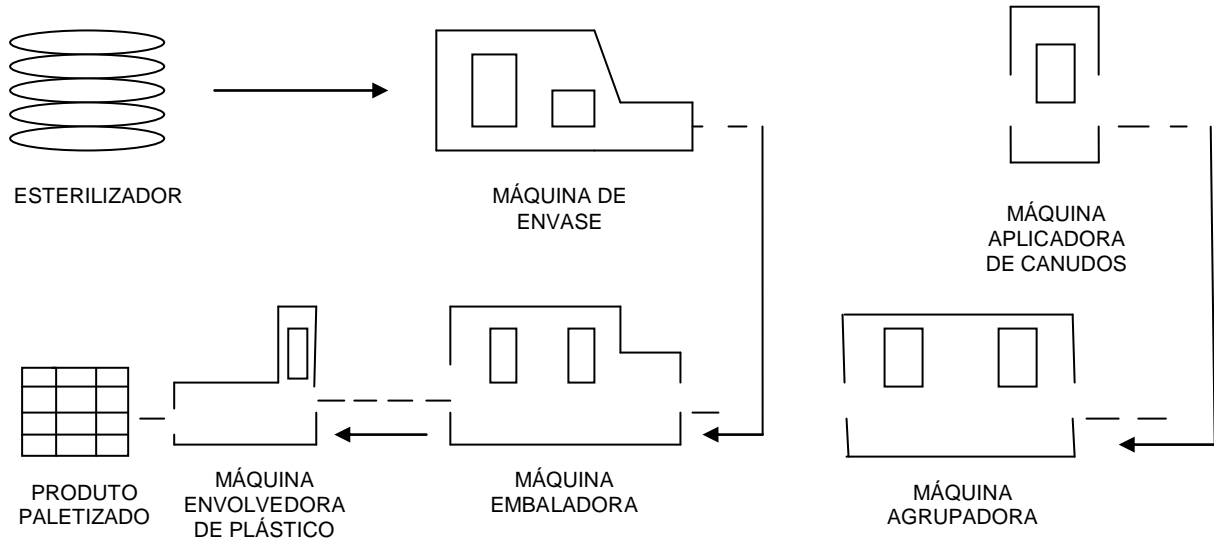
Depois de agrupadas de três a três unidades, será realizado o penúltimo processo, o qual se destina a enfardar as embalagens agrupadas em caixas coletivas contendo 27 unidades cada, e por fim, estas caixas coletivas serão envolvidas em um plástico termo-encolhível, para proteção e sustentação das embalagens, e em seguida serão paletizadas, em lotes de 135 caixas e armazenadas no almoxarifado de produtos acabados. Para a realização de todo o processo descrito acima, são necessários seis equipamentos de grande e médio porte, os quais são descritos na Figura 8.

Figura 8: Esquema do processo de embalagem



A título de comparação, será analisada a eficiência do processo objeto de estudo com a produção de um produto similar. O esquema do processo de embalagem de um produto similar pode ser observado na Figura 9.

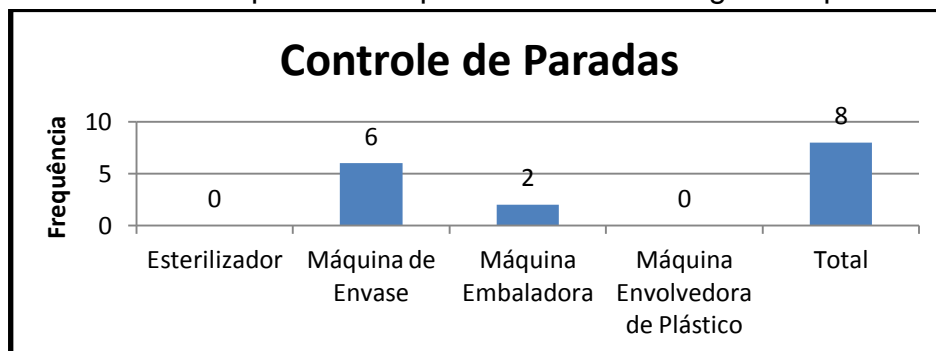
Figura 9: Esquema do processo de embalagem de um produto similar



Observa-se através da Figura 9 que, para a realização do processo de embalagem de um produto similar é utilizada a mesma linha de produção do processo objeto de estudo, diferenciando-se somente pela não utilização da máquina aplicadora de canudos e da agrupadora, porém, a diferença de eficiência existente entre os dois processos vem ratificar a necessidade de um estudo visando aumentar o desempenho do processo objeto de estudo.

A figura 10 apresenta o controle de paradas da linha de produção durante o processo de embalagem de um produto similar, realizado em um período de 20 horas de produção.

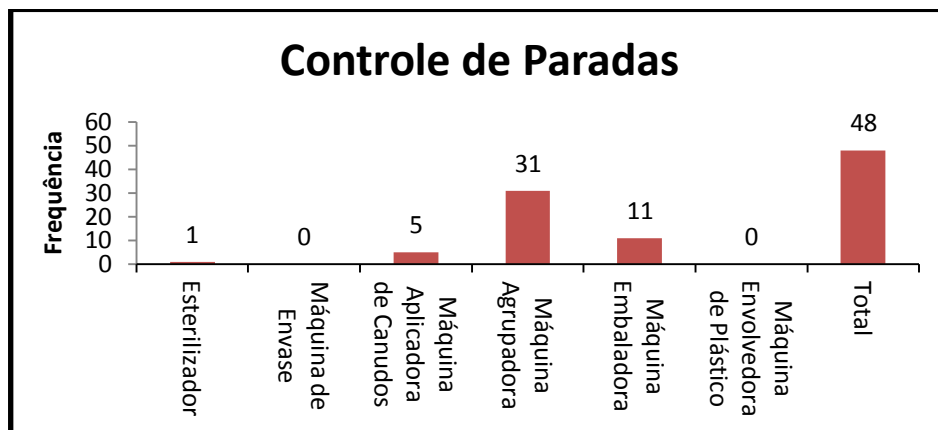
Figura 10: Controle de paradas do processo de embalagem de produto similar



Com base nos dados da Figura 10, durante o processo de embalagem de um produto similar, foi possível determinar a frequência de paradas ocorridas na linha de produção durante este processo.

Já a Figura 11 apresenta a frequência de paradas ocorridas na linha de produção durante o processo de embalagem do produto objeto de estudo, levando-se em consideração as mesmas 20 horas de produção em um determinado período do ano de 2012, onde se observa que a maior frequência de paradas está relacionada com a máquina Agrupadora.

Figura 11: Controle de paradas do processo de embalagem do produto objeto de estudo



É importante ressaltar que, para cada parada descrita nas figuras 10 e 11, certa quantidade de embalagens são rejeitadas da linha de produção.

Exemplo: Devido uma parada na máquina embaladora, por se tratar de uma linha de produção contínua, automaticamente todas as máquinas pertinentes ao processo param, com isso, ao reiniciar o processo, a máquina de envase necessita de um novo alinhamento do material de embalagem, com isso, certa quantidade de embalagens são rejeitadas até que este alinhamento seja concluído, portanto, este processo é repetido a cada parada no processo, independente da razão.

Através dos dados obtidos nas figuras 10 e 11, foi possível mensurar a perda de material de embalagem, bem como simular uma base de custos para tal.

Com base nesta informação, o Quadro 7 apresenta uma simulação de custos relacionados somente com a perda de material de embalagem, que possui peso significativo na estruturação dos custos totais do produto objeto de estudo.

Quadro 7: Custos de material de embalagem

	Total de Paradas	Embalagens Rejeitadas por Parada	Total de Embalagens Rejeitadas	Custo Unitário da Embalagem (R\$)	Custo Total
Produto Similar	8	210	1680	0,13	218,40
Produto Objeto de Estudo	48	210	10080	0,13	1310,40

Outra informação relevante que se pode considerar está relacionada com a eficiência da linha de produção durante cada um dos processos. Para mensurar esta eficiência foram utilizados os tempos disponíveis para produção e os tempos de paradas durante o processo. Através desta informação, o Quadro 8 apresenta a eficiência de cada processo.

Quadro 8: Eficiência de cada processo

	Tempo de Produção (Hr)	Tempo de Parada (Hr)	Eficiência (%)
Produto Similar	20	1,3	93,5
Produto Objeto de Estudo	20	4,7	76,5

Com base nas informações do Quadro 10, é possível visualizar que a eficiência da linha de produção durante o processo do produto objeto de estudo é bem inferior à eficiência da linha de produção durante o processo de um produto similar, sendo que uma parcela considerável desta ineficiência está relacionada com a grande frequência de paradas da máquina Agrupadora.

Portanto, para alcançar o objetivo deste trabalho, será aplicado o processo de pensamento da TOC, o qual possui como objetivo, identificar restrições e posteriormente propor possíveis soluções ótimas para eliminação destas restrições, para com isso, atingir a melhoria contínua do sistema.

Desta forma, o primeiro passo a ser realizado destina-se a responder a seguinte pergunta: “O que mudar?”

Nesta primeira etapa foram realizadas observações in loco, e através destas, foi elaborado uma listagem dos EI (Efeitos Indesejáveis), conforme descritos no QUADRO 9.

QUADRO 9: Listagem dos Efeitos Indesejáveis

EI 01	Várias paradas dos equipamentos durante o processo
EI 02	Alto índice de produtos refugados
EI 03	Elevado índice de retrabalhos
EI 04	Número excessivo de mão de obra para realização do processo
EI 05	Quebra de equipamentos
EI 06	Complicado arranjo físico
EI 07	Perdas por espera
EI 08	Alto índice de ajustes dos equipamentos
EI 09	Alterações na qualidade do produto final

Através da listagem dos Efeitos Indesejáveis, são traçadas as relações de causas e efeitos, formando assim a Árvore de Realidade Atual (ARA).

A ARA possui como objetivo, a identificação das restrições do sistema através da relação entre a situação atual do ambiente e os efeitos indesejáveis, buscando desta forma, determinar todos os problemas-germe que causam os Efeitos Indesejáveis, efeitos estes, que precisam ser eliminados para que o sistema volte a funcionar adequadamente (BALLESTERO-ALVAREZ, 2001).

Através da elaboração da Árvore da Realidade Atual, é possível visualizar vários efeitos indesejáveis interligados, percebendo assim que alguns são disseminações de outros, ou seja, são efeitos que dão origem a outros efeitos.

A próxima etapa é a determinação do problema germe a ser resolvido. Após a avaliação da ARA, foram identificados três problemas centrais:

- Várias paradas dos equipamentos durante o processo;
- Alto índice de produtos refugados;
- Perda na qualidade do produto final.

Contudo, dentre os três problemas descritos acima, destaca-se um: “Várias paradas dos equipamentos durante o processo”, o qual desencadeia grande parte dos efeitos indesejáveis encontrados no processo.

Após a determinação do problema germe, é necessário propor uma provável solução para o mesmo.

Para esta etapa utiliza-se a elaboração do Diagrama de Dispersão de Nuvens (DDN), o qual contribui para o alcance da solução ótima.

A figura 12 mostra a Árvore da Realidade Atual do processo objeto de estudo.

De acordo com Martins (2002), O DDN auxilia a entender o problema raiz, causador dos efeitos indesejáveis, onde o mesmo proporciona uma delimitação dos

requisitos necessários para a solução do problema, conforme demonstra a Figura 13.

Nessa próxima etapa é elaborada a Árvore de Realidade Futura (ARF), onde, de acordo com Alvarez (1995), para a construção da ARF é necessário primeiramente definir os efeitos desejáveis (ED), os quais são opostos aos Efeitos Indesejáveis (EI) previamente já definidos.

Figura 12: Árvore da Realidade Atual (ARA)

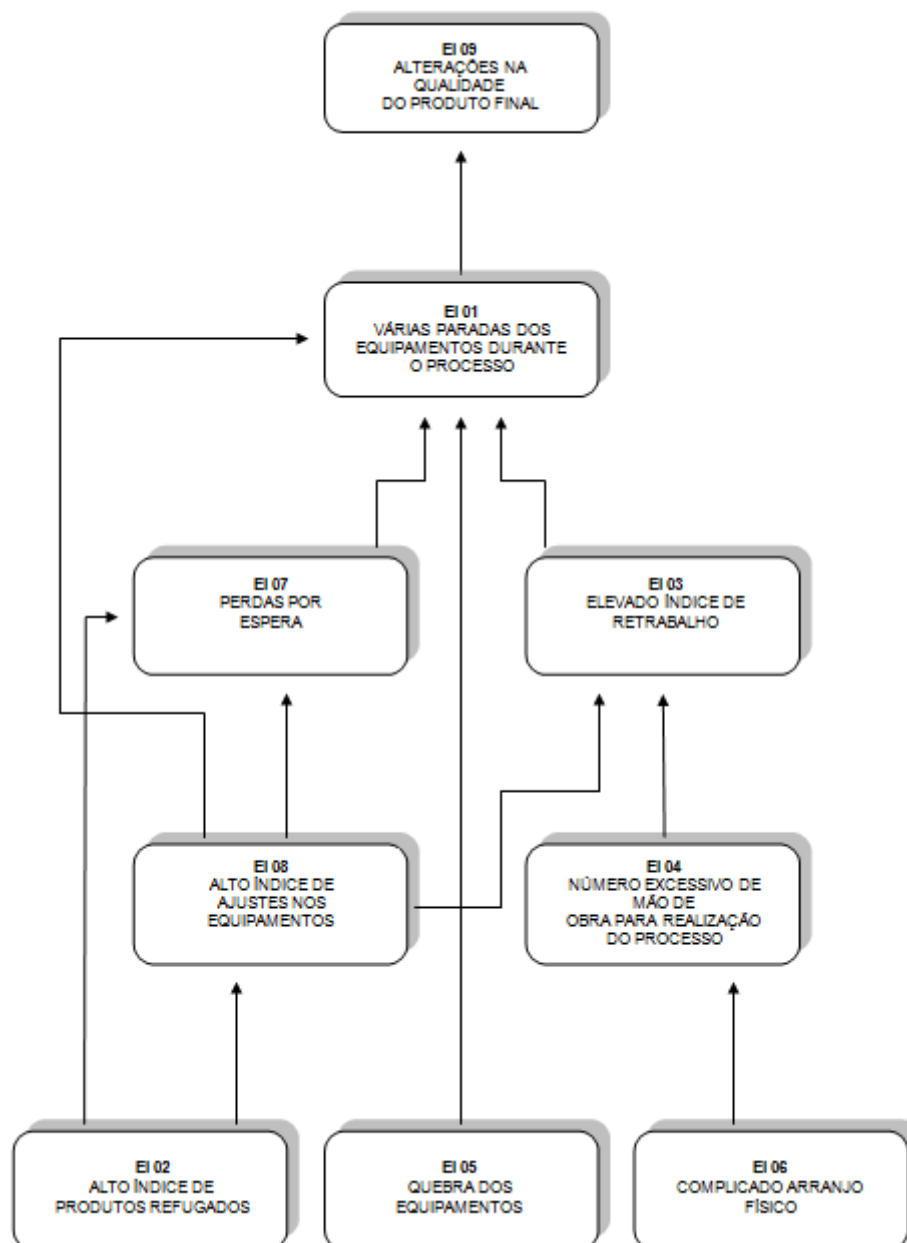
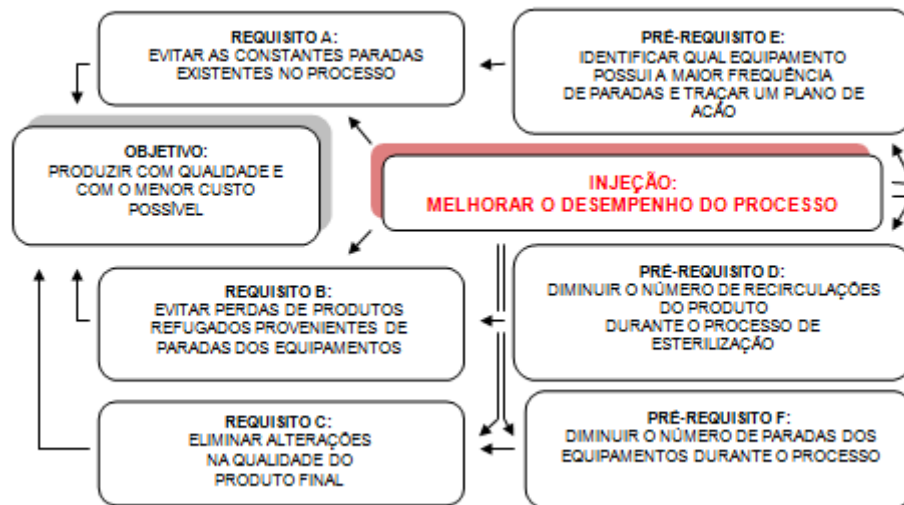


Figura 13: Diagrama de Dispersão de Nuvens (DDN)



O QUADRO 10 demonstra a relação dos Efeitos Indesejáveis versus os Efeitos Desejáveis.

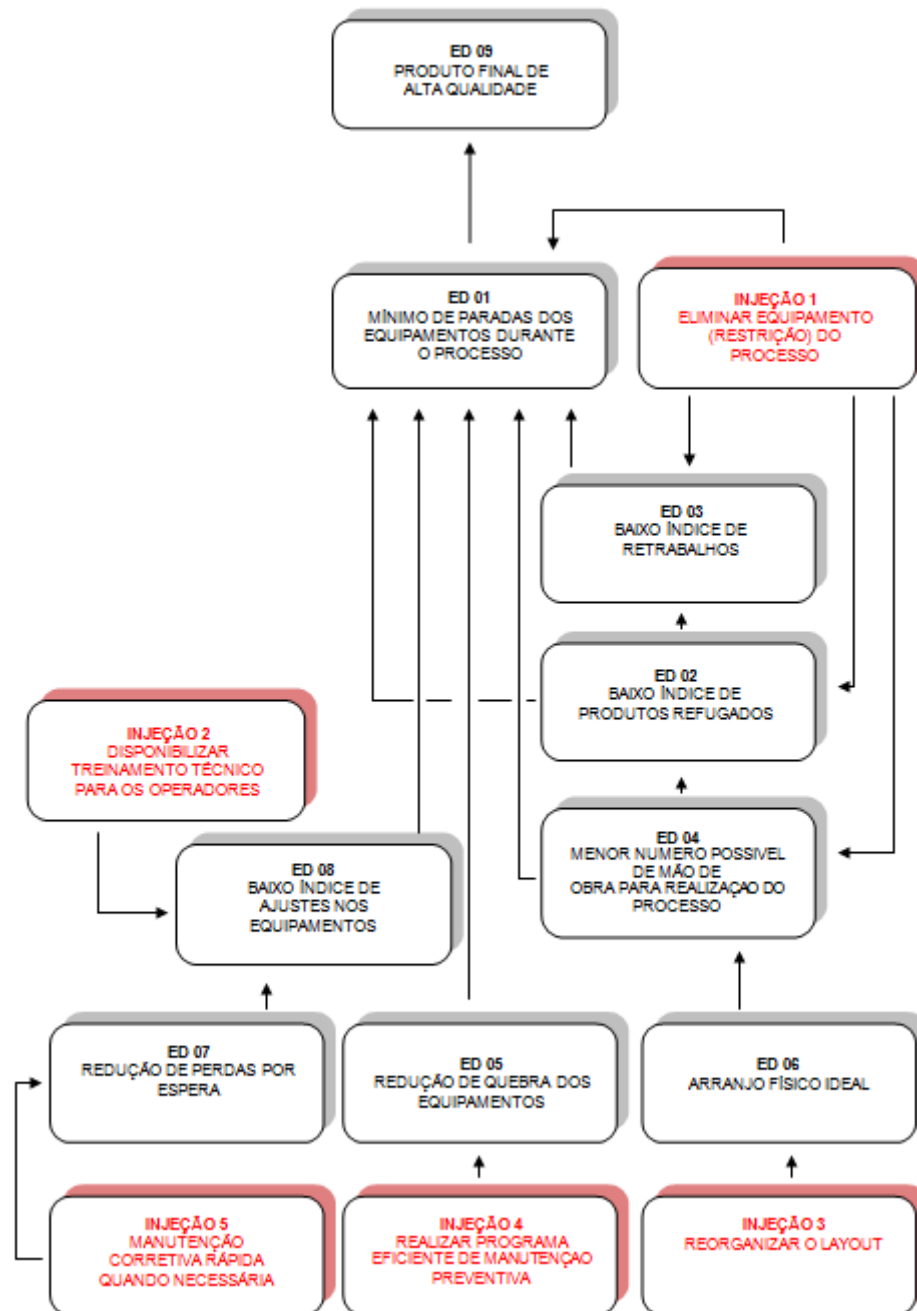
Quadro 10: Efeitos Indesejáveis versus Efeitos Desejáveis.

EFEITOS INDESEJÁVEIS		EFEITOS DESEJÁVEIS	
01	Várias paradas dos equipamentos durante o processo	01	Mínimo de paradas dos equipamentos durante o processo
02	Alto índice de produtos refugados	02	Baixo índice de produtos refugados
03	Elevado índice de retrabalhos	03	Baixo índice de retrabalhos
04	Número excessivo de mão de obra para realização do processo	04	Menor número possível de mão de obra para realização do processo
05	Quebra de equipamentos	05	Redução de quebra dos equipamentos
06	Complicado Arranjo Físico	06	Arranjo físico ideal
07	Perdas por Espera	07	Redução de perdas por espera
08	Alto índice de ajustes dos equipamentos	08	Baixo índice de ajustes dos equipamentos
09	Alterações na Qualidade do produto final	09	Produto final de alta qualidade

Após a estruturação do QUADRO 10, elabora-se a Árvore da Realidade Futura, a qual contém os efeitos desejáveis, bem como as injeções propostas para tais efeitos. Vale ressaltar que uma injeção pode influenciar mais de um efeito desejável, de forma a iniciar uma reação em cadeia, lembrando que uma injeção é somente um ponto de partida para a efetivação do processo de mudança, pois uma ideia não é uma solução (MARTINS, 2002).

A Figura 14 demonstra a Árvore da Realidade Futura.

Figura 14: Árvore da Realidade Futura (ARF)



Através da construção do Diagrama de Dispersão de Nuvens (DDN) e da Árvore da Realidade Futura (ARF), responde-se à segunda pergunta: “Para o que mudar?”.

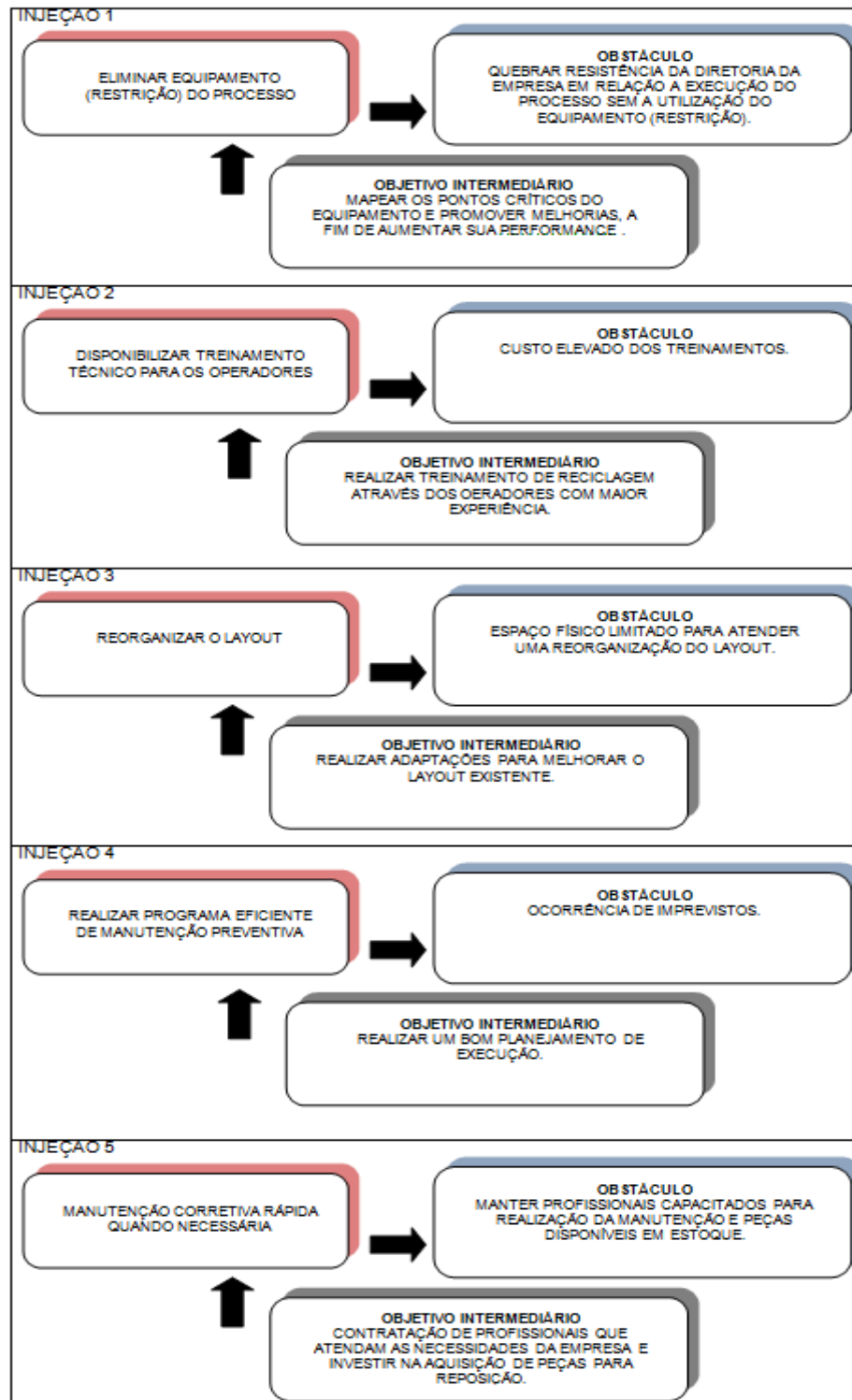
Desta forma, a próxima etapa destina-se a responder a terceira e última pergunta: “Como mudar?”.

A resposta para esta pergunta está na Árvore de Pré-Requisitos, onde, de acordo com Ballesterro-Alvarez (2001), esta árvore é usada para identificar os obstáculos ou problemas que surgirão durante o processo de implementação da

mudança proposta, desta forma, durante o processo de elaboração da APR, se um obstáculo for identificado, devemos escrever logo abaixo um objetivo intermediário, para que, através deste, o obstáculo possa ser vencido.

A Figura 15 demonstra a Árvore de Pré-Requisitos.

Figura 15: Árvore de Pré-Requisitos



O grande obstáculo da Injeção 1 consiste em quebrar a resistência da Diretoria da empresa em relação a execução do processo sem a utilização do equipamento (restrição), sendo este responsável pelo agrupamento das embalagens produzidas unitariamente. O setor de marketing acredita que a produção destes produtos de forma agrupada contribui para a estratégia de vendas.

O obstáculo da Injeção 2 consiste no custo elevado dos treinamentos, uma vez que estes treinamentos são realizados somente pela empresa fornecedora dos equipamentos.

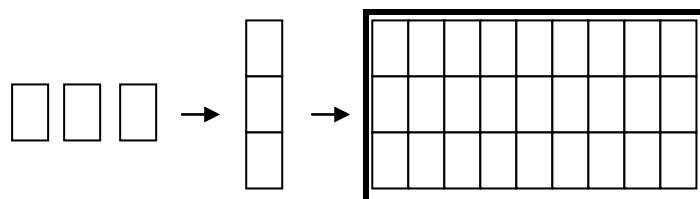
O obstáculo da Injeção 3 consiste em espaço físico limitado para atender uma reorganização do layout, onde, após a substituição da antiga linha de produção pela atual, o espaço físico ficou subdimensionado, sem no entanto haver a possibilidade de aumentar o espaço físico, devido à limitações territoriais.

O obstáculo da Injeção 4 consiste na ocorrência de imprevistos, os quais dificultam a realização de uma manutenção preventiva eficiente.

O obstáculo da Injeção 5 consiste na aquisição e manutenção de profissionais capacitados para realização da manutenção e peças disponíveis em estoque, onde há uma escassez de tais profissionais no mercado e a manutenção das peças necessárias para reposição em estoque exigem um alto investimento, devido a diversidade de componentes dos equipamentos e a alto valor dos mesmos.

Contudo, é possível observar que a principal injeção é a de eliminar o equipamento (restrição) do processo, pois este é o principal gargalo do processo, sendo o causador de grande parte dos problemas existentes no processo de embalagem do produto objeto de estudo. Este equipamento destina-se a agrupar (de três a três) as embalagens produzidas unitariamente, de forma que, posteriormente, estas embalagens agrupadas são novamente embaladas em caixas coletivas (de 27 unidades), conforme ilustra a Figura 17.

Figura 16: Esquema de embalagem



Por meio de observações realizadas em várias redes de supermercados, é fácil notar que, em grande parte destes estabelecimentos, este tipo de produto é

disponibilizado unitariamente, ou seja, o produto antes de ser colocado nas gôndolas, é retirado do plástico que envolve as três unidades e estas são disponibilizadas separadamente para o consumidor final, com isso, não se justifica todo o investimento em:

- Aluguel do equipamento;
- Mão de obra (operação e manutenção);
- Material de embalagem (filme termo-encolhível);
- Energia Elétrica.

Contudo, é necessário realizar um minucioso estudo de viabilidade para a implementação desta ação, pois, este processo de agrupamento traz consigo outra considerável finalidade, que é a diminuição do atrito durante armazenamentos e carregamentos, atrito este, que pode levar a ruptura parcial ou total do canudo, inviabilizando assim o comércio da embalagem danificada, e podendo assim gerar reclamações por parte dos clientes.

6. CONCLUSÃO

O presente trabalho buscou apresentar a aplicação do processo de pensamento da TOC para resolução de problemas dentro de uma organização, visando reduzir os custos de produção.

A fundamentação teórica proporcionou o conhecimento de uma técnica de gestão bastante eficiente para a identificação e resolução de problemas, onde foram detalhadas ferramentas para o auxílio dos gestores na busca pela redução dos custos de produção. O estudo baseou-se em teorias de autores conceituados, sendo que, as informações técnicas adquiridas proporcionaram conhecimentos suficientes sobre a teoria das restrições e o seu processo de pensamento, evidenciando dentro de uma organização, a importância das ferramentas para se conquistar um diferencial e manter-se competitivo no mercado.

Através de uma análise detalhada do processo objeto de estudo, pode-se identificar os pontos críticos, e dentre eles, indicar o problema cerne a ser solucionado.

Durante a análise do processo objeto de estudo, pode-se verificar que se trata de um processo bastante trabalhoso, em que se observam constantes paradas na linha de produção. Tais paradas resultam em embalagens não conformes, retrabalhos e perdas, além de um considerável esforço dos colaboradores envolvidos no processo na tentativa de melhorar a eficiência da linha. Mesmo que o tempo de parada sejam minimizados por meio de uma ágil solução, causa problemas.

Através da aplicação do processo de pensamento da TOC, pode-se identificar que a máquina agrupadora é responsável por grande parte das interrupções do processo. Trata-se de um equipamento de médio porte, com vários pontos críticos, que, no decorrer do processo, necessitam de vários ajustes e reparos.

O trabalho também possibilitou simular os custos relacionados à perda de material de embalagem do processo objeto de estudo e compará-los com os custos de perda de um processo similar, de forma a reforçar a viabilidade de aplicação do processo de pensamento da TOC para solução de problemas.

Outro fator importante foi a análise de eficiência do processo objeto de estudo, a qual se mostrou bem inferior em relação à eficiência do processo similar. Por meio de entrevistas indiretas, houve relato de perdas consideráveis de produto

aguardando o processo de embalagem (objeto de estudo), causado pelo longo tempo de espera, desencadeado pela ineficiência do processo, uma vez que o produto a ser embalado é altamente perecível e não suporta longos períodos sem processamento, mesmo sendo tomadas medidas de conservação.

Portanto, através deste trabalho sobre a aplicação do processo de pensamento da TOC, foi possível propor solução para o problema identificado, onde para tal solução, foi proposta a exclusão da máquina agrupadora da linha de produção, sendo a mesma responsável por grande parte das interrupções do processo.

Através da aplicação desta eficiente ferramenta, foi proporcionado de forma satisfatória o alcance dos objetivos deste estudo, pois, foi possível identificar as restrições do processo através da elaboração dos diagramas pertinentes à ferramenta e posteriormente apresentar injeções para cada efeito indesejável encontrado, chegando posteriormente a solução do problema cerne.

Por fim, pode-se concluir que a Teoria das Restrições constitui-se em uma excelente filosofia a ser aplicada no processo de melhoria de um sistema.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVAREZ, R. R. **Análise comparativa de metodologias para Análise, Identificação e Solução de Problemas**. Dissertação de Mestrado - UFRGS, 1995.

ARAÚJO, M. A. **Administração de Produção e Operações**: uma abordagem prática. Belo Horizonte: Armazém de Ideias, 2008.

BALLESTERO-ALVAREZ, M. E. **Administração da qualidade e da produtividade**: abordagens do processo administrativo. São Paulo: Atlas, 2001.

BORNIA, A. C. **Análise Gerencial de Custos: Aplicação em Empresas Modernas**. Porto Alegre: Bookman, 2002.

CORBETT NETO, T. **Uma comparação entre “activity-based costing” e teoria das restrições, no contexto da contabilidade gerencial**. Dissertação de Mestrado em Administração - FGV, São Paulo, 1996.

CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. **Administração de produção e operações**: manufatura e serviços: Uma abordagem estratégica. 2ª. Ed. São Paulo: Atlas, 2008.

CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. **Administração de produção e operações**: manufatura e serviços: Uma abordagem estratégica. ed. compacta. São Paulo: Atlas, 2011.

CORRÊA, H. L.; GIANESI, N. G. I. **Just in time, MRP II OPT**: um enfoque estratégico. São Paulo: Atlas, 1993.

COSTA, M. A. F.; COSTA, M. F. B. **Metodologia da pesquisa**: conceitos e técnicas. Rio de Janeiro: interciência, 2001.

COX III, J.F.; SPENCER, M. S. **Manual da Teoria das Restrições**. Porto Alegre: Bookman, 2002.

DAVIS, M. M.; AQUILANO, N. J.; CHASE, R. B. **Fundamentos da administração da produção**. Porto Alegre: Bookman, 2001.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. Ed. São Paulo: Atlas. 2002.

GOLDRATT, E. M.; COX, J. **A Meta**: um processo de aprimoramento contínuo. São Paulo: Educator, 1993.

GUERREIRO, R. **A meta da empresa**: seu alcance sem mistérios. São Paulo: Atlas, 1999.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos de metodologia científica**. São Paulo: Atlas, 1991.

LEONE, G. S. G. **Custos: Planejamento, Implantação e Controle**. 3ª Ed. São Paulo: Atlas, 2000.

MARTINS, F. A. **O processo de raciocínio da teoria das restrições na indústria moveleira de pequeno porte**: Um estudo de caso. Dissertação de Mestrado - UFSC, Florianópolis, 2002.

MATTA, A.; SEMERARO, Q. **Design of Advanced Manufacturing System**. Editora: Kluwer Academic, 2005.

MOREIRA, D. A. **Administração da produção e operações**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2001.

NAKAJIMA, S. **Introdução ao TPM – Total Productive Maintenance**. São Paulo: IMC Internacional Sistemas Educativos, 1989.

OLIVEIRA NETO, A. A.; TAVARES, W. R. **Introdução a engenharia de produção**. Florianópolis: Visual Books, 2008.

PESSOA, P. F. A.; CABRAL, J. E. O. **Identificação e análise de gargalos produtivos: Impactos potenciais sobre a rentabilidade empresarial**. ENEGEP, 2005.

RIBEIRO, P. D. **Kanban: Resultado de uma implantação bem sucedida**. 2ª Ed. Rio de Janeiro: COP Editores, 1989.

SLACK, N; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. Editora Atlas, 2007.