

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS  
FACULDADE DE ENGENHARIA  
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**JEAN CARLOS CASAGRANDE**

**PROPOSTA DE UTILIZAÇÃO DA TEORIA DAS RESTRIÇÕES À ANÁLISE E  
OTIMIZAÇÃO DE CAPACIDADE PRODUTIVA**

**DOURADOS**

**2016**

JEAN CARLOS CASAGRANDE

**PROPOSTA DE UTILIZAÇÃO DA TEORIA DAS RESTRIÇÕES À ANÁLISE E  
OTIMIZAÇÃO DE CAPACIDADE PRODUTIVA**

Trabalho de Conclusão do Curso, apresentado para obtenção do grau de engenheiro no Curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal da Grande Dourados, UFGD.  
Orientador: Prof<sup>a</sup>. Dra Fabiana Raupp

**DOURADOS**

**2016**

JEAN CARLOS CASAGRANDE

**PROPOSTA DE UTILIZAÇÃO DA TEORIA DAS RESTRIÇÕES À ANÁLISE E  
OTIMIZAÇÃO DE CAPACIDADE PRODUTIVA**

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção na Universidade Federal da Grande Dourados, pela comissão formada por:

---

Orientador: Prof.<sup>a</sup> Dra. Fabiana Raupp

---

Prof. Dr. Fábio Alves Barbosa

---

Prof. Msc. Carlos Eduardo Soares Camparotti

Dourados, 23 de setembro de 2016.

## **AGRADECIMENTOS**

A Prof.<sup>a</sup> Dra. Fabiana Raupp por toda orientação, auxílio e, principalmente, por sempre se dispor a ajudar tornando, assim, possível o presente trabalho.

A Rações Douramix Ltda. pela abertura de suas portas e toda contribuição no desenvolvimento deste estudo.

Aos familiares que me apoiaram e colaboraram com este feito.

A Deus que me ajudou a seguir em frente e a superar cada obstáculo.

## RESUMO

O ambiente competitivo gerado pela globalização induz as organizações a buscarem cada vez mais pela otimização da eficiência de seus processos, sendo assim, eliminar as restrições/gargalos presentes no sistema produtivo torna-se um fator de competitividade. Desse modo, para tal finalidade, o presente trabalho utiliza-se da Teoria das Restrições e seu processo de aprimoramento contínuo como método fundamental na busca pela otimização de processos e no aumento de capacidade produtiva, contribuindo na percepção e melhoria das possíveis restrições existentes em ambiente fabril de uma empresa voltada ao segmento de nutrição animal, auxiliando, portanto, no planejamento e definição de ações a serem desenvolvidas voltadas a melhoria de desempenho global do sistema produtivo através do bloqueio da causa-raiz do problema restritivo. Para isso, o estudo desenvolvido na organização baseou-se em pesquisas práticas de caráter qualitativo e quantitativo para análise e avaliação do sistema produtivo, permitindo o levantamento de informações e identificação da possível restrição do sistema, utilizando, como metodologia auxiliar, o Método de Análise e Solução de Problemas, o qual foi aplicado objetivando facilitar o desenvolvimento das fases de elevar a restrição do sistema a partir da proposição de alternativas de solução ao problema-raiz definido bem como viabilizar o processo de levantamento de novas restrições ao sistema produtivo resultantes das melhorias geradas a organização.

**Palavras-chave:** Capacidade Produtiva, Teoria das Restrições, Gargalos, Causa Fundamental.

## **ABSTRACT**

The competitive environment brought by globalization induces organizations to look increasingly by optimizing the efficiency of its processes, thus eliminating the constraints/bottlenecks present in the productive system becomes a factor of competitiveness. Thus, for this purpose, this work is used the Theory of Constraints and its continuous improvement process as a key method in search for the optimization of processes and increasing production capacity, contributing to the awareness and improvement of possible restrictions on environment manufacturing of a company dedicated to the animal nutrition segment, thus helping in the planning and definition of actions to be developed aimed at improving the overall performance of the production system by blocking the root cause of the problem restrictive. For this, the study developed in the organization was based on practical research of qualitative and quantitative approach for analysis and evaluation of the production system, allowing the collection of information and identification of possible system constraint, using as an aid methodology, the Analysis Method and Troubleshooting, which was applied to facilitating the development of the stages of raising the system constraint from proposing solutions alternative to the core problem set as well as facilitate the process of raising new restrictions on the production system resulting from improvements generated the organization.

**Keywords:** Productive Capacity, Theory of Constraints, Bottlenecks, Root Cause.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Ciclo de aprimoramento de restrições segundo a TOC.....	26
Figura 2: Organograma funcional da empresa .....	37
Figura 3: Evolução de demanda no setor de aquicultura.....	38
Figura 4: Flutuação cambial de preços para milho e farelo de soja .....	39
Figura 5: Proposta de ciclo de otimização contínua adaptado de Sabbadini (2005).....	40
Figura 6: Mapeamento do Fluxo de Valor do sistema produtivo da Rações Douramix Ltda. .	43
Figura 7: Fronteiras dos modelos de produção aplicados na empresa .....	51
Figura 8: Atividades desenvolvidas conforme fases do ciclo PDCA.....	52
Figura 9: Afunilamento do processo de identificação do problema.....	53
Figura 10: Diagrama de causa e efeito do problema identificado .....	54
Figura 11: Diagrama de relação para as causas levantadas .....	55

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Metodologias de tomada de decisão sobre a contabilidade.....	32
Quadro 2: Método de Análise Solução de Problemas .....	34
Quadro 3: Valores atuais dos indicadores da contabilidade de ganhos.....	47
Quadro 4: Valores de Lucro Líquido e Retorno Sobre o Investimento.....	47
Quadro 5: Proposição de alternativas de solução do problema. ....	57
Quadro 6: Planejamento de ações para bloqueio da causa fundament.....	58



## **LISTA DE GRÁFICOS**

Gráfico 1: Curva abc de demanda das famílias de produtos .....	41
Gráfico 2: Subordinação de recursos ao processo restritor .....	50
Gráfico 3: Ociosidade nos processos de pesagem e mistura .....	51

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1: Informações operacionais da moagem I. ....	46
--	----

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APR – Árvore de Pré-Requisitos

ARA – Árvore de Realidade Atual

ARF – Árvore de Realidade Futura

AT – Árvore de Transição

CCR – Recurso Restritivo de Capacidade

CTV – Custos Totalmente Variáveis

DCE – Diagrama de Causa e Efeito

DDN – Diagrama de Dispersão em Nuvem

DO – Despesa Operacional

DR – Diagrama de Relação

GP – Gerenciamento de Pulmão

LL – Lucro Líquido

MASP – Método de Análise e Solução de Problemas

MFV – Mapeamento do Fluxo de Valor

MO – Mão de Obra

PCP – Planejamento e Controle da Produção

PDCA – Planejar, Fazer, Verificar e Agir

PR – Processo de Raciocínio

RSI – Retorno Sobre o Investimento

SI – Simplicidade Inerente

TC – Tempo de Ciclo

TOC – Teoria das Restrições

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	13
1.1 CARACTERIZAÇÃO DO TEMA .....	13
1.2 PROBLEMA.....	15
1.3 OBJETIVOS .....	17
1.3.1 Objetivo Geral .....	17
1.3.2 Objetivos Específicos .....	17
1.4 JUSTIFICATIVA .....	17
1.5 ESTRUTURAÇÃO .....	19
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	20
2.1 PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO (PCP).....	20
2.2 ATIVIDADES DE PCP SEGUNDO A TEORIA DAS RESTRIÇÕES .....	20
2.2.1 Teoria das Restrições.....	21
2.2.1.1 Conceitualização de Restrições .....	23
2.2.1.2 Otimização do Sistema .....	24
2.2.1.3 Processo de Otimização Continuada.....	25
2.2.1.4 Processos de Raciocínio da TOC.....	29
2.2.2 Indicadores de Desempenho.....	31
2.3 MÉTODO DE ANÁLISE E SOLUÇÃO DE PROBLEMAS .....	33
3. METODOLOGIA .....	35
3.1 ENQUADRAMENTO DA PESQUISA .....	35
3.2 PROCEDIMENTOS DA PESQUISA .....	36
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	37
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA.....	37

4.2	APLICAÇÃO DO PROCESSO DE OTIMIZAÇÃO CONTÍNUA .....	39
4.2.1	Identificação de Restrição do Sistema.....	40
4.2.1.1	Seleção de família de produtos .....	41
4.2.1.2	Mapeamento do Fluxo de Valor .....	42
4.2.1.3	Desempenho da Contabilidade de ganhos .....	46
4.2.2	Explorar restrição do sistema .....	48
4.2.3	Subordinar todo sistema a restrição.....	49
4.2.4	Otimizar Restrição do sistema.....	52
4.2.4.1	Identificação do problema.....	53
4.2.4.2	Investigação do problema .....	53
4.2.4.3	Análise do problema .....	55
4.2.4.4	Elaboração de plano de ação.....	58
4.2.5	Nova configuração de produção esperada .....	59
4.2.5.1	Desempenho de contabilidade de ganhos .....	60
4.2.6	Eliminação de inércia do sistema .....	60
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	62
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	63

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Caracterização do tema

A evolução social que as novas tecnologias, principalmente no campo da informática, telecomunicações e automação, exigem da sociedade atual, associada às derrubadas de fronteiras, conduzem a organização a reavaliar suas estratégias, de modo a conservarem-se competitivas em um ambiente que muda constantemente (SELLITTO, 1999).

Para Nakagawa (1994, p. 296), “a competitividade de uma empresa pode ser definida, em sentido amplo, como sua capacidade de se desenvolver e sustentar vantagens competitivas que lhe permitam enfrentar a concorrência”. Logo, a modernização das organizações faz-se essencial para a melhoria de desempenho, buscando elevar a eficiência produtiva, permitindo a mesma enfrentar a concorrência.

Dessa forma, o acirramento comercial promovido pelo advento da globalização exige mudanças estratégicas por parte das empresas para que estas sobrevivam às variações do mercado, assegurando qualidade, flexibilidade, confiabilidade a baixo custo com um sistema de rápida distribuição e entrega, porém, para isto, o dinâmico processo produtivo industrial necessita apresentar sistemas gerenciais totalmente integrados, garantindo que todos os setores da organização estejam em plena sintonia, permitindo o atendimento eficaz a demanda de produtos.

Segundo Cousseau (2003), “a corrida para ser uma empresa de excelência ou de classe mundial requer uma busca incessante de melhorias nos processos para atender e manter as expectativas dos clientes a cada novo pedido”. Logo, considerando as especificações dos clientes, o sistema produtivo deve garantir a produção ágil, além da qualidade dos produtos, comportando-se conforme a instabilidade da demanda.

Entretanto, conforme Torres (1999), o ambiente de manufatura apresenta alto dinamismo e complexidade, dessa maneira, torna-se oportuno, visando atender as necessidades do mercado, a inserção de sistemas que planejem e programem, com exatidão, a disposição e utilização mais adequada dos recursos produtivos, com a finalidade de equilibrar ao máximo possível a capacidade fabril disponível de acordo com a demanda, contribuindo, dessa forma, para a redução de perdas no sistema produtivo.

Pensando no ambiente fabril, para a sincronização do processo produtivo antes se deve conhecer os elementos que o compõem e como estes se relacionam descobrindo no mesmo os pontos a melhorar, ou seja, realiza-se uma análise criteriosa de todas as etapas do sistema produtivo, identificando as restrições presentes, objetivando determinar a real capacidade de produção, isto ocorre devido a estes componentes limitarem o fluxo de produção, portanto, definem a quantidade que pode ser produzida pela fábrica.

Considerando que as empresas necessitam estar focadas na estruturação de seus processos, a metodologia de gerenciamento das restrições apresentada pela Teoria das Restrições (TOC) torna-se uma importante ferramenta de melhoria de processos, pois a mesma incide sobre os pontos limitantes de capacidade na cadeia produtiva, ou seja, a TOC visualiza os processos como um todo e não de forma isolada.

Dessa maneira, a TOC avalia o processo produtivo como um todo analisando a relação existente entre os elos mais frágeis deste, portanto é uma ferramenta essencial para gerar a melhoria de processos, pois, conforme Quelhas e Barcaui (2004), “o desempenho global do sistema depende dos esforços conjuntos de todos os seus elementos [...] logo, se quisermos melhorar o desempenho do sistema, precisamos conhecer sua restrição e atuar nela, de forma a promover um processo de melhoria contínua”. Por conseguinte, esta metodologia de gestão integrada aplicada a otimização de processos apresenta-se como uma importante ferramenta de solução de problema raiz.

Entretanto, de acordo com Martins (2011), “a busca das restrições deve ser um processo contínuo, porque novas restrições são criadas no decorrer das atividades empresariais”. Considerando este fato, devido às características que permeiam a TOC de análise e solução de problema, esta ferramenta apresenta-se altamente flexível podendo ser aplicada integrada a outras ferramentas de gestão da produção objetivando a otimização contínua de processos.

Logo, definir um método de gestão da área produtiva é indispensável para obter o máximo de recursos gargalos visto que a capacidade produtiva depende do mesmo. Assim, planejar a aplicação da TOC bem como, caso necessário, das ferramentas auxiliares, contribui para a efetividade e eficácia da utilização da filosofia, não obstante, deve-se manter continuamente avaliando a eficiência da ferramenta conservando a atividade cíclica de melhoria de processos produtivos.

Consequentemente, focalizando na redução de desperdícios e otimização de capacidade produtiva, a utilização da metodologia da TOC em uma indústria que almeja alcançar novos mercados contribuirá para que esta seja capaz de atender a nova demanda ao

menor custo possível, por meio da redução de estoques e sincronização da produção, dessa forma, considerando a empresa modelo a qual este trabalho estará voltado, o uso da ferramenta tem por finalidade adequar o processo produtivo permitindo produzir o máximo através do melhor aproveitamento de recursos gargalos garantindo a competitividade e eficiência da organização frente a desafios futuros.

Desse modo, pretende-se durante o presente trabalho analisar uma proposta de gestão de capacidade produtiva baseado na Teoria das Restrições, de forma que melhore o processo produtivo como um todo da empresa objeto de estudo, para isso, faz-se uso de ferramentas auxiliares que facilitem a visualização de problemas e contribuam na definição de hipóteses de solução sobre os problemas identificados no sistema produtivo.

Verifica-se que a aplicação da TOC, sobre modelos diversos de processos produtivos em uma variedade significativa de setores industriais, de acordo com Dettmer (1995), resulta em alguns benefícios específicos, tais como:

- Modelagem de processo e identificação de restrições;
- Direcionamento de mudanças e seus respectivos procedimentos de execução;
- Percepção de consequências devido a decisões adotadas sobre o desempenho global do processo produtivo.

Estes benefícios, caso considerados individualmente, ainda possibilitam uma série de outros benefícios à manufatura bem como as outras áreas industriais, logo, viabiliza, ideologicamente, a utilização da Teoria das Restrições como metodologia de melhoria de processos produtivos.

Portanto, a temática a ser desenvolvida no presente estudo compõe-se da análise da aplicação prática da TOC, a partir da adoção adequada de indicadores de resultados em conjunto com o Método de Análise e Solução de Problemas como ferramenta auxiliar na definição, análise e proposição de possíveis soluções do problema observado.

## **1.2 Problema**

Verificando a situação específica de uma agroindústria voltada a nutrição animal, percebe-se que os níveis de produtividade, considerando a capacidade teórica da fábrica, estão

abaixo das metas esperadas, caracterizando um baixo rendimento fabril, o qual, para uma empresa em expansão e em constante crescimento de demanda de produtos pelo mercado de ração que, além mais, pretende expandir e alcançar novos mercados consumidores, representa uma situação insatisfatória, reduzindo a competitividade da empresa.

Diante da realidade exposta, faz-se necessário conhecer e observar os motivos os quais inviabilizam o crescimento do montante produzido dentro do processo produtivo para, assim, definir um modelo de gestão eficaz que possa otimizar a capacidade da fábrica a baixo custo minimizando e/ou eliminando desperdícios.

Porém, Hayes et al. (2008), argumentam que mensurar a capacidade de sistemas produtivos é uma tarefa complexa, pois há vários fatores relacionados à variabilidade existente, sendo estas associadas: políticas da empresa, confiabilidade dos fornecedores, confiabilidade dos equipamentos, taxas de produção e o impacto dos fatores humanos.

Desse modo, estes fatores, de acordo com Hopp e Spearman (2001), impactam diretamente no desempenho do processo produtivo, logo, a habilidade do gestor em medir, gerenciar e analisar problemas de produção podem ser consideradas essenciais para a coordenação eficiente da programação de produção assim como do sistema produtivo.

Portanto, problemas de capacidade produtiva impactam diretamente no rendimento da produção, logo, este fato serve como incentivo à realização de estudos de levantamento e análise de possíveis problemas sobre o sistema produtivo de modo que seja plausível propor princípios de solução admissíveis ao sistema aumentando o desempenho global de fábrica.

Além mais, conhecer os problemas do ambiente produtivo contribui ao planejamento e controle da produção (PCP) na programação, coordenação e sincronização da produção. Logo, devido à complexidade do PCP, uma das principais dificuldades enfrentadas na manufatura relaciona-se com o gerenciamento de capacidade produtiva por meio da identificação e otimização de gargalos, pois estes, devido suas características básicas, segundo Goldratt (1997), limitam a produtividade da fábrica ditando o ritmo de produção, portanto, melhorando a utilização de recursos restritivos resultará, conseqüentemente, em ganhos a todo o processo produtivo, aumentando a eficiência global do sistema produtivo.

Considerando os fatos expostos, busca-se desenvolver no presente trabalho uma proposta de gerenciamento de recursos e processos que melhor se enquadre a realidade da indústria objeto de estudo, controlando a capacidade através de indicadores, priorizando o desempenho global da cadeia produtiva, pois, devido aos problemas ocasionados pelo mau gerenciamento de recursos restritivos, organizações que não aperfeiçoarem seus processos



produtivos aumentando a utilização destes recursos podem se apresentar insuficientes não atendendo as demandas de mercado.

### **1.3 Objetivos**

#### *1.3.1 Objetivo Geral*

Levantar restrições e gargalos presentes no processo produtivo bem como propor soluções para otimização de capacidade produtiva de uma empresa da região da Grande Dourados voltada ao segmento de nutrição animal a partir da aplicação da Teoria das Restrições em conjunto com ferramentas de qualidade.

#### *1.3.2 Objetivos Específicos*

O presente estudo apresenta como objetivos específicos:

- I. Analisar a capacidade produtiva do processo;
- II. Aplicar a metodologia do TOC para identificação de gargalos, elementos restritivos e balanceamento de produção;
- III. Utilizar a ferramenta MASP para identificação da causa raiz de problemas bem como auxiliar no levantamento de possíveis soluções do problema observado;
- IV. Definir plano de ação para implantação das soluções obtidas.

### **1.4 Justificativa**

Segundo Reis (2007), o princípio da filosofia da Teoria das Restrições resume-se no aumento da lucratividade empresarial por meio do gerenciamento adequado das restrições do

sistema produtivo. Isto se deve, conforme Goldratt (1997), as características das restrições dentro do processo produtivo, pois estas limitam a capacidade da fábrica e ditam o ritmo de produção, logo, as restrições seriam os pontos frágeis do processo que impedem que o sistema produza de acordo com os objetivos/metapas determinadas.

Portanto, para Martins (2011), com a finalidade de otimizar seus resultados, a organização deve primeiramente identificar a principal restrição do sistema produtivo, a partir disto, precisa-se definir procedimentos de controle e melhoria dos elementos restritivos, para, logo após, reavaliar o processo e levantar novas restrições, antes não presentes no sistema, dessa maneira a abordagem da TOC necessita se manter em um processo contínuo de aprimoramento do processo.

Todavia, o desempenho de um sistema produtivo pode apresentar caminho inverso caso as restrições do processo sejam mal gerenciadas, entre as principais mazelas encontra-se, segundo Martins (2011), o bloqueio do desenvolvimento da organização, assim, a importância da análise e aplicação desta teoria se dá pela atual necessidade de melhor gestão dos recursos do processo produtivo, tornando este mais eficiente e dinâmico.

Entretanto, muitas ferramentas complementares podem ser aplicadas em conjunto com a TOC objetivando o gerenciamento eficaz de capacidade produtiva, desse modo, o método de análise e solução de problemas (MASP), por ser uma metodologia empregada na análise e proposição de solução a problemas, sendo este baseado no ciclo PDCA (*plan, do, check e act*) e em outras ferramentas de qualidade (FORMENTINI, 2014), apresenta-se como uma excelente ferramenta auxiliar.

Devido a características similares entre essas duas ferramentas, espera-se que estas se complementem e contribuam na percepção de problemas bem como no processo de proposição de soluções, pois, além das mesmas se apresentarem como modelos ótimos de solução de problemas ainda são utilizados em ciclos contínuos de melhoria de processos, logo, devido ao dinamismo das metodologias, pretende-se melhor gerenciar os recursos restritivos de produção de maneira que se otimize os ganhos e se reduza os custos de produção.

Considerando a situação do mercado no qual a empresa a ser estudada se enquadra, a aplicação simultânea das ferramentas focalizando nas etapas de desenvolvimento de otimização de capacidade produtiva proposta pela TOC justifica-se, pois, segundo SINDIRAÇÕES (2015), o segmento de nutrição animal apresenta altas expectativas de crescimento econômico, destacando-se nesse panorama o setor da aquicultura, com expectativa de crescimento de demanda de 10,1%, porém, em contrapartida, o encarecimento

de matéria-prima no ano de 2015 devido à desvalorização do real representa uma redução do capital de giro dificultando o andamento financeiro das indústrias produtoras de ração animal, desse modo, a gestão adequada dos recursos disponíveis a produção torna-se não só diferencial competitivo, mas também fator de sobrevivência, desperdícios não podem ser tolerados assim como altos estoques.

Sendo assim, o presente trabalho apresentará uma pesquisa prática em conjunto com análise avaliativa de gestão de capacidade produtiva a partir da utilização da filosofia da TOC com o auxílio da ferramenta MASP, devido aos benefícios que estas metodologias dispõem na análise e solução de problemas.

## **1.5 Estruturação**

O presente estudo é composto pela estrutura de trabalho apresenta a seguir:

Capítulo I: apresenta-se neste capítulo a caracterização do tema de trabalho, especificando a problematização objeto de estudo, dispondo dos objetivos do trabalho bem como da justificativa da importância deste estudo ao meio social.

Capítulo II: contempla, através de bibliografia levantada, a Teoria das Restrições considerando seus conceitos e princípios, apresentando também uma breve bibliografia quanto ao Método de Análise e Solução de Problemas.

Capítulo III: dispõe do modelo de pesquisa pretendido bem como a metodologia de trabalho a ser aplicada com a finalidade de se obter resultados significativos para com o problema em estudo.

Capítulo IV: caracteriza-se a empresa objeto de estudo e se apresenta a discussão dos resultados obtidos a partir da aplicação da Teoria das Restrições para análise e melhoria de desempenho fábrica.

Capítulo V: trata das ponderações finais sobre o trabalho desenvolvido além das recomendações de projetos futuros para a otimização de capacidade produtiva em ambiente fabril.

## **2. REVISÃO DA LITERATURA**

### **2.1 Planejamento e controle da produção (PCP)**

Toda organização apresenta uma função produção que, segundo Slack et al. (2009), refere-se a forma utilizada pelas organizações para a administração da produção de bens e serviços. Isso se deve ao fato de que todas as empresas objetivam a produção de bens e serviços almejando o alcance de suas metas estratégicas.

Para Maciel (2012), o planejamento e controle da produção (PCP) é uma função administrativa da produção que se responsabiliza por elaborar planos para orientação e controle da produção. Ainda conforme o mesmo, simplificando as funções do PCP, este tem por finalidade determinar o que produzirá, como será produzido, onde será produzido, quem produzirá e quando produzirá. De acordo com Tubino (2009), o PCP apresenta-se como um fator estratégico as empresas, pois coordena e define a aplicação de recursos produtivos visando alinhar a manufatura com os planejamentos estabelecidos em nível estratégico, tático e operacional da organização.

Desse modo, conforme Slack et al. (1997), o PCP deve garantir que os recursos produtivos estejam disponíveis em quantidade, momento e nível adequado de maneira que se propicie a produção eficaz, portanto, o planejamento e controle da produção deve gerir as atividades produtivas visando o atendimento da demanda do mercado.

### **2.2 Atividades de PCP segundo a teoria das restrições**

A *Theory of Constraints* (TOC) é uma atividade do PCP que se difere das demais devido, segundo Reis (2007), evitar a utilização de previsões buscando a programação da produção a partir do gerenciamento do pulmão (GP), o qual é um método em que o status do componente pulmão é utilizado como meio de priorização de produção.

### 2.2.1 Teoria das Restrições

A TOC é uma metodologia de gestão que pode ser aplicada em sistemas voltados para gestão de manufatura, gestão de operações, gerenciamento de projetos, marketing, estratégia e gestão da cadeia de suprimentos (MOELLMANN, 2008).

Segundo Siqueira (2007), a TOC é representada por uma filosofia gerencial de tomada de decisão baseada na análise de medidas de desempenho que se diferem e desprendem das conceituais definidas pela contabilidade gerencial tradicional.

Conforme Watson, Blackstone e Gardiner (2007, p.389) apud Sobreiro (2012), a TOC surgiu no final da década de 70 sendo desenvolvida pelo doutor Eliyahu Goldratt objetivando aumentar a capacidade produtiva de um sistema de produção, o qual, a partir desse novo sistema, triplicou a produção da planta em um curto espaço de tempo.

Em termos gerais, para Sobreiro (2012), a TOC é uma metodologia composta por um amplo conjunto de princípios teóricos que fundamentam os conhecimentos pragmáticos de gestão e controle que reconhecem as ações dos fatores limitantes do sistema, focalizando-se sobre os mesmos, objetivando a melhoria ou otimização da utilização destes. Pelo apontamento de Watson, Blackstone e Gardiner (2007, p.400) apud Sobreiro (2012) a TOC pode ser entendida como:

[...] uma abordagem pragmática (prática) e holística (prioriza o entendimento integral dos fenômenos) de melhoria contínua cobrindo com base em uma comum fundamentação teórica os fatores que limitam o aumento da performance em relação a uma meta. Assim existe uma necessidade elevada de compreensão de técnicas específicas e das variáveis do sistema para assegurar o sucesso de sua implementação e ampla aceitação.

Preliminarmente, a TOC trás, desse modo, uma abordagem sistêmica de interação entre as partes que compõem o processo produtivo. Logo o desempenho global do sistema depende dos esforços conjuntos dos elementos que este formam (CORBETT, 2005).

O enfoque da TOC deve ser, por conseguinte, o alcance da meta organizacional garantindo que a mesma atenda a seus propósitos. Portanto, toda e qualquer ação adotadas pelas empresas, conforme Goldratt e Cox (2003), devem ser avaliadas de acordo com o seu impacto sobre a meta global do sistema e, para isso, o propósito da empresa deve estar bem definido de modo que se direcione os esforços de todos os elementos do sistema a meta em comum. Ainda de acordo com estes autores, o método com o qual os diferentes processos de

uma empresa interagem determinarão o sucesso do empreendimento, portanto, deve-se concentrar os esforços em solucionar problemas de um número reduzido de elementos que compõem o sistema, pois estes representam maiores impactos sobre a meta sendo os fatores limitantes do desempenho organizacional

Segundo Goldratt (2010), a abordagem da TOC está sobre um pequeno número de elementos do sistema que determinarão a performance global do sistema. Dessa forma, de acordo com Rahman (1998), as oportunidades de melhoria e controle do desempenho global do sistema pairam sobre os elementos limitantes do sistema produtivo, também denominadas como restrições.

A TOC ressalta que toda empresa, no processo de alcançar sua meta, apresenta uma ou mais restrições (MARQUES E CIA, 1998; FERREIRA, 2007). Para Fantini (2011), uma restrição ao sistema pode ser considerada como qualquer coisa que possa impedir este de atingir um desempenho igual ou melhor do que o estipulado na meta organizacional, pois se estes fatores limitantes de desempenho não existissem, conforme Cobertt (2005), os lucros das organizações seriam infinitos, o que, obviamente, não corresponde às características reais de uma empresa.

Goldratt e Cox (2003), deixam claro que as restrições não possuem caráter negativo ou positivo e nem devem ser consideradas por essas características, as preocupações quanto as mesmas devem ser somente gerenciais, ou seja, estas devem ser gerenciadas de forma que se utilize ao máximo a restrição.

Segundo Akkari (2009), em um processo produtivo, inicialmente, deve-se identificar as restrições e verificar a possível existência de conflitos entre elas, pois a visualização das restrições permite a otimização da programação da produção pela maximização da utilização dos recursos limitantes de capacidade produtiva sobre o sistema em análise.

Para um melhor entendimento sobre a TOC bem como seus componentes ou ainda suas abordagens, antes de tudo, faz-se necessário o conhecimento de conceitos e premissas básicas relacionados à Teoria das Restrições, bem como o funcionamento de seus processos decisórios e de raciocínio viabilizando a programação balanceada e eficaz da produção sobre as restrições dos sistemas produtivos almejando o atendimento a metas organizacionais.

### **2.2.1.1 Conceitualização de Restrições**

Antes de se definir uma restrição, necessita-se compreender o conceito de sistema. De modo geral, conforme Dettmer (1997, p.3) apud Sobreiro (2012), um sistema pode ser definido como um conjunto de elementos interdependentes e inter-relacionados ou ainda como um processo de transformação de entradas em saídas visando o alcance do objetivo do sistema, ou seja, a meta deste. Portanto, um sistema é formado por uma série de componentes que interagem entre si onde o desempenho global do sistema estará diretamente ligado com o desempenho de seus elementos.

Partindo desse princípio, os elementos de um sistema podem ser classificados como restritivos e não restritivos.

Dettmer (2007, p.9-10) descreve que em qualquer sistema:

Usualmente existe uma única restrição, num dado momento, que limitará a produção de todo o sistema, todos os outros componentes do sistema, naquele momento, não serão restrições [...]. Recursos, tempo e energia escassos são gastos de maneira dispersa nos sistemas, ao invés de focar em uma parte dele, que tem potencial de produzir melhoria imediata no sistema: a restrição.

Desse modo, conforme Dettmer (1997), recursos restritivos são os que não apresentam capacidade de atender a demanda existente sobre ele, recursos em situação contrária, portanto, são os não restritivos.

A Restrição é qualquer elemento ou fator que impede que um sistema conquiste um nível melhor de desempenho no que diz respeito a sua meta. As restrições podem ser físicas, como por exemplo, um equipamento ou a falta de material, mas elas podem ser também de ordem gerencial, como procedimentos, políticas e normas (COX III et al., 1995, p.15).

Watson et al. (2007), discorre que os elementos restritivos podem se apresentar em três diferentes naturezas: físicas, que seriam relacionadas a equipamentos de baixa capacidade ou falta de matéria-prima, de mercado, referentes ao fator demanda, e políticas, representadas por cultura corporativa ou ainda condutas processuais.

Segundo Maciel (2012), as restrições de natureza política, muitas vezes, são as mais difíceis de serem identificadas, isso se comparadas as restrições de caráter física, pois se relacionam com normas, procedimentos e práticas usuais que geralmente são seguidas sem questionamentos, sendo assim, sempre aceita pela organização.

Considerando as diferentes restrições no sistema percebe-se que estas sempre representam o elo mais fraco entre todos os elementos integrantes, porém, é comum classificar restrições como gargalos ou recursos restritivos de capacidade (CCR- *Capacity Constrained Resources*) sendo que estes não são sinônimos.

Um gargalo se aplica a uma etapa ou um conjunto de etapas em que o sistema não é capaz de processar o bem ou serviço com rapidez suficiente para prevenir atrasos, tanto em termos de estoque em processo quanto de atendimento de demanda. O CCR, diferindo-se do gargalo, é um bem ou serviço necessário para a geração do produto final que se esgota antes do produto final ser entregue (AKKARI, 2009). Logo, recursos gargalos, de acordo com Goldratt (1998), são os recursos da organização com capacidade abaixo da necessária para atender a demanda do mercado.

#### **2.2.1.2 Otimização do Sistema**

Ferreira (2007), descreve a TOC como a combinação de três conceitos interligados. O primeiro seria de nova filosofia gerencial, o segundo relaciona-se com o método de pesquisa baseado em ciências exatas considerando a variável humana presente no sistema e o terceiro refere-se ao amplo espectro de aplicativos. O autor ainda conclui que a ideia fundamental da TOC baseia-se no fato de que todo empreendimento deve ter, ao menos, uma restrição.

Partindo deste princípio, um dos principais conceitos da TOC, conforme Sobreiro (2012), é representado pelo discernimento de performance do sistema, pois, devido as inter-relações existentes entre os elementos do sistema, a performance do sistema não está correlacionada com a soma das performances de seus elementos individuais, portanto, um bom desempenho do sistema está diretamente relacionado com a otimização da administração de suas restrições

Esta afirmativa baseia-se, conforme Goldratt (2010), na necessidade de os recursos gargalos serem utilizados em sua total capacidade, pois uma hora perdida na restrição do sistema representa uma hora perdida em todo o sistema enquanto uma hora poupada em um recurso não restritivo representa nada mais que somente uma miragem, não modificando a eficiência global do sistema.



### ***2.2.1.3 Processo de Otimização Continuada***

Conforme Fantini (2011) e Ferreira (2007), objetivando o gerenciamento das restrições físicas bem como de recursos, desenvolveu-se o processo de melhoria contínua da TOC em cinco estágios, os quais, de acordo com Rahman (2002), permitem facilmente compreender o ambiente fabril e planejar os processos de otimização de capacidade do recurso gargalo.

O processo de aprimoramento contínuo possui orientação sempre centrada na meta global da corporação e, segundo Goldratt e Cox (2002), este foi desenvolvido com o intuito de capacitar organizações no processo de reconhecimento e compreensão dos elementos que devem ser aprimorados para aumentar a performance do sistema como um todo. Desse modo, as etapas de otimização contínua são compostas pelas fases de identificação, exploração e subordinação de todo o sistema as restrições para, logo após, elevar a restrição do sistema realizando esse processo ciclicamente objetivando aprimorar novas restrições que possam vir a incidir sobre o sistema.

Descrevendo os passos de melhoria contínua, conforme Ferreira (2007), têm-se:

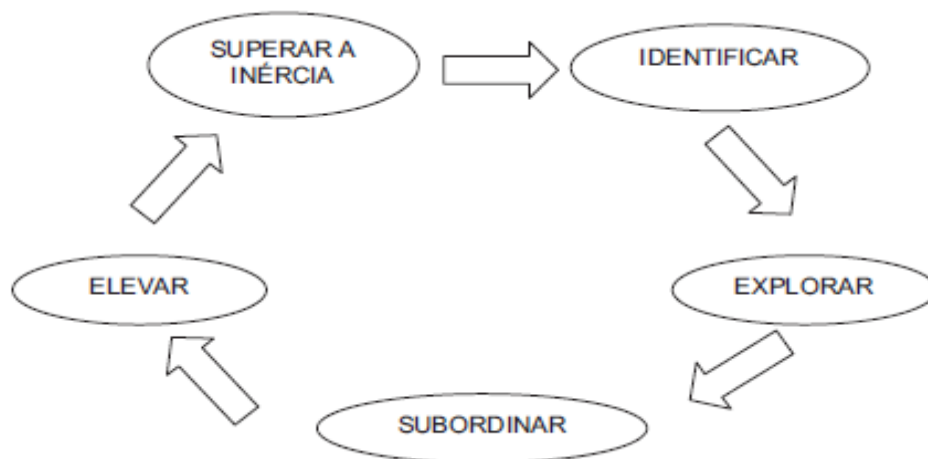
- Identificar a restrição do sistema: direcionar esforços sobre todos os elos do sistema, além de representarem altos custos, resultam em perdas de tempo e, nem sempre, apresentam melhorias de resultados de performance. Portanto, para melhorar o desempenho como um todo do sistema antes se deve identificar os recursos gargalos e CCRs do sistema, para, logo após, iniciar-se o processo de focalização;
- Explorar a restrição do sistema: com os recursos que restringem a performance do sistema identificados deve-se explorar a capacidade máxima da restrição de forma que se maximize os ganhos sobre a mesma, portanto, a organização deverá ser administrada conforme sua restrição;
- Subordinar tudo a restrição acima: devem-se sincronizar as atividades dos recursos não gargalos a capacidade da restrição, logo, a taxa de utilização de recursos não restritivos não é definida pelo potencial dos mesmos, mas sim pela restrição do sistema. Desse modo, todos os recursos restritivos necessitam trabalhar na cadência do gargalo, fornecendo todo suporte para o pleno funcionamento deste. Esta etapa segue o princípio de que uma hora

ganha em recursos não restritivos não potencializam a performance do sistema, ao contrário, aumenta os inventários resultando em maiores custos a organização;

- Elevar a restrição do sistema: objetiva-se aumentar a taxa de utilização do gargalo melhorando seu desempenho, desse modo, focaliza-se nesta fase na definição de princípios de solução para otimização dos recursos que restringem o desempenho organizacional, pois ao elevar a capacidade do gargalo eleva-se, por conseguinte, a capacidade do sistema como um todo;
- Retornar ao primeiro passo sem permitir que a inércia cause uma restrição ao sistema: Caso a restrição atual do sistema, após todos os passos anteriores, tenha sido controlado, provavelmente algum outro recurso ou item restritor de capacidade surgirá limitando o sistema, portanto, faz-se necessário a análise contínua do processo não permitindo que este caia em inércia.

Segundo Maciel (2012), o processo de reavaliação contínua do sistema resulta em um processo cíclico de melhoria, conforme observado na Figura 01.

**Figura 1: Ciclo de aprimoramento de restrições segundo a TOC**



Fonte: Sabbadini (2005, p. 65) apud Maciel (2012).

Desse modo, o ciclo estabelecido pelo processo de otimização contínua busca atuar tão somente sobre os elos vitais do sistema produtivo, ou seja, as restrições, logo, questões relacionadas a outros recursos são deixadas de lado, pois estas não interferem no desempenho global perante as metas empresariais, portanto, não representam melhorias a organização.

Com base nestes ideais dos processos de otimização contínua pode-se, segundo Marques e Cia (1998), delimitar nove regras básicas de boa gestão da produção considerando restrições físicas:

I. Balancear o fluxo e não a capacidade: prega o fluxo contínuo de materiais no processo produtivo, logo, desconsidera aumentos individuais de capacidades, pois esta prática resulta em aumento de inventário e despesas, portanto não favorecerem a otimização do desempenho do ambiente fabril.

II. O nível de utilização de um recurso não gargalo não é determinado pelo seu próprio potencial e sim por uma restrição do sistema: A lógica aplicada relaciona-se ao princípio da subordinação dos recursos não gargalos ao ritmo determinado pela restrição do sistema.

III. A utilização e ativação de um recurso não são sinônimos: utilização relaciona-se com o uso de recursos não restritivos conforme ritmo ditado pelo item gargalo enquanto ativação corresponde a produção excessiva de recursos resultando em aumento de inventário.

IV. Uma hora perdida no gargalo é uma hora perdida no sistema inteiro: tendo como base a subordinação dos recursos ao recurso gargalo do sistema, caso ocorra perdas de disponibilidade do recurso gargalo estas perdas serão refletidas em todo o sistema.

V. Uma hora economizada onde não é gargalo é apenas uma ilusão: o princípio básico desta afirmativa é composto pela ideia de dependência do recurso não restritivo ao recurso gargalo, logo, economizar uma hora em recursos não gargalos resultará tão somente em tempo ocioso não representando ganhos ao processo.

VI. Os gargalos governam o ganho e o inventário: como os recursos gargalos ditam o ritmo do fluxo produtivo qualquer oscilação do fluxo promoverá acréscimo de inventário e/ou redução de ganhos.

VII. O lote de transferência não pode e muitas vezes não deve ser igual ao lote de processamento: objetivando reduzir tempos de fluxo de material, o lote operado no recurso (lote em processamento) deverá ser diferente da quantidade de material transferida para o recurso posterior (lote de transferência).

VIII. O lote de processamento deve ser variável e não fixo: devido as diferenças entre as quantidades dos lotes de transferência e de processamento, este último deverá variar em quantidade conforme a operação em execução.

IX. Os programas devem ser estabelecidos, considerando todas as restrições simultaneamente: a programação da produção definirá o quê, quanto e quando produzir de

acordo com as restrições do sistema produtivo, assim, os tempos de processamento bem como de espera na produção são resultantes da programação, logo, não são pré-determinados.

Porém quando se trata desses princípios bem como dos estágios do processo de otimização contínua, Goldratt (2008), afirma que incidem sobre estes processos obstáculos que impedem as empresas de obterem significativas e sucessivas melhorias, logo, bloqueiam o avanço da organização para com o desempenho estipulado conforme metas programadas. Ainda conforme ao autor, estas dificuldades referem-se ao comportamento humano, as pessoas apresentarem dificuldades em lidar com a complexidade, conflitos e potencialidade de se obter melhorias, desse modo, todos os obstáculos relacionam-se com a cultura das pessoas que atuam no sistema produtivo e, sendo assim, a maneira com a qual as pessoas agem perante os desafios irá determinar a efetividades dos processos de melhorias resultantes da identificação e exploração de oportunidades advindas dos recursos gargalos do sistema produtivo.

Considerando este fato, a TOC, conforme Fantini (2011), fundamenta-se em quatro princípios provenientes da necessidade de superar as dificuldades de se estabelecer um processos cíclico de melhoria, que são:

- Simplicidade Inerente (SI);
- Harmonia;
- Respeito;
- Potencial Inerente.

Os dois primeiros itens relacionam-se com a necessidade de simplificação de problemas, desse modo, partem do pressuposto de que todo sistema complexo apresenta uma simplicidade inerente a qual é harmoniosa por natureza (GOLDRATT, 2008).

Conforme Fantini (2011), estes princípios iniciais podem ser justificados pelo fato de que todos os elos de um sistema estão correlacionados por relações de causalidades, as quais convergem para uma particularidade de causas comuns, ou seja, considerando o ambiente fabril, isto indica que ao invés de despender tempo analisando e otimizando todos os componentes da cadeia produtiva pode-se solucionar problemas em um processo a partir de melhorias significativas nos componentes frágeis do sistema produtivo aumentando, portanto, a simplicidade de resolução do problema.

Fantini (2011) descreve, quanto ao terceiro princípio, que a inexistência do respeito entre os integrantes do sistema produtivo pode ocasionar no fracasso dos processos não alcançando as metas almejadas pela organização. Desse modo, o respeito encontra-se interligado diretamente com o comportamento motivacional humano conduzindo os pensamentos das pessoas para que tudo seja efetuado conforme o esperado segundo estratégia organizacional.

O último princípio, de acordo com Almeida et al. (2010), indica que qualquer sistema pode ser melhorado significativamente e continuamente, pois mudanças no padrão de processos representam impactos diretos na realidade do ambiente empresarial.

De modo geral, estes princípios representam o pensamento base da TOC de que todos os componentes de um sistema apresentam alguma espécie de inter-relação, portanto, superar os obstáculos provenientes da interface humana contribuirá significativamente no dinamismo do processo de identificação e exploração dos poucos componentes que representam potenciais melhorias ao desempenho organizacionais.

Quando se considera casos de restrições políticas, conforme Akkari (2009), os cinco estágios de processo de melhoria contínua acabam inviabilizados devido a falta de clareza de como realizar essas etapas, logo, aplica-se os processos de raciocínio da TOC que nada mais são que a substituição das regras de aprimoramento contínuo por regras de pensamento lógico, adequando o processo de identificação e melhoria de restrições para restrições não-físicas.

#### ***2.2.1.4 Processos de Raciocínio da TOC***

Os processos de raciocínio (PR) da TOC referem-se a ferramentas de abordagem analítica através da relação de causa e efeito aplicadas a restrições não-físicas. De modo geral, para Csillag e Corbett (1998), essas ferramentas utilizam-se da lógica para solução de problemas e determinação de causa-raiz as quais são responsáveis pelos impasses enfrentados no sistema organizacional.

O PR é formado por três perguntas fundamentais, nas quais se baseiam todo o processo de gerenciamento de decisão, estas, conforme Sellito (2005), buscam explorar a flexibilidade da companhia relacionada a adaptabilidade para com variações no ambiente no qual esta se faz presente a partir das respostas à:

- I. O que mudar?
- II. Para que mudar?
- III. Como causar a mudança?

Segundo Ferreira (2007), o PR da TOC interpreta as restrições organizacionais de natureza política como relacionadas diretamente a problemas de conflitos não resolvidos, denominado como “Conflito Principal”, e, dessa maneira, os passos realizados para responder as questões fundamentais objetivam traçar estratégias de melhoria de desempenho desafiando as premissas lógicas coexistentes com o conflito principal.

Conforme Santos Neto (2012), o primeiro dos questionamentos realizados objetiva orientar a execução do diagnóstico da situação atual na tentativa de se identificar o problema do sistema. Desse modo, conforme Csillag e Corbett (1998), a premissa básica considerada nesta fase é que somente devem-se atacar as causas comuns dos problemas identificados, e não os sintomas em geral.

Portanto, para Akkari (2009), a árvore de realidade atual (ARA) é uma das ferramentas aplicáveis que podem ser empregadas para facilitar o processo de identificação de problemas indesejáveis auxiliando no processo de percepção dos problemas-cerne dos processos não restritivos, isto se deve, segundo Fantini (2011), a ARA ser uma ferramenta que determina as causas-raízes de problemas indesejáveis por meio do pensamento lógico que correlaciona causas e efeitos.

A segunda pergunta fundamental, ainda segundo Akkari (2009), relaciona-se com a definição de políticas substitutas (Para que mudar) através da eliminação de todos os problemas advindos de políticas incongruentes. Para isso, o mesmo indica a utilização de ferramentas como a árvore de realidade futura (ARF) e o Diagrama de Dispersão de Nuvem (DDN). Isto se justifica, de acordo com Goldratt (1994), ao fato de que a maioria dos problemas estão relacionados com conflitos internos, logo, como o DDN busca “evaporar” estes possíveis conflitos por meio de pressupostos lógicos, torna-se útil na percepção das premissas que ocasionam as restrições do sistema. Com o DDN realizado, de acordo com Csillag e Corbett (1998), a aplicação da ARF deve ser realizada para verificar possíveis problemas futuros que possam surgir como “efeitos colaterais” devido as mudanças a serem executadas, possibilitando a obstrução destes ainda na fase de planejamento, portanto, a ARF é aplicada objetivando testar hipóteses de solução antes de sua aplicação.

A terceira questão é representada pela formulação do plano de ação de como implementar ao ambiente corporativo as mudanças definidas a partir do planejamento realizado pela ARF. Desse modo, devem-se sequenciar os passos necessários, sendo, segundo Csillag e Corbett (1998), a árvore de pré-requisitos (APR) uma ferramenta adequada para esta fase, a qual contribui na definição de etapas de implementação das ações pré-determinadas por meio da definição de possíveis obstáculos às soluções aplicáveis. Ainda segundo os autores, faz-se necessário a aplicação da árvore de transição (AT), justificando esta afirmativa a partir do apoio que esta dispõe na definição de ações a serem adotadas objetivando garantir que os objetivos intermediários da APR sejam alcançados.

### 2.2.2 *Indicadores de Desempenho*

Hoss e Grespan (2006) apud Santos Neto (2012), afirmam que, as organizações almejando alcançar suas metas quanto a lucratividade, necessitam considerar no processo de tomada de decisão as medidas de desempenho, as quais, tais como o gerenciamento de restrições, influenciam diretamente na determinação de valor das decisões no sistema produtivo de bens ou serviços.

Considerando a TOC, Goldratt (1991), desenvolveu as medidas de desempenho dessa metodologia de programação de produção a partir de três perguntas básica:

- I. Ganho: Quanto de contribuição monetária é gerada a empresa?
- II. Inventário: Quanto dinheiro é capturado pela empresa?
- III. Despesa Operacional (DO): Qual é o valor monetário que a empresa precisará desembolsar para operá-la?

Segundo Corbett Neto (1997), ganho é definido como o valor das vendas decrescido dos custos totalmente variáveis, sendo estes, em geral, de matéria-prima. Portanto, desconsideram-se produtos em inventário, pois esses ainda não foram vendidos, logo, não representam ganhos à organização.

No caso de inventários, de acordo com Goldratt e Cox (1993), estes podem ser definidos segundo a TOC como todo valor investido na compra de coisas que se pretende

vender. Desse modo, máquinas, equipamentos, instalações e estoques de produto acabado são fatores considerados nas medidas de inventário.

Por último, de acordo com Goldratt e Cox (1993), as despesas operacionais são consideradas todo o valor dispendido pela organização para transformar o inventário em ganhos, portanto, depreciação de máquinas e equipamentos, salários de mão de obra e outras despesas encaixam-se nessa conjectura.

Logo, conforme Santos Neto (2012), as decisões baseadas nessas três medidas específicas permitem estabelecer relações tanto com o lucro líquido quando com o retorno sobre o investimento, indicando que a decisão correta referente as medidas de desempenho da TOC correlacionam-se com o aumento de ganhos e redução de inventários bem como de despesas operacionais.

Essa ideologia da TOC referente às medidas de desempenho revelou uma nova metodologia de tomada de decisão baseada nos ganhos corporativos conhecida na literatura como contabilidade de ganhos.

Santos Neto (2012), argumenta que a contabilidade de ganhos baseia-se nos fundamentos da TOC, pois as organizações foram desenvolvidas pra obter lucro, ao contrário da visão tradicional, focalizada no controle e redução de custos.

A ideia central desta nova metodologia pregada pela TOC, divergente da contabilidade de custos tradicional, segundo Corbett Neto (1997), baseia-se no fato de que os custos não precisam ser calculados quando se necessita medir o impacto no lucro líquido (LL) e retorno sobre o investimento (RSI) da empresa. Logo, as decisões gerenciais adequadas podem ser adotadas tão somente a partir dessas medidas de desempenho global da TOC, além do gerenciamento das restrições.

De forma geral, a contabilidade de ganhos, nova técnica sugerida pela TOC e a contabilidade de custos tradicional diferem-se na forma como as mesmas tratam os custos organizacionais. Este fato pode ser observado a partir da comparação das duas metodologias disposta no quadro 1 a seguir.

**Quadro 1: Metodologias de tomada de decisão sobre a contabilidade**

<b>Contabilidade de Custos</b>	<b>Contabilidade de Ganhos</b>
Redução do custo por unidade é o principal foco	Apenas redução no custo total da empresa é levada em consideração
Não leva em consideração o impacto no ganho da empresa	O aumento do ganho da empresa é o principal foco
Qualquer aumento de eficiência local é aceitável	Apenas aumentos da eficiência que aumentam o ganho ou reduzem os custos totais da empresa são aceitáveis

**Fonte: Retirado de Corbett Neto (1997) apud Santos Neto (2012).**



### 2.3 Método de análise e solução de problemas

A TOC baseia-se, fundamentalmente, na identificação e aprimoramento da taxa de utilização dos recursos gargalos, desse modo, objetivando otimizar a performance do sistema produtivo, deve-se compreender os problemas proeminentes e determinar a causa-raiz do problema principal do sistema.

Partindo deste princípio, o método de análise e solução de problemas (MASP) apresenta-se muito eficaz, pois este, segundo Campos (1992), consiste no emprego sucessivo de processos de planejamento, execução, verificação e padronização de atividades visando à resolução de problemas.

De acordo com Moreira (2004), o MASP apresenta uma abordagem sistêmica, portanto, esta ferramenta possui um enfoque centrado nos problemas incidentes sobre o sistema organizacional objetivando identificar e eliminar causas de desvios que inviabilizam o alcance da meta corporativa bem como explorar as oportunidades que estes podem propiciar ao sistema como um todo.

Ainda conforme a autora, o método, ao identificar um problema dentro do sistema organizacional, primeiramente, avaliará as condições do problema, caso este represente restrições ao desempenho empresarial o MASP começa a “olhar para o passado” por meio do levantamento de dados históricos com a finalidade de se identificar a causa-raiz e diagnosticar fatores nos quais os problemas estão centrados.

Para Cortada (2005), o MASP representa uma peça fundamental para a manutenibilidade de sistemas produtivos podendo ser utilizado tanto para manter a qualidade e eliminar erros crônicos quanto para melhorar a qualidade como um todo, através do redirecionamento do processo.

Campos (1992), argumenta que a importância principal do MASP baseia-se no fato deste utilizar-se de fatos e dados para a definição de princípios de solução aos problemas identificados, desse modo, a metodologia extingue o processo decisório baseado no “*feeling*” evitando desperdícios de tempo e de recursos relacionadas às incertezas existentes na tomada decisão levando em consideração tão somente a intuição.

O MASP é um método utilizado para encontrar de forma sistematizada as soluções ideais aos problemas centrais avaliados com base nos princípios do ciclo PDCA e nas sete ferramentas da qualidade (FORMENTINI, 2014).

Desse modo, Campos (1992) estrutura a ferramenta MASP conforme o ciclo PDCA, logo, concilia as ferramentas de gestão da qualidade com o ciclo de melhoria contínua considerando as fases de planejamento, na qual se identifica o problema e definem-se ações para correção dos desvios sobre o sistema, execução, que visa por meio do plano de ação estratégico a erradicação de causas fundamentais, verificação, etapa em que se avalia se as ações adotadas proporcionaram um bloqueio efetivo às causas centrais do problema, e padronização, objetivando manter e incorporar os novos procedimentos desenvolvidos a partir da eliminação do problema-cerne. De modo geral, a estrutura desenvolvida por Campos para a aplicação do MASP pode ser observado, sinteticamente, no quadro 02 a seguir.

**Quadro 2: Método de Análise Solução de Problemas**

PDCA	FLUXO-GRAMA	FASE	OBJETIVO
<b>P</b>	①	Identificação do problema	Definir claramente o problema e reconhecer sua importância
	②	Observação	Investigar as características específicas do problema sob vários pontos de vista.
	③	Análise	Descobrir as causas fundamentais
	④	Plano de ação	Conceber um plano para bloquear as causas fundamentais
<b>D</b>	⑤	Ação	Bloquear as causas fundamentais
<b>C</b>	⑥	Verificação	Verificar se o bloqueio foi efetivo
	?	(Bloqueio foi efetivo ?) Se não, volte para a fase 2	
<b>A</b>	⑦	Padronização	Prevenir contra o reaparecimento do problema
	⑧	Conclusão	Recapitular todo o processo de solução do problema para trabalho futuro

Fonte: Campos, 1992.

### **3. METODOLOGIA**

#### **3.1 Enquadramento da pesquisa**

O presente estudo foi desenvolvido a partir de pesquisas teóricas e observatória, ou seja, realizou-se o levantamento da bibliografia disponível objetivando obter referências que contribuam diretamente na execução prática do trabalho, a qual foi realizada através de coleta de dados em campo exploratório.

Desse modo, a pesquisa realizada apresentara caráter qualitativo e quantitativo, pois se espera que o levantamento de dados baseie-se em dados catalogados e mensuráveis bem como em entrevistas desenvolvidas com o pessoal da empresa em estudos relacionados com o planejamento e controle de produção. Esta abordagem abrangendo esses estilos justifica-se, pois a pesquisa qualitativa caracteriza-se por preocupar-se com aspectos da realidade que não podem ser quantificados/mensurados centrando-se na compreensão e explicação da dinâmica das relações sociais (SILVEIRA E CÓRDOVA, 2009, p.32), enquanto a pesquisa quantitativa tende a enfatizar o raciocínio dedutivo, as regras da lógica e os atributos mensuráveis da experiência humana.

Considerando as características da pesquisa desenvolvida, esta apresentou caráter prático, logo, aplicado, isto, pois segundo Silveira e Córdova (2009, p.35), a natureza aplicada representa uma metodologia que gera soluções a problemas específicos em estudo por meio de conhecimentos práticos destinados ao desenvolvimento do meio social em que o estudo é desenvolvido.

Quanto à objetividade, foi desenvolvido um estudo exploratório que, conforme Gil (2007), representa um método de familiarização com o problema visando explicitar o mesmo ou formular hipóteses, logo, pode envolver levantamento bibliográfico, entrevistas e exemplos de estímulo a compreensão. Dessa maneira, este método demonstra adequadamente o modelo de trabalho executado devido ao mesmo ser composto por estudos teóricos e observatórios em campo, visando construir e aplicar hipóteses para solução de problemas restritivos de capacidade.

De modo geral, através de todos os aspectos que foram desenvolvidos no presente estudo, as características dos procedimentos adotados visam à execução de um estudo de caso em conjunto com a pesquisa bibliográfica sobre a TOC.

Para Fonseca (2002) a pesquisa bibliográfica é efetuada por meio de levantamento de materiais publicados apresentando referências sobre o tema em estudo, ou seja, refere-se a análise de bibliografia para compreensão e obtenção de novos conhecimentos sobre o assunto trabalhado.

Quanto ao estudo de caso, Gil (2007), define esta como um tipo de estudo profundo e exaustivo de objetos pré-determinados viabilizando o vasto detalhamento técnico do objeto em estudo. Desse modo, este tipo de metodologia é amplamente aplicado em casos de formulação e desenvolvimento de hipóteses/teorias preservando as características específicas do objeto estudado.

Portanto, no presente trabalho, considerando o tipo de procedimento a ser aplicado, objetivou desenvolver a teoria e prática da TOC dentro da realidade industrial de Dourados através da realização do estudo em empresa do setor de agronegócio.

### **3.2 Procedimentos da pesquisa**

Para a pesquisa realizada, inicialmente, efetuou-se o levantamento bibliográfico analisando a TOC e construindo o método de aplicação de seus passos a sistemas produtivos de produção contínua, o qual caracteriza o sistema produtivo da empresa a ser objeto de estudo, facilitando a compreensão e avaliação de como a ferramenta pode ser aplicada a realidade de indústrias com esta característica.

Logo após, foram realizadas entrevistas informais com participantes da pesquisa, levantando dados históricos e observações em campo e analisando cada etapa do processo produtivo assim como os métodos de trabalho adotados durante a execução de atividades pela empresa para, desse modo, ser possível identificar e melhorar as restrições existentes nos processos da empresa, melhorando o desempenho global desta aumentando seus ganhos e reduzindo inventários e custos operacionais.

Para a análise dos dados obtidos aplicou-se as ferramentas da qualidade conforme o MASP, possibilitando identificar e priorizar causas fundamentais, auxiliando na formulação de hipóteses e princípios de solução bem como na execução e validação das alternativas de solução do problema.

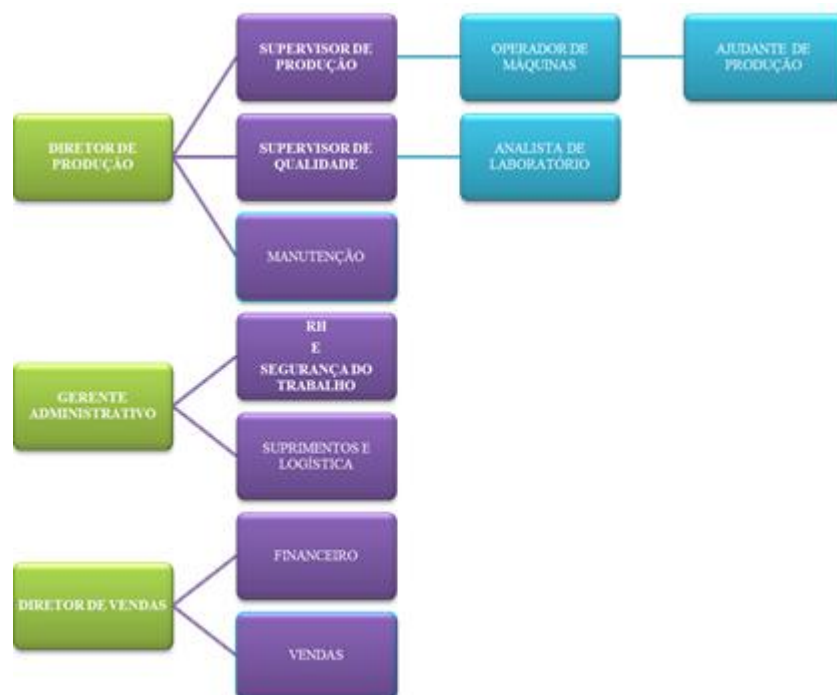
## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Caracterização da empresa

A Rações Douramix Ltda. atua no segmento de nutrição animal tendo como principais consumidores os Estados do Mato Grosso do Sul e Rondônia. Para atender seus clientes, a empresa adota um sistema produtivo em linha, sendo este, quase em sua totalidade, automatizado, logo, os processos de produção da organização objetivam fabricar grandes volumes de produtos e, portanto, apresentam-se pouco flexíveis a mudanças de operações produtivas.

Com a finalidade de atender a demanda de mercado, a empresa apresenta uma jornada de trabalho de 08h48min diárias durante cinco dias por semana e conta com uma equipe de 45 funcionários distribuídos entre as diversas funções de produção, conforme demonstrado na Figura 2, tendo como atividades principais no ambiente fabril operações de máquinas, manutenção de máquinas e equipamento, manuseio e transporte de materiais.

**Figura 2: Organograma funcional da empresa**

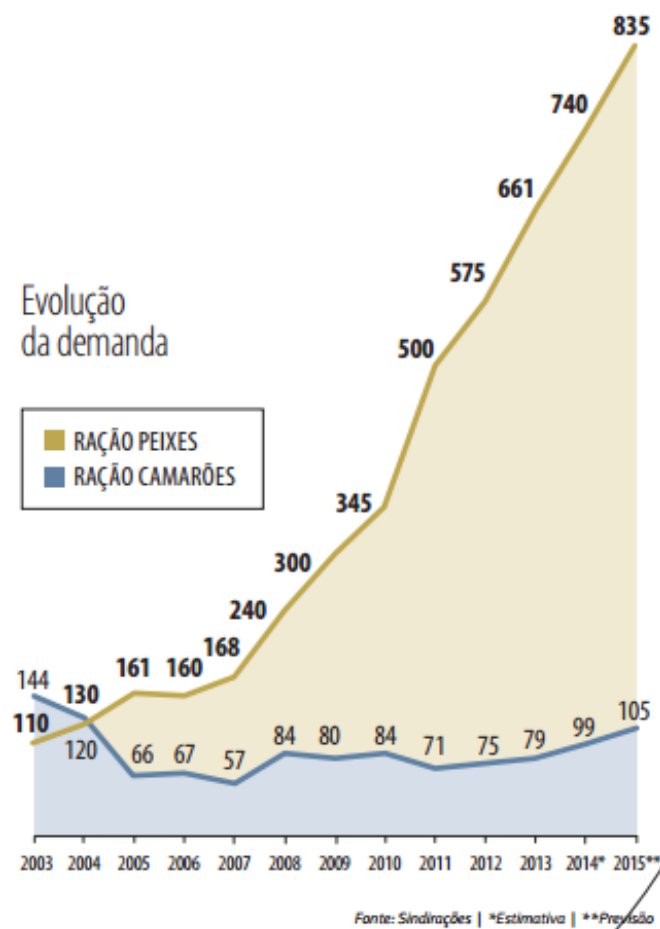


Fonte: Douramix, 2016.

Considerando o portfólio de produtos, a organização fabrica produtos destinados à pecuária, suinocultura, avicultura, gado de leite, cães e, principalmente, à piscicultura. Levando em conta a prospecção de mercado para o principal setor de atuação da empresa (piscicultura), têm-se estimativas de crescimento de demanda, como demonstrado pela SINDIRAÇÕES (2015) na Figura 3, resultando em expectativas promissoras de aumento de produção.

Em contrapartida, analisando-se a variação cambial recente do mercado brasileiro (Figura 4), os preços das principais matérias-primas utilizados para a fabricação de produtos destinados ao mesmo setor, segundo a SINDIRAÇÕES (2015), sofreram altas de mais de 20% durante o ano de 2015, demonstrando uma elevação dos custos de produção e, por conseguinte, impactos significativos na saúde financeira das organizações, logo, a empresa objeto de estudo apresenta-se receosa com aumento de gastos, incentivando assim, medidas de redução de custos e desperdícios.

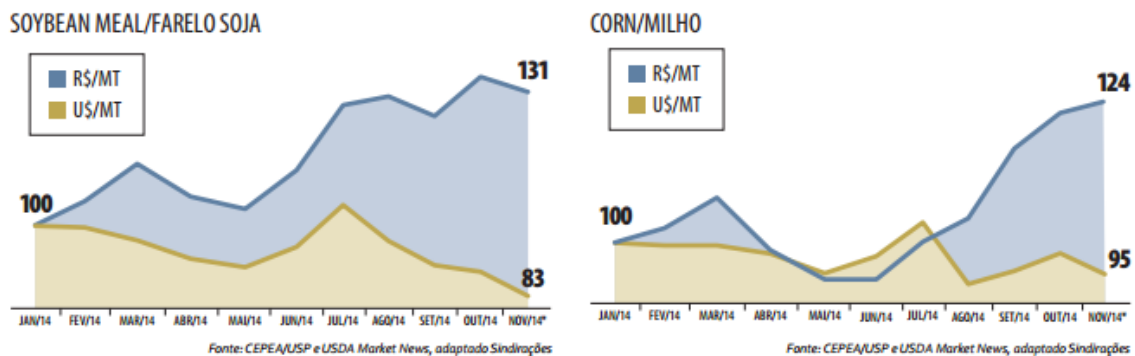
**Figura 3: Evolução de demanda no setor de aquicultura**



Fonte: SINDIRAÇÕES, 2015.

**Figura 4: Flutuação cambial de preços para milho e farelo de soja**

**Influência do câmbio**



Fonte: SINDIRAÇÕES, 2015.

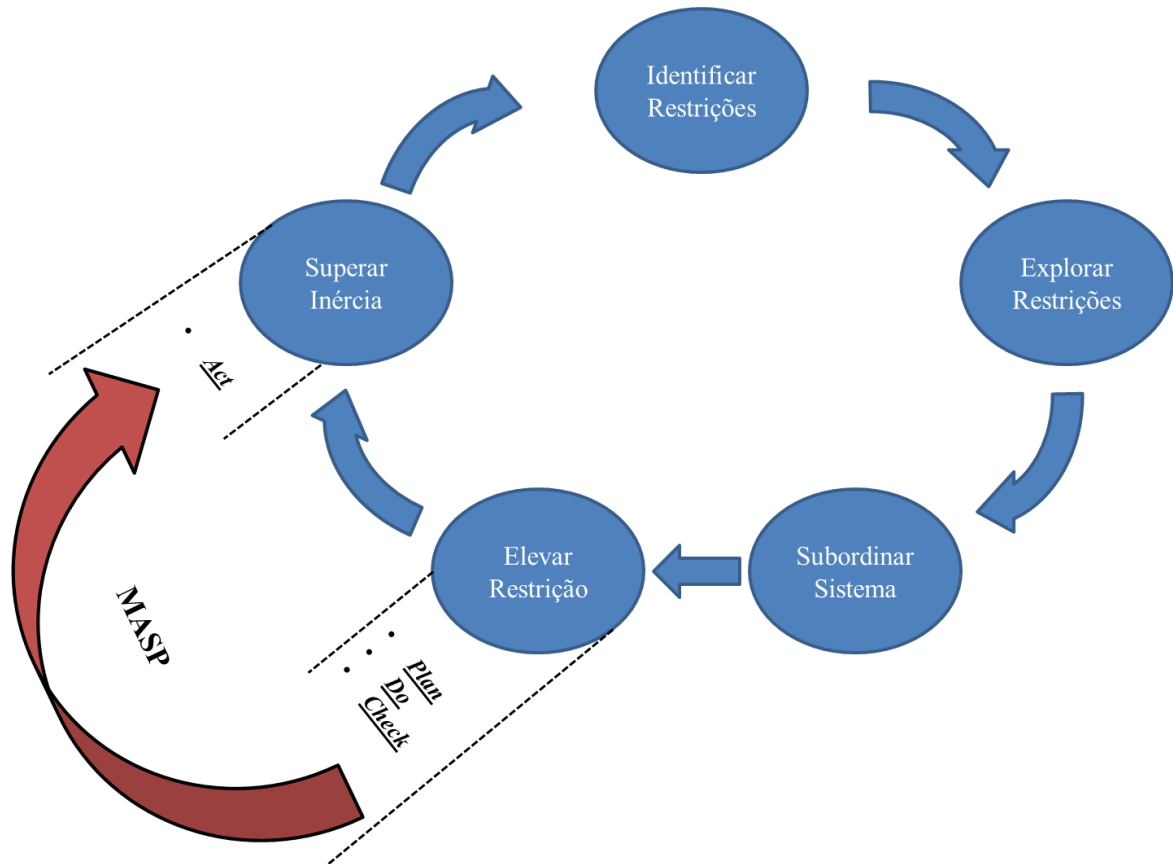
Desse modo, observando as configurações de mercado, percebe-se a necessidade de desenvolvimento de programas de gestão à empresa que auxiliem na redução de desperdícios de material, melhorem o controle de produção, promovam um sistema de produção ritmada e otimizem a utilização de recurso, pois isto implicará no desenvolvimento de práticas que permitam atender a crescente demanda do setor a partir da aplicação balanceada de materiais, reduzindo custos e aprimorando processos de produção.

#### 4.2 Aplicação do processo de otimização contínua

Visando promover o estudo de restrições e capacidade do sistema através da aplicação da TOC, o presente trabalho fez uso do método de aprimoramento contínuo disposto por Goldratt, o qual, conforme Rahman (2002), permite facilmente compreender o ambiente fabril e planejar os processos de otimização de capacidade do recurso gargalo.

Porém, para esta finalidade, adaptou-se o modelo original de cinco estágios proposto por Goldrat, alinhando os conceitos da ferramenta MASP ao mesmo, resultando, portanto, na utilização das duas técnicas de otimização de processos na Rações Douramix Ltda. a partir da análise e resolução contínua de problemas conforme proposta apresentada na Figura 5 a seguir, a qual demonstra que a ferramenta auxiliar MASP seria aplicada nos estágios de elevar restrição do sistema bem como de superar a inércia através do levantamento de restrições remanescentes.

**Figura 5: Proposta de ciclo de otimização contínua adaptado de Sabbadini (2005)**



**Fonte: Autor.**

#### 4.2.1 Identificação de Restrição do Sistema

O levantamento de possíveis gargalos ao sistema produtivo da empresa está diretamente associado com uma análise aprofundada do estado atual do processo produtivo, observando o fluxo de materiais e informações, verificando fatores que influenciem sobre os resultados organizacionais e avaliando indicadores de desempenho.

Dessa forma, durante a presente etapa, objetiva-se examinar o cenário atual dos processos de produção da Rações Douramix Ltda. e, com esta finalidade, aplicou-se o mapeamento do fluxo de valor (MFV), o qual, conforme Rother e Shook (1998), permite analisar todas as etapas do processo produtivo tornando, assim, possível enxergar os problemas inerentes ao sistema global bem como os elos mais frágeis dos processos desenvolvidos pela manufatura.



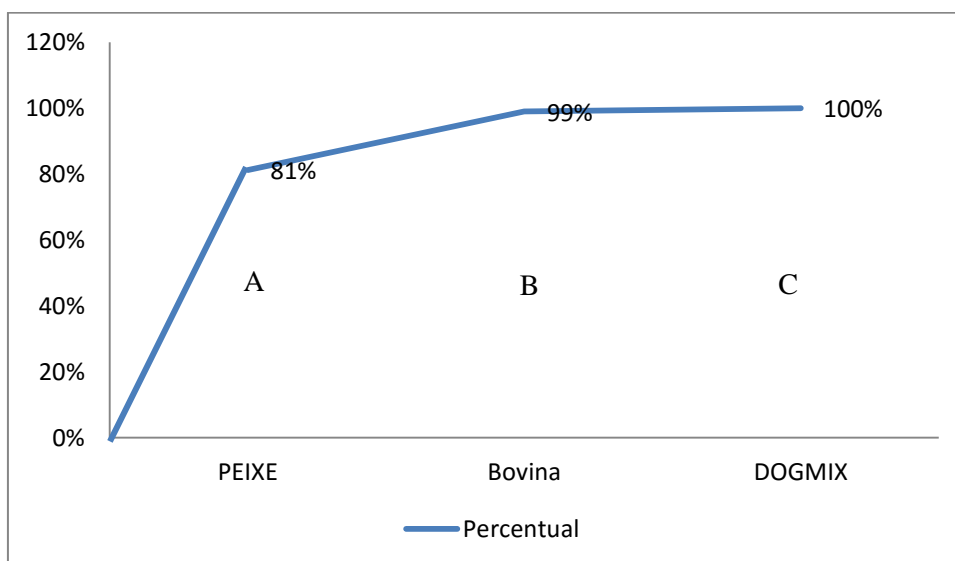
Entretanto, é inviável aferir o fluxo de materiais e informações relacionados a cada produto específico do portfólio da empresa, desse modo, antes de se realizar o MFV delimitou-se a família de produtos a ser trabalhada no ambiente fabril.

#### 4.2.1.1 Seleção de família de produtos

Objetivando delimitar a gama de produtos em análise da organização objeto de estudo, buscou-se determinar a família de produtos para avaliação, pois, considerar todos os produtos da organização iria resultar em um trabalho dispendioso e exaustivo, portanto, devem-se selecionar os produtos mais representativos, em grau econômico e/ou de mercado, a empresa analisada.

Para isso, aplicou-se a curva abc utilizando como dados base a demanda total de produtos durante o ano de 2015 de todas as famílias fabricadas pela empresa conforme seu portfólio de produtos e, a partir disso, obteve-se como resultado o gráfico 1 a seguir. Vale ressaltar que produtos voltados ao atendimento do setor avícola e a suinocultura são fabricados somente sob encomenda e os pedidos são aceitos apenas se estes forem financeiramente significativos à empresa, devido a este fato, produtos destes dois setores não foram produzidos durante o período levantado.

**Gráfico 1: Curva abc de demanda das famílias de produtos**



Fonte: Autor.

Desse modo, a família de produtos analisada durante toda a execução deste trabalho foi a de rações de peixes, pois esta representa 81% (cerca de 9290 ton) da demanda total de produtos da empresa, logo, solucionar problemas de capacidade produtiva relacionados a essa família de produtos resultará em ganhos significativos a organização bem como na melhoria da saúde financeira da mesma.

#### ***4.2.1.2 Mapeamento do Fluxo de Valor***

A partir da seleção do produto objeto de estudo, buscou-se, por meio de pesquisa observatória em chão de fábrica, visualizar todos os elementos componentes do sistema produtivo bem como o fluxo do processo. Após compreensão de procedimentos adotados, foi realizado o mapeamento do processo produtivo da empresa, sendo este disposto na Figura 6.

A execução do MFV permite que todas as etapas do processo produtivo sejam identificadas, auxiliando na visualização de possíveis problemas que reduzem a performance do sistema produtivo, portanto, a ferramenta contribui na percepção de métodos, procedimentos, fluxos e ciclos de fabricação.

Desse modo, através do MFV realizado foram obtidas, quanto ao fluxo de informações, as seguintes ponderações:

I. Os dados de entrada do sistema produtivo são obtidos pelo setor de vendas e as solicitações de insumos são realizadas pela equipe de compra, desse modo, o controle de produção fica responsável somente pelas atividades do chão de fábrica;

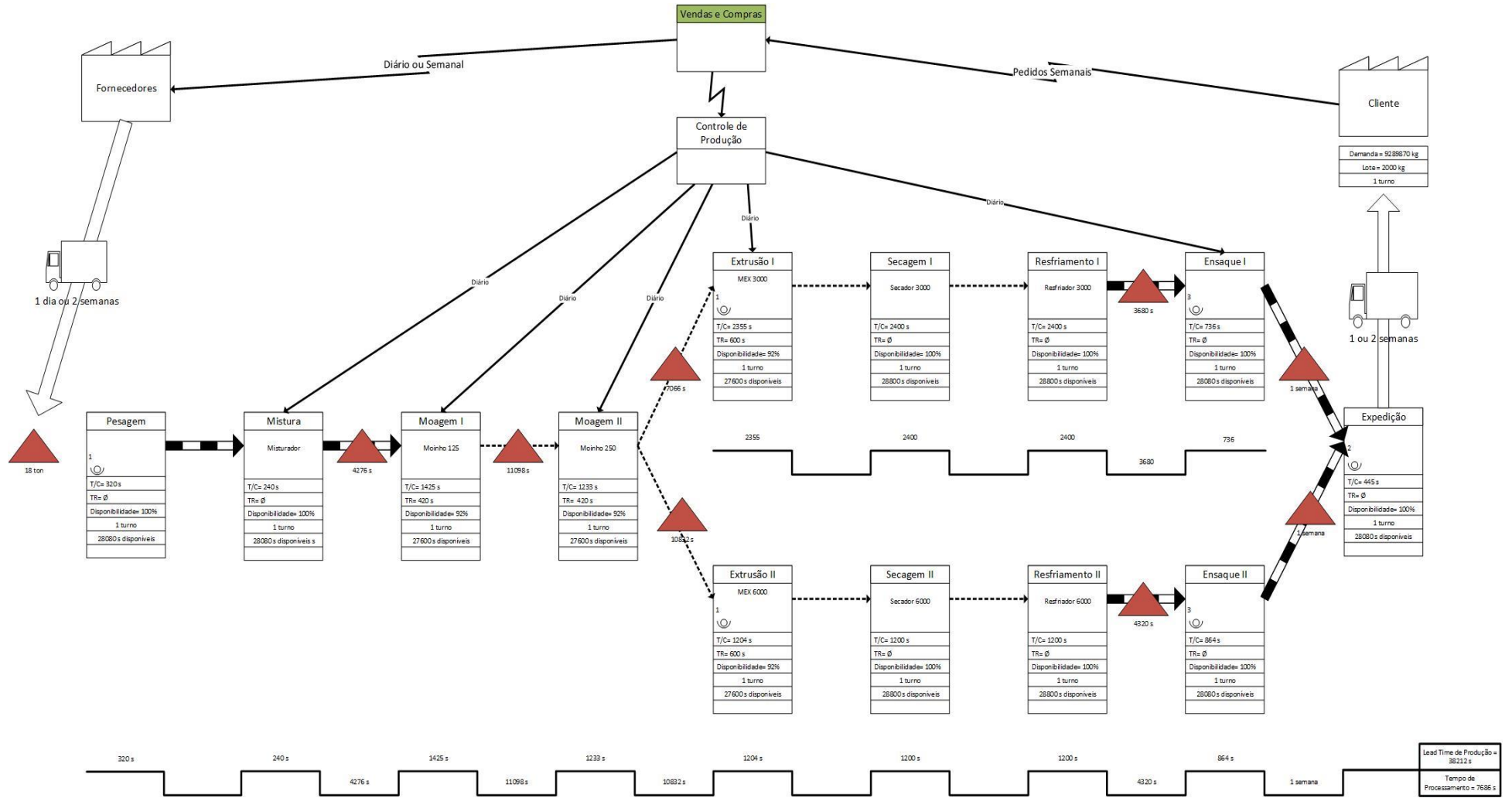
II. A previsão de demanda é executada pelo setor de vendas, porém somente os pedidos em carteira levantados são repassados, semanalmente, ao PCP;

III. As ordens de produção são emitidas diariamente pelo PCP sendo estas elaboradas em períodos semanais;

IV. Após executadas as atividades de produção são repassadas as informações dos indicadores de produção ao PCP;

V. Embora as atividades fabris sejam, em suma maioria, automatizadas, as informações são distribuídas diretamente pelo PCP no chão de fábrica, ou seja, não há distribuição eletrônica de informação entre esses dois setores.

**Figura 6: Mapeamento do Fluxo de Valor do sistema produtivo da Rações Douramix Ltda.**



Fonte: Autor.

Quanto ao fluxo de materiais, obteve-se por meio do MFV:

- I. A empresa trabalha somente com lotes de 2000 kg;
- II. O processo produtivo apresenta etapas de produção empurrada, do recebimento até a entrada do processo de moagem I e, posteriormente, do ensaque a expedição, e puxada, desde o processo de moagem II ao resfriamento;
- III. O sistema produtivo, após os processos de moagem, converge em duas linhas de produção, as quais apresentam capacidades produtivas diferentes;
- IV. Analisando a configuração das duas linhas produtivas apresentadas a partir do processo de extrusão, observa-se que a linha II foi confeccionada objetivando produzir 6 ton/h, no caso da linha I, esta apresenta capacidade instalada para produção de 3 ton/h;
- V. Levantando os tempos de processamento de cada um dos processos de fabricação do produto percebe-se que, desconsiderando os tempos de produto em estoque, o processo produtivo da empresa gasta cerca de duas horas para produzir um lote, ou seja, em um sistema ideal sem estoques de produto em processo, após a entrada de matéria-prima no sistema produtivo, esta será transformada no produto final especificado em um tempo equivalente há duas horas;
- VI. Em contrapartida a observação anterior, ao se levar em conta os tempos de estoque, considerando estes operando em sua máxima capacidade, o lead time de produção será equivalente às 10h e 36min, logo, a produção do produto analisado, neste tipo de situação, terminaria tão somente no dia posterior ao início do processo de produção;
- VII. Desconsiderando as paradas não programadas, de modo geral, a empresa apresenta disponibilidade em seus equipamentos de, no mínimo, 92%, entretanto, a mesma não pratica efetivamente manutenção preventiva e preditiva, logo, a organização trabalha principalmente com manutenção corretiva, o que resulta na redução de capacidade fabril devido a quebras recorrentes;
- VIII. Considerando a capacidade de produção em cada um dos processos, tem-se que, caso nenhuma troca de produção ocorra, conforme Rother e Shook (1998), a capacidade atual do processo equivale ao tempo de trabalho disponível dividido pelo respectivo tempo de ciclo (TC) e multiplicado pela disponibilidade percentual de máquina;
- IX. Dentre todos os processos aplicados ao produto, o processo de moagem I apresenta a menor capacidade produtiva total sendo esta de 18 lotes por dia, logo, este processo configura a restrição do sistema;

X. Devido ao fato citado anteriormente, como os processos posteriores a moagem I produzem em sua capacidade máxima, são comuns paradas de produção devido à falta de material moído;

XI. Dessa forma, no cenário atual, considerando um processo produtivo perfeito, ou seja, sem quebras ou qualquer tipo de paradas não programadas, espera-se uma produção diária de 18 lotes.

Dessa maneira, considerando o takt time de produção para a ração de peixe, o qual é dado pela divisão do tempo de trabalho disponível por turno pela demanda do cliente, obteve-se que para o processo de produção da respectiva família de produtos, deve-se produzir, ao menos, um lote a cada 23min e 46s, sendo, ao todo, 19 lotes por dia.

Ainda ressaltam-se as ambições da empresa, esta objetiva aumentar sua capacidade produtiva a 6000 kg/h o que resultaria, aproximadamente, em 46000 kg fabricados por dia, logo, a meta de aumento de capacidade produtiva da empresa seria um acréscimo de 29% da produção total atual.

Logo, percebe-se que, para o processo produtivo da empresa objeto de estudo, há a real necessidade de otimizar a restrição física do sistema, sendo esta o processo de moagem I, pois este apresenta o maior TC necessário para processar um lote de 2000 kg, portanto, a operação de moagem dita todo o ritmo de produção suprimindo a capacidade produtiva da fábrica e aumentando o lead time de todo o sistema.

De modo geral, levantando alguns aspectos específicos do elemento gargalo têm-se que os parâmetros relacionados a granulometria bem como matéria-prima influenciam diretamente no desempenho e eficiência do mesmo, portanto, quando a produção exige o uso de equipamentos para o controle de dimensão do produto fabricado de porte reduzido, aumenta-se o tempo necessário de processamento nas máquinas responsáveis por executar a operação de moagem resultando na redução de desempenho do sistema.

Considerando as máquinas que compõem o processo de moagem I tem-se que há apenas uma máquina responsável pela operação de moagem sendo esta o moinho 125, além de roscas transportadoras de entrada e saída de material e o elevador para movimentação do produto ao processo posterior. A potência do moinho 125 é menor que a da máquina responsável pelo mesma operação durante o processo de moagem II, o que implica na necessidade de um maior tempo de processamento, logo, o fluxo de material para o processo seguinte é mais reduzido.

Levantando as informações gerais do processo de moagem I, construiu-se a tabela I, apresentando, resumidamente, parâmetros de operação e funcionamento bem como de equipamentos utilizados, além dos tempos operacionais e disponibilidade do equipamento.

**Tabela 1: Informações operacionais da moagem I**

<b>Informações Gerais Moinho 125</b>	
<b>PARÂMETROS</b>	<b>Descrição</b>
<b>De desempenho</b>	
Corrente Elétrica	A amperagem nominal de trabalho equivale a 140 A sendo o valor máximo permitido de 173 A
Frequência	A alimentação do sistema é efetuada conforme a frequência aplicada, a qual possui nominal de 60 Hz
<b>De ferramentas</b>	
Peneira	Controla a granulometria da ração, geralmente apresenta numeração de 1,5 mm, podendo esta variar conforme matéria-prima
Martelos	Reduz eficiência de moagem conforme desgaste, procura-se moer uniformemente através da inversão da direção de moagem
<b>De manutenção</b>	
Limpeza	Embora a limpeza seja programada, esta nem sempre ocorre conforme a programação, logo, estima-se esta com periodicidade mensal
Lubrificação	Lubrificam-se mancais e rolamentos uma vez a cada três dias, esta atividade leva cerca de 25 min
Disponibilidade	A máquina apresenta disponibilidade de 92%, desconsiderando paradas não planejadas
<b>De Tempos Padrão</b>	
Tempo de ciclo	Representa o tempo necessário para se produzir um lote, o qual equivale à 1425 s
Troca de ferramenta	Tempo necessário para adequação de ferramentas a nova ordem de produção, dura geralmente 420 s

**Fonte: Autor.**

#### **4.2.1.3 Desempenho da Contabilidade de ganhos**

Mantendo o foco na análise do cenário atual do processo produtivo, buscou-se avaliar o desempenho do processo produtivo para com a saúde financeira da organização, logo, levantou-se as informações referentes aos custos variáveis inerentes ao processo, inventário bem como o saldo de vendas da empresa.

Dessa forma, foram adotados os indicadores de desempenho da TOC baseados na contabilidade de ganhos, a qual apresenta como foco, segundo Corbett Neto (1997), na maximização de lucros a partir da análise dos ganhos, o qual é obtido através da subtração dos custos totalmente variáveis (CTV) das vendas, inventários e despesas operacionais (DO)

aplicadas pela empresa para converter produtos fabricados em vendas, diferindo-se, assim, da contabilidade tradicional, pois esta objetiva diretamente a redução de custos.

No entanto, seguindo as necessidades da organização, a análise desses indicadores foi centrada em ganhos e inventários devido ao fato de as DO (energia elétrica, depreciação de máquinas, seguro de fábrica, limpeza de fábrica e custos indiretos de fabricação) não apresentarem mudanças significativas no decorrer do período de análise (2015) se comparado aos resultados proporcionados pelas variações cambiais.

Portanto, levantando as informações relacionadas aos pontos centrais de análise obteve-se o quadro 3 a seguir, a qual dispõe dos valores dos indicadores de ganhos e inventários, sendo estes arranjados de acordo com parâmetros de avaliação.

**Quadro 3: Valores atuais dos indicadores da contabilidade de ganhos**

ITEM	VALOR
Vendas	R\$ 16.390.180,45
CTV	-R\$ 12.220.510,03
Ganhos	R\$ 4.169.670,42
Despesas Operacionais	-1762806,08
Inventário	R\$ 147.039,75

Fonte: Autor.

A partir desses valores, é possível definir as medidas de lucro líquido (LL), o qual é dado pela subtração das despesas operacionais dos ganhos obtidos, e retorno sobre o investimento (RSI), sendo este, segundo Corbett Neto (1997), resultado da divisão do LL pelo valor de inventário.

Desse modo, analisando estes indicadores da contabilidade de ganhos obteve-se os resultados demonstrados no quadro 4 abaixo, os quais devem ser otimizados pela aplicação da TOC por meio do aumento dos ganhos e dos inventários.

**Quadro 4: Valores de Lucro Líquido e Retorno Sobre o Investimento**

Lucro Líquido	R\$ 2.406.864,34
RSI	R\$ 40,35

Fonte: Autor.

#### 4.2.2 Explorar restrição do sistema

Identificado o elemento restritor do sistema produtivo, ou seja, os recursos que restringem a performance global do ambiente fabril, deve-se explorar a capacidade máxima da restrição de forma que se maximize os ganhos sobre a mesma, portanto, a organização necessita administrar seus processos objetivando utilizar 100% de seu processo gargalo, pois uma hora ganha sobre a restrição representa uma melhoria de desempenho inerente a todo sistema de produção. Portanto, analisou-se procedimentos e técnicas de produção aplicados ao processo gargalo com a finalidade de levantar possíveis métodos de melhoria da taxa de utilização da restrição.

Primeiramente, verificou-se as ações empregadas pela empresa para aumentar a utilização da máquina responsável pela função de moagem, para esta, a Rações Douramix Ltda. emprega dez horas diárias de funcionamento, o que resulta em horas extras para o operador de máquina, sendo o objetivo dessa medida garantir a produção diária. No caso da matéria-prima, pelo processo de pesagem e mistura apresentarem alta ociosidade, a qual equivale, respectivamente, a 78% e 83%, devido aos baixos tempo de ciclo desses processos, a organização adota um sistema de produção empurrada produzindo os insumos a serem consumidos pela moagem I no final do expediente de trabalho do dia anterior, logo, esses processos produzem visando a estocagem de produto em processo.

Ainda se observando as medidas adotadas pela empresa, as recomendações direcionadas aos operadores é de funcionamento do maquinário conforme o valor nominal de corrente elétrica e frequência bem como inverter o sentido de rotação dos martelos do moinho (equipamentos responsáveis pela atividade de moer os insumos de entrada) a cada, pelo menos, 8 horas, assegurando assim, a equidade do desgaste dos dois lados dos martelos.

Desse modo, visando promover a produção contínua, a organização investe no fluxo empurrado de produção até os estoques de material para o processo de moagem I assim como em horas extras, o que resulta no aumento de custos de mão de obra (MO).

Analisando os procedimentos, concluiu-se que, ponderando somente a finalidade de explorar a restrição do sistema, que o processo gargalo não pode ser explorado, somente melhorado, pois a máquina já opera em sua capacidade máxima além de apresentar alta disponibilidade (desconsiderando as paradas não programadas). Entretanto, caso se opere a máquina no valor máximo permitido de corrente elétrica e frequência a produção será



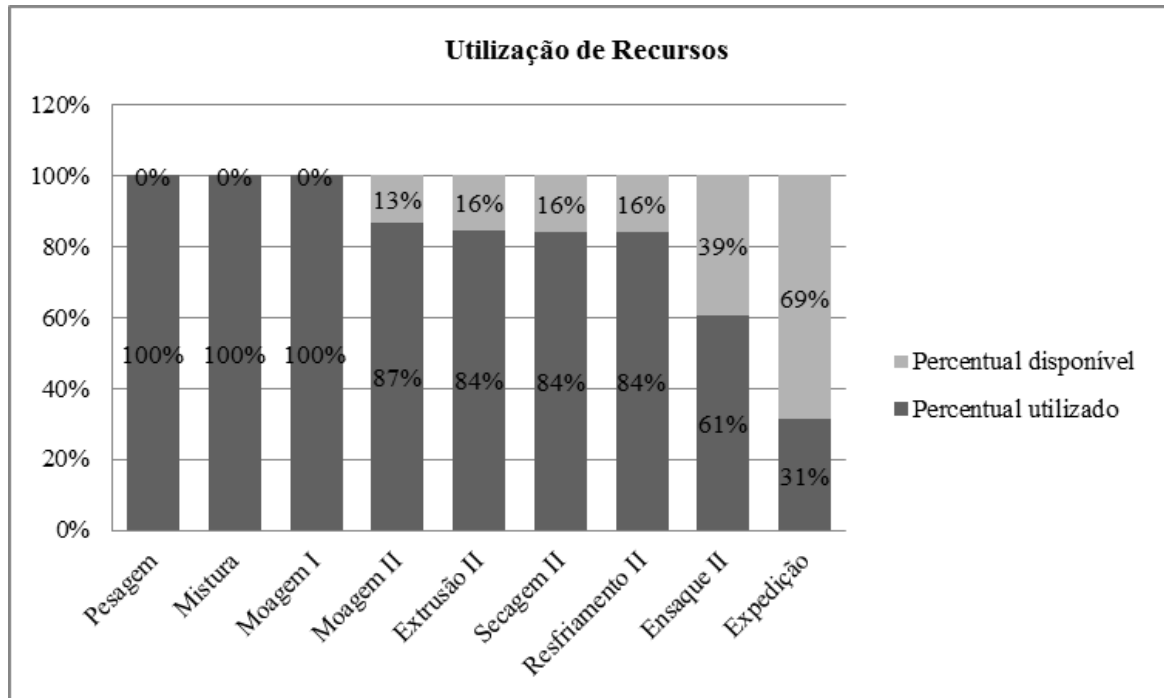
acrescida, porém, o processo correrá o risco de quedas de energia não compensando, dessa maneira, esse procedimento.

#### *4.2.3 Subordinar todo sistema a restrição*

Explorada a restrição, têm-se um processo gargalo trabalhando em sua máxima capacidade e, a partir disso, deve-se balancear o fluxo produtivo entre todos os processos conforme o ritmo de trabalho ditado pelo elemento restritor, pois, como apresentado por Marques e Cia (1998), ativação de recursos resulta em excesso de produção gerando estoques de produto em processo, logo, difere-se da utilização, a qual se baseia na produção conforme a cadência produtiva da restrição, portanto, o nível de utilização dos recursos não gargalos são determinados pelo potencial produtivo do elo mais frágil do sistema.

Além mais, balancear o fluxo de produção no sistema global objetiva garantir o fluxo contínuo de fabricação de produtos evitando, assim, estoques, pois desconsidera aumentos individuais de capacidade, e ociosidade de recursos visto que alinha a produção de cada um de seus processos as necessidades de seus processos clientes, logo, o enfoque é dado a otimização do sistema produtivo total.

Desse modo, considerando o cenário atual do processo produtivo discriminado anteriormente, foi desenvolvido o balanceamento do fluxo produtivo subordinando este ao ritmo produtivo delimitado pelo processo gargalo obtendo-se como resultado o gráfico 2 a seguir, o qual demonstra a taxa de utilização de cada processo produtivo necessária para igualar o fluxo de material destes ao total produzido pela restrição do sistema. Ressalta-se que foi considerado nessa análise somente a linha II de produção, a qual possui capacidade de produção de 6000 ton/h, devido ao fato desta já atender a demanda total de insumos conforme ritmo delimitado pelo processo gargalo.

**Gráfico 2: Subordinação de recursos ao processo restritor**

Fonte: Autor.

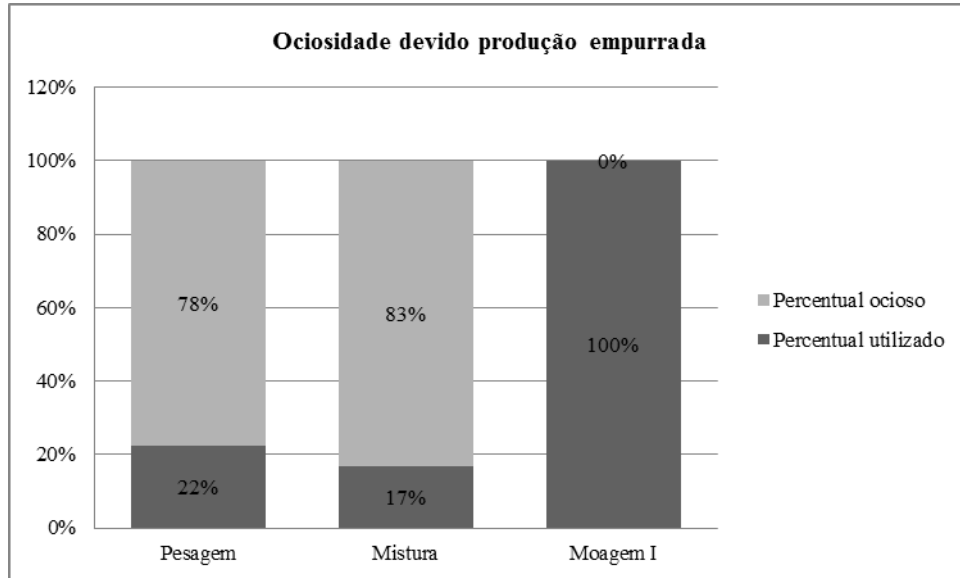
Por meio do gráfico 2 percebe-se que, objetivando manter um fluxo contínuo de materiais durante todas as etapas de fabricação, os recursos de processos posteriores ao de moagem I apresentarão um percentual de capacidade disponível devido ao enfoque na utilização e não na ativação desses instrumentos de produção.

Contraditoriamente, os processos anteriores ao gargalo produtivo, considerando as características e necessidades da empresa, objetivam a ativação de recursos para, assim, garantir a disponibilidade de material para o processo gargalo seguindo o princípio de proteção da restrição do sistema, pois qualquer parada do mesmo implicará em perda de desempenho do sistema global, resultando no aumento de despesas operacionais e redução de ganhos, portanto, estes processos antecedentes ao processo gargalo (moagem I) não serem subordinados a restrição do sistema.

Dessa maneira, devido as características de produção empurrada, os processos de pesagem e mistura apresentarão altos índices de ociosidade, conforme visualizado no gráfico 3, entretanto, considera-se viável a organização deste procedimento quando se avalia as fronteiras de produção puxada e empurrada dentro do processo produtivo (Figura 7), isto porque a produção empurrada para os processos anteriores a restrição permite a empresa programar o fluxo de materiais de forma que se reduza o lead time total de processamento, além de não ser compensatório a indústria reduzir significativamente a velocidade de

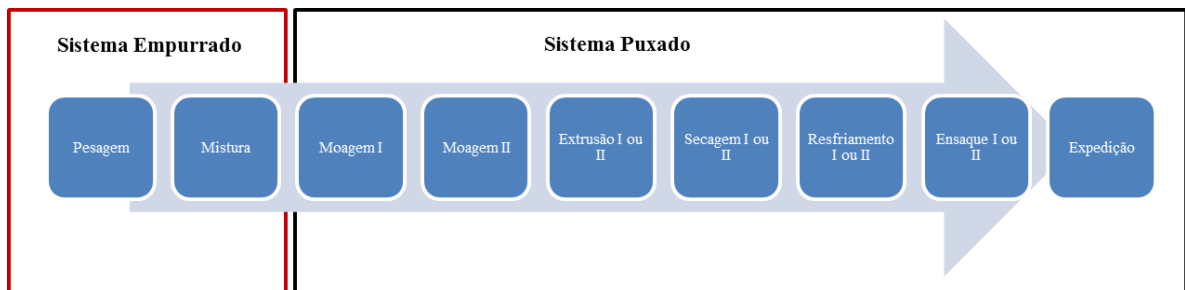
processamento dessas etapas do sistema produtivo caso se considere os custos para manter estes equipamentos ativos e/ou operando em vazio.

**Gráfico 3: Ociosidade nos processos de pesagem e mistura**



Fonte: Autor.

**Figura 7: Fronteiras dos modelos de produção aplicados na empresa**



Fonte: Autor.

Portanto, embora seja necessário subordinar todo o sistema produtivo a cadência de produção ditada pelo gargalo, deve-se antes analisar e propor um equilíbrio entre as práticas enxutas proporcionadas durante a aplicação dessa etapa do processo de otimização continuada, avaliando o ponto ótimo conforme as características da indústria e do sistema produtivo em análise.

#### 4.2.4 Elevar Restrição do sistema

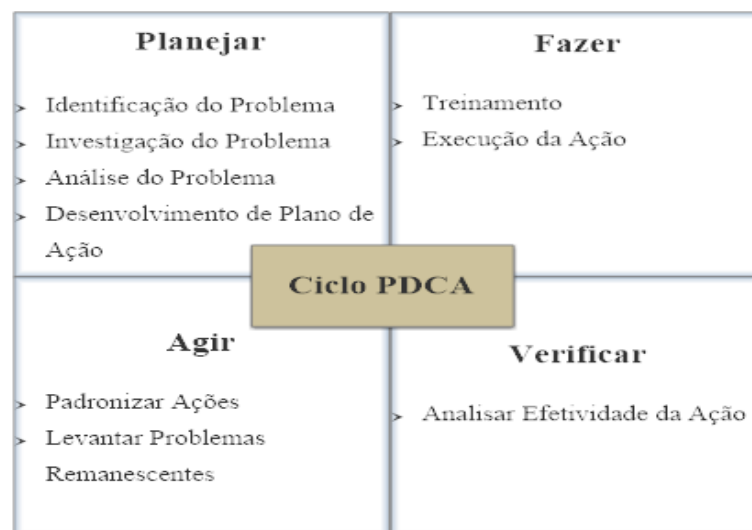
Com a utilização máxima do elemento restritor do sistema do bem como o balanceamento da linha de produção subordinando esta ao ritmo de produção do gargalo deve-se buscar por melhorias focalizadas em melhorar a restrição do sistema aumentando a capacidade produtiva da fábrica.

Desse modo, o estágio de elevação da restrição do sistema, tem por finalidade aumentar a taxa de utilização do gargalo melhorando seu desempenho, logo, objetiva-se nesta fase levantar as causas fundamentais dos problemas produtivos relacionados ao elemento gargalo, além de determinar possíveis princípios de solução para otimização dos recursos que restringem o desempenho organizacional, pois ao se elevar a capacidade produtiva do processo gargalo eleva-se, por conseguinte, a capacidade do sistema como um todo.

Para isso, utilizou-se do Método de Análise e Solução de Problemas (MASP), o qual se baseia no ciclo PDCA aplicado em conjunto com as sete ferramentas da qualidade, com a finalidade de auxiliar na identificação da causa-raiz do problema e na definição de soluções.

Logo, esta etapa foi realizada desenvolvendo as fases do ciclo PDCA conforme Figura 8 apresentada a seguir. Ressalta-se que devido às características da pesquisa desenvolvida, executou-se somente a etapa de planejamento, pois não houve disponibilidade de aplicação do método e, portanto, não há formas de se avaliar a efetividade das ações aqui, hipoteticamente, definidas.

**Figura 8: Atividades desenvolvidas conforme fases do ciclo PDCA**



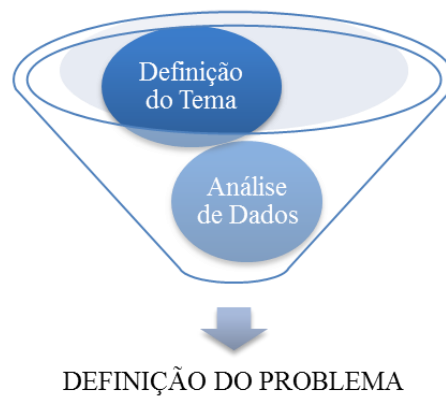
Fonte: Adaptado de Campos, 1992.

Desse modo, o decorrer da análise dos aspectos de capacidade produtiva sobre a perspectiva da restrição do sistema foi desenvolvida sobre a ótica do MASP sendo as etapas do método apresentadas nos tópicos posteriores do presente trabalho.

#### ***4.2.4.1 Identificação do problema***

A primeira etapa do MASP consiste na identificação do problema a qual é desenvolvida a partir do afunilamento do tema a ser tratado conforme Figura 9.

**Figura 9: Afunilamento do processo de identificação do problema**



**Fonte: Autor.**

No entanto, devido ao método utilizado da TOC, o problema foi identificado por meio da fase de identificação da restrição, o qual, por meio da análise dos dados obtidos do processo produtivo e da realização do MFV, foi definido o problema como sendo a “baixa capacidade produtiva do moinho 125 no processo de moagem I”. Desse modo, seguiu-se para a etapa posterior de investigação do problema.

#### ***4.2.4.2 Investigação do problema***

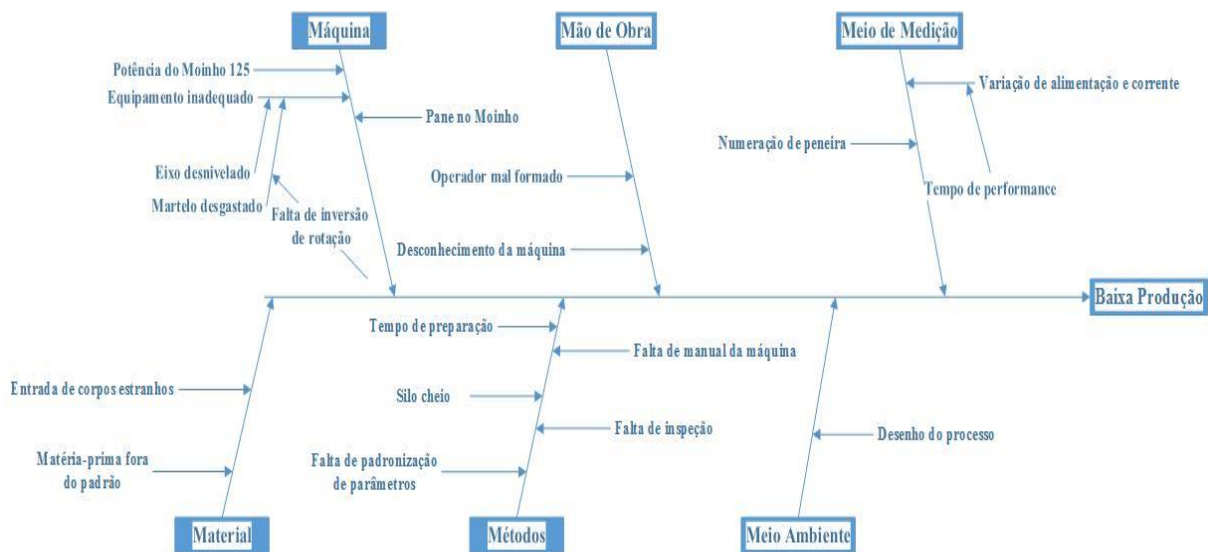
Consiste na etapa de observação do problema no chão de fábrica, desse modo, objetiva-se o contato direto com as variáveis do processo investigando as possíveis causas

principais do problema de baixa capacidade produtiva do moinho 125 no processo de moagem I, verificando os procedimentos aplicados bem como as características de execução do processo.

Logo, analisando os parâmetros do processo de moagem I, consta-se que o moinho 125 atualmente já trabalha em sua capacidade máxima teórica segundo a empresa fabricante, ou seja, em 5000 kg/h, desse modo, deve-se verificar as opções de mudanças do processo produtivo de maneira que se aumente a produtividade global do sistema produtivo e solucione o problema enfrentado.

Para este fim, elaborou-se o diagrama de causa e efeito (DCE) apresentado na Figura 10 abaixo, o qual dispõe das causas de baixa produtividade visualizadas em chão de fábrica considerando os parâmetros de funcionamento do processo de moagem I obtidos por meio de *brainstorming* em conjunto com a equipe de trabalho da empresa objeto de estudo.

**Figura 10: Diagrama de causa e efeito do problema identificado**



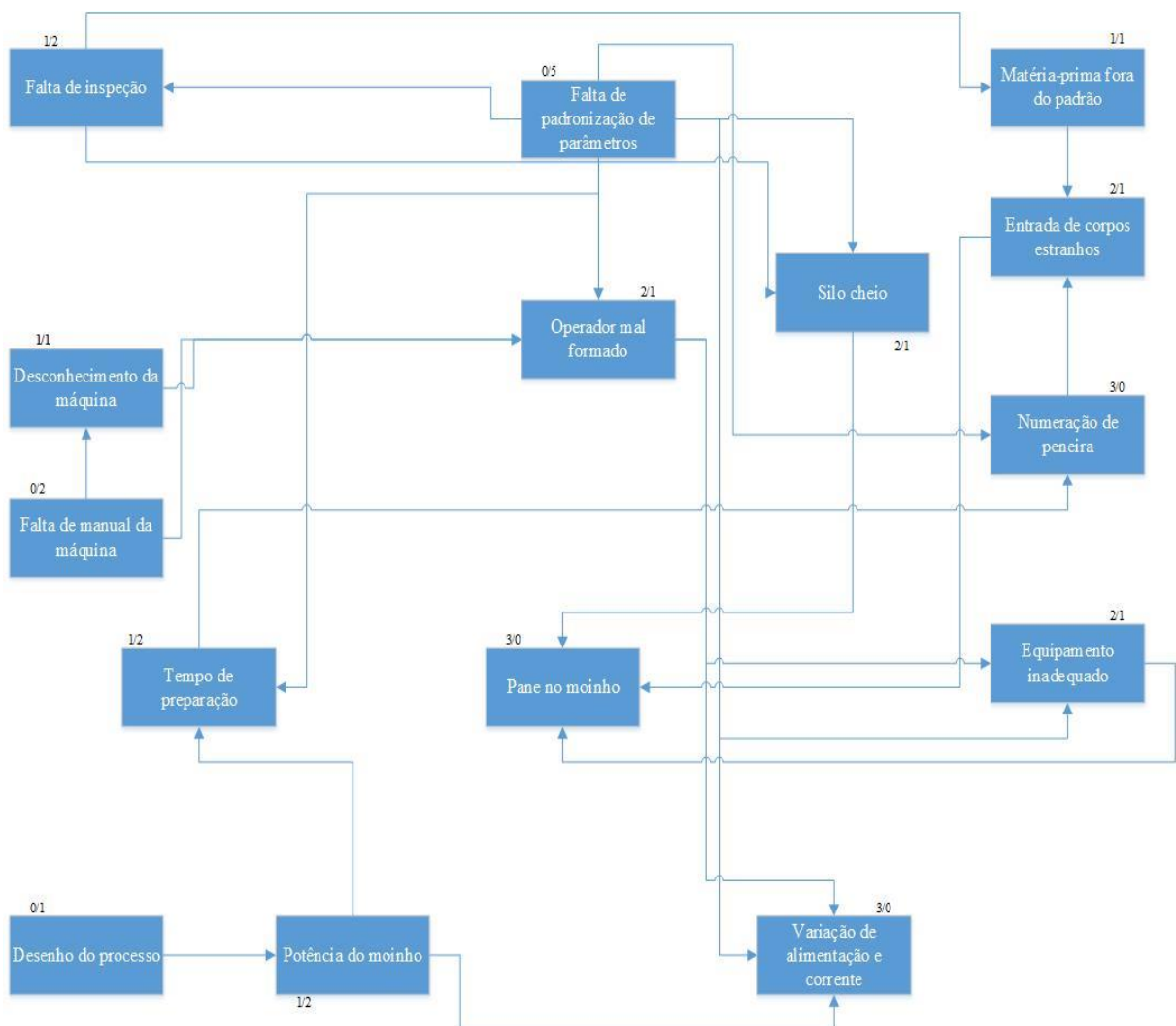
Fonte: Autor.

A maioria das causas levantadas em ambiente fabril relaciona-se a questões metodológicas aplicadas ao processo de moagem I, entretanto, não é possível delimitar quais são as possíveis causas fundamentais do problema enfrentado, assim, faz-se necessário a análise direta dessas causas observadas, delimitando e priorizando as causas raízes para, logo após, determinar, hipoteticamente, alternativas de solução ao sistema produtivo.

#### 4.2.4.3 Análise do problema

A partir do DCE foi possível levantar as possíveis causas no chão de fábrica do problema identificado, entretanto, faz-se necessário analisar as causas identificadas buscando estabelecer métodos de priorização, definindo as causas que devem ser atacadas para a resolução do problema. Contudo, comumente algumas causas podem ser, na realidade, efeitos de uma outra possível causa levantada para o problema analisado, desse modo, aplicou-se o diagrama de relação (DR), sendo este apresentado na Figura 11 a seguir, o qual auxilia na verificação das reais causas do problema bem como no processo de identificação da causa fundamental deste.

**Figura 11: Diagrama de relação para as causas levantadas**



Fonte: Autor.

O DR determina quais são as reais causas do problema através da ligação entre todas as possíveis causas levantadas por meio do diagrama de causa e efeito, desse modo, aquelas causas que apresentam mais entradas (setas direcionadas a causa, sendo estas representadas pelo primeiro número de Entrada/Saída) do que saídas (setas geradas pela causa, as quais são dispostas no segundo número de Entrada/Saída) são consideradas causas resultantes e, contraditoriamente, no caso de mais saídas do que entradas têm-se as causas geradoras.

Para o problema identificado na etapa anterior, e filtrando as causas do DCE, obteve-se que as reais causas do problema estão centradas no método aplicado no processo bem como nas características do moinho 125, tendo como principais fatores a falta de padronização de parâmetros específicos ao processo de moagem I, falta de manual do equipamento e o desenho do processo (distribuição das etapas do processo).

Considerando somente as causas listadas anteriormente, definiu-se como causa fundamental a “falta de padronização de parâmetros de operação as atividades do processo de moagem I”, pois esta se apresentou a partir da DR como a principal causa geradora ocasionando, ao menos, cinco diferentes agentes atuantes sobre o problema (numeração de peneira, silo cheio, falta de inspeção, má formação de operador e variação de alimentação e corrente).

Dessa maneira, o estabelecimento de um padrão dos parâmetros de funcionamento determinando a metodologia de trabalho adequada para controle dos indicadores de produtividade da moagem faz-se necessária, e, com esta finalidade, foram propostas soluções ao problema considerando a causa fundamental levantada, podendo estas serem visualizadas no quadro 5 a seguir.

As Alternativas de solução, de modo geral, sistematizam soluções através da delimitação de um padrão de trabalho, no entanto, para que estas sejam viáveis, necessita-se aplicar as mesmas em âmbito fabril objetivando, assim, definir e padronizar os parâmetros ideais de funcionamento do processo de moagem I, assegurando o aumento de capacidade produtiva do sistema global.

Entretanto, a fim de se definir as alternativas de solução aceitáveis, avaliaram-se as propostas de solução levantadas através do julgamento da equipe multidisciplinar da organização envolvida diretamente com as atividades do processo de moagem I, logo, foi possível determinar qual alternativa de solução é aplicável considerando seus efeitos esperados e colaterais.



**Quadro 5: Proposição de alternativas de solução do problema.**

<b>Cod.</b>	<b>Hipóteses</b>	<b>Efeitos Esperados</b>	<b>Efeitos Indesejáveis</b>	<b>Julgamento</b>
1	Alteração de máquinas dos processos de moagem I e II, padronizando os novos parâmetros de moagem dos dois processos.	Moagem centralizada no moinho 250 (capacidade de 10 ton/h).	Aumento de custos devido quebras de peneiras. Redução de performance dos moinhos 250 e 125. Custos devido período de testes	Não aceitável
2	Definição de POP sobre as atividades executadas, alterando as saídas de material do processo de moagem I diretamente ao processo de extrusão.	Tarefas padronizadas e saídas de material diretas da moagem I e II para a extrusão.	Aumento de custos devido paradas por quebras de peneiras. (moinho 250 seria forçado a trabalhar em maior potência ocasionando as quebras)	Não aceitável
3	Aplicação de um modelo de teste - erro para definição de parâmetros adequados de funcionamento para corrente elétrica, alimentação e a numeração ideal de peneira que aumente a saída de material para o processo posterior.	Aumento da saída de material do moinho 125.	Custos devido período de testes.	Aceitável
4	Mudança do método de trabalho, realizando as atividades até o processo de moagem I em antecedência (sistema empurrado) e as outras atividades somente em dia posterior (sistema puxado), utilizando-se dos parâmetros atuais de funcionamento	Produção para estoques assegurando a disponibilidade de material ao processo posterior	Configuração possível somente se não houver mudanças na ração a ser produzida no dia posterior. Risco de contaminação da ração fabricada devido contato com o início do processo de produção de ração planejada	Não aceitável

**Fonte: Autor.**

Desse modo, a terceira hipótese foi escolhida para ser aplicada na empresa em análise sendo, portanto, necessário planejar ações posteriores possibilitando, assim, obter todos os benefícios esperados por meio das mudanças operacionais a serem executadas sobre o sistema produtivo.

#### 4.2.4.4 Elaboração de plano de ação

A última etapa da fase de planejamento tem por objetivo confeccionar um plano de ação para o bloqueio da causa-raiz do problema, portanto, desenvolvem-se estratégias de ação e se analisa as propostas certificando-se que as mesmas não produzam efeitos colaterais ao bom funcionamento do processo. Dessa forma, foi desenvolvido, no quadro 6 abaixo, o plano de ação para aplicação da hipótese de solução definida como adequada para o bloqueio da causa-raiz do problema, atribuindo responsabilidades e objetividades das ações.

**Quadro 6: Planejamento de ações para bloqueio da causa fundamental**

Plano de Ação					
O quê	Quem	Quando	Onde	Porque	Como
Desenvolver estratégias de padronização de parâmetros	Supervisor de Qualidade/PCP	Até 21/10	PCP	Para delimitar procedimentos de aplicação da hipótese de solução proposta	Utilizando a estrutura de recursos da empresa
Conscientização para com os gargalos produtivos	Supervisor de Qualidade/PCP	Até 21/10	Chão de fábrica	Para disseminar o conhecimento das restrições do processo entre os colaboradores	Efetuando treinamentos
Criar procedimento formal de trabalho na moagem	Supervisor de Qualidade/PCP	Até 21/10	Qualidade	Para discriminar o modo como as atividades do processo de moagem I devem ser executadas	Através da análise dos procedimentos informais pré-existentes
Levantar parâmetros ideais de trabalho	Supervisor de Produção Operador de máquina	Até 21/10	Chão de fábrica	Para definir os parâmetros que maximizem a capacidade produtiva do processo	A partir da aplicação de um modelo de teste - erro
Avaliar parâmetros levantados	Supervisor de Qualidade/PCP	Até 21/10	PCP	Para determinar se os parâmetros levantados condizem com a realidade	Por meio de dados anteriores e benchmarking
Padronizar parâmetros de operação	Supervisor de Qualidade/PCP	Até 21/10	PCP	Para padronizar parâmetros de funcionamento do moinho 125	Através do modelo de BPF e manuais
Levantar dados de operação do equipamento após mudanças	Supervisor de Produção Operador de máquina	Até 21/12	Chão de fábrica	Para obter dados de operação permitindo análises posteriores de capacidade produtiva	Utilizando-se de listas de verificação
Verificar se o bloqueio da causa fundamental foi efetivo	Supervisor de Qualidade/PCP	Até 21/11	Chão de fábrica	Para analisar efetividade de ações adotadas	Por meio de dados operacionais levantados
Avaliar resultados quanto as metas	Supervisor de Qualidade/PCP Direção	Até 21/01	PCP	Para avaliar se as metas definidas ao trabalho pela organização foram obtidas	Por meio de dados operacionais levantados
Padronizar ações e levantar problemas remanescentes	Supervisor de Qualidade/PCP Supervisor de produção	Até 21/02	PCP e Qualidade	Para identificar novos problemas restritivos surgidos após resolução de problema anterior	Por meio de análise do processo, lista de verificações, MFV, entre outras ferramentas

Fonte: Autor.

#### 4.2.5 Nova configuração de produção esperada

Devido as limitações do presente trabalho não foi possível aplicar o plano de ação elaborado, no entanto, com a finalidade de levantar as modificações a serem realizadas no sistema produtivo por meio deste projeto, considerando as análises sobre o cenário atual do processo bem como as novas configurações globais de operação, definiram-se as melhorias esperadas ao processo.

Sendo assim, com a resolução do problema aplicando-se a TOC espera-se as seguintes mudanças do processo:

##### I. Redução da ativação de recursos

Após a aplicação da TOC, os materiais produzidos pelos recursos não restritivos de capacidade passam a ser subordinada a capacidade produtiva do gargalo do sistema, logo, eleva-se a utilização de recursos reduzindo a ativação de materiais e, conseqüentemente, a quantidade de produtos em estoque.

##### II. Fluxo de trabalho contínuo considerando restrições de custo x benefício

Devido ao balanceamento de produção do sistema bem como a automação atual dos processos de produção, o fluxo de trabalho, com a subordinação a restrição do sistema, seguirá o fluxo continuado de operações considerando a relação de custos para manter o fluxo contínuo do processo de produção.

##### III. Redução do lead time de produção

Com o fluxo contínuo de materiais, a existência e duração de estoques de produto em processo são reduzidos/eliminados, melhorando, portanto, o lead time de produção a partir da redução dos tempos de espera dos materiais em processamento.

##### IV. Melhoria do tempo de processamento

O beneficiamento do gargalo do sistema produtivo induz a redução dos tempos de ciclos para o processamento de um lote de produção, dessa forma, considerando que qualquer melhoria nos padrões de funcionamento do elemento restritivo de capacidade significa uma melhoria do sistema produtivo global, o tempo total de processamento de produtos será reduzido, aumentando a produtividade do ambiente fabril.

##### V. Aumento de capacidade produtiva do sistema global

Por fim tem-se que as melhorias impostas sobre o gargalo produtivo através da solução da causa fundamental do problema resultarão no aumento da capacidade produtiva,

umentando, conseqüentemente, a capacidade produtiva de todo o chão de fábrica e, portanto, do sistema produtivo.

#### ***4.2.5.1 Desempenho de contabilidade de ganhos***

As mudanças propostas a partir da análise de hipóteses apresentam impactos diretos no processo produtivo, contudo, devido a não aplicação do planejamento desenvolvido no chão de fábrica não há maneira de se determinar as variações dos valores dos indicadores da contabilidade de ganhos, porém estima-se que, caso as mudanças esperadas sejam confirmadas, ocorra um aumento do RSI devido a redução do valor de custo de inventário, pois só será produzido conforme a entrada de pedidos do cliente programando a produção de acordo com a capacidade do recurso gargalo, além da redução do CTV que é representado pelo consumo de matéria-prima, obtida por meio da produção somente da quantidade necessária e quando necessário.

#### ***4.2.6 Eliminação de inércia do sistema***

O final de todo o processo de otimização da restrição induz a melhoria do sistema produtivo, entretanto, com a elevação da restrição do sistema, a tendência é que novas restrições atuem sobre o sistema produtivo, senão, como dito por Corbett Neto (1997), a produção em ambiente fabril apresentaria capacidade infinita de produção.

Desse modo, deve-se manter o processo de otimização contínua, incentivando sempre a busca pelas novas restrições do processo para que estas possam ser observadas, investigadas, analisadas e avaliadas, permitindo a proposta de soluções e validação de hipóteses de melhorias do processo produtivo.

Portanto, o processo deve ser periodicamente analisado com o objetivo de identificar as novas restrições do sistema bem como resolver os problemas remanescentes, ou seja, a equipe de trabalho da organização necessita sempre estar investigando e avaliando seu processo produtivo para, dessa maneira, evitar a promoção da inércia dentro da cultura organizacional.

Sendo assim, a identificação e melhoria das restrições é um processo contínuo e, considerando a nova configuração do processo produtivo esperada, embora se tenha melhorado, teoricamente, a capacidade produtiva do sistema global, ainda há problemas de capacidade que reduzem o desempenho do sistema produtivo para com suas metas definidas em plano estratégico pela Rações Douramix Ltda, logo, novas análises e alternativas de solução devem ser geradas com a finalidade de otimizar a produção em ambiente fabril.

Dessa forma, a organização deve adotar e manter todo o processo desenvolvido pela TOC enraizando este procedimento em sua cultura, tornando o processo de otimização contínua uma atividade comum do dia a dia, estimulando assim, práticas de melhoria contínua e permitindo a melhoria global do sistema produtivo.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A metodologia da TOC proposta por Goldratt auxilia no desenvolvimento de projetos de melhoria contínua de processos de produção, pois esta visa identificar e melhorar o elo mais frágil do sistema produtivo, o que ocasiona na otimização da performance global do sistema, logo, ignora-se melhorias locais sendo o foco da metodologia a melhoria do sistema como um todo.

Desse modo, considerando o estudo proposto, o qual apresenta como objetivo principal a melhoria de capacidade produtiva do sistema de produção da empresa objeto de estudo, a TOC, como ferramenta de análise e melhoria de processos, permite identificar os gargalos a partir de uma análise minuciosa dos processos de fabricação em ambiente fabril, contribuindo na percepção dos pontos frágeis do sistema bem como na definição de alternativas de solução para elevar a capacidade produtiva desses itens.

Além mais, a utilização da TOC auxilia no desenvolvimento de *know-how* de toda a equipe envolvida com os processos de fabricação da organização, pois a mesma necessita da integração dos diferentes setores da indústria para que todos os agentes envolvidos no sistema produtivo possam participar e colaborar, efetivamente, com as melhorias e manutenção do sistema global.

No entanto, apesar de observado as contribuições esperadas da TOC ao sistema produtivo da Rações Douramix Ltda. no presente estudo, não foi possível analisar e validar a proposta de melhoria gerada, desse modo, deve-se executar, caso aprovado pela organização, a aplicação dos resultados obtidos em chão de fábrica verificando e acompanhando resultados, realizando ajustes e comprando valores levantados as metas definidas.

Para isso, *softwares* de simulação da produção podem ser ferramentas viáveis como forma de pré-projeto ou *gate* entre o estudo aqui desenvolvido e a aplicação da alternativa de solução delimitada, isto devido ao fato de apresentar os resultados simulados através dos dados reais do sistema produtivo, o que auxilia na verificação de viabilidade das ações definidas para com o processo produtivo permitindo, dessa maneira, a formulação de ajustes para adequação da solução proposta a resolução do problema identificado.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKKARI, A. M. P. **Proposição de um Método de Nivelamento de Recursos a partir de Princípios da Teoria das Restrições para o Planejamento Operacional**. 2009. 365 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Construção Civil e Urbana, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

ALMEIDA, G. V.; SOUZA, F. B.; BAPTISTA, H. F. TOYOTA E TOC: Uma comparação com base em seus princípios fundamentais. In: XIII Simpósio de Administração da Produção, Logística e Operações Internacionais, 2010.

CAMPOS, V. F. TQC Controle da Qualidade Total. Belo Horizonte: Fundação Cristiano Ottoni, Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, 1992.

CORBETT NETO, T. Contabilidade de ganhos: a nova contabilidade gerencial de acordo com a Teoria das Restrições. São Paulo: Nobel, 1997.

CORBETT, T. Bússola Financeira: o processo decisório da Teoria das Restrições. São Paulo: Ed. Nobel, 2005.

CORTADA, Antonio Celso Hunnicutt. **Implantação de Um Sistema de Gestão da Qualidade através do MASP**. 2005. 189 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

COUSSEAU, V. L. Aplicação de um método de implantação da manutenção produtiva total a partir da ótica da teoria das restrições na linha de fabricação de painéis da tramontina farroupilha s.a. 2003. 115 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado Profissionalizante em Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

COX III, J. F.; BLACKSTONE; SPENCER, M.S. APICS Dictionary. 8th ed., Falls Church VA: American Production and Inventory Society, 1995.

CSILLAG, J. M., CORBETT, T. Utilização da Teoria das Restrições no ambiente de manufatura em empresas no Brasil. EAESP/FGV/NPP – Núcleo de Pesquisas e Publicações – Relatório de Pesquisa n.18, 1998.

DETTMER, H. W. Goldratt's theory of constraints: a systems approach to continuous improvement. Milwaukee, Wisconsin: Quality Press, 1997.

DETTMER, H.W. Quality and the theory of constraints: quality progress, Milwaukee, v. 28, Issue 4, p. 77 – 81, Apr. 1995.

DETTMER, H. W. The logical thinking process. Milwaukee: ASQ Quality Press, 2007.

FANTINI, Rodrigo. **Influências e Contribuições da Teoria das Restrições em Sistemas de Medição de Desempenho**: uma análise teórico-conceitual. 2011. 144 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Bauru, 2011.

FERREIRA, A. H. Aspectos importantes na implantação da Teoria das Restrições na gestão da produção: um estudo multicaso. 2007. 167 f. Dissertação (Mestrado em Administração das Organizações)-Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2007.

FONSECA, J. J. S. Metodologia da pesquisa científica. Fortaleza: UEC, 2002. Apostila.

FORMENTINI, Fabiano. Utilização do MASP (método de análise e solução de problemas) em uma empresa calçadista. 2014. 72 f. TCC (Graduação) - Curso de Administração, Centro Universitário Univates, Lajeado, 2014.

GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

GOLDRATT, E. M. A Síndrome do Palheiro: Garimpendo Informação num Oceano de Dados. São Paulo: C. Fullmann, 1991.

GOLDRATT, E. M. Computerized shop floor scheduling. International Journal of Production Research, 26(3), pp. 443-445, 1998.

GOLDRATT, E. M. Mais que sorte ... um processo de raciocínio. São Paulo: Educador e Desenvolvimento Empresarial, p.303, 1994.

GOLDRATT, E. M. What is this thing called the Theory of Constraints? North River Press, Croton-on-Hudson, NY, 1990.

GOLDRATT, E. M. What is TOC? In: COX III, J. F.; SCHLEIER, J. G. (Org.). Theory of Constraints Handbook. New York: McGraw-Hill, p. 3-12, 2010.



GOLDRATT, E. M. ; COX, J. A meta. São Paulo: Claudiney Fullmann, 1993.

GOLDRATT, E. M. ; COX, J. A meta: um processo de aprimoramento contínuo. São Paulo: Nobel, 2003.

GOLDRATT, E. M.; COX, J. A meta: um processo de melhoria contínua. 2.ed. São Paulo: Nobel, 2002. 365p.

GOLDRATT, E. M.; FOX, R. A Meta, São Paulo: Educator Editora, 1997.

GUERREIRO, Reginaldo. Os princípios da teoria das restrições sob a ótica da mensuração econômica. Artigo, 1996. Disponível em: <[http://www.eac.fea.usp.br/cadernos/completos/cad13/teoria\\_restricoes.pdf](http://www.eac.fea.usp.br/cadernos/completos/cad13/teoria_restricoes.pdf)> Acesso em: 18/02/2016.

HAYES, R. PISANO, G.; UPTON, D.; WHELLWRIGHT, S. Produção, estratégia e tecnologia: em busca da vantagem competitiva. Porto Alegre: Bookman, 2008.

HOPP, W. & M. L. SPEARMAN. Factory Physics. Boston: Irwin, 2001.

HOSS, O; GREPAN, C. P. Análise Decisória via Teoria das Restrições e Contabilidade de Ganhos versus Método de Custeio ABC. Revista CAO Accounting and management. p.85-89, Número 01, Ano 01, Volume 01, 2006.

MACIEL, M. R. **Desenvolvimento de um Software de Apoio ao Ensino de Métodos de Planejamento e Controle da Produção em Ambiente MTS Baseado na Teoria das Restrições.** 2012. 131 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Estadual Paulista "Júlio Mesquita Filho", Bauru, 2012.

MARQUES, J. A. V. C. ; CIA, J. N. S. Teoria das Restrições e contabilidade gerencial: interligando contabilidade a produção. Revista de Administração de Empresas, v. 38, n. 3, p. 34-46, 1998.

MARTINS, V. G. Um estudo do processo orçamentário de uma empresa de panificação de Surubim-PE, sob a ótica da teoria das restrições. 2011. 44 f. TCC (Graduação) - Curso de Ciências Contábeis, Sociedade de Educação do Vale do Ipojuca, Caruaru, 2011.

MOELLMANN, A. H. **Aplicação da Teoria das Restrições no Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos**. 2008. 164 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2008.

MOREIRA, Maria Tereza Cratiú. **Análise e Solução de Problemas com Vistas ao Controle Preventivo do Processo de Produção na Indústria Alimentícia**. 2004. 108 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

NAKAGAWA, M. ABC Custeio baseado em atividades. São Paulo: Atlas, 1994.

QUELHAS, Osvaldo; BARCAUI, André. A Teoria das Restrições aplicadas a Gerência de Projetos: Uma Introdução à Corrente Crítica. Artigo 2004. Disponível em: < [http://www.pmttech.com.br/newsletter/Marco\\_2005/TOC e CCPM em GP.pdf](http://www.pmttech.com.br/newsletter/Marco_2005/TOC_e_CCPM_em_GP.pdf) > Acesso em: 24/02/2016

RAHMAN, S. Theory of constraints: a review of the philosophy and its applications. International Journal of Operations & Production Management, v. 18, n. 4, p. 336-355, 1998.

RAHMAN, S.: The Theory of constraints Thinking Process Approach to Developing Strategies in Supply Chains. The International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, Vol. 32, No. 10, Emerald, 2002.

REIS, E.S. Teoria das Restrições e Gestão de Demanda - Um modelo de análise conceitual. 2007. 170f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo, da Universidade Metodista de Piracicaba, Santa Bárbara D'Oeste.

ROTHER, M.; SHOOK, J. **Aprendendo a enxergar**. São Paulo: Lean Institute Brasil, 1998.

SABBADINI, F.S. Gerenciamento de restrições em hospital de emergência: um estudo de caso no Hospital Municipal Henrique Sérgio Gregóri. Dissertação (Mestrado em Administração e Desenvolvimento Empresarial). Rio de Janeiro. UNESA, 2005.

SANTOS NETO, João Batista dos. **Decisão de Investimento em Empresa de Pequeno Porte de Comércio e Serviços: uma abordagem probabilística com a teoria das restrições e a teoria das opções reais**. 2012. 209 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências Contábeis e Financeiras, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2012.

SELLITTO, M. A. Medição e controle de desempenho estratégico em sistemas de manufatura. Tese de doutorado. PPGEP. – UFRGS, Porto Alegre, 2005.

SELLITTO, M. A. Sistema de produção sincronizado: uma aplicação em processos produtivos de propriedade contínuos segundo a teoria das restrições. 1999. 162 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado Profissionalizante em Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.

SILVEIRA, D. T; CÓRDOVA, F. P. A Pesquisa Científica. In: GERHARDT, T. E; SILVEIRA, D. T. **Métodos de Pesquisa**. Porto Alegre: Ufrgs, 2009. Cap. 2. p. 31-42.

SINDIRAÇÕES. Boletim Informativo do Setor. Disponível em: < <http://sindiracoes.org.br/produtos-e-servicos/boletim-informativo-do-setor/> > Acesso em: 26/02/2016.

SIQUEIRA, A. M. Aplicação das medidas de desempenho da TOC (Theory of Constraints) como instrumento de decisão. 2007. 125 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2007.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. Administração da Produção. Tradução Henrique Luiz Corrêa. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2009. 704p.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; HARLAND, C.; HARRISON, A.; JOHNSTON, R. Administração da Produção. São Paulo: Atlas, 1997.

SOBREIRO, Vinícios Amorim. **Proposta de uma Heurística Construtiva Baseada na Teoria das Restrições para Definição de Mix de Produção**. 2012. 170 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Produção, Departamento de Engenharia de Produção, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012.

TORRES, Márcio Soares. Proposta de um método para a implantação de um sistema de planejamento fino de produção baseado na teoria das restrições. 1999. 185 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.

TUBINO, D.F. Manual de Planejamento e Controle da Produção. 2. ed. São Paulos: Atlas, 2009.

WATSON, K. J.; BLACKSTONE, J. H.; GARDINER, S. C. The evolution of a management philosophy: The theory of constraints. Journal of Operations Management, v. 25, p. 387-402, 2007.