

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
MESTRADO PROFISSIONALIZANTE**

**PROPOSTA DE DESENVOLVIMENTO DE UM MÉTODO DE
TOMADA DE DECISÃO USANDO A TEORIA DAS
RESTRICÇÕES PARA SISTEMAS DE PRODUÇÃO**

CARLOS MARCELO TODESCHINI HILGERT

Porto Alegre, 2000

Carlos Marcelo Todeschini Hilgert

**PROPOSTA DE DESENVOLVIMENTO DE UM MÉTODO DE
TOMADA DE DECISÃO USANDO A TEORIA DAS
RESTRICÇÕES PARA SISTEMAS DE PRODUÇÃO**

Trabalho de Conclusão do Curso de Mestrado
Profissionalizante em Engenharia como requisito
parcial à obtenção do título de Mestre em
Engenharia - modalidade Profissionalizante –
Ênfase Engenharia de Produção

Orientador: Professor Luís Henrique Rodrigues, Ph.D.

Porto Alegre, 2000

Este Trabalho de Conclusão foi analisado e julgado adequado para a obtenção do título de Mestre em Engenharia e aprovado em sua forma final pelo Orientador e pelo Coordenador do Mestrado Profissionalizante em Engenharia, Escola de Engenharia - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Prof. Luís Henrique Rodrigues, Ph.D.

Orientador Escola de Engenharia/UFRGS

Profa. Helena Beatriz Bettella Cybis, Dra.

Coordenadora MP/Escola de Engenharia/UFRGS

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Adolfo Alberto Vanti
UNISINOS

Prof. Dr. Gilberto Cunha
PPGEP/UFRGS

Prof. Dr. José Antônio Valle Antunes Júnior
UNISINOS

DEDICATÓRIA

Em memória a meu avô Atornino Marcelo Todeschini e meu tio Clésio Todeschini que na tenra idade despertaram o meu gosto pelo empreendimento e inovação.

Meus pais Ignácio e Vanilla pelo exemplo, pela devoção em me colocar no caminho do conhecimento.

Minha irmã Ivana, que em certo momento da minha história colocou-me em contato com a Teoria das Restrições através do livro A META.

E minha esposa, Claudete, a quem devo muito pela maneira simples e carinhosa que me apresenta diferentes pontos de vista.

AGRADECIMENTOS

Sou muito agradecido com o suporte, idéias, conhecimento e amizade de muitos.

A Luis Henrique Rodrigues, meu professor e orientador, pelo entusiasmo em ensinar e pela amizade.

Ao José Antunes (Junico) pela constante troca de idéias e pela amizade.

A Paulo Nelson Regner e Gilberto Ceratti, grandes incentivadores e pelo exemplo durante grande parte de minha carreira.

Aos amigos Lee Dush e Dana Robinson, pela ajuda na implementação deste trabalho na planta de Syracuse.

À Empresa Dana Corporation , que propiciou o terreno fértil para que este trabalho pudesse ser desenvolvido.

Ao amigo Francisco Hörbe pela grande ajuda nos tramites burocráticos e formatação deste trabalho.

RESUMO

Este trabalho discorre sobre a aplicação de uma proposta de método de resolução de problemas utilizando a Teoria das Restrições (TOC). No desenvolvimento desta proposta procurou-se aliar a focalização dos problemas e os conceitos financeiros protagonizados pela TOC. Para que uma solução urgente de problemas possa ser conduzida de uma forma coerente, precisa e rápida, não é necessário que seja executada de maneira que os gastos ultrapassem os benefícios. Além disso, o todo que compõe o sistema analisado deve poder ser vislumbrado claramente. Esta proposta foi aplicada a uma corporação que fabrica autopeças. Ela está localizada nos Estados Unidos da América. Os resultados da aplicação do método aqui apresentado permitiram chegar às conclusões apontadas no capítulo final deste trabalho.

Palavras-chave: Engenharia de Produção, Teoria das Restrições

ABSTRACT

This work shows an implementation proposal for a method that solves problems using the Theory of Constraints (TOC) concepts. The proposed method tries to find a way to have together the problem focalization and finance concepts by the TOC.

This search comes from the fact that to solve urgent problems it is necessary to be coherent, precise and quick but not in a way that the cost surpasses the benefits and neither in a way that the analysis of the global system environment can't be foreseen.

The proposal was applied in an auto-parts corporation located in the United States of America. The results of the method are reported and the conclusions are in the final chapter.

Key word: Manufacturing , Theory of Constraints

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - “O triângulo das três questões” (adaptado de Goldratt, 1993).	24
Figura 2.2 - Etapas e técnicas do Processo de Pensamento da TOC.....	26
Figura 2.3 - Como interpretar a ARA.....	27
Figura 2.4 - A lógica efeito-causa-efeito (conexões do tipo V).	27
Figura 2.5 - Esquema para a construção da ARA.	30
Figura 2.6 - Categorias de causas legítimas - parte 1.	32
Figura 2.7 - Categorias de causas legítimas - parte 2.	33
Figura 2.8 - Árvore da Realidade Atual - ARA.....	34
Figura 2.9 - Evaporação das Nuvens (Adaptado de Goldratt, 1990).....	37
Figura 2.10 - Injeção atuando na nuvem.	38
Figura 2.11 - Esquema para construção da ARF.....	41
Figura 2.12 - Árvore da Realidade Futura - ARF.....	42
Figura 2.13 - Esquema para a construção da APR.	45
Figura 2.14 - Árvore de Pré-requisitos - APR.....	45
Figura 2.15 - Esquema para construção da Árvore de Transição.....	48
Figura 2.16 - Árvore de Transição - AT.....	49
Figura 2.17 - Encadeamento das técnicas do Processo de Pensamento da TOC.....	50
Figura 2.18 - Fluxo de produção.	58
Figura 2.19 - Efeito da variabilidade e balanceamento na linha de produção.....	58
Figura 2.20 - O conceito do Tambor-Pulmão-Corda.....	60
Figura 3.1 - Fluxograma do Método Proposto.	63
Figura 4.1 - Organograma dos Negócios Chaves.....	74
Figura 4.2 - Organograma do Negócio Chave Sistemas Automotivos.....	75
Figura 4.3 - Organograma da Divisão de Eixos Diferenciais nos Estados Unidos da América.	76
Figura 4.4 - Localização geográfica das plantas no mapa dos Estados Unidos da América... ..	76
Figura 4.5 - Organograma dos departamentos de Syracuse e das linhas do departamento 700.	78
Figura 4.6 -Desenho em perspectiva de uma carcaça de diferencial mostrando as medidas críticas.....	82
Figura 4.7 - Desenho em perspectiva de uma carcaça de diferencial – vista frontal mostrando as medidas críticas.	82
Figura 4.8 – Análise 1, diagrama no tempo, representando a seqüência de produção da linha de transferência automática em condições ideais de funcionamento.	84
Figura 4.9 - Árvore da Realidade Atual (ARA).	86
Figura 4.10 - Evaporação das Nuvens da ARA.....	91
Figura 4.11 – Análise 2, efeito no tempo entre peças com a inclusão da medição.	93
Figura 4.12 - Arvore da Realidade Futura 1 (ARF1).	94
Figura 4.13 – Análise 3: quebra de máquinas no fluxo de produção – diagrama no tempo mostrando este efeito.	96
Figura 4.14 - Dissipação das Nuvens da ARF1.....	101
Figura 4.15 - Árvore da Realidade Futura 2 (ARF2).	104
Figura 4.16 – Análise 4: inclusão de peças não conformes no pulmão – diagrama no tempo, mostrando este efeito.	106
Figura 4.17 - Diagrama de dissipação de nuvens.....	110
Figura 4.18 - Arvore da Realidade Futura 3.....	112

Figura 4.19 - Árvore de pré requisitos.....	115
Figura 4.20 - Árvore de Transição.....	116
Figura 5.1 - Gráfico das trocas de eixos em garantia.	119
Figura 5.2 - Gráfico dos valores de sucata gerada na linha de produção.	119
Figura 5.3 - Gráfico das Horas Extras.	120

LISTA DE TABELAS

Tabela 3-1 - Escolha da causa básica.	66
Tabela 4-1 - Tabela de horários.	77
Tabela 4-2 - Análise segundo indicadores operacionais.	88
Tabela 4-3 - Análise segundo indicadores operacionais.	98
Tabela 4-4 - Análise segundo indicadores operacionais.	108

LISTA DE QUADROS

Quadro 4-1 - Fatores causadores de ruído nos produtos.	81
---	----

SUMÁRIO

RESUMO	5
ABSTRACT	6
LISTA DE FIGURAS	7
LISTA DE TABELAS	9
LISTA DE QUADROS	10
SUMÁRIO.....	11
CAPÍTULO 1	13
1 Introdução.....	13
1.1 Objetivos.....	14
1.1.1 Objetivo Geral	14
1.1.2 Objetivos Específicos	15
1.2 Método de desenvolvimento do trabalho	15
1.3 Delimitações	17
1.4 Estrutura do trabalho	18
CAPÍTULO 2	19
2 Revisão Bibliográfica	19
2.1 Histórico	19
2.2 Introdução ao Processo de Pensamento da Teoria das Restrições.....	22
2.2.1 O Que Mudar?	26
2.2.2 Mudar Para O Quê?	33
2.2.3 Como Provocar a Mudança?.....	42
2.3 Os Indicadores Operacionais da Teoria Das Restrições.....	51
2.4 Os Cinco Passos de Focalização da Teoria das Restrições.	54
2.5 O Tambor-Pulmão-Corda	57
CAPÍTULO 3	62
3 Método Proposto	62
3.1 Fluxograma.....	62
3.2 Identificar as Restrições no Sistema.....	64
3.3 Escolha da Causa Básica a Ser Atacada segundo os Indicadores Operacionais	64
3.4 Atacar a Causa Básica	67
3.5 Criar uma Árvore da Realidade Futura (ARF).....	68
3.6 Verificação da Solução Dada pela Injeção Proposta.....	69
3.7 Desenvolvimento da Árvore de Pré-requisitos (APR)	70
3.8 Desenvolvimento da Árvore de Transição (AT).	72
3.9 Contribuição do método a TOC	73
CAPÍTULO 4	74
4 Estudo de Caso	74
4.1 O Grupo Estudado	74
4.1.1 A Estrutura Corporativa da Empresa.....	74
4.1.2 Plantas Industriais.....	75
4.1.3 Planta Piloto.....	77
4.2 O Estudo Piloto.....	78
4.2.1 Descrição do Processo Produtivo Antes da Mudança	78
4.2.2 Análise do mercado	79
4.2.3 Aplicação do Método Proposto	85
4.2.3.1 Identificando a Restrição.....	85

4.2.3.2	Escolha da Causa Básica a Ser Atacada segundo os Indicadores Operacionais.....	88
4.2.3.3	Atacar a Causa Básica.....	90
4.2.3.4	Criando a ARF.....	93
4.2.3.5	Escolha da causa básica remanescente a ser atacada segundo os indicadores operacionais.....	98
4.2.3.6	Atacar a causa básica remanescente.....	100
4.2.3.7	Criando a ARF2 com a nova injeção.....	103
4.2.3.8	Escolha da causa básica remanescente a ser atacada segundo os indicadores operacionais.....	107
4.2.3.9	Atacar a causa básica remanescente.....	109
4.2.3.10	Criando a ARF da nova injeção.....	112
4.2.3.11	Criando a Árvore de Pré-Requisitos.....	113
4.2.3.12	Criando a Árvore de Transição.....	115
CAPÍTULO 5.....		117
5	Apresentação e análise dos resultados.....	117
5.1	Introdução.....	117
5.2	Resultados qualitativos.....	117
5.3	Resultados quantitativos.....	118
5.3.1	Os resultados de qualidade.....	118
CAPÍTULO 6.....		122
6	Conclusões.....	122
6.1	Conclusões gerais.....	122
6.2	Sugestões para trabalhos futuros.....	124
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		126

CAPÍTULO 1

1 Introdução

“A única verdade constante é a de que tudo está em constante mudança”. Com este pressuposto em mente, gostar-se-ia de começar a introdução deste trabalho, pois esta parte, a mudança, foi a mais difícil da implementação do método proposto.

Com base nas “verdades” ensinadas nos bancos escolares a respeito da fabricação de produtos, ou até mesmo nos paradigmas que no passado faziam sentido, muitas pessoas continuam aceitando e usando indicadores inadequados como norteadores das suas ações. Num mundo onde eventos tais como guerras, crises e descobertas em todos os campos da ciência têm impulsionado o desenvolvimento tecnológico e a industrialização, fazendo da atualidade um cenário incomparável ao de décadas e talvez anos atrás, se atitude não é mais adequada. Nem mesmo a lei de conservação de energia na física é mais uma verdade absoluta. Ela é apenas um modelo que explica uma grande quantidade de fenômenos naturais. Enquanto modelo, se existir apenas um fenômeno que não puder explicar, então ele não é universal. O não explicar não desaprova o modelo, apenas nos mostra que existe a necessidade da existência de outro que seja de maior validade.

Este é o caso da conservação de energia que foi substituída pelo postulado de Einstein, mais global, mais amplo, e que explica uma quantidade maior de fenômenos do mundo físico. Da mesma forma, as suposições de Einstein também não estão totalmente corretas, pelo simples fato de que as suposições anteriores também não eram verdades absolutas.

Dentro desta lógica, a evolução do mercado tem sido um fator particularmente importante para a Engenharia de Produção: o mercado, em geral, comportou-se durante muito tempo como “comprador”, isto é, havia mais demanda do que oferta de bens (CORIAT, 1988). Com o passar dos anos as circunstâncias mudaram. Se por um lado houve um significativo aumento da capacidade produtiva instalada, por outro, uma série de eventos que culminaram em

recessões mundiais, principalmente após a crise do petróleo de 73, fizeram com que o mercado passasse a vender, com a oferta de produtos superando a sua demanda.

Porém, apesar de todas as evidências no mercado e nas relações entre clientes e fornecedores que apontam para uma necessária melhora nos serviços e conseqüente mudança de atitude, isto não foi evidenciado durante a implementação deste trabalho. As prováveis causas que puderam ser detectadas foram:

- aquecimento da economia Norte Americana: a inexistência de crises não abre possibilidade para que as pessoas pensem sobre mudanças;
- grande oferta de emprego, gerando uma atmosfera de segurança e diminuindo a busca por aperfeiçoamento profissional.

A realidade do mercado faz aumentar o perigo de falta de capacidade adaptativa do sistema às crises futuras. Expectativas futuras positivas passam a ser privilégio daqueles que têm o domínio sobre como viver num mercado estável e em crescimento, mantendo a visão de que o sucesso de hoje não necessariamente garante o sucesso de amanhã.

Com base nas características explicitadas acima, a presente dissertação tem por intenção quebrar a inércia de uma pequena parte da corporação alvo, no que se refere à realização de mudanças amplas no contexto da aplicação de conceitos modernos de Engenharia de Produção.

1.1 Objetivos

A seguir apresentam-se os objetivos gerais e específicos da dissertação.

1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho consiste em propor o desenvolvimento de um método analítico para a melhoria contínua de processos produtivos, utilizando como pressuposto teórico os princípios da Teoria das Restrições.

1.1.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos esperados a partir do desenvolvimento deste trabalho são:

- Aplicação do método proposto em um estudo piloto objetivando a validação do mesmo, bem como a obtenção de resultados quantitativos.
- Estudar a potencialidade dos indicadores operacionais G^1 , I^2 , DO^3 na tomada de decisões operacionais visando à melhoria da performance financeira da empresa.
- Estudar a potencialidade de utilização do processo de pensamento da Teoria das Restrições na solução de problemas com o envolvimento dos operadores das linhas de produção.
- Expansão da TOC no que se refere à relação entre o processo de pensamento, os indicadores operacionais e a realidade do chão de fábrica, operacionalizando um processo focalizado de melhorias contínuas.
- Disseminação dos conceitos da TOC no chão de fábrica.

1.2 Método de desenvolvimento do trabalho

O trabalho foi conduzido obedecendo à lógica seqüencial constituída das etapas descritas a seguir:

- Definição do problema e análise de ferramentas alternativas.

Nesta etapa o problema foi formulado, verificando-se sua origem e justificativas para a execução do projeto de pesquisa. Este passo compreendeu a descrição do projeto e a respectiva

¹ O ganho é o índice pelo qual o sistema gera dinheiro através das vendas. É o preço líquido de venda (sem impostos ou comissões) menos o custo das matérias-primas, numa unidade de tempo.

² O inventário é todo dinheiro que o sistema investe na compra de coisas que pretende vender. Ex.: matérias-primas, máquinas e instalações.

³ Despesa Operacional é tudo aquilo que necessário para transformar o inventário em ganho. Ex.: salários (diretos e indiretos), energia, água, telefone, depreciação, ferramentas, óleo de corte.

revisão bibliográfica objetivando a fundamentação teórica do problema. Realizou-se também uma pesquisa sobre os dados históricos que permitiram o modelagem do problema.

- Definição e conceituação dos temas abordados.

Nesta fase, foram definidos os temas básicos a serem abordados na proposta. Cada tema básico correspondeu a um conceito retirado da bibliografia especializada em Engenharia de Produção. O Capítulo 2, a seguir, contém uma revisão bibliográfica destes conceitos utilizados.

- Desenvolvimento do método da proposta da análise de processos produtivos.

Esta fase do trabalho compreendeu o projeto da proposta em si, envolvendo análise, o desenvolvimento de um fluxograma, e a construção do elo entre a revisão bibliográfica e o mundo real. Como descrito, os conceitos revisados no passo anterior foram definidos conforme as delimitações gerais do trabalho e apresentados conforme as características da proposta desenvolvida.

- Aplicação do método proposto.

Foi implementada a busca de solução para um problema crítico de qualidade de um determinado produto manufaturado em uma fábrica da corporação, localizada nos Estados Unidos. O método foi aplicado diretamente a uma linha de produção, chamada de linha piloto, para a busca de uma melhoria imediata.

- Avaliação do método proposto.

A avaliação do método proposto deu-se durante a sua utilização, pois o processo de solução de problemas por si só já guarda uma condição de simultaneidade, ou seja, durante a ação de análise do problema, as características do método já estavam sendo explicitadas e desenvolvidas.

1.3 Delimitações

O trabalho apresenta um conjunto de delimitações que estão explicitadas abaixo:

- a) O método de análise foi o da implementação e posterior análise dos resultados em uma linha piloto de fabricação. Este piloto possuiu uma série de limitações, tais como o número de clientes a quem o piloto fornece peças, o tipo de maquinaria utilizada, e o fato da análise ser em um ponto específico da organização. No piloto escolhido é utilizada uma linha de transferência automática⁴, e o tipo de mercado ao qual é fornecida a peça é o de altos volumes de produção de somente um produto.
- b) Como o método proposto foi aplicado a um piloto, isto não nos permite fazer uma generalização. Porém a sua implementação neste caso específico foi suficiente para que fossem efetuadas as melhorias no que tange ao refinamento do método.
- c) Os conceitos que nortearam o presente trabalho são os da Teoria das Restrições. Deve-se salientar a necessidade de existirem pessoas com um conhecimento anterior das técnicas de engenharia industrial⁵ durante a aplicação do método proposto.

⁴ Linha de transferência automática é um tipo de máquina na qual são efetuadas operações de forma seqüencial, obtendo-se normalmente na saída um produto acabado. As características desta máquina permitem que seja usado um número reduzido de pessoas para a sua operação, bem como um reduzido inventário em processo. Isto pois não existe grande número de peças entre operações, normalmente inferior a seis. As operações estão interligadas entre si por um sistema físico de transporte que se chama barra de transferência.

⁵ Os conceitos de engenharia industrial são os que o Sistema Toyota de Produção apregoa, tais como eliminação das perdas, autonomia, manutenção produtiva total, conceito celular, entre outros.

1.4 Estrutura do trabalho

O trabalho está dividido em seis partes, cada qual formando um capítulo.

A primeira parte é o capítulo introdutório contendo os seguintes tópicos: contexto, justificativa do trabalho, objetivos principais e específicos, delimitação da pesquisa, método e estrutura.

A segunda parte compreende o desenvolvimento do referencial técnico utilizado para o desenvolvimento, constituindo-se na base teórica para a realização da dissertação.

A terceira parte apresenta o método de trabalho proposto, onde se busca uma proposta de desenvolvimento de um método de tomada de decisão usando a TOC para sistemas de produção.

Na quarta parte, aplica-se o método proposto para a resolução de um caso prático, buscando os dados para a validação do modelo.

Na quinta parte, apresenta-se uma análise crítica dos resultados e busca-se com isto uma comparação entre o método proposto e o realizado.

Finalmente tem-se o capítulo das conclusões, no qual colocam-se os diferentes resultados, suas conseqüências e sugestões de futuros trabalhos, que permitem aprofundar os estudos sobre a temática proposta.

Este capítulo introdutório apresentou as justificativas, objetivos e delimitações do trabalho. Apresentou também o método utilizado e a sua estrutura. O próximo capítulo irá apresentar a revisão bibliográfica sobre a teoria que suporta o trabalho.

CAPÍTULO 2

2 Revisão Bibliográfica

Neste capítulo são abordados os conceitos que servem de base para a elaboração do trabalho. O pressuposto teórico usado foi o da Teoria das Restrições (TOC), sendo que especificamente foram abordados: o Processo de Pensamento da TOC, os cinco passos de focalização e os indicadores financeiros propostos pela TOC.

2.1 Histórico

A Teoria das Restrições está intimamente ligada ao trabalho de Eliyahu M. Goldratt. O envolvimento de Goldratt com a Administração da Produção iniciou-se a partir do desenvolvimento de um software de programação da produção, o OPT (*Optimized Production Technology*)⁶. O software OPT foi lançado no final da década de 70, passando a partir daí por uma fase de grande desenvolvimento, com o lançamento de sucessivas versões⁷. À medida que o software foi sendo melhorado, alguns conceitos inovadores de Administração da Produção foram sendo formalizados⁸.

Em 1984 foi lançado o livro “A Meta” (Goldratt & Cox, 1984) *The Goal*, no original, é apresentado na forma de um romance no qual os personagens Alex Rogo e Jonah⁹, seu antigo professor, travam uma batalha contra o tempo para salvar uma fábrica do seu fechamento. Os conceitos de administração da produção gerados a partir do desenvolvimento do software OPT são mostrados através deste livro. Os princípios formalizados em “A Meta” ficaram conhecidos

⁶ Inicialmente, o software OPT foi chamado de *Optimized Production Timetable* (Goldratt, 1988).

⁷ Em 1985, o OPT chegou à versão 56 (Goldratt, 1988).

⁸ Goldratt (1988) afirma que grande parte das inovações incorporadas no OPT, representando a derrubada de paradigmas consagrados na produção, se deve ao desconhecimento dos gerentes quanto ao funcionamento de uma empresa, mais especificamente nos aspectos da produção no chão de fábrica.

⁹ Alex Rogo e Johna são protagonistas do romance “A Meta” (Goldratt & Cox, 1984).

como o pensamento OPT (Rodrigues, 1990). O pensamento OPT passou então a estar presente no foco central das atenções dos meios acadêmico e empresarial¹⁰.

Com o passar do tempo, consolidou-se uma abordagem mais abrangente que o pensamento OPT: a Teoria das Restrições. Embora já houvessem alguns artigos publicados referindo-se claramente à Teoria das Restrições e às etapas de focalização desta, a formalização da TOC, de maneira abrangente, deu-se somente em 1990, no livro *“What is This Thing Called Theory of Constraints”* (Goldratt, 1990).

Goldratt & Cox (1994) afirmam que a meta de uma empresa é ganhar dinheiro, tanto no presente como no futuro. Goldratt (1994) coloca dois pressupostos necessários ao alcance da meta: manter os empregos, tanto no presente como no futuro, e satisfazer os clientes, tanto no presente como no futuro. Uma restrição é qualquer coisa que limite um sistema de atingir uma performance superior de acordo com sua meta (Goldratt, 1990). Assim, o desempenho do sistema como um todo, isto é, da empresa, é determinado pelas restrições. Segundo Scheinkopf (1999) as restrições podem ser de diversas categorias. Existem restrições de mercado, de material, de capacidade, logísticas, gerenciais e comportamentais. Goldratt (1992a) afirma que o número de restrições presentes em um sistema é muito pequeno.

Goldratt (1992a) propõe a radicalização do princípio de Pareto¹¹, de modo que 0,1% das “variáveis” de um sistema sejam responsáveis por 99,9% do resultado. Neste caso, as variáveis determinantes da quase totalidade dos resultados seriam o que se chama de restrições do sistema (Goldratt, 1984). Goldratt utiliza a analogia de uma corrente com seu elo mais fraco representando as restrições para demonstrar este efeito.

¹⁰ No meio empresarial, tem-se várias tentativas de implantação da abordagem proposta em “A Meta” (Goldratt, 1988; Gardiner et alii, 1994), muitas delas com sucesso. Noreen et alii (1995) apresentam uma série de exemplos de aplicações da TOC em empresas industriais.

¹¹ Segundo a lógica de Pareto, 20% das variáveis são responsáveis por 80% dos resultados finais.

A Teoria das Restrições é composta por cinco etapas de focalização (Goldratt, 1988; Goldratt, 1990; Goldratt, 1992a):

1. Identificar a restrição.
2. Decidir como explorar a restrição.
3. Subordinar a exploração dos recursos não-restrição à decisão tomada no passo 2.
4. Elevar a capacidade da restrição.
5. Se, na etapa anterior, alguma restrição foi quebrada voltar a (1); não permitindo que a inércia se torne uma restrição do sistema.

Goldratt (1990) sustenta que a TOC constitui-se em um processo de aprimoramento contínuo, uma vez que busca, de forma constante, a elevação das restrições.

A partir da formalização da TOC, Goldratt passou a divulgá-la mundialmente, por meio de uma série de eventos promovidos pelo *Avraham Goldratt Institute (AGI)*¹². Uma preocupação constante de Goldratt sempre foi a assimilação dos conceitos do “pensamento OPT” e da TOC. Dentro deste contexto o trabalho de Goldratt é marcado pela utilização de uma abordagem socrática na divulgação e implantação da TOC.

O Processo de Pensamento da TOC foi inicialmente abordado no livro “*What Is This Thing Called Theory of Constraints and How Should It Be Implemented?*”, publicado em 1990¹³. Desde então, o Processo de Pensamento da TOC passou a ocupar um lugar de destaque dentro da abordagem, tornando-se o alvo central das atenções de Goldratt. O *Avraham Goldratt Institute* tem programas de treinamento sobre o Processo de Pensamento da TOC, nos quais são apresentadas aplicações desenvolvidas a partir da sua utilização.

De acordo com Gardiner et alii (1994), as empresas que implantaram a abordagem da TOC para a produção deslocaram as restrições para o mercado e, com isto, começaram a sentir

¹² O *Avraham Goldratt Institute* foi criado por Goldratt posteriormente à venda do software OPT para a empresa britânica Scheduling Technologies Group Limited, na segunda metade da década de 80 (Rodrigues, 1990).

¹³ Esta obra não foi traduzida para o português.

falta de ferramentas adequadas para a abordagem das questões de marketing. Gardiner et alii (1994, p.98) colocam que essa realidade “... motivou Goldratt a desenvolver um método geral de solução de problemas que pudesse ser aplicado a qualquer problema empresarial, de forma a viabilizar o verdadeiro aprimoramento contínuo”.

Em 1994 foi lançado o livro “Mais que Sorte: Um Processo de Raciocínio¹⁴” (Goldratt, 1994), o qual apresenta o Processo de Pensamento da TOC na forma de um romance. Em 1998 foi lançado o livro “Corrente Crítica”¹⁵ (Goldratt, 1998) que apresenta o Gerenciamento de Projetos segundo a visão da TOC, também em forma de romance, dando continuação à saga de Alex Rogo.

Goldratt, citado por Mackness & Rodrigues (1994), coloca que a Teoria das Restrições é uma filosofia de gerenciamento totalmente nova, composta por um processo de pensamento, um processo de focalização e um conjunto de indicadores.

2.2 Introdução ao Processo de Pensamento da Teoria das Restrições

O Processo de Pensamento da Teoria das Restrições foi desenvolvido pelo físico israelense Eliyahu M. Goldratt, o qual criou e formalizou a Teoria das Restrições (TOC). A TOC tem aplicações em diversas áreas — vendas, marketing, produção, etc. (Mackness, Bowles & Rodrigues, 1995). As aplicações da TOC às áreas citadas derivam da utilização do Processo de Pensamento da TOC¹⁶, a seguir apresentado.

O processo de pensamento adota uma abordagem científica que objetiva o aprimoramento contínuo das operações, e que busca responder a três perguntas fundamentais:

- 1. O que mudar?**
- 2. Mudar para o quê?**
- 3. Como provocar a mudança?**

¹⁴ *It's not luck*, no original.

¹⁵ *Critical chain*, no original.

¹⁶ Por exemplo, Goldratt (1993) apresenta uma aplicação da TOC à área de gerenciamento de projetos.

É correto dizer que o Processo de Pensamento da TOC é um método de Identificação, Análise e Solução de Problemas focalizado dentro da idéia 99,9%-0,1%. Nesse caso, os “problemas” são as restrições do sistema.

O que se está buscando é, na verdade, uma maneira consistente de:

1. Identificar problemas.
2. Propor soluções.
3. Determinar quais são as ações necessárias para que tais soluções sejam implantadas.

Na Figura 2.1 a seguir apresenta-se um esquema sobre as premissas do processo de pensamento da TOC (adaptado de Goldratt, 1993). Pode-se ver que a figura formada¹⁷ é um indicador do processo de aprimoramento contínuo¹⁸.

Responder consistentemente a estas questões implica em encontrar uma maneira eficaz de explorar e elevar as restrições do sistema. Esta é questão principal e só pode ser resolvida a partir de uma abordagem criteriosa, que se preocupe com os aspectos centrais dos problemas, e não com aspectos secundários. A proposição de Goldratt (1990) é de que se deve concentrar as atenções sobre os problemas centrais, aqueles que uma vez resolvidos elevam o sistema de maneira impactante.

¹⁷ A figura mostra que cada uma das perguntas está interligada com a outra através de um sistema circular, ou seja, a cada ciclo tem-se a oportunidade de começar novamente a partir de um ponto modificado pela própria ação anterior.

¹⁸ Depois de operacionalizar o plano de ação e o sucesso da solução, volta-se para a identificação de problemas.

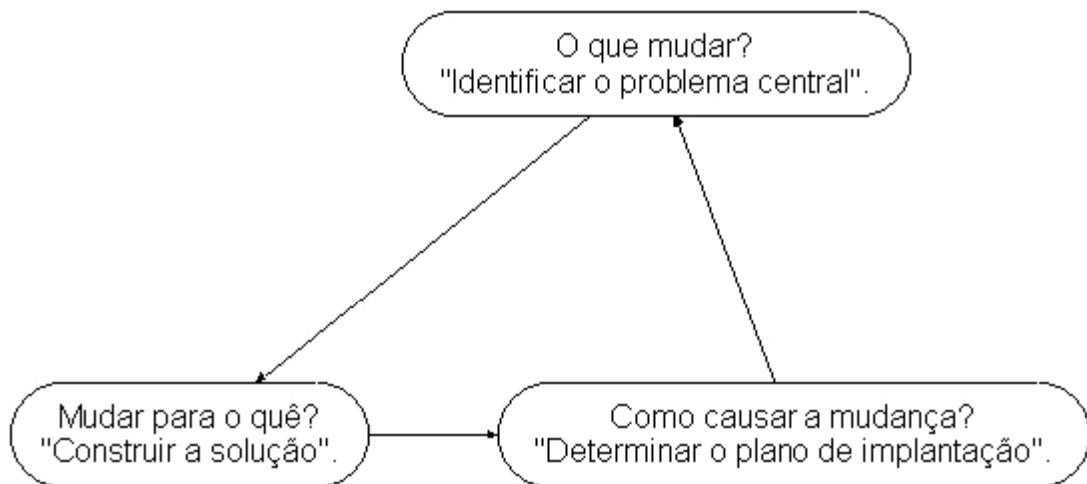


Figura 2.1 - “O triângulo das três questões” (adaptado de Goldratt, 1993).

Goldratt (1990) acredita que as ciências passam por três estados evolutivos: descrição, correlação e efeito-causa-efeito. O processo de pensamento da TOC se enquadraria então dentro da terceira fase do pensamento científico, que é a do efeito-causa-efeito. Toda a lógica do processo de pensamento da TOC é baseada na utilização de relações do tipo efeito-causa-efeito, onde o que se procura saber em princípio é **porque as coisas acontecem**, e não como elas acontecem. A análise com base nos relacionamentos efeito-causa-efeito se constitui na única técnica factível conhecida para identificar restrições, especialmente no que concerne a restrições políticas (Goldratt, 1990, Scheinkopf, 1999).

O objetivo final do método é a elaboração de um plano de ação consistente, capaz de garantir a extinção dos problemas centrais (“*core problems*”), a partir da efetiva implantação de soluções exequíveis. Para que isso seja possível, o método utiliza um conjunto de técnicas específico para cada uma das três questões acima citadas.

Todas as técnicas utilizadas, num total de cinco, baseiam-se em dois pontos principais: a análise efeito-causa-efeito e a visão crítica da realidade. As técnicas empregadas pelo Processo de Pensamento da TOC têm a base construída sobre uma grande quantidade de raciocínios lógicos, de forma a estabelecer relações robustas entre os elementos tratados.

A visão crítica da realidade busca explicar (verbalizar) quais são os pressupostos assumidos quando do estabelecimento de relações de causa-e-efeito e da proposição de alternativas.

Portanto, o Processo de Pensamento da TOC estrutura-se em três etapas: “O que mudar?”, “Mudar para o quê?” e “Como provocar a mudança?”. Cada uma destas etapas é operacionalizada por um conjunto específico de técnicas, tal como colocado abaixo:

- Árvore da Realidade Atual (*ARA*)
- Evaporação das Nuvens (*EN*)
- Árvore da Realidade Futura (*ARF*)
- Árvore de Pré-requisitos (*APR*)
- Árvore de Transição (*AT*)

A Figura 2.2 abaixo mostra uma visão geral da estrutura do método.

Na seqüência, cada uma das etapas é discutida. As técnicas, assim como suas utilizações, são explicadas detalhadamente.

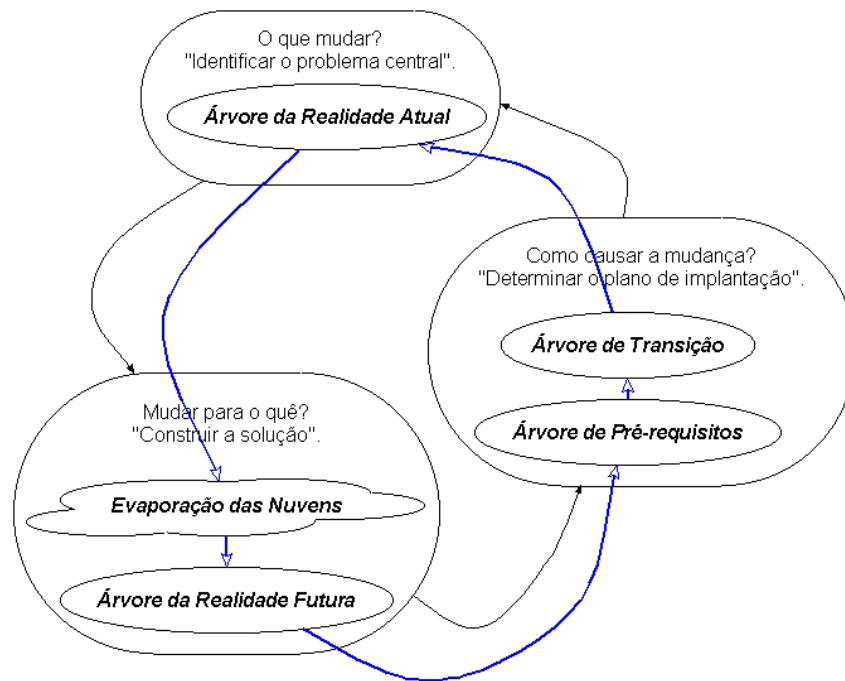


Figura 2.2 - Etapas e técnicas do Processo de Pensamento da TOC.

2.2.1 O Que Mudar?

Em geral, as pessoas tendem a tratar das conseqüências, buscando soluções para “efeitos indesejados”, ao invés de procurar as suas verdadeiras causas. É fundamental desenvolver a capacidade de analisar problemas de forma global, através da pesquisa daquelas causas que levam ao surgimento dos “efeitos indesejados”. Na lógica proposta por Goldratt (1994c), algumas poucas causas são responsáveis pela geração da totalidade dos “efeitos indesejados”. Essas causas são chamadas de problemas centrais (“*core problems*”).

A determinação dos problemas centrais é a base para o progresso do método. Sendo assim, esta etapa é de extrema importância. A técnica utilizada na determinação dos problemas centrais é a **Árvore da Realidade Atual** (ARA).

Tomando-se alguns Efeitos Indesejados (EIs) inicialmente listados, faz-se uma análise efeito-causa-efeito, com o objetivo de saber *por que* estes se manifestam. Durante o

desenvolvimento do processo, outros EIs podem ser incorporados. Todos EIs são associados através de setas que indicam o sentido do relacionamento causal. A interpretação da ARA deve acontecer da seguinte maneira, lendo sempre a partir da causa: “Se ocorrer a ‘causa’ então o ‘efeito’ se manifestará” (ver Figura 2.3).

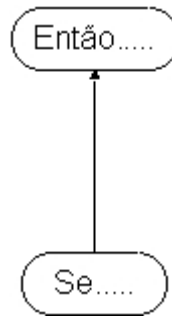


Figura 2.3 - Como interpretar a ARA.

Conforme a lógica efeito-causa-efeito, pode-se verificar a validade da suposição de uma causa (causa suposta), para um certo efeito (efeito verificado), a partir da verificação da manifestação de outro efeito associado à causa (efeito esperado). A Figura 2.4 clarifica essa lógica.

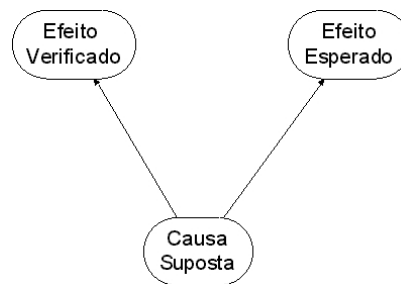


Figura 2.4 - A lógica efeito-causa-efeito (conexões do tipo V).

Goldratt (1992c) apresenta o seguinte roteiro para construção da Árvore da Realidade Atual (ARA):

Passo 1

Fazer uma lista de 5 a 10 Efeitos Indesejáveis (EIs).

Passo 2

Se for percebida alguma conexão aparente entre dois ou mais EIs, estes devem ser conectados, formando um “*cluster*”¹⁹. Ao mesmo tempo deve ser feito um exame minucioso de cada entidade e flecha no conjunto “*cluster*”. Caso não seja possível perceber nenhuma conexão, passar diretamente para o passo 3.

Passo 3

Conectar todos os outros EIs aos “*clusters*” formados no passo 2, fazendo um exame minucioso de cada entidade e relação de causa-e-efeito ao longo do caminho. Este passo deve ser executado até que todos os EIs estejam conectados.

Passo 4

Ler a árvore de baixo para cima, fazendo um novo exame detalhado das entidades e flechas ao longo do caminho. Fazer as correções necessárias.

Passo 5

Questionar se a árvore (ARA) reflete a intuição sobre o assunto. Caso isto não ocorra, verificar cada relação de causa-e-efeito em busca de espaços para causas adicionais.

Passo 6

Expandir a árvore sem medo, para conectar outros EIs existentes que não foram incluídos na lista original. Este passo, de maneira nenhuma, pode ser executado antes que todos os EIs originais estejam conectados.

Passo 7

Rever todos os EIs. Identificar as entidades que são inerentemente negativas, mesmo que estas não estejam na lista original de EIs, ou necessitem que a árvore seja expandida para cima em uma ou duas unidades.

¹⁹ Cadeia de entidades relacionadas através de efeito-causa-efeito.

Passo 8

Eliminar da árvore entidades que não sejam necessárias para conectar todos os EIs.

Passo 9

Apresentar a árvore para outras pessoas, que irão descobrir e questionar os pressupostos existentes no traçado das relações de causa-efeito.

Passo 10

Examinar todos os pontos de entrada da árvore, decidindo para quais existe maior disposição para atacar. Dentre esses, escolher aquele que mais contribui para a existência dos EIs. Se este não for a causa fundamental para a maioria dos EIs revisados²⁰, aprofundar a análise, acrescentando novas conexões do tipo V²¹ e voltar ao passo 4.

²⁰ Pelo menos 70% dos EIs, de acordo com Goldratt (1992c).

²¹ Quando existem duas ou mais entidades sem explicação, e identifica-se uma causa comum a estas, está-se estabelecendo uma conexão do tipo V entre a causa comum e seus efeitos.

O roteiro acima pode ser esquematicamente representado através da Figura 2.5.

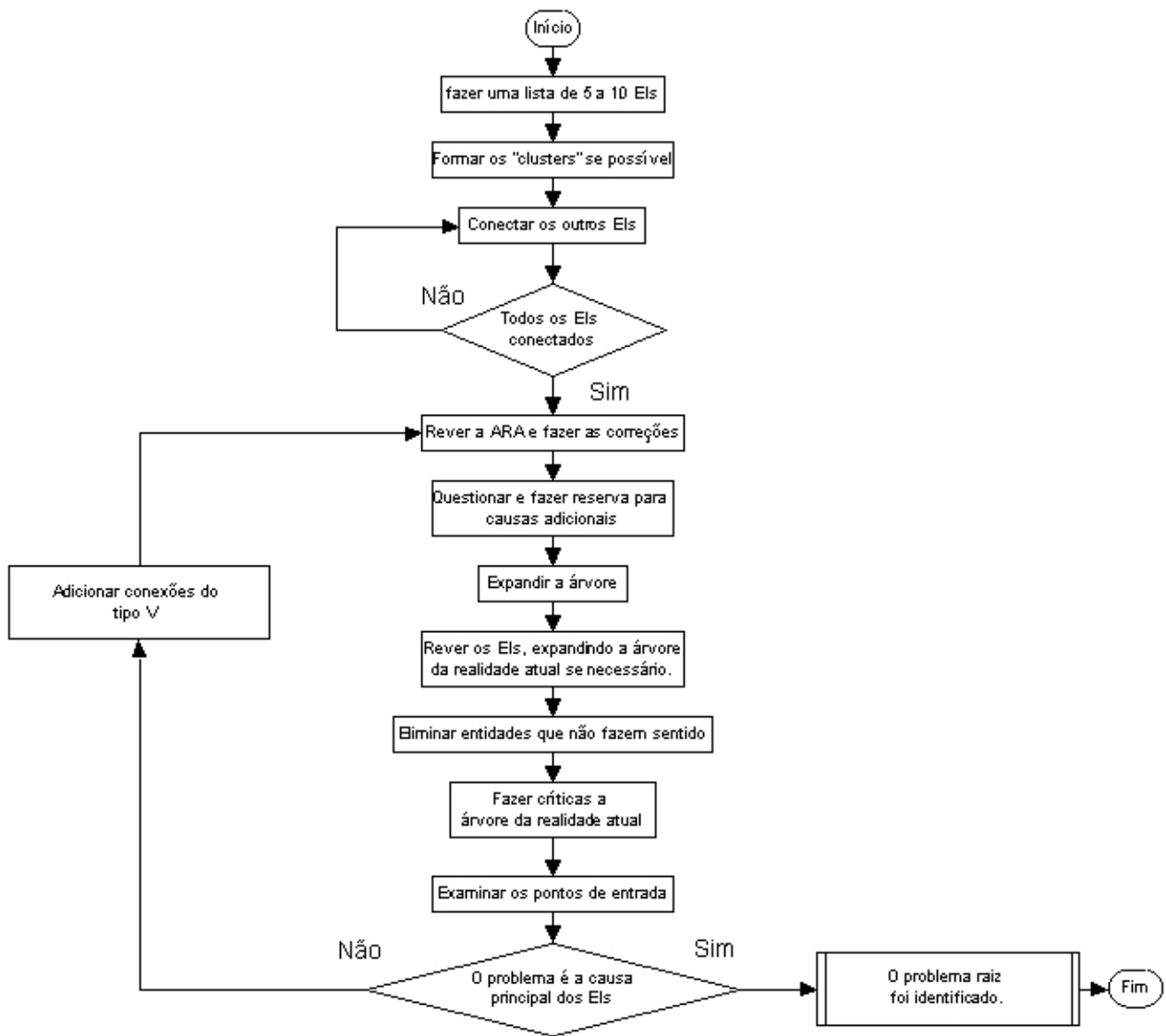


Figura 2.5 - Esquema para a construção da ARA.

O exame acurado das entidades e seus relacionamentos, sugerido por Goldratt (1992c), nos passos 2, 3 e 4 anteriormente colocados, devem se dar segundo os sete critérios fornecidos por Goldratt (1993), que os chama de categorias de causas legítimas. Os critérios propostos, e as ações recomendadas de acordo com cada um deles, são:

1. *Existência da entidade*: verificar se os “efeitos” realmente existem.
2. *Existência da causalidade*: verificar se realmente existe a relação entre a “causa” e o “efeito”.
3. *Tautologia*: invalidar o efeito de uma causa quando causa e efeito estiverem em *looping* — nos casos onde a única prova da causa é o efeito e vice-versa.
4. *Existência de efeito previsto*: invalidar a “causa” se um “efeito” previsto a partir de sua atuação não existir.
5. *Insuficiência de causa*: acrescentar a outra “causa” necessária à explicação do “efeito” — a lógica é do tipo “se... e...então...”.
6. *Causa extra*: identificar outras “causas” que também possam explicar o “efeito” — a lógica é do tipo “se... ou...então...”.
7. *Clareza*: se necessário, detalhar a relação causa-efeito, uma vez que esta pode não se dar de forma direta.

Essas diferentes categorias podem ser melhor entendidas a partir das Figura 2.6 e Figura 2.7.

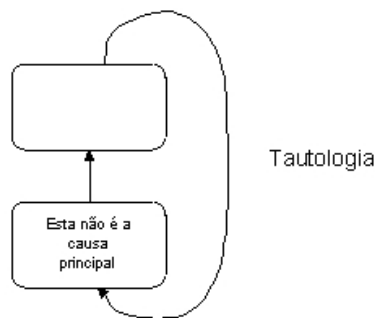


Figura 2.6 - Categorias de causas legítimas - parte 1.

Noreen et alii (1995) pontuam que o conjunto de passos utilizados na construção da ARA, bem como de outras estruturas empregadas pelo Processo de Pensamento da TOC, nada mais são que a combinação da lógica com algumas regras obtidas na prática por tentativa e erro.

A utilização sumária deste processo, na análise dos EIs, levará à descoberta de EIs que não são causados por nenhum outro, ou seja, não têm nenhuma entrada. Estes EIs “sem causa”, se assim pode se dizer, diferem de acordo com seu impacto no desempenho geral do sistema, podendo ser classificados em *causas raízes* e *problemas centrais*. As causas raízes são simplesmente aqueles EIs que não têm nenhuma entrada e, por sua vez, **os problemas centrais são aqueles que levam ao maior número de efeitos indesejados**. Não se deve esquecer que o que realmente restringe o desempenho do sistema são os problemas centrais.

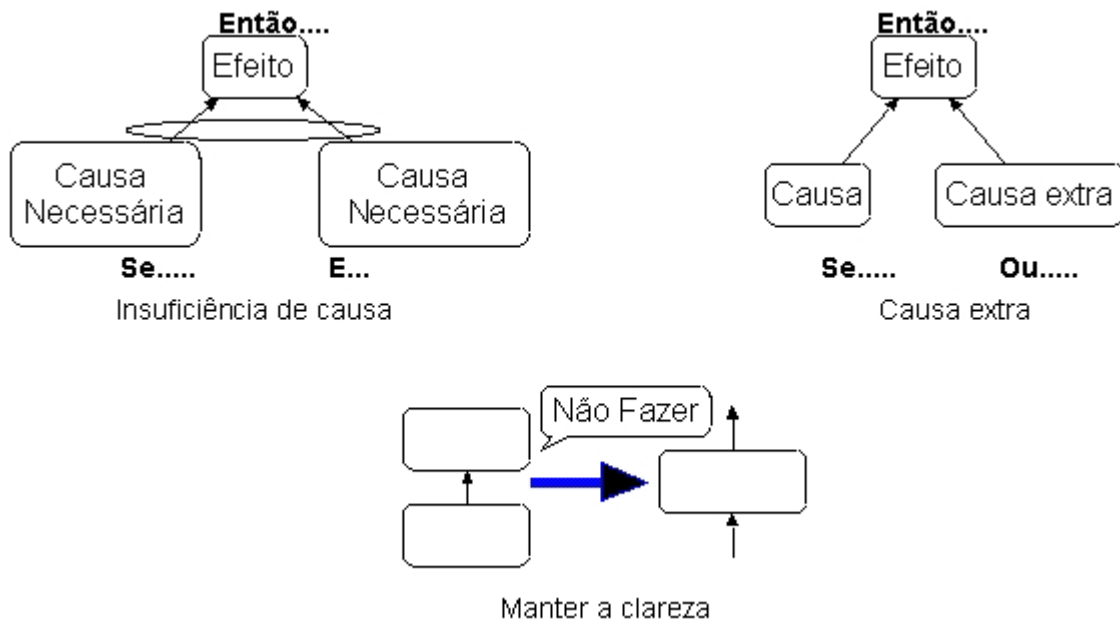


Figura 2.7 - Categorias de causas legítimas - parte 2.

A Figura 2.8 apresenta o aspecto típico de uma ARA, em forma de “V”, onde os vários EIs estão conectados, e é possível identificar o problema central na parte inferior da árvore.

Uma vez determinados os problemas centrais, o Processo de Pensamento da TOC passa para o estágio de desenvolvimento da solução. Esse é o tópico tratado a seguir.

2.2.2 Mudar Para O Quê?

Esta etapa toma como ponto de partida os problemas centrais, definidos na etapa anterior, por meio da utilização da técnica da Árvore da Realidade Atual (ARA). Busca-se formular uma solução capaz de eliminar tais problemas, elevando o desempenho da empresa de forma global.

Geralmente, a solução de problemas envolve um compromisso entre dois ou mais elementos; ou seja, existem *trocas-de-favores* inerentes ao processo de tomada de decisões gerenciais. Goldratt (1990, p.146) observa este fato, e diz que: “[...] toda vez que nos deparamos

com uma solução que requer um compromisso²², sempre existirá também uma solução simples que não envolve compromisso [...]”. Na visão de Goldratt (1990), esses “compromissos” somente existem porque os pressupostos assumidos no estabelecimento das relações entre as entidades são inválidos.

A partir do colocado no parágrafo anterior, é adequado levantar-se a seguinte questão: “por que a solução dos problemas centrais normalmente está associada a um ‘compromisso’?” Considerando-se a bibliografia consultada, as colocações de Noreen et alii (1995) parecem ser as mais capazes de responder satisfatoriamente a essa questão. Segundo Goldratt (1990), se um problema tem uma solução fácil, que não envolva nenhum conflito, esta provavelmente já terá sido encontrada e implantada; por outro lado, se uma solução simples ainda não foi implantada é porque, provavelmente, existe um conflito na organização que atua como bloqueio.

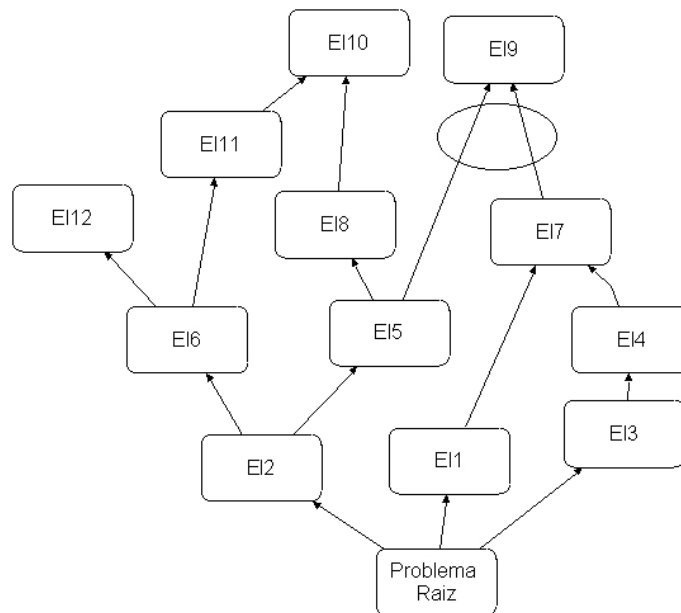


Figura 2.8 - Árvore da Realidade Atual - ARA.

²² Um “compromisso” é uma escolha que prioriza uma troca de algo pelo recebimento de outro algo.

As soluções originadas pelo Processo de Pensamento da TOC devem, conforme Goldratt (1990), ser soluções do tipo “ganha-ganha”²³.

São empregadas técnicas específicas para propor a solução e verificar a efetividade da solução proposta. São utilizadas as seguintes técnicas nesse processo:

1. Evaporação das nuvens (*EN*).
2. Árvore da Realidade Futura (*ARF*).

A técnica da Evaporação das Nuvens²⁴ (*EN*) constitui-se em um dos pontos fortes da abordagem do Processo de Pensamento da TOC. O ponto central desta técnica refere-se à maneira como ela procura forçar a formalização de idéias e pressupostos, para que então os conflitos que aparentemente existem possam ser resolvidos. A solução deve emergir a partir da introdução de conceitos novos — as injeções.

Uma característica única do método é a busca de soluções inovadoras, e ao mesmo tempo simples, expressas pelas injeções. A abordagem empregada pelo Processo de Pensamento da TOC foge do comum. A utilização da técnica da Evaporação das Nuvens é um exercício de criatividade, no qual se busca introduzir elementos novos, capazes de invalidar os pressupostos existentes. Só assim, é possível construir soluções verdadeiramente apropriadas à elevação do desempenho competitivo, conforme o pensamento de Goldratt (1994c).

Se existe um conflito, é porque existe “algo” que obstrui o alcance de um objetivo desejado (Goldratt, 1990). Por outro lado, problemas que envolvem “compromisso” derivam da existência de exigências para o alcance do objetivo que são conflitantes entre si. O compromisso origina-se na tentativa de conciliar essas exigências.

²³ Uma solução do tipo ganha-ganha não envolve compromisso.

²⁴ Goldratt (1990) acredita que um problema central pode ser encarado como uma grande nuvem negra, na qual estão contidos vários pressupostos. O objetivo perseguido não é encontrar uma “solução” para nuvem, mas sim eliminá-la, ou em outras palavras, “evaporá-la”; daí o nome da técnica.

“Defina um problema claramente, e você estará a meio caminho da sua solução” Goldratt (1990, p.98). O marco inicial da Evaporação das Nuvens é, exatamente, o “desenho” da nuvem²⁵, contendo o objetivo almejado, os requisitos e os pré-requisitos a serem atendidos para tanto. A Figura 2.9 mostra a forma genérica de uma “nuvem”.

Conforme Mackness, Bowles & Rodrigues (1995), a lógica da nuvem é a seguinte: os requisitos R1 e R2 devem ser atendidos para que o objetivo seja alcançado; por outro lado, existem pré-requisitos (PR1 e PR2) para que os requisitos (R1 e R2) possam ser atendidos.

Resumidamente, tomando como base Goldratt (1990; 1994), é possível apresentar o processo de elaboração das nuvens da seguinte forma.

Passo 1

Definir o objetivo almejado. Normalmente, esse objetivo é o contrário do problema central (Mackness, Bowles & Rodrigues, 1995).

Passo 2

Definir os requisitos a serem cumpridos para que o objetivo seja alcançado.

Passo 3

Definir quais são os pré-requisitos necessários para o cumprimento dos requisitos.

Passo 4

Definir o conflito.

Passo 5

Verbalizar os pressupostos por trás de cada relação de causa-efeito estabelecida na construção da nuvem. Este passo é bastante importante, uma vez que a “verbalização” de tais pressupostos é a condição básica para a construção da injeção.

²⁵ Nuvem é o nome dado à estrutura lógica onde objetivo, requisitos, pré-requisitos, pressupostos e conflitos são descritos e relacionados.

Seguindo uma seqüência de raciocínio óbvia, vê-se que o próximo tópico a ser tratado é a definição das injeções. Tal qual é apresentado por Goldratt (1994), o método tem a capacidade de proporcionar ganhos substanciais, justamente a partir do desafio dos pressupostos e da elaboração de injeção.

A questão fundamental é como chegar às injeções. Nenhuma das obras de Goldratt faz menção direta a esta questão. Não existe nenhuma fórmula ou técnica que, uma vez utilizada, garanta o surgimento de uma injeção; acreditar na existência de tal ferramenta seria por demais ingênuo. Parecem existir dois elementos fundamentais: conhecimento da situação real e criatividade.

O conhecimento acerca da realidade do problema é importante na medida que somente assim a validade dos pressupostos pode ser adequadamente questionada. Por outro lado, a elaboração da injeção é, essencialmente, um ato criativo, para o qual é fundamental o espírito crítico dos participantes.

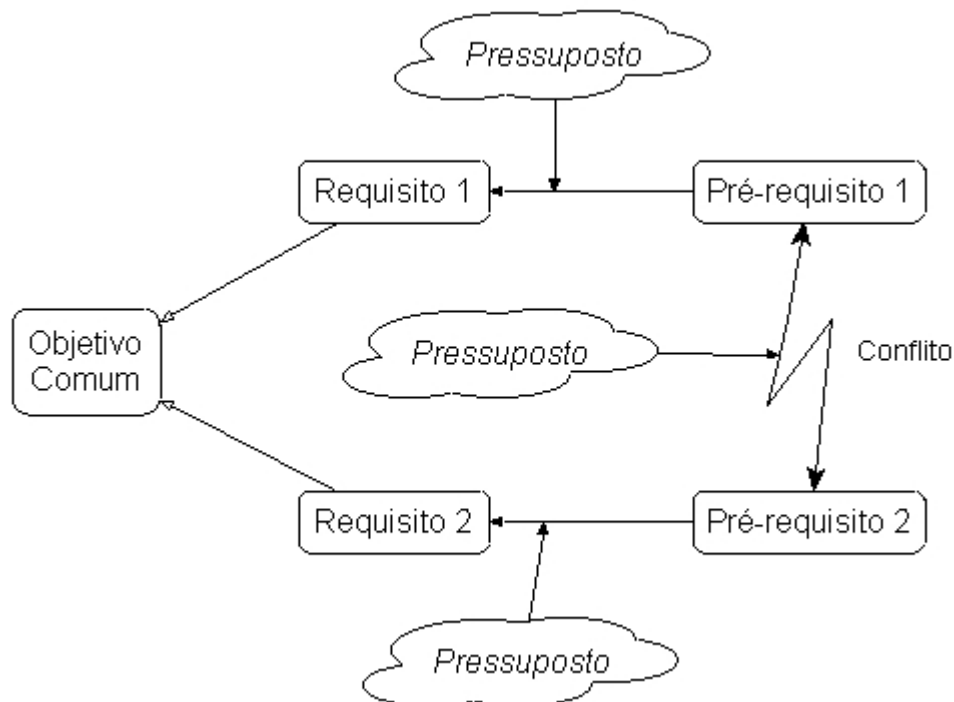


Figura 2.9 - Evaporação das Nuvens (Adaptado de Goldratt, 1990).

Odriozola (1994) sugere que, no que diz respeito ao desenvolvimento das injeções, o método seja apoiado por técnicas auxiliares, como as técnicas de pensamento lateral propostas por DeBono; de maneira complementar, podem ser realizadas sessões de *brainstorming*. O autor deste trabalho julga adequada essa sugestão.

A Figura 2.10 mostra a injeção atuando na nuvem, com a conseqüente dissolução do conflito. É cabível dizer que, em muitos casos, talvez uma única injeção não seja suficiente para eliminar o conflito; nessas situações é preciso que seja desenvolvida mais de uma injeção.

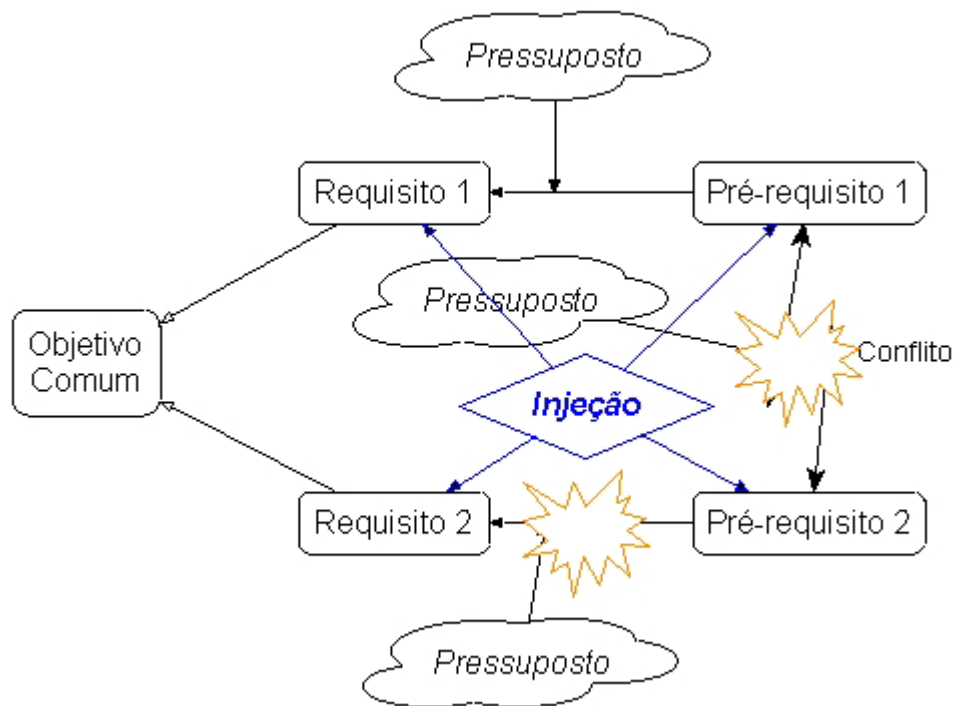


Figura 2.10 - Injeção atuando na nuvem.

É importante que a efetividade da solução proposta (injeção) seja verificada. A injeção deve ser capaz de acabar com os efeitos indesejáveis, originando em seu lugar efeitos desejáveis (ED). Para tanto, lança-se mão da técnica da Árvore da Realidade Futura (ARF).

A Árvore da Realidade Futura (ARF) também utiliza a análise efeito-causa-efeito, no entanto seu enfoque é o inverso do utilizado na montagem da ARA²⁶. Na construção da ARF toma-se como ponto de partida a injeção, a partir da qual são conectados os efeitos desejáveis (EDs), segundo os relacionamentos de efeito-causa-efeito. O processo de construção da ARF finaliza-se quando são conectados à árvore EDs opostos àqueles EIs inicialmente identificados na ARA²⁷; uma vez identificados estes EDs, atesta-se a eficácia da injeção (ou do conjunto de injeções) proposta.

O processo de construção da Árvore da Realidade Futura é descrito a seguir, além de ser esquematicamente apresentado na Figura 2.11.

Passo 1

Definir os Efeitos Desejáveis (EDs) que se procura atingir. Normalmente, estes EDs são o oposto dos Efeitos Indesejáveis (EIs) inicialmente listados na elaboração da ARA (Mackness, Bowles & Rodrigues, 1995).

Passo 2

Construir a árvore, estabelecendo relações de efeito-causa-efeito a partir da injeção.

Passo 3

Verificar se os Efeitos Desejados (EDs) definidos no passo 1 são obtidos a partir da injeção. Isto é, verificar se a árvore construída contém os EDs desejados²⁸.

²⁶ A ARA é construída de cima para baixo — dos efeitos para as causas, enquanto a ARF é construída de baixo para cima — das causas (injeções) para os efeitos.

²⁷ Os EIs inicialmente listados se constituem, na verdade, em sintomas.

²⁸ Esses EDs, normalmente, localizam-se na parte superior da árvore, analogamente ao posicionamento dos EIs iniciais na ARA.

Passo 4

Caso os EDs previamente definidos não estejam contidos na ARF, devem ser propostas injeções adicionais. Este processo deve ser repetido até que o conjunto de injeções seja capaz de levar aos EDs estabelecidos.

A Figura 2.12 apresenta uma ARF, onde se pode visualizar duas injeções e o relacionamento destas com os EDs.

Muitas vezes são encontrados Efeitos Indesejados (EIs) na Árvore da Realidade Futura, como resultado da injeção proposta. Nessas situações, diz-se que a ARF tem um ramo negativo. Goldratt (1994c) estimula a exploração desse ramo negativo, como uma forma de antecipar aquilo que pode dar errado. “Os ramos negativos que levam aos verdadeiros riscos têm de ser podados... devemos completar nossas ofertas com ações adicionais, que impeçam que os pontos negativos ocorram” (Goldratt, 1994c).

A definição da injeção é apenas o ponto de partida para a efetivação do processo de mudança pois, como comenta Goldratt (1990,p56), “[...] uma idéia não é uma solução [...]”. Portanto, a definição de uma ou mais injeções e a verificação da validade da proposta não são suficientes.

A implementação da injeção não se dá de forma direta, nem de uma só vez, mas sim de maneira incremental, através do atendimento de vários Objetivos Intermediários (OI). Logo, é necessário estabelecer quais são os passos e ações necessários para a efetiva implantação da injeção; é justamente este o ponto do qual trata a próxima etapa do Processo de Pensamento da TOC.

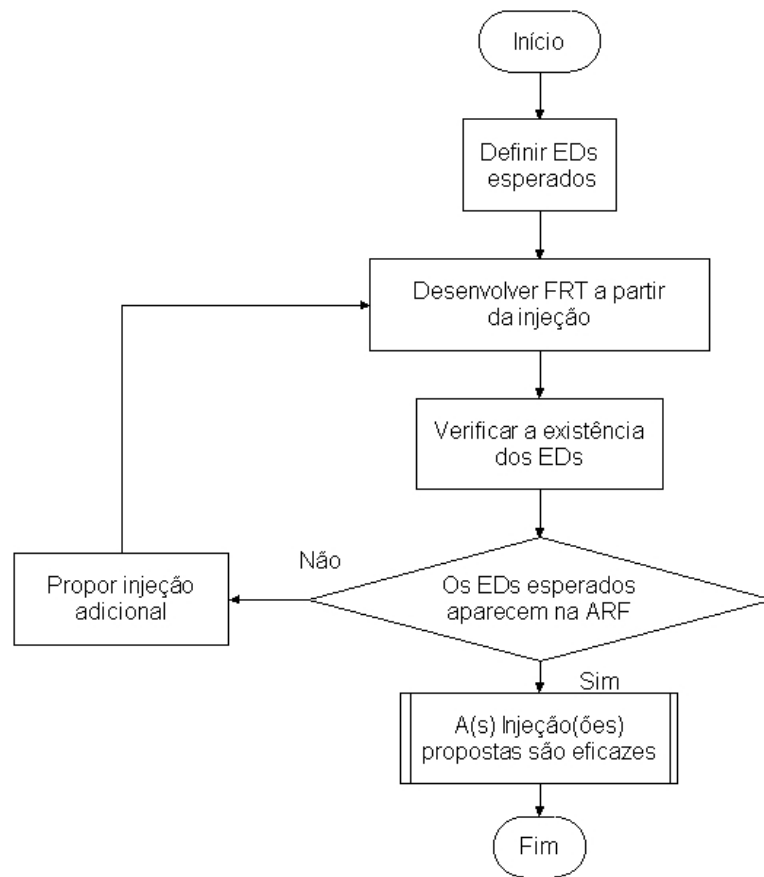


Figura 2.11 - Esquema para construção da ARF.

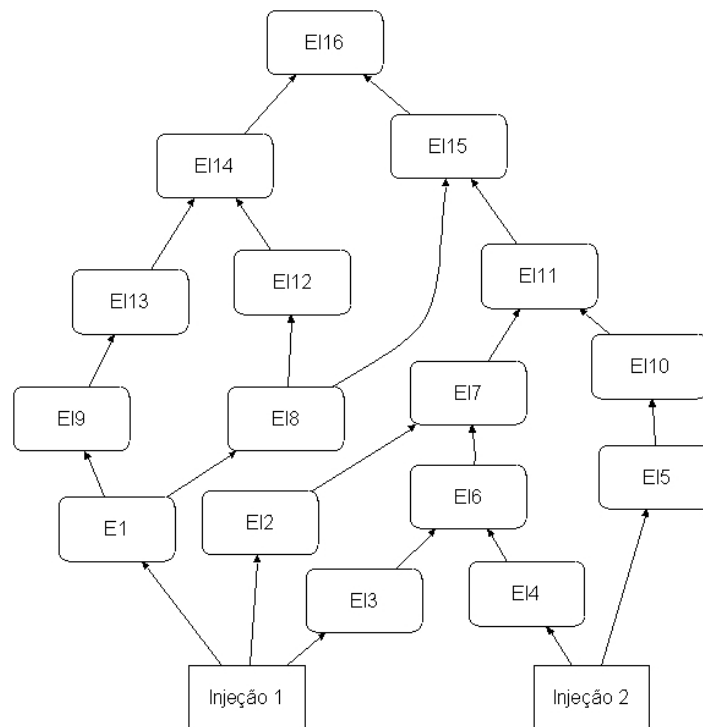


Figura 2.12 - Árvore da Realidade Futura - ARF.

2.2.3 Como Provocar a Mudança?

A melhor das idéias não leva a nenhum resultado caso não sejam traduzidas em ações práticas capazes de alterar a realidade. “Se nós não realizarmos ações, a realidade não irá mudar” (Goldratt, 1993, p.43).

Esta etapa tem por objetivo determinar ações que garantam a implantação do conjunto de injeções, de maneira a proporcionar a substituição dos EIs listados na ARA pelos EDs definidos na ARF. Em outras palavras, o resultado desta etapa deve ser um plano de ação.

O espírito crítico é utilizado para apontar obstáculos à implantação da injeção. É necessário atender certos Objetivos Intermediários (OIs) para que esses obstáculos possam ser vencidos.

São utilizadas duas técnicas nesta etapa:

1. Árvore de Pré-requisitos (APR)
2. Árvore de Transição (AT)

A técnica da Árvore de Pré-requisitos (APR) é utilizada no processo de desdobramento da injeção. Através da sua utilização são levantados os objetivos intermediários que precisam ser atendidos, de forma a implantar a injeção.

Goldratt (1993) afirma que a Árvore de Pré-requisitos apoia-se na capacidade que as pessoas têm de colocar obstáculos a qualquer ação. Essa capacidade deve ser utilizada de forma positiva. Isto é, essa capacidade crítica deve ser usada para apoiar o método, e não servir como uma restrição à utilização das técnicas.

Como já explanado, a implantação de uma idéia²⁹ dá-se de forma incremental. Existirão estágios intermediários, ou Objetivos Intermediários, a serem alcançados.

Também na construção da Árvore de Pré-requisitos é empregado a lógica efeito-causa-efeito. Conforme Mackness, Bowles & Rodrigues (1995), a construção da APR tem início a partir das injeções e dos obstáculos esperados durante sua implantação; cada obstáculo gera um objetivo intermediário suficiente para superá-lo.

Os passos elementares para a construção da Árvore de Pré-requisitos (APR) são os seguintes:

Passo 1

Levantar obstáculos à implantação da injeção. Goldratt (1993) sugere que a árvore seja apresentada a várias pessoas³⁰, para que a análise seja mais bem executada.

²⁹ Uma injeção, no caso do Processo de Pensamento da TOC.

³⁰ Em especial àquelas pessoas que normalmente posicionam-se contrariamente a qualquer idéia nova, com o argumento de que tal idéia não funcionará, pois existem vários obstáculos a serem vencidos.

Passo 2

Estabelecer, para cada obstáculo, um Objetivo Intermediário (OI) capaz de anulá-lo. Este passo é desenvolvido por meio do estabelecimento de relações de efeito-causa-efeito entre os obstáculos e os Objetivos Intermediários.

Passo 3

Verificar se todos os obstáculos foram “eliminados” pelos OIs determinados no passo anterior.

Passo 4

Se foram determinados novos OIs deve-se voltar ao passo 1. Normalmente, aparecem novos obstáculos, associados aos OIs. Este passo deve ser repetido até que não surjam mais obstáculos novos.

A Figura 2.13 mostra o esquema sugerido para o processo de construção da Árvore de Pré-requisitos.

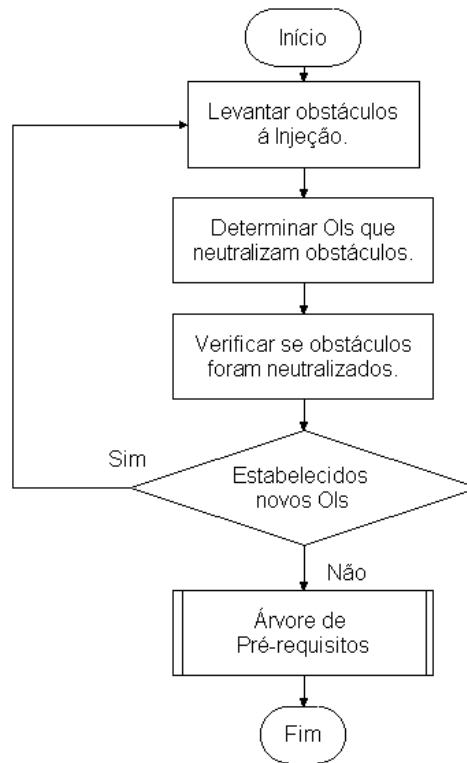


Figura 2.13 - Esquema para a construção da APR.

A Figura 2.14 representa uma árvore de Pré-requisitos genérica.

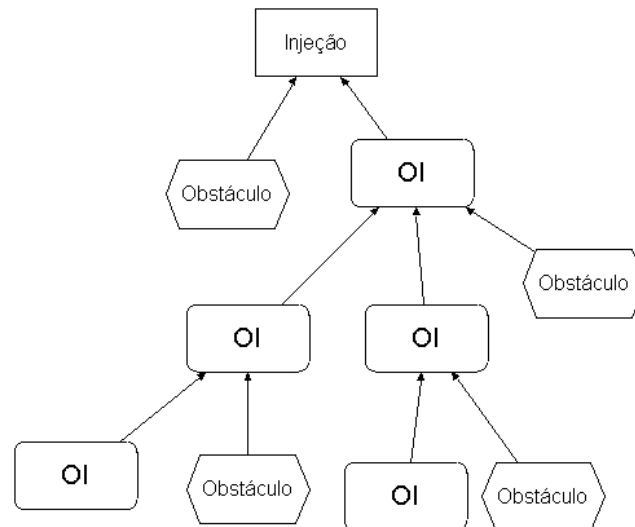


Figura 2.14 - Árvore de Pré-requisitos - APR.

O próximo passo lógico do Processo de Pensamento da TOC é o estabelecimento de ações efetivas a serem executadas.

A técnica utilizada, nesta etapa final, é a *Árvore de Transição* (AT). A AT associa a cada objetivo intermediário uma ação a ser executada. A construção da *Árvore de Transição* é, na verdade, a montagem do plano de ação que leva à solução do problema, com o desaparecimento dos Efeitos Indesejados (EIs).

A espinha dorsal da *Árvore de Transição* (AT) é a descrição da mudança gradual que deve ocorrer na realidade e das ações necessárias para que essa mudança vá ao encontro dos objetivos (Goldratt, 1993). O nome desta técnica (*Árvore de Transição*) vincula-se à *transição* de uma realidade problemática, com a presença de vários EIs, para uma realidade na qual os EIs foram substituídos por EDs.

A lógica da *Árvore de Transição* é a seguinte: *se* for realizada a **ação**, *então* o **Objetivo Intermediário** será alcançado.

A construção da Árvore de Transição pode ser resumida da seguinte forma:

Passo 1

Colocar na árvore os Objetivos Intermediários obtidos com APR.

Passo 2

Determinar ações capazes de levar ao atendimento dos OIs.

Passo 3

Verificar se, com as ações estabelecidas, pode-se garantir a obtenção dos resultados esperados.

Passo 4

Caso as ações estabelecidas não forem suficientes, deve-se voltar ao passo 2.

Esse mesmo esquema pode ser visualizado na Figura 2.15.

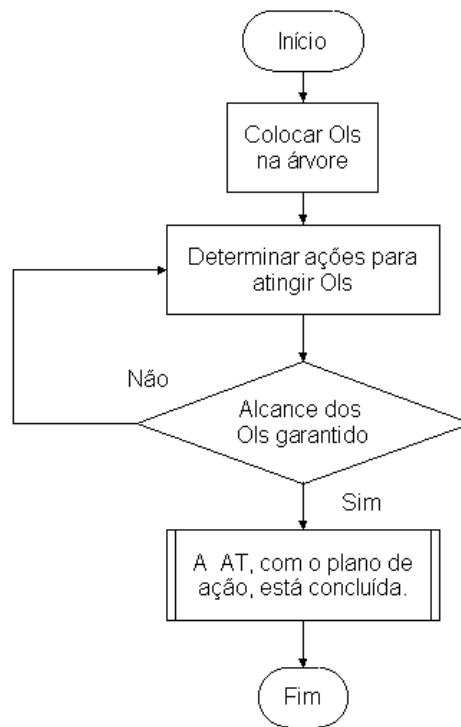


Figura 2.15 - Esquema para construção da Árvore de Transição.

Pode-se observar, na Figura 2.16, a forma assumida pela AT.

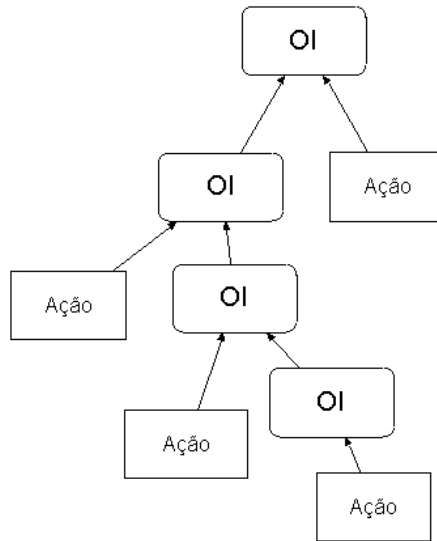


Figura 2.16 - Árvore de Transição - AT.

Cada etapa do processo de pensamento relaciona-se intimamente com as outras, mesmo porque o *input* de uma técnica é o *output* da anterior. A Figura 2.17, adaptada de Goldratt (1993), busca apresentar, de forma esquemática, o relacionamento entre as técnicas do Processo de Pensamento da TOC.

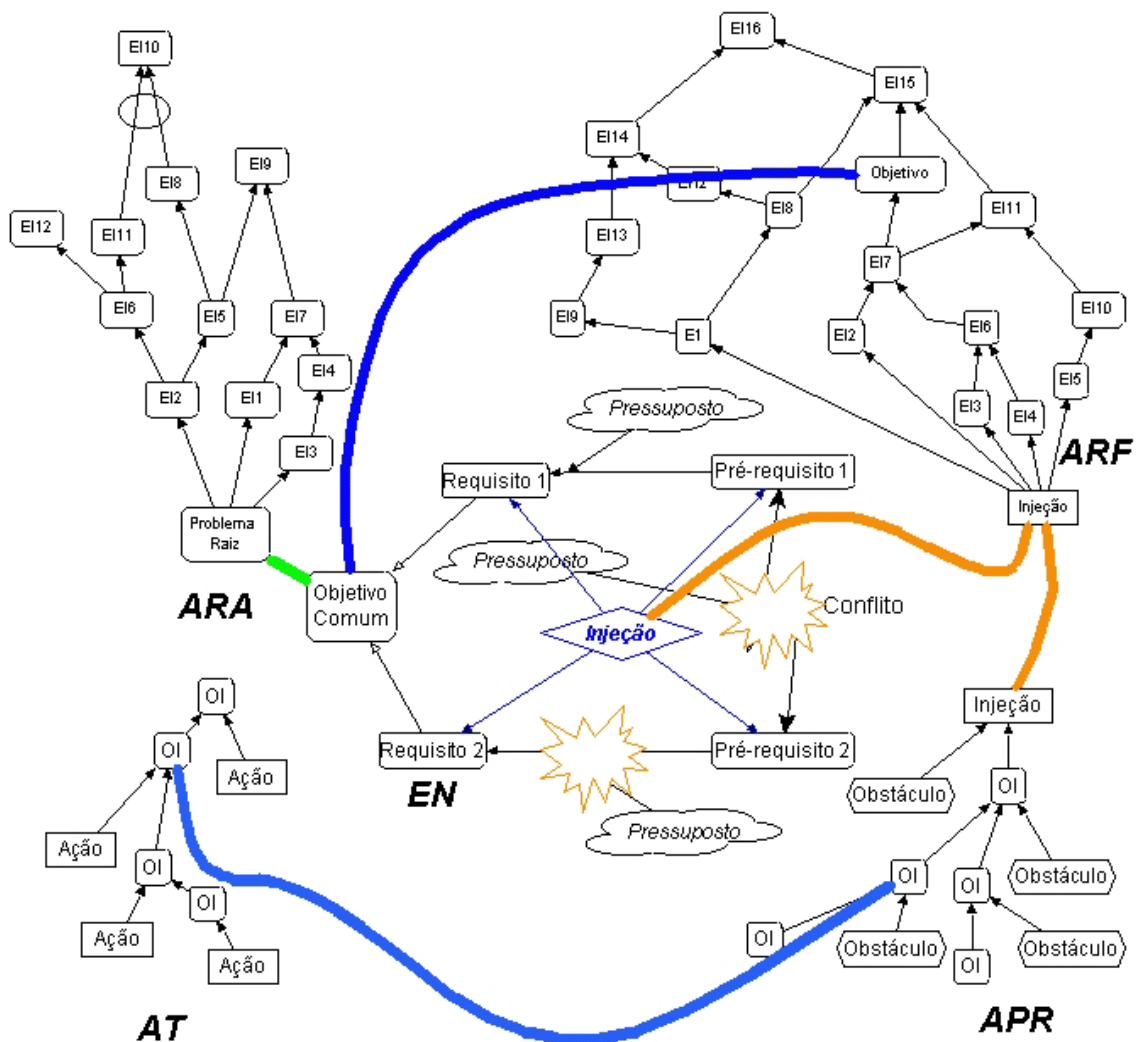


Figura 2.17 - Encadeamento das técnicas do Processo de Pensamento da TOC.

Como observado, o processo de pensamento da TOC é essencialmente cíclico, ou seja, após a finalização de uma fase de análise (“O que mudar?”, “Mudar para o quê?” e “Como provocar a mudança?”), deve-se iniciar o processo novamente. As etapas do Processo de Pensamento da TOC devem ser replicadas indefinidamente, de forma que o método realmente constitua-se em um processo de aprimoramento contínuo.

2.3 Os Indicadores Operacionais da Teoria Das Restrições.

Segundo Goldratt (1990, p.46), “as medidas são o resultado direto da meta escolhida. Não existe um meio de selecionar um conjunto de medidas antes da meta estar definida. Por exemplo, usar medidas baseadas em dinheiro para julgar o desempenho de um exército ou uma igreja é ridículo”.

Ainda segundo Goldratt (1990, p.56),

“Primeiro, devemos descrever a empresa. Estamos interessados em descobrir medidas para a empresa cuja meta é ganhar mais dinheiro, agora e no futuro. O que esta empresa gera? Metais básicos? Equipamentos eletrônicos sofisticados? O que devemos saber é que todos os exemplos acima descrevem os produtos físicos da empresa, não o que ela gera. Enquanto definimos sua meta desta forma, o que a empresa gera é definitivamente uma coisa: *dinheiro*. Portanto, podemos seguramente descrever a empresa como uma máquina de fazer dinheiro. Já concordamos com a meta: já decidimos que gostaríamos de ter uma máquina de fazer dinheiro. Imagine que você acaba de entrar na única loja que vende estas máquinas. Existem algumas máquinas de fazer dinheiro nesta loja e você deseja definitivamente escolher uma delas. De qual dado do vendedor você necessita para fazer a escolha? Uma vez verbalizado o dado necessário, verbalizamos as medidas. Mas, além das medidas, poderíamos também verbalizar algumas condições necessárias. Já que este experimento visa encontrar as medidas e que as condições necessárias poderiam drasticamente diferir de uma empresa para outra, vamos supor que todas as máquinas da loja atendam a todas as nossas condições necessárias. Portanto, se pudermos verbalizar claramente o que precisamos saber para fazer a escolha, estaremos verbalizando as medidas necessárias. Lembrem-se, podemos prever que o vendedor nos fornecerá informação sobre cada máquina; não esperamos e nem desejamos que essa pessoa faça a escolha por nós. A primeira informação necessária que chega a nossa mente é quanto dinheiro a máquina gera?. Mas devemos ser cuidadosos. Suponha que o vendedor nos diga: esta primeira máquina gera US\$ 1 milhão. Esta outra máquina apenas US\$ 500 mil. Suponha que escolhemos a primeira máquina, e descobrimos que ela gera US\$ 1 milhão, mas em 10 anos. A outra máquina gera US\$ 500 mil em apenas um ano. Você acha que vamos ficar com raiva do vendedor? Por quê? Ele respondeu exatamente ao que perguntamos. O erro não é do vendedor, mas nosso. Não perguntamos o que pretendíamos. O que realmente desejamos saber? O índice. Então vamos perguntar qual é o índice de geração de dinheiro pela máquina?. Vamos lembrar que a máquina à qual nos referimos não é uma máquina física. É uma empresa como um todo, e o índice no qual o dinheiro é gerado leva em conta toda a empresa, depois de se ter levado em conta a sua interação com o que a rodeia. Vamos examinar a questão mais uma vez. Qual é o índice de geração de dinheiro pela máquina? Suponha que o vendedor nos diga que uma máquina em particular gera dinheiro na proporção de US\$ 1 milhão por mês, e outra apenas US\$ 500 mil por mês. Escolhemos a primeira, e descobrimos que após três meses ela está totalmente desgastada, enquanto a outra máquina resiste para sempre. Você acha que estaremos satisfeitos com o vendedor?”

Portanto, é necessário que se escolha corretamente as medidas, para que se possa obter realmente o que se busca.

As medidas são definidas em função da meta escolhida. Portanto, se a meta é ganhar mais dinheiro, agora e no futuro, existem duas Medidas de Desempenho Global que são:

- Uma absoluta - Lucro Líquido.
- Uma relativa - Retorno Sobre Investimentos.

Existe também a medida de sobrevivência, uma condição necessária para a manutenção do funcionamento da Empresa:

- Fluxo de Caixa.

Porém, as medidas que se procuram para realizar a análise são aquelas com as quais se pode dimensionar o impacto de uma decisão local, no desempenho global. Normalmente o que se verifica nas empresas são os gerentes tomando ações olhando sempre para os efeitos, e não sabendo muito sobre as causas que geram estes efeitos. O que se quer com os indicadores operacionais é que as ações no chão de fábrica possam ser tomadas e seus resultados verificados de forma clara numa visão global. Para isto as medidas acima são insuficientes.

Como colocado acima, Goldratt (1990) compara uma empresa com uma máquina de ganhar dinheiro. Analisando-se quais são as medidas que melhor definem as características desta máquina, existem três medidas para avaliar a empresa.

A primeira delas é o GANHO: índice pelo qual o sistema gera dinheiro através das vendas.

Observações feitas por Noreen et alii (1995) dão conta de que “Ganho é: Receita menos custos totalmente variáveis³¹. Todavia, na maioria da literatura TOC, Ganho foi definido como receita menos materiais diretos³². Na prática, observam-se ambas as versões em uso. Algumas empresas deduzem apenas os materiais diretos da receita para chegar ao ganho, enquanto outras deduzem custos variáveis, tais como subcontratação³³, custos de venda variáveis e custos de embarque variáveis”.

Segundo Goldratt (1990), Ganho é o preço líquido de venda (sem impostos e comissões) menos o custo das matérias-primas, numa unidade de tempo. Ex.: Ganho de US\$ 7.000,00 por mês.

³¹ Custos totalmente variáveis são aqueles que incorrem se e somente se um único produto a mais for vendido.

³² Materiais diretos são aqueles que são necessários para a confecção de um só produto.

³³ A sub-contratação é a utilização de recursos externos para suprir uma demanda a qual a empresa não tem a capacidade produtiva necessária para esta demanda.

A segunda medida é o INVENTÁRIO: todo o dinheiro que o sistema INVESTE na compra de coisas que PRETENDE VENDER.

O inventário pode ser considerado como o investimento total de dinheiro que o sistema necessita para poder operar.

Isso inclui a compra de matéria-prima, máquinas e instalações. Segundo este raciocínio, o produto acabado é contabilizado no estoque apenas pelo valor de compra das matérias-primas utilizadas.

O fato do Inventário na contabilidade de custos ser contabilizado como dinheiro no balanço, levando em conta valor agregado, confunde as ações e o comportamento das pessoas. Como exposto por Goldratt (1990)³⁴, os conceitos de valor agregado, rateio de custos de *overhead*³⁵, medidas de eficiência, programação da produção sob previsões de longo prazo e análise dos resultados de curto prazo fazem parte das práticas administrativas comuns, que no entanto são desastrosas para as empresas. A forma como se mede o inventário e seu impacto na empresa define também o comportamento da gerência e a tomada de suas decisões. O conceito de valor agregado é substituído na análise TOC pela terceira medida.

A terceira medida é a DESPESA OPERACIONAL: todo o dinheiro que o sistema GASTA transformando o Inventário em Ganho.

Nesta medida estão incluídos o que se paga pela mão-de-obra direta, pelos salários de toda a mão-de-obra indireta e administrativa, e todos os demais gastos incorridos independente de se realizarem vendas, tais como: pesquisa, desenvolvimento, refugos, despesas bancárias (juros), etc.

As medidas observadas até aqui (Ganho G, Inventário I e Despesa Operacional DO) são distintas das utilizadas normalmente³⁶, e apenas a TOC faz estas distinções.

Intuitivamente³⁷ sabe-se o que deve ocorrer com estas três medidas em uma empresa que se deseja lucrativa. G deve ser aumentado, I deve ser reduzido e DO deve ser reduzida.

³⁴ Goldratt em seu livro, A síndrome do Palheiro (1990) discorre sobre isto de maneira clara.

³⁵ Despesas gerais e administrativas.

³⁶ As medidas usadas normalmente são as da Contabilidade de Custos

O objetivo desta análise é poder avaliar o impacto das decisões locais não sobre uma das medidas, mas sobre a relação entre as três. Pode-se interligar estas relações com as medidas globais de desempenho da empresa através das fórmulas³⁸:

$$\text{Lucro Líquido} = \text{Ganho} - \text{Despesa Operacional} \quad (\text{LL} = \text{G} - \text{DO}).$$

$$\text{Retorno sobre Investimento} = \text{Lucro Líquido} / \text{Investimento} \quad (\text{RSI} = (\text{G} - \text{DO})/\text{I})$$

Goldratt (1990) indica a possibilidade do uso de outro par de medidas conhecidas, mas enfatiza que a utilização de um par elimina a possibilidade da utilização do outro:

$$\text{Produtividade} = \text{G} / \text{DO}$$

$$\text{Giros} = \text{G} / \text{I}$$

O importante é utilizar apenas um dos pares de medidas para não haver confusão na análise. Como se verificou, o sistema de contabilidade do Ganho é muito simples de ser operacionalizado e analisado.

2.4 Os Cinco Passos de Focalização da Teoria das Restrições.

Segundo Goldratt (1990) “O focalizar tudo acabará levando a focalizar nada”. Em vista do exposto, qual será o primeiro passo? Sim, está claro: primeiro deve-se encontrar as restrições do sistema. A pergunta seguinte, no entanto, é: será que existe alguma restrição no sistema o qual estamos observando? “Talvez a resposta seja mais clara se fizermos a mesma pergunta usando palavras diferentes: você já viu uma empresa sem restrições? A resposta intuitiva é óbvia: nunca” (op. cit.).

Em qualquer corrente, deve existir um elo mais fraco. Segundo Goldratt (1990) se existir uma empresa sem restrições, isto significa que nada limita seu desempenho. Se nada limita

³⁷ Intuitivamente significa realizar a análise do negócio para que tenhamos a meta alcançada, que é a de ganhar dinheiro agora e no futuro. Obviamente se aumenta-se o ganho, diminui-se o investimento e diminui-se as despesas.

³⁸ Este é o conceito clássico da contabilidade do ganho (Noreen et alii, 1995).

o seu desempenho é de se esperar que seu **Lucro Líquido** e seu **Retorno Sobre Investimentos** seja infinito. É pouco provável que alguém já tenha ouvido falar de uma empresa com Lucro Líquido infinito!

Portanto é fácil entender que todo sistema deve ter pelo menos uma restrição. Por outro lado, cada sistema, na realidade, deve ter um número muito limitado de restrições.

Sendo assim, segundo Goldratt (1990) o primeiro passo a focalização das ações na Teoria das Restrições é intuitivo:

1. Identificar a(s) restrição(ões) do sistema³⁹.

Identificar uma restrição implica que já temos alguma avaliação da grandeza de seu impacto sobre o desempenho global. Normalmente as pessoas que trabalham no sistema o qual quer-se descobrir a restrição já conhecem o seu lugar.

Após a restrição encontrada já tem-se identificado aquilo que limita o desempenho de todo o sistema. Qual deverá ser o próximo passo? Descobriu-se que estes pontos limitam o desempenho do sistema. Mas como será que deve ser o gerenciamento destas restrições?

A resposta que aparece em primeiro lugar é a de eliminar a restrição. Porém, para que isto seja feito, muitas vezes necessita-se de uma quantidade de recursos e tempo muito grandes. É o caso da restrição de mercado ou da compra de uma máquina nova.

Como deve-se gerenciar as restrições? No mínimo, não desperdiçá-las. Deve-se extrair o máximo delas, sendo que qualquer quantidade, pelo mínimo que seja, é válida.

Tem-se então o segundo passo da Teoria das Restrições que é:

2. Decidir como explorar a(s) restrição(ões) do sistema.

Explorar significa simplesmente extrair o máximo delas. Segundo Goldratt (1990) a escolha dessa palavra com ligeira conotação negativa foi escolhida deliberadamente, pois como Goldratt diz “EXPLORAR, não importa o que exija. Vamos entender uma coisa: não acredito que numa empresa que perde dinheiro possa haver garantia de emprego. Numa empresa que perde dinheiro, a garantia de emprego é ameaçada, não importa o que a alta gerência diga. Aqui estão

as restrições que limitam o desempenho global. A garantia de emprego de todos na empresa depende do desempenho destes pontos. Sem compaixão, extraia o máximo delas”.

Agora se sabe que para gerenciar uma restrição deve-se explorá-la. Uma pergunta surge, então: e quanto aos outros recursos, não deve-se tomar nenhum cuidado com eles?

A resposta é óbvia: as não restrições devem fornecer tudo o que as restrições precisam consumir e então parar.

Com esta dedução, Goldratt (1990) escreve o terceiro passo do processo de focalização:

3. Subordinar qualquer outra coisa à decisão anterior.

Deve-se parar por aqui? Este é o passo final? Claro que não! Agora é o momento de fazer aquilo que se estava tentando fazer antes. É o momento de eliminar a restrição. Se não existe o suficiente, não significa que não se pode aumentar. Então, o próximo passo é:

4. Elevar a(s) restrição(ões) do sistema.

No quarto passo, leva-se em conta a hipótese de progredir o empreendimento. Pode-se escolher entre parar ou deve-se acrescentar um quinto passo? A resposta é, elevando-se a restrição, chegará o momento em que se terá nela capacidade suficiente. A restrição estará quebrada. O desempenho da empresa subirá. Mas pulará para o infinito? Claro que não! O desempenho da empresa então será restringido por alguma outra restrição. A restrição foi mudada e então será necessário passar para o quinto passo:

5. Se nos passos anteriores uma restrição for quebrada, volte ao passo 1, mas não deixe que a inércia se torne uma restrição do sistema.

De acordo com Goldratt (1990), a restrição tem impacto sobre o comportamento de todos os outros recursos da empresa. Tudo deve estar subordinado ao nível máximo de desempenho da restrição. Assim, em função da existência da restrição na empresa, desenvolver-

³⁹ Coloca-se o plural de restrição entre parênteses porque poderão existir sistemas com uma só restrição.

se-á algumas regras, formais ou informais, que levam o sistema a reagir de uma determinada maneira. Acontece, entretanto, que em muitos casos o sistema não reavalia as regras criadas e que foram importantes em determinado momento. Elas ficam para trás. Tem-se agora a política⁴⁰ como restrição.

“Cinco passos: um procedimento intuitivamente óbvio e focalizado. Todos já os conhecem, todos entendem que exprimem a verdade. Nenhuma surpresa, pois a intuição vem da experiência no mundo real e o mundo real é o mundo dos ganhos” (Goldratt, 1990).

Pode-se verificar, através do resumo a seguir, os cinco passos do Processo de Focalização:

- 1. Identificar as restrições.**
- 2. Decidir como explorar as restrições do sistema.**
- 3. Subordinar qualquer outra coisa à decisão acima.**
- 4. Elevar as restrições do sistema.**
- 5. Se nos passos anteriores uma restrição foi quebrada, volte ao passo 1, mas não deixe que a INÉRCIA se torne uma restrição do sistema.**

2.5 O Tambor-Pulmão-Corda

Tomando-se os cinco passos de focalização da TOC, analisar-se-á agora a aplicação destes em uma linha de produção.

Considerando-se uma linha com cinco recursos produtivos, cada qual interligado um com o outro, deve-se primeiramente encontrar a restrição. Na Figura 2.18, pode-se verificar um sistema de produção o qual fornece peças para um mercado que necessita de 11 peças por dia.

⁴⁰ As restrições de políticas são regras utilizadas por muito tempo que, na época em que foram elaboradas, fazia perfeito sentido. Porém, os motivos que as originaram já não existem mais. Contudo, estas regras e procedimentos continuam sendo adotados.

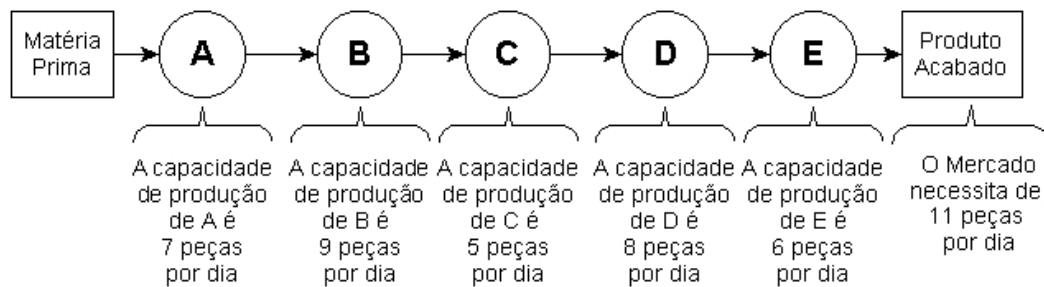


Figura 2.18 - Fluxo de produção.

A capacidade do sistema é governada pela máquina C, que consegue uma produção diária de 5 peças. Pode-se assumir também que se esta máquina governa o sistema, cada máquina dente ou subsequente tenderá a trabalhar no mesmo ritmo. Portanto, todas as máquinas tenderão a estar balanceadas na produção de 5 peças por dia.

Esta produção, no entanto, é uma produção média diária, o que nos remete a um ponto que deve ser explorado. Este ponto é a variabilidade do sistema no tempo. Todos os sistemas são variáveis, uns mais do que os outros, mas todos o são. Sendo assim, a capacidade em cada uma das máquinas pode variar. Para fazer-se uma análise qualitativa, vai-se colocar uma variabilidade em cada máquina de, por exemplo, mais ou menos 2 peças por dia. Na Figura 2.19 mostra-se o efeito da variabilidade e balanceamento no sistema.

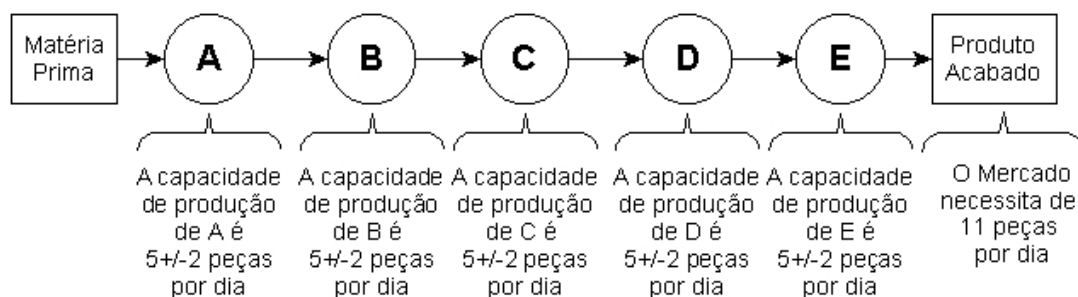


Figura 2.19 - Efeito da variabilidade e balanceamento na linha de produção.

O que estes dois efeitos produzem na quantidade de peças por dia desta linha é uma grande queda na capacidade produtiva. Portanto, deve-se buscar alguma maneira para que o mercado possa ser atendido de forma consistente. Para isto, vai-se usar os cinco passos da TOC.

Antes que se comece a fazer o uso deste processo de focalização, vai-se introduzir o conceito de *takt-time*.

Para a definição de qual a capacidade instalada deve ser estabelecida em qualquer sistema de produção, é importante saber o que o mercado quer.

O conceito de *takt-time*, portanto, é muito importante, pois definirá quais são as necessidades dos clientes em termos de produtos por unidade de tempo. O *takt-time* é definido a partir da demanda do mercado e do tempo disponível para produção; é o ritmo de produção necessário para atender a demanda. Matematicamente, define-se o *takt-time* através da seguinte expressão:

***Takt-time* = Tempo disponível para produção / Número de unidades a serem vendidas.**

Iwayama (1996) afirma que o *takt-time* é o tempo alocado para a produção de uma peça ou produto em uma célula ou linha. A idéia de alocação de um tempo para produção pressupõe, naturalmente, que alguém aloca; o *takt-time*. Portanto, o *takt-time* não é dado, mas determinado por uma vontade gestora.

Há que se ponderar que essa conceituação geral tem limites. É preciso esclarecer que a empresa pode realizar opções tanto quanto aos níveis de atendimento da demanda, como aos de utilização da capacidade, o que não está explicitamente contemplado na formulação anterior.

A compreensão desses limites leva à necessidade de ampliação do conceito. Uma definição mais adequada parece ser a seguinte: ***takt-time* é o ritmo de produção necessário para atender a um determinado nível considerado de demanda, dadas as restrições de capacidade da linha ou célula.**

Em termos concretos, o *takt-time* é o ritmo de produção alocado para a produção de uma peça ou produto em uma linha ou célula, justamente como proposto por Iwayama (1996),

com a diferença que se reconhece nesta definição que o ritmo eventualmente necessário pode não ser comportado pelo sistema de produção.

No caso do exemplo, o mercado necessita de 11 peças diárias, o que está muito além da capacidade que existe na linha de produção. Segundo Goldratt (1984) está-se diante de um gargalo, ou seja, a capacidade de produção da fábrica não contempla as necessidades do mercado.

Sabendo-se disto e utilizando-se o primeiro passo da focalização, **Identificar a restrição**, pode-se dizer que a máquina C é a restrição do sistema. Segundo Goldratt (1984) pode-se fazer uma analogia com um **Tambor**, pois esta máquina é a que comanda o ritmo de produção de toda a linha.

Seguindo adiante, utiliza-se o segundo passo da focalização, **Explorar a restrição**. Ao se fazer isto, está-se procurando não desperdiçar tempo algum no recurso restrição. Desta forma, deve-se isolar a restrição do resto do sistema para impedir que a variabilidade do processo interfira na utilização da restrição. Isto é feito adicionando-se um pulmão de tempo à frente da restrição, ou seja, uma quantidade de tempo em peças na frente da restrição, o qual será chamado de **Pulmão**.

O passo seguinte será o da subordinação. Todos os outros recursos devem se subordinar à restrição. Chama-se de **Corda** esta maneira de subordinar as outras máquinas ao recurso restrição. A Figura 2.20 mostra o Tambor-Pulmão-Corda.

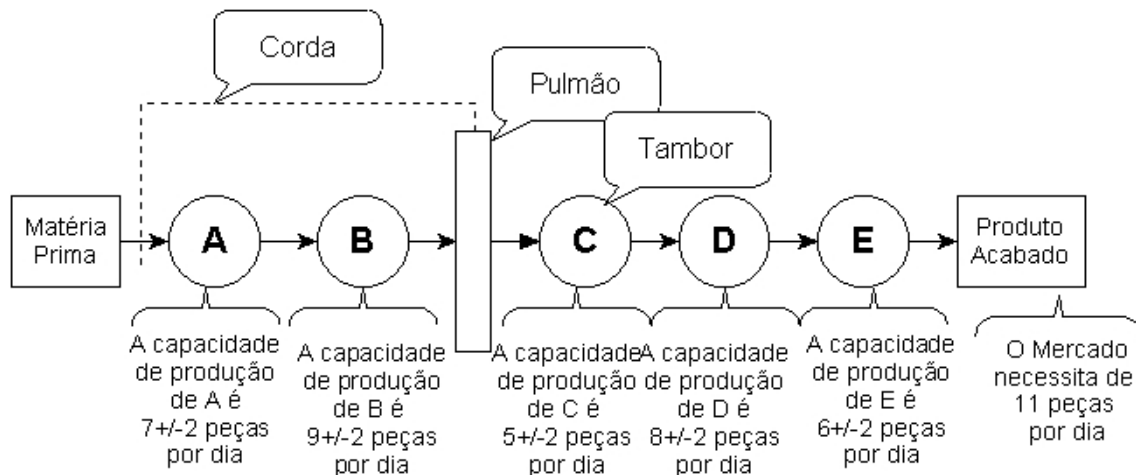


Figura 2.20 - O conceito do Tambor-Pulmão-Corda.

A corda no sistema não permite que exista a superprodução das máquinas anteriores à restrição. Estas máquinas estão instruídas a trabalharem na sua máxima capacidade até encherem o pulmão de proteção e após isto manterem o mesmo ritmo de produção do Tambor até que uma interrupção nestas venha a parar o sistema em frente ao pulmão de proteção. Uma vez restabelecido o fluxo, novamente será requerido das máquinas o máximo de produção até que o pulmão esteja completo.

O próximo passo agora seria o de **Elevar a restrição**, e em se fazendo isto, fica claro pela Figura 2.20, que a próxima restrição será a máquina E. Se o mercado permite um incremento na produção, deve-se então analisar a viabilidade de produzir mais, ou seja, mudar a localização da restrição.

Uma vez que a restrição foi elevada, deve-se passar para o passo seguinte que é não permitir que as soluções encontradas hoje façam com que o sistema pare e não continue a melhorar, isto é, **não permitir que a inércia se torne a própria restrição do sistema**.

Após a introdução do pulmão de proteção, o sistema como um todo ficou menos sensível às variações. Estas continuam as mesmas, porém como existe uma proteção na máquina restrição, esta variabilidade afeta o sistema como um todo apenas pelo índice da máquina restrição. Isto significa que até um certo grau, a variabilidade das outras máquinas do sistema não interferem na capacidade produtiva da linha como um todo.

A seguir será apresentado o capítulo referente ao método proposto.

CAPÍTULO 3

3 Método Proposto

O método proposto tem o objetivo de ajudar a tomada de decisão no chão de fábrica⁴¹ de uma forma simples e rápida, porém coerente com o resultado global da empresa.

Os pressupostos teóricos tomados para a proposição do método foram os da Teoria das Restrições, ressaltando-se entre eles o processo de pensamento, os cinco passos para a focalização na melhoria de processos e os indicadores financeiros.

Outro pressuposto na aplicação do método é o da necessidade de que alguma pessoa ou o grupo de trabalho que irá executar a tarefa de resolução dos problemas tenha uma base sólida em engenharia industrial⁴². Esta característica, aliada à grande interação com os operadores das máquinas que exercício do método propicia, gera uma capacidade criativa para a busca de soluções inovadoras e a quebra de certas suposições que guiam o sistema.

A seguir, apresenta-se o fluxograma de cada etapa, seguido do detalhamento da aplicação do método no projeto piloto.

3.1 Fluxograma

Pode-se observar na Figura 3.1 o fluxograma descrevendo os passos seguidos para a construção da solução através do método proposto.

É importante notar que o fluxograma tem início, porém não tem fim, pois a característica do processo é a melhoria contínua.

⁴¹ Chão de fábrica é uma expressão utilizada para assuntos relacionados ao ambiente de produção que envolve os operadores, as máquinas, a manutenção, os supervisores, os gerentes, enfim, tudo que está intimamente relacionado com a produção de bens de consumo.

⁴² Os conceitos de engenharia industrial são os que o Sistema Toyota de Produção apregoa, tais como eliminação das perdas, autonomia, manutenção produtiva total, conceito celular, entre outros.

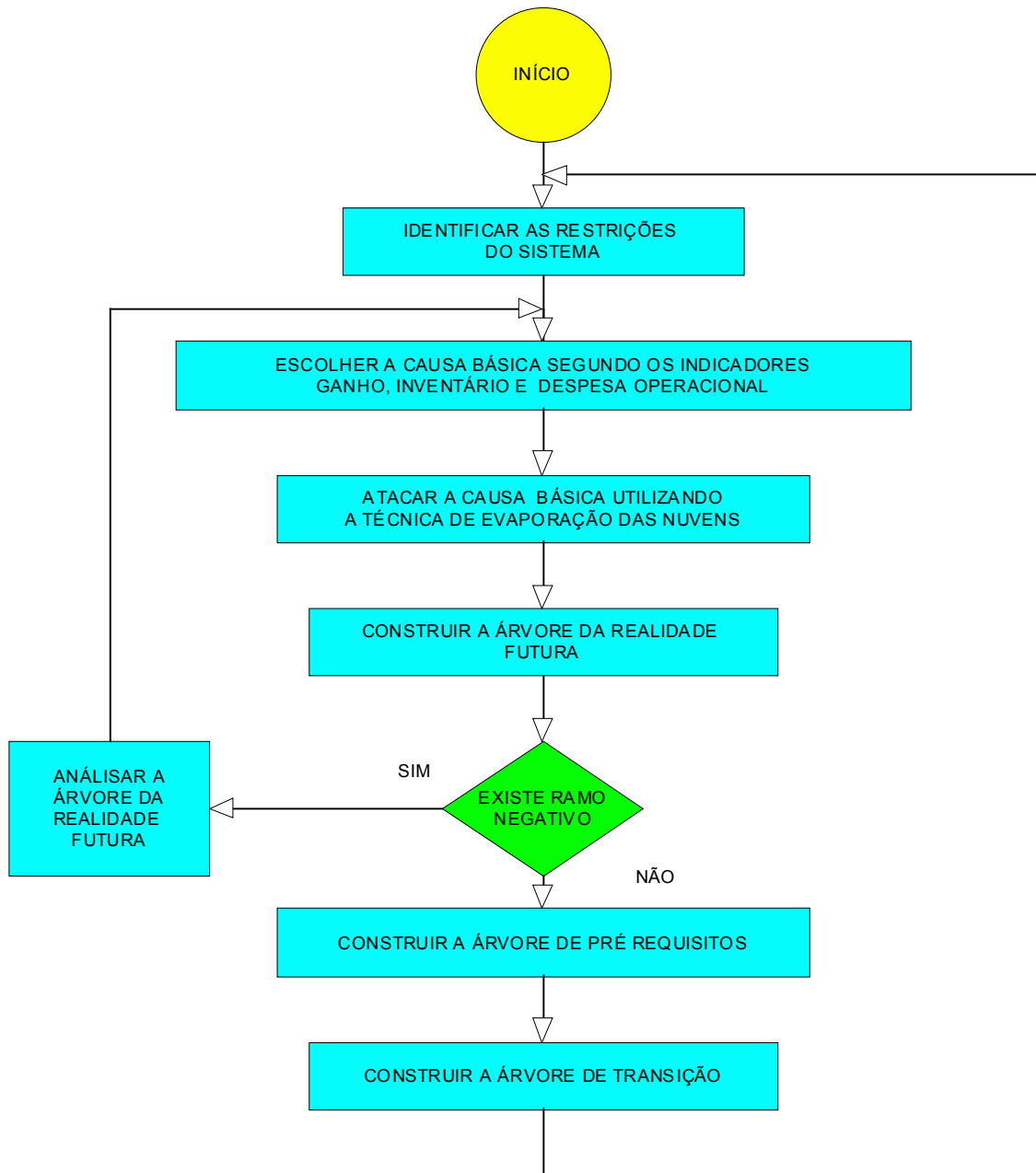


Figura 3.1 - Fluxograma do Método Proposto.

3.2 Identificar as Restrições no Sistema

Para que a identificação da restrição seja feita, é necessária a análise do sistema como um todo. Isto visa a identificação do elo mais fraco da corrente (Goldratt, 1985).

Esta visão geral é alcançada quando se faz a montagem da árvore da realidade atual (ARA) com os efeitos indesejáveis que o sistema já conhece (EIs), tomados a partir da vivência do pessoal da fábrica, com seus diferentes pontos de vista e experiências.

A utilização do processo de montagem da ARA, levará à descoberta de EIs que não são causados por nenhum outro, ou seja, que não têm nenhuma entrada. Estes EIs sem causa, diferem de acordo com seu impacto no desempenho geral do sistema, podendo ser classificados em *causas raízes* e *problemas centrais*. Não se deve esquecer que o que realmente restringe o desempenho do sistema são os problemas centrais. Se forem descobertos estarão sendo encontradas as restrições do sistema. Neste passo é muito importante a participação ativa das pessoas que vivem a realidade. Através delas pode-se validar as relações de causa e efeito que aparecem na construção da árvore. Verbalizando a árvore durante este processo, pode-se verificar se as relações causa-efeito são correspondentes à realidade do problema.

3.3 Escolha da Causa Básica a Ser Atacada segundo os Indicadores Operacionais

O que significa escolha das causas básicas? Significa perguntar qual é a direção a seguir no processo de tomada de decisão. Significa que, se caso existir mais de uma causa básica, a análise destas deverá ser realizada sob a luz dos indicadores operacionais Ganho, Inventário e Despesa Operacional.

Neste momento, o método proposto tem um potencial de resolução de problemas de curto prazo⁴³ a ser utilizado, pois nem sempre é possível resolver um problema crônico de

⁴³ Problema de curto prazo é sinônimo de apagar incêndios. São as situações nas quais expressa-se a inexistência de tempo para fazer qualquer coisa, tomar ações mais fundamentais. Por exemplo, quando o cliente quer uma solução imediata para o problema.

maneira rápida e completa utilizando os passos normais⁴⁴ do TQM⁴⁵. Isto devido a fatores tais como: prazos de entrega, disponibilidade de caixa, etc. Então, porque não encontrar um meio termo para se atingir a meta através de uma análise das ações a serem tomadas sob o aspecto financeiro num sentido amplo?⁴⁶

Tanto nesta etapa quanto nas etapas seguintes, é necessária que exista no grupo de trabalho uma ou mais pessoas com sólidos conhecimentos de engenharia industrial, para que seja feita uma análise criteriosa das diferentes alternativas que se apresentarão.

Uma das características do método proposto é a de que as decisões podem ser tomadas em nível qualitativo ou quantitativo, dependendo do nível de detalhamento que se queira chegar e do tempo que existe para que a decisão seja tomada.

Dependendo da profundidade da análise que se deseja, há a necessidade de existência de dados para que possa ser feita a comparação entre as alternativas. Mais uma vez, a necessidade de pessoas com conhecimento em engenharia industrial se faz necessário. É importante salientar que a variável tempo é um fator determinante no método proposto, pois ele é essencialmente um método para tomada de decisões no curto prazo. Mesmo que exista uma solução no longo prazo melhor do que a de curto prazo, é preciso que esta seja analisada posteriormente. Uma característica do processo de pensamento da TOC (ênfatisada no método proposto), é a de que a melhor solução sempre poderá ser vislumbrada através das árvores da realidade atual e da realidade futura.

Esta etapa é importante porque define exatamente as ações nas quais se deve focalizar, eliminando a possibilidade de se gastar recursos em locais que não afetarão em nada o resultado global. Ela serve também como um remédio tranqüilizador para as pessoas em posições de comando, porque mostra com indicadores financeiros que as decisões tomadas levam consigo uma certeza da melhoria global do negócio.

⁴⁴ Isto não quer dizer que o método proposto inviabiliza o uso do TQM. Numa discussão futura, pode ser utilizado em conjunto com este.

⁴⁵ TQM é a abreviatura de *Total Quality Management*, em português Gerenciamento da Qualidade Total.

⁴⁶ O sentido amplo do aspecto financeiro é o de analisar o resultado das ações no resultado final da empresa, levando-se em conta o impacto dos indicadores operacionais nos indicadores de lucro, retorno sobre investimento e fluxo de caixa.

Para o processo de escolha da causa básica deve-se preencher a Tabela 3-1.

Tabela 3-1 - Escolha da causa básica.

Causa básica	Ganho	Inventário	Despesa Operacional
Colocar neste campo as causas básicas a serem analisadas.	Com a análise de grupo, determinar se para a causa básica selecionada o indicador operacional aumenta, continua o mesmo ou diminui.	Com a análise de grupo, determinar se para a causa básica selecionada o indicador operacional aumenta, continua o mesmo ou diminui.	Com a análise de grupo, determinar se para a causa básica selecionada o indicador operacional aumenta, continua o mesmo ou diminui.

Os valores usados para fazer o comparativo entre as várias causas básicas devem ser montados a partir de dados oriundos dos estudos de viabilização da mudança a partir da identificação da restrição. Estes dados normalmente estão disponíveis nos Departamentos de Vendas e Marketing, Engenharia de Produto e de Processo, e também no setor de Contabilidade da empresa.

Os dados necessários nesta etapa são:

- Faturamento e gastos com matéria-prima atuais e futuros: com o dado de faturamento, que será acrescido ou mantido com a implementação da solução, menos os valores de matéria prima, obter-se-á o Ganho do sistema.
- Investimento e Inventários atuais e futuros: com estes dados saber-se-á o quanto este indicador aumentou, permaneceu o mesmo ou diminuiu com a implementação da proposta. Nesta variável estão incluídos, por exemplo, valor de redução de Inventários de matéria prima, peças em processo e produtos acabados, e aumento ou redução de recursos produtivos (máquinas), tais como compra de máquinas, venda de prédios para armazenagem ou vendas de máquinas para transporte.
- Despesas operacionais atuais e futuras: com este dado saber-se-á em quanto será acrescida ou reduzida a despesa operacional total do sistema. Nesta variável

devem estar contidos todos os aumentos e reduções, como por exemplo salários, energia, despesas para manter os estoques, depreciação, etc.

3.4 Atacar a Causa Básica

Para que a causa básica seja atacada, necessita-se de uma injeção, ou seja, uma idéia inovadora. Para tanto, deve-se construir um diagrama de Evaporação de Nuvens, tomando-se a causa básica como ponto de início para geração do conflito que será alvo de análise. Neste momento, deve-se ter duas verdades, uma oposta à outra, tendo como tema central a causa básica escolhida no passo anterior. Como o ponto central desta técnica é a maneira como ela procura forçar a formalização de idéias e pressupostos para que os conflitos resolvidos, é importante a participação das pessoas que estão vivendo o problema, de modo a gerar uma solução a partir da introdução de novos conceitos— as injeções.

O objetivo perseguido não é encontrar uma solução para nuvem, mas sim eliminá-la ou, em outras palavras, evaporá-la.

Uma característica distintiva do método é a busca de soluções inovadoras e ao mesmo tempo simples, expressas pelas injeções. A abordagem empregada pelo Processo de Pensamento da TOC foge do convencional, pois não se procura soluções de consenso ou compromisso, mas soluções de bom senso. O compromisso origina-se na tentativa de conciliar exigência de ambos os lados do conflito, as quais propiciam a busca de uma solução ganha/perde⁴⁷.

A utilização da técnica da Evaporação das Nuvens é um exercício de criatividade, no qual se busca introduzir elementos novos, capazes de invalidar os pressupostos existentes. Só assim, é possível construir soluções verdadeiramente apropriadas à elevação do desempenho competitivo, conforme o pensamento de Goldratt (1994).

Resumidamente, tomando como base Goldratt (1990, 1994), é possível apresentar o processo de atacar a causa básica através da evaporação das nuvens da seguinte forma.

Passo 1

Definir o conflito através da causa básica escolhida no passo anterior. Este processo deve ser uma ação criativa. A partir da causa básica deve-se projetar um conflito que, se destruído, gerará uma ação que neutralizará a causa central do problema.

Passo 2

Definir os requisitos que sustentam os pré-requisitos.

Passo 3

Definir qual é o objetivo comum aos requisitos e pré-requisitos. Este objetivo é normalmente o contrário de um efeito indesejável central (Mackness, Bowles & Rodrigues, 1995).

Passo 4

Verbalizar os pressupostos por trás de cada relação de causa-efeito estabelecida na construção da nuvem. Este passo é bastante importante, uma vez que a “verbalização” de tais pressupostos é a condição básica para a construção da injeção. Neste momento se faz necessária a participação das pessoas que atuam direta ou indiretamente na condução da solução do problema.

3.5 Criar uma Árvore da Realidade Futura (ARF)

É importante que a efetividade da solução proposta (injeção) seja verificada. A injeção deve ser capaz de acabar com os efeitos indesejáveis, originando em seu lugar efeitos desejáveis (ED). Para tanto, lança-se mão da técnica da ARF.

A Árvore da Realidade Futura (ARF) também utiliza a análise efeito-causa-efeito. No entanto, a montagem desta árvore busca os efeitos desejáveis. Na construção da ARF toma-se como ponto de partida a injeção, a partir da qual são conectados os efeitos desejáveis (EDs). O processo de construção da ARF finaliza quando são conectados à árvore EDs opostos àqueles EIs

⁴⁷ As soluções ganha/perde são as que sempre um dos lados capitula em favor do outro, seja por falta de persistência

inicialmente identificados na ARA; uma vez identificados estes EDs, atesta-se a eficácia da injeção ou conjunto de injeções sugerido.

No método proposto, nota-se uma pequena diferença na montagem da ARF.

O processo de construção da Árvore da Realidade Futura é descrito a seguir.

Passo 1

Com a injeção proposta, a partir do diagrama de dissipação das nuvens, neutralizar o efeito indesejável gerador da causa básica.

Passo 2

Construir a árvore, estabelecendo relações de efeito-causa-efeito a partir da injeção, tomando como base a árvore da realidade atual.

3.6 Verificação da Solução Dada pela Injeção Proposta

Verificar se a causa básica do passo um ainda se mantém, mesmo após a injeção proposta. Isto significa, verificar se a árvore construída contém os efeitos desejáveis almejados, ou seja, a solução do problema.

Caso a causa básica previamente escolhida ainda esteja contida na ARF, ou a injeção proposta gerou a existência de ramos negativos⁴⁸, devem ser propostas injeções adicionais. Este processo deve ser repetido seguindo os passos anteriores. Deve-se analisar a ARF e fazer com que as causas básicas sejam submetidas ao mesmo processo decisório a partir dos indicadores operacionais.

Como o processo de pensamento é global, deve-se verificar a geração de efeitos secundários. Caso a(s) injeção(ões) anterior(es) não seja(m) suficiente(s) para a eliminação da causa básica, ou do eventual efeito negativo original, voltar para o passo 3.1. Caso contrário, se

ou falta de vontade de participar da solução.

⁴⁸ Os ramos negativos são efeitos indesejáveis que aparecem no momento em que uma injeção é posta em prática.

as injeções propostas surtiram os efeitos desejados, seguir para o passo da montagem da árvore de pré-requisitos.

3.7 Desenvolvimento da Árvore de Pré-requisitos (APR)

Se a árvore da realidade futura não apresenta nenhum ramo negativo, pode-se então começar a construir a árvore de pré-requisitos a partir das injeções desenvolvidas nos passos anteriores. É válido lembrar sempre que estas ações são feitas no sistema para resolver os problemas gerados pelas causas básicas que estão afetando a performance do sistema.

A técnica da Árvore de Pré-requisitos (APR) é utilizada no processo de desdobramento da injeção. Através da sua utilização, são levantados os objetivos intermediários que precisam ser atendidos, de forma a implantar a injeção.

Goldratt (1993) afirma que a Árvore de Pré-requisitos apoia-se na capacidade que as pessoas têm de colocar obstáculos a qualquer ação. Essa capacidade deve ser utilizada de forma positiva. Essa capacidade crítica deve ser usada para apoiar o método, e não servir como uma obstrução à utilização das técnicas.

Como já explanado, a implantação de uma idéia⁴⁹ dá-se de forma incremental. Existirão estágios ou objetivos intermediários a serem alcançados.

Os passos elementares para a construção da APR são os seguintes:

Passo 1

Levantar obstáculos à implantação da injeção. Goldratt (1993) sugere que a árvore seja apresentada a várias pessoas⁵⁰, para que a análise seja mais bem executada.

Passo 2

⁴⁹ Uma injeção, no caso do Processo de Pensamento da TOC.

⁵⁰ Em especial aquelas pessoas que tendem a achar que as novas idéias são um fator de perigo a sua posição dentro da empresa.

Estabelecer, para cada obstáculo, um Objetivo Intermediário (OI) capaz de anulá-lo. Este passo é desenvolvido por meio do estabelecimento de relações de efeito-causa-efeito entre os obstáculos e os Objetivos Intermediários.

Passo 3

Verificar se todos os obstáculos foram eliminados pelos OIs determinados no passo anterior.

Passo 4

Se foram determinados novos OIs deve-se voltar ao passo um. Normalmente, aparecem novos obstáculos, associados aos OIs. Este passo deve ser repetido até que não surjam mais obstáculos novos.

3.8 Desenvolvimento da Árvore de Transição (AT).

O próximo passo lógico do Processo de Pensamento da TOC é o estabelecimento de ações efetivas a serem executadas.

A técnica utilizada, nesta etapa final, é a Árvore de Transição (AT). A AT associa, a cada objetivo intermediário, uma ação a ser executada. A construção da Árvore de Transição é, na verdade, a montagem do plano de ação que leva à solução do problema, com o desaparecimento dos Efeitos Indesejados (EIs).

A espinha dorsal da AT é a descrição da mudança gradual que deve ocorrer na realidade e das ações necessárias para que essa mudança vá ao encontro aos objetivos (Goldratt, 1993). O nome desta técnica (Árvore de Transição) vincula-se à *transição* de uma realidade problemática, com a presença de vários EIs, para uma realidade na qual os EIs foram substituídos por EDs através das idéias criativas.

A lógica da Árvore de Transição é a seguinte: *se* for realizada a **ação**, *então* o **Objetivo Intermediário** será alcançado.

A construção da Árvore de Transição pode ser sumarizada da seguinte forma:

Passo 1

Colocar na árvore os Objetivos Intermediários obtidos com APR.

Passo 2

Determinar ações capazes de levar ao atendimento dos objetivos intermediários.

Passo 3

Verificar se, com as ações estabelecidas, pode-se garantir a obtenção dos resultados esperados.

Passo 4

Caso as ações estabelecidas não forem suficientes, deve-se voltar ao passo dois.

No capítulo seguinte será mostrado o estudo de caso.

3.9 Contribuição do método a TOC

Tomando-se como base os passos e as características citadas durante a explanação do método, pode-se verificar que as contribuições que o método traz para a TOC são:

1. Dentro do método, os problemas são solucionados utilizando-se, diretamente, uma lógica financeira baseada nos Indicadores Globais (LL⁵¹,RSI⁵²,FC⁵³) e Indicadores Operacionais (G,DO,I). Esta abordagem é muito importante pois remete as pessoas que fazem parte do grupo de trabalho diretamente para ação de fazer com que cada solução dada seja suportada por um aumento da lucratividade da empresa.

2. Necessidade que o grupo detenha um amplo conhecimento técnico e gerencial do tema. O conhecimento técnico é intitulado por Shigeo Shingo de tecnologia intrínseca. Esta característica é muito importante, pois sem ela a execução das soluções poderiam ser desastrosas pelo simples fato de não conter o ingrediente local que auxiliaria na operacionalização da sua implantação.

3. O próprio processo interno de solução do problema, através do Processo de Pensamento do TOC, objetiva instituir um claro mecanismo de aprendizagem organizacional. Neste ponto, existe uma sutil diferença entre a montagem da Árvore da Realidade Futura utilizando-se os passos da TOC e a Árvore da Realidade Futura utilizando-se os passos do método proposto.

A diferença está no fato de que a ARF do método proposto é construída passo a passo, proporcionando às pessoas visualizarem a quebra dos efeitos indesejáveis e também o surgimento dos ramos negativos a cada injeção proposta.

A seguir será apresentado o Capítulo 4, no qual será apresentado o Estudo de Caso.

⁵¹ LL é o Lucro Líquido, ou seja, Ganho menos as Despesas Operacionais.

⁵² RSI é o Retorno Sobre o Investimento e é o Lucro Líquido dividido pelo Investimento.

CAPÍTULO 4

4 Estudo de Caso

4.1 O Grupo Estudado

O grupo estudado é uma organização multinacional com sede nos Estados Unidos da América. É um dos grandes conglomerados industriais que fornecem autopeças para a Indústria Automobilística Mundial.

4.1.1 A Estrutura Corporativa da Empresa

A seguir, será introduzida a Corporação foco da experiência do método proposto. Ela está estruturada em sete unidades de negócio, conforme ilustra a Figura 4.1.

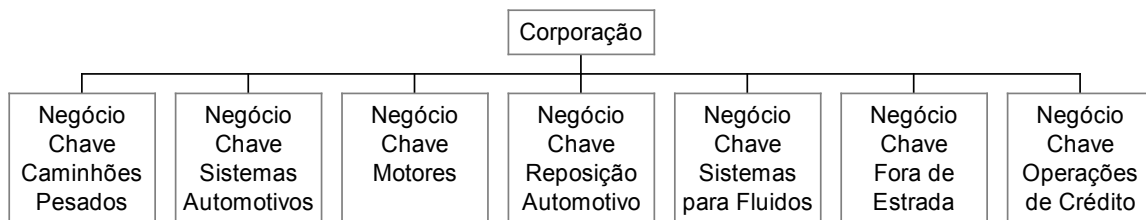


Figura 4.1 - Organograma dos Negócios Chaves.

Dentro da unidade de negócio Sistemas Automotivos, a Corporação está dividida como mostra a Figura 4.2.

⁵³ FC é o Fluxo de Caixa.

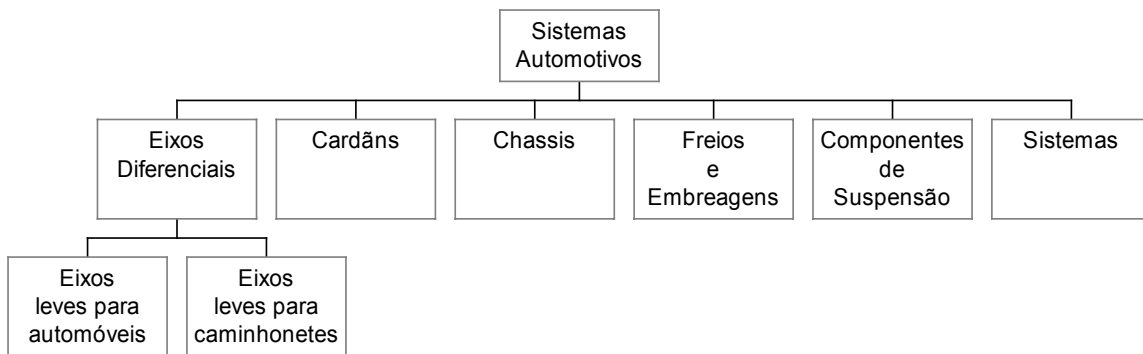


Figura 4.2 - Organograma do Negócio Chave Sistemas Automotivos.

Dentro do Negócio Sistemas Automotivos, encontra-se a divisão de eixos diferenciais. Ela é uma das divisões que sustentam a Corporação em termos de faturamento. Os principais clientes são Daimler-Chrysler, Ford e General Motors.

O organograma da Divisão é mostrado na Figura 4.3. Como pode-se notar, está dividido em duas partes, a divisão Spicer de eixos leves e a divisão Spicer de eixos leves para caminhonetes e afins. Cada um destes negócios é conduzido por um Gerente Geral.

4.1.2 Plantas Industriais

A Divisão de Eixos Diferenciais é composta por 8 unidades: Buena Vista, Cape Girardeau, Columbia, Dry Ridge, Fort Wayne, Greensboro, Jonesboro e Syracuse, que são denominadas plantas, como mostra a Figura 4.3.

Pode-se ter uma melhor visualização da localização das plantas verificando o mapa geográfico dos Estados Unidos da América, como mostra a Figura 4.4

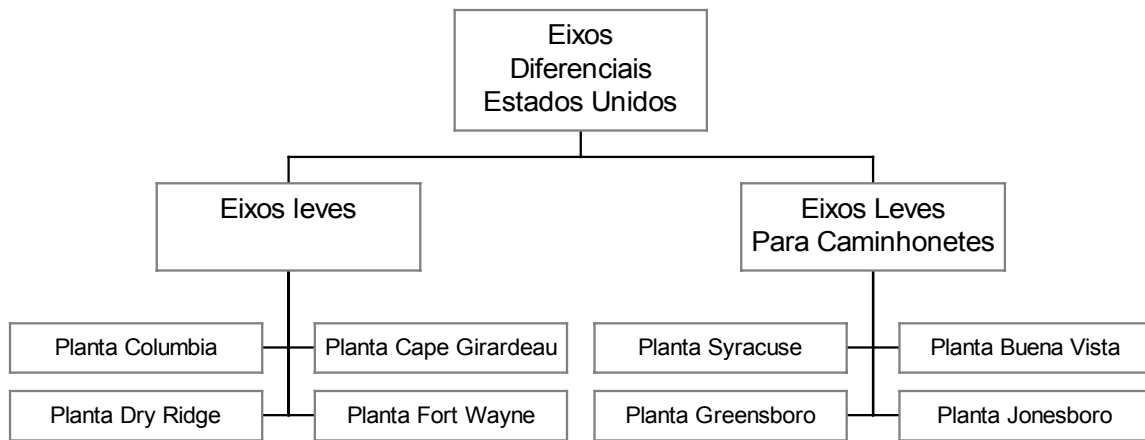


Figura 4.3 - Organograma da Divisão de Eixos Diferenciais nos Estados Unidos da América.



Figura 4.4 - Localização geográfica das plantas no mapa dos Estados Unidos da América.

Cada planta pode ser composta por diferentes departamentos. Ainda, dentro de uma mesma planta podem conviver departamentos de montagem e de usinagem, como também departamentos de Manutenção, Qualidade, Engenharia, Treinamento, Recursos Humanos e Controladoria. Cada planta tem sua vida própria, cada qual com seu Gerente de Planta, e os respectivos departamentos respondendo para ele. Cada planta de usinagem supre as plantas de montagem com produtos usinados, e cada planta de montagem supre os clientes com os produtos manufaturados.

O contato com o cliente, entretanto, não é feito através do Gerente de Planta, mas sim através do Gerente Geral. O mesmo ocorre com solicitações de novos produtos, soluções de engenharia, renegociação de preços e problemas de qualidade

4.1.3 Planta Piloto

Dentro do planejamento estratégico da divisão de eixos diferenciais, foi escolhida uma planta piloto para a implementação dos conceitos de TOC. A escolhida foi a planta de Syracuse, no estado de Indiana. A escolha ocorreu por esta planta industrial apresentar sérios problemas de qualidade. Os períodos de trabalho na planta de Syracuse são de três turnos, distribuídos seguindo a Tabela 4-1 abaixo.

Tabela 4-1 - Tabela de horários.

	Turno um	Turno dois	Turno três
Início	7:00h	15:00h	23:00h
Intervalo um	8:30h-8:45h	16:30h-16:45h	00:30h-00:45h
Intervalo dois	10:15h-10:30h	18:15h-18:30h	02:15h-02:30h
Almoço/Janta	11:30h-12:00h	19:30h-20:00h	3:30h-4:00h
Intervalo três	13:30h-13:45h	21:30h-21:45h	5:30h-5:45h
Término	15:00h	23:00h	7:00h

A planta de Syracuse tem departamentos de usinagem e montagem diretamente ligados à produção. Os departamentos são formados por uma ou mais linhas de produção, e são geridos por um gerente de área, com seus respectivos supervisores de turno. Nesta configuração estão incluídos os engenheiros de processo. Os outros departamentos são os de qualidade, manutenção, recursos humanos e controladoria, que não estão sob a responsabilidade do gerente de área. O coordenador de todos os departamentos é o gerente da planta. A Figura 4.5 mostra o organograma da planta de Syracuse .

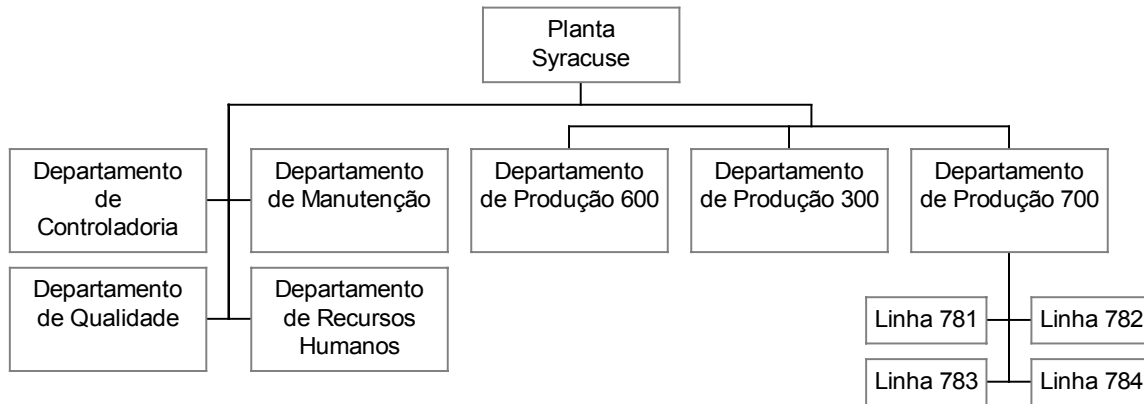


Figura 4.5 - Organograma dos departamentos de Syracuse e das linhas do departamento 700.

4.2 O Estudo Piloto

A escolha do departamento piloto para a implantação dos conceitos da TOC e STP foi relacionada com a performance do departamento dentro do critério da qualidade dos produtos. Esta escolha foi motivada principalmente porque o cliente, neste caso uma das montadoras de veículos, não aceitava mais os níveis de reclamação dos clientes finais. Outro motivo foi a quantidade de retorno de produtos em garantia. É sabido⁵⁴ que um dos fatores que contribuem para o elevado nível de ruído do produto é a alta variação de certas medidas, muitas vezes fora do especificado nos desenhos. O produto (a carcaça) é usinado no departamento 700, mais especificamente na linha 784.

4.2.1 Descrição do Processo Produtivo Antes da Mudança

A Planta de Syracuse tem 700 empregados. Fornece peças usinadas para as plantas de montagem de Buena Vista, Fort Wayne e Columbia. Ela também fornece diretamente para clientes como Chrysler, Ford e para um entreposto da empresa que executa a importação e

⁵⁴ Segundo estudos realizados pela engenharia experimental da Spicer Axle Division com relação aos níveis de ruído, vibração e desconforto seguindo a norma SAE j336a e SAE j1840, estes ultrapassaram os máximos aceitáveis para a aplicação em questão. Segundo os estudos feitos pela engenharia experimental da Spicer Axle Division levando em conta as orientações das normas citadas, certas medidas do produto, fora do especificado, contribuem para o fraco desempenho em testes.

exportação para a Corporação, mundialmente. A planta de Syracuse está dividida em duas áreas de gerenciamento de produção. São elas a de montagem e solda de tubos e a de carcaças, caixa de satélites e braços de suspensão. Existem também os chamados departamentos de apoio, com suas respectivas gerências:

- Departamento de manutenção, que é centralizado e executa a manutenção de máquinas e equipamentos de produção, máquinas e equipamentos de apoio à produção, prédios e instalações, sistemas de transporte e layout da fábrica.
- Departamento de qualidade, o qual é responsável pela implementação dos processos das normas ISO9000, QS9000, aferição e controle de dispositivos de medição, implantação e rotina do processo de CEP, inspeção de recebimento e inspeção de expedição.
- Departamento de Recursos Humanos, também centralizado, cuida dos processos de recrutamento e seleção, e de todas as tarefas da parte de administração do pessoal. Participam das reuniões com o sindicato para a assinatura de novos contratos, bem como faz a administração dos problemas de não conformidade com o contrato.
- Controladoria, centralizado, trata de controlar os gastos e de prover as previsões necessárias para o atendimento dos objetivos propostos pela gerência geral.

4.2.2 Análise do mercado

O negócio de eixos diferenciais está passando por uma transformação. Esta transformação advém da constatação de que o consumidor americano está mudando o seu hábito de compra. No passado, a maioria das famílias americana tinha dois automóveis. Recentemente este hábito está mudando, e agora, a tendência é de que cada família continue com dois meios de locomoção. No entanto, serão um automóvel e uma caminhonete ou um utilitário esportivo com tração nas quatro rodas. No passado, a caminhonete como também os utilitários com tração nas quatro rodas, eram usadas exclusivamente por clientes que usavam os equipamentos para fins

específicos tais como trabalhos na agricultura, pecuária, construção civil, entregas, esportes fora de estrada e muitas outras utilizações onde a resistência era o quesito principal.

No entanto, como pode-se verificar, uma porção do mercado com um potencial de venda superior ao do mercado convencional está se direcionando para a compra das caminhonetes e utilitários esportivos. Este novo mercado está muito interessado em conforto, mas com as características das caminhonetes e utilitários esportivos. Esta exigência está acontecendo porque, conforme análise de mercado⁵⁵, cada novo comprador destes veículos continua tendo a impressão de estar dirigindo um automóvel e não uma caminhonete ou um veículo fora de estrada⁵⁶.

Portanto, pessoas acostumadas a dirigir automóveis, agora dirigem caminhonetes. Sob seu ponto de vista, pretendem ter a mesma performance de dirigibilidade nestes veículos como o tinham com os automóveis. Não aceitam ruídos que supostamente no passado eram aceitáveis para os consumidores de caminhonetes. As montadoras, já há algum tempo, estavam solicitando à engenharia da corporação providências para a solução do problema. Estas características de produto tiveram que ser adicionadas aos velhos conceitos de como fabricar caminhonetes e utilitários esportivos.

A reclamações dos clientes para a corporação são todas relativas ao ruído gerado pelos eixos diferenciais. Este problema é gerado pela soma de vários fatores, como pode-se verificar no Quadro 4-1.

⁵⁵ A análise de mercado realizada, de onde obtiveram-se os dados para este trabalho, consta no relatório interno de marketing apresentado na reunião do planejamento estratégico da corporação para o ano de 1999.

⁵⁶ Veículo fora-de-estrada são aqueles para uso em terrenos acidentados ou então para condições de dirigibilidade limitadas, tais como estradas extremamente molhadas, neve ou barro. São equipados com sistema de tração nas quatro rodas e normalmente têm um sistema de caixa de redução que permite dobrar a capacidade tratora com a utilização destas.

Quadro 4-1 - Fatores causadores de ruído nos produtos.

1. Ruído gerado pelos rolamentos.
2. Ruído gerado pelo engrenamento do pinhão e coroa.
3. Ruído gerado pela má qualidade na usinagem da carcaça do diferencial.
4. Ruído gerado pelo desbalanceamento do eixo cardan.
5. Ruído amplificado pelas características construtivas do veículo.
6. Ruído gerado pelo mau projeto de produto do diferencial.

O trabalho em questão irá focalizar ações no sentido de resolver o problema do ruído gerado pela má qualidade na usinagem da carcaça do diferencial.

Quando uma carcaça de diferencial é usinada, deve-se ter as medidas dos assentos dos rolamentos (Figura 4.6,a,b,c,d), a diferença de altura entre os eixos de revolução do pinhão e da coroa, que será chamada de HI-LO (Figura 4.6,h e Figura 4.7,h), e o esquadro entre os eixos de revolução da coroa e do pinhão (Figura 4.6,e, Figura 4.7,e), dentro de certas medidas, conforme o desenho de produto. Somente para exemplificar o nível de complexidade para manter estas medidas, a variação máxima permitida em cada uma das medidas é da ordem de cinco milésimos de milímetro.

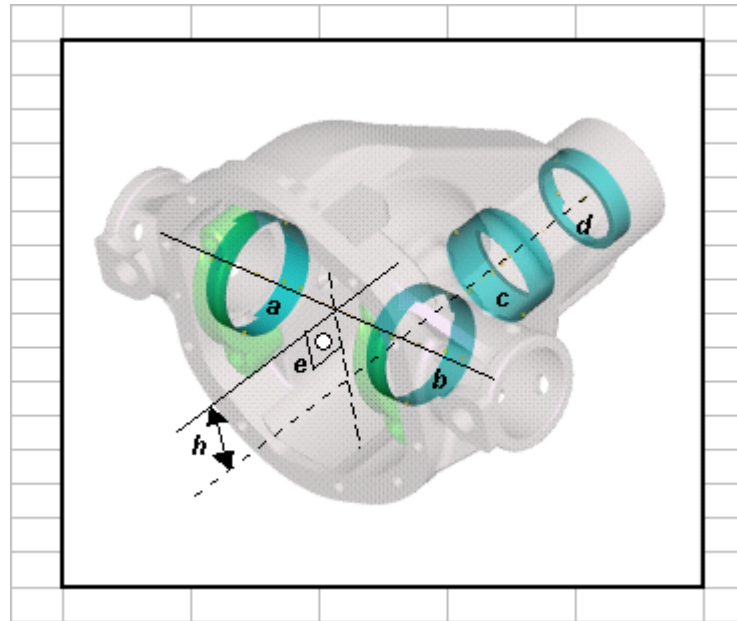


Figura 4.6 -Desenho em perspectiva de uma carçã de diferencial mostrando as medidas críticas.

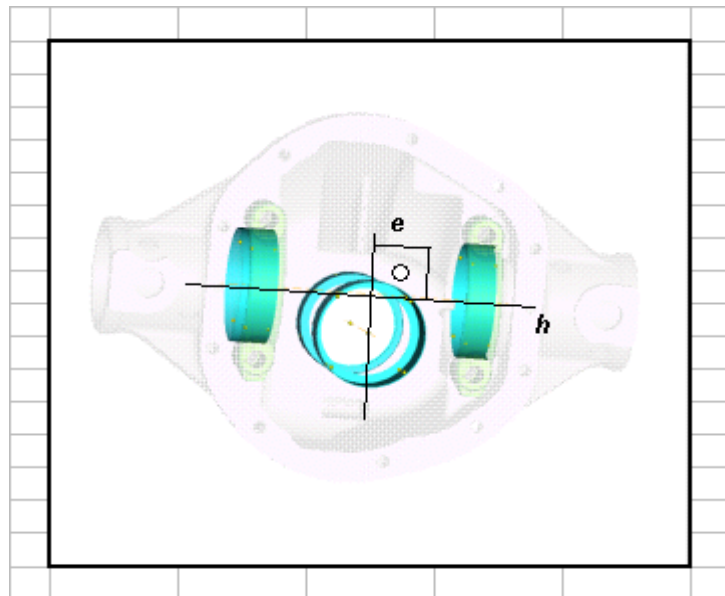


Figura 4.7 - Desenho em perspectiva de uma carçã de diferencial – vista frontal mostrando as medidas críticas.

A combinação da usinagem da carcaça com variação de medidas acima do especificado, além da mudança do estilo dos compradores dos produtos, fazem com que os fabricantes de caminhonetes e utilitários esportivos tenham uma percepção diferente da qualidade exigida, necessitando o produto de uma performance diferente da que normalmente era aceita.

A gestão da produção no estágio inicial é conservadora, isto é, procura-se utilizar a maquinaria da melhor forma possível dentro do conhecimento empírico dos gerentes e supervisores. Como o sistema de máquinas é do tipo *linha de transferência*⁵⁷, a variável inventário em processo é irrelevante. As peças produzidas até o momento são monitoradas através do uso de uma máquina de medição automática. Durante a produção, a cada dez peças uma é medida e o resultado da medição é usado para a realização de um estudo de capacidade do processo. O resultado, devido às condições das máquinas, não é satisfatório. Os valores de CPK⁵⁸ para esquadro e HI-LO, segundo estudos estatísticos realizados, ficam abaixo de 1,33. Não existe nenhum dispositivo que evite a passagem de uma peça com algum problema de origem especial, tanto para esquadro, HI-LO e diâmetro de assento de rolamentos.

O quesito qualidade para esquadro e HI-LO não era uma questão relevante até então, devido ao tipo de usuário do produto. Portanto, as características críticas mais importantes para o desempenho de geração de ruído no produto, esquadro e HI-LO são negligenciados, e somente são reavaliados se:

- As operações de montagem não puderem de alguma maneira ajustar o erro de medidas.
- A amostragem de medição indicar um valor muito fora do aceitável, segundo a

⁵⁷ Linha de transferência automática é um tipo de máquina na qual são efetuadas operações de forma seqüencial. Normalmente na saída desta máquina obtemos um produto acabado. As características desta máquina permitem que seja usado um número reduzido de pessoas para a sua operação, bem como um reduzido inventário em processo, pois não existe grande número de peças entre operações, normalmente não passando de cinco. As operações estão interligadas entre si por um sistema físico de transporte que se chama de barra de transferência.

⁵⁸ CPK é uma medida que determina o grau de conformidade de um processo com relação ao nível de tolerância permitido no desenho do produto. Resumidamente, dado um certo nível de tolerância de uma medida de um produto, um processo é estável e confiável se um conjunto de medidas estiver dentro de uma variação na qual seis desvios padrão da amostra estejam dentro da tolerância máxima do desenho do produto. O número de CPK que representa isto é 1.33 ou maior.

experiência empírica dos supervisores e mestres de produção.

A seguir, tem-se uma representação do fluxo de peças no tempo da linha 784, a linha piloto. Na Figura 4.8 representa-se o comportamento da produção no tempo, com condições ideais de funcionamento de uma linha de transferência automática. A linha do tempo decorrido corresponde ao tempo gasto em cada máquina e também representa o somatório dos tempos para que uma peça possa estar pronta no final da linha. O somatório dos tempos pode ser considerado desta maneira, pois os tempos de cada máquina em uma linha de transferência automática são os mesmos em cada uma delas. Se não ocorrer nenhum imprevisto, ou seja, inexistência de flutuação estatística, o tempo para manufaturar-se dez peças será apenas a multiplicação do tempo de uma máquina pelo número de peças mais o tempo que a primeira peça leva para atravessar o sistema, ou seja, cinco estações vezes trinta segundos. Isto significa que em estado de regime de produção, esta máquina produz uma peça a cada trinta segundos, se as condições ideais permanecerem.

Análise 1.

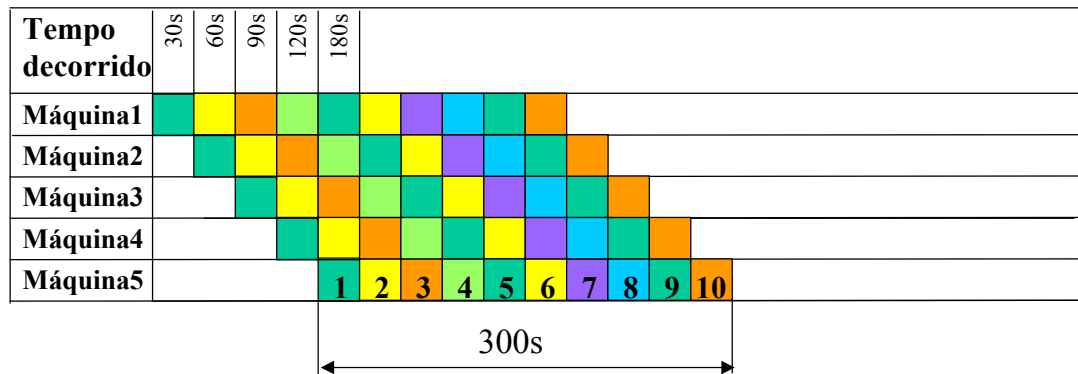


Figura 4.8 – Análise 1, diagrama no tempo, representando a seqüência de produção da linha de transferência automática em condições ideais de funcionamento.

4.2.3 Aplicação do Método Proposto

Nesta etapa será analisado o sistema de produção da linha 784 sob a luz do método proposto. Durante este processo, foram extensivamente usados os conceitos da TOC e também os conhecimentos de engenharia industrial das pessoas que trabalharam no projeto. O envolvimento dos operadores durante a busca por novas maneiras de operar o processo também foi uma constante. As soluções criativas encontradas ocorreram em maior parte devido à participação das pessoas.

4.2.3.1 Identificando a Restrição

Qual é a restrição do sistema no instante inicial?

Para identificar a restrição deve-se olhar o sistema piloto Syracuse de uma perspectiva elevada. Isto significa, verificar a planta de Syracuse com uma visão externa, por sobre todos os paradigmas que lá existem (Scheinkopf, 1999).

Acredita-se que através da realidade empírica das pessoas que trabalham na empresa, a restrição do sistema é a qualidade.

Sabe-se, no entanto, que para a solução de um problema o alvo não pode ser muito amplo⁵⁹. Quando se fala que a restrição é qualidade, deve-se questionar os aspectos relativos a qualidade, ou seja, deve-se procurar qual ou quais são as causas raízes do efeito não qualidade. Para tanto, deve-se desenvolver uma análise global do sistema.

Neste momento, foi realizado o desenvolvimento de uma ARA.

Para a construção da ARA no ponto inicial da aplicação do método, partiu-se de efeitos indesejáveis como segue:

- Cliente insatisfeito com o serviço Dana.

⁵⁹ Isto quer dizer que apesar de parecer que existam várias causas que geram os efeitos, quase sempre apenas uma causa raiz gera a totalidade dos problemas (Goldratt, 1984). Se, entretanto, o alvo for muito grande, se estará tentando consertar tudo ao mesmo tempo. A probabilidade de falha, neste caso, será grande.

- Grande lote de peças não conformes.
- Existe grande número de solicitações de troca de peças em garantia.

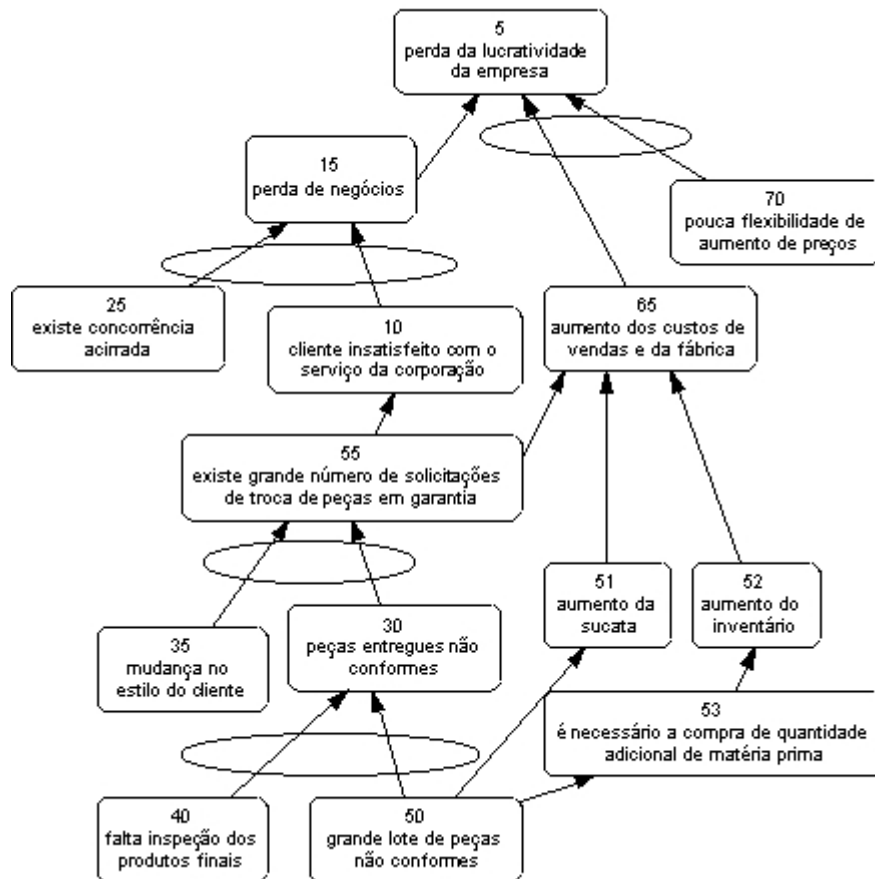


Figura 4.9 - Árvore da Realidade Atual (ARA).

Pode-se analisar a ARA da Figura 4.9 da maneira expressa abaixo.

Se existe a possibilidade de um grande lote de peças defeituosas (50) e não existe inspeção destas (40), então se terá a entrega de peças não conformes para o cliente (30). Se existe grande lote de peças não conformes (50), existe aumento de sucata (51), pois nas sucessivas inspeções por julgamento dentro do processo de fabricação as peças fora de especificação são retiradas do fluxo e sucata. Se existe aumento de sucata, então existe um aumento dos custos

gerais de fabricação (65). Por outro lado, se existe uma previsão de grande número de peças não conformes, então deve-se programar e comprar um número maior de matéria prima (53) para atender a demanda dos clientes. Ocorrendo um aumento de matéria prima, então se tem um aumento no inventário (52) necessário para a operação da fábrica. Se for necessário um inventário maior então o custo geral de fabricação e vendas aumenta (65) pois, segundo Shingo (1988), grandes inventários geram perdas. No caso de um incremento nos custos globais da empresa, sendo que os mesmos não possam com facilidade ser repassados para o preço final, ocorrerá conseqüentemente uma perda na lucratividade da Empresa (5).

Por outro lado, se existe uma mudança no estilo do cliente (35) e as peças entregues são não conformes (30), então existirá uma quantidade de solicitações de troca de peças em garantia (55). Este fato é importante pois, nos Estados Unidos da América, se o consumidor não gostar do produto, este pode devolvê-lo sem qualquer ônus .

Se existe grande número de solicitações de troca de peças em garantia então existe aumento nos custos de vendas (65), pois todo o recurso necessário para esta troca deve ser pago pela corporação e também o custo de reposição da peça. Pode-se também pensar nos custos de propaganda para neutralizar os efeitos negativos destes problemas para a marca do veículo e também para a imagem da corporação. Se existe um aumento dos custos de vendas e existe pouca flexibilidade de aumento de preços (70) então existe a perda de lucratividade da empresa.

Seguindo, pelo mesmo efeito indesejável do grande número de solicitações de troca de peças em garantia, existem clientes insatisfeitos com o serviço da corporação (10), uma vez que a imagem da marca do seu automóvel é alvo de reclamações devido a problemas com peças de fornecedores. Se existem clientes insatisfeitos com o serviço da corporação e existe concorrência acirrada (25), pois os concorrentes sabem que os ganhos deste tipo de negócio são bons, então existe a possibilidade de perda de negócios (15). Se existe a possibilidade de perda de negócios então existe a perda de lucratividade da empresa.

Portanto, depois da análise da ARA, verifica-se que o conhecimento empírico das pessoas que trabalham em Syracuse está correto, a restrição é a qualidade e esta é sustentada a princípio por duas causas básicas, a falta de inspeção e grande lote de peças não conformes.

4.2.3.2 Escolha da Causa Básica a Ser Atacada segundo os Indicadores Operacionais.

A escolha da causa básica a ser atacada será feita através da análise das duas causas básicas encontradas, tomando-se como julgamento o uso dos indicadores operacionais da TOC Ganho, Investimento e Despesa Operacional.

As duas causas básicas que se encontrou foram falta de inspeção dos produtos finais e grandes lote de peças não conformes.

Para fortalecer ainda mais o conceito do curto prazo, optou-se pela inclusão de uma alternativa como foco na ação. A ação de não fazer nenhuma melhoria pode ser considerada uma ação esdrúxula, porém, serve como uma maneira de se forçar a análise das conseqüências que tal atitude imporia ao sistema. Portanto, será feita a análise e comparação de três focos de ação.

Tabela 4-2 - Análise segundo indicadores operacionais.

Foco da Ação	Ganho	Investimento	Despesa Operacional
Não fazer nenhuma melhoria	Tende a zero	Aumenta	Aumenta
Falta inspeção dos produtos finais	Aumenta	Diminui	Diminui
Grande lote de peças não conformes	Baixa	Aumenta	Aumenta

A seguir apresenta-se uma análise da Tabela 4-2.

Na primeira análise, tomando-se o foco da ação em não fazer nenhuma melhoria, o resultado será a reação do sistema na direção de ganho igual a zero, pois os clientes trocarão de fornecedor. O inventário tende a aumentar, pois se existe grande quantidade potencial de troca de peças em garantia, naturalmente se terá um maior número de sucata de todos os componentes, programações a mais de matérias prima, produtos acabados comprados para a montagem dos eixos e um aumento nos estoques de produtos prontos para atender eventuais necessidades

instantâneas de reposição. A Despesa Operacional aumenta pelo aumento dos inventários e da sucata de eixos completos. A despesa com relação a estes itens aumenta de forma sem controle porque irá existir uma degradação natural de todo o sistema se nenhuma ação for tomada.

Atacando a causa básica (inspeção) melhora o ganho, pois indiretamente mostra ao cliente que a corporação está tomando providências para estancar o problema, mantendo e aumentando assim os pedidos. O inventário dos produtos que compõem o eixo não necessitarão de um estoque de segurança maior do que os pedidos do cliente, porque todas as carcaças produzidas e inspecionadas são peças boas. Isto diminui a incidência em campo de peças com problemas e, então, a geração de pedidos de troca em garantia tenderá a zero. O estoque de carcaças prontas diminui porque, com a inspeção de cem por cento, não existe a possibilidade de ocorrência de peças não conformes, não havendo a necessidade da fábrica manter um grande estoque de produtos acabados. O inventário de matéria prima de carcaças aumenta, porque temos a ocorrência ainda de certas quantidades de sucata no processo de fabricação. No cômputo geral, o Inventário tende a ser mais baixo pelos motivos acima citados. A Despesa Operacional na fábrica aumenta, pois existe a ocorrência de peças sucateadas que anteriormente não eram computadas. Por outro lado, as despesas com trocas em garantia diminuem. Fazendo-se o balanço das duas despesas, o resultado será a diminuição da Despesa Operacional, pois os gastos com garantia são maiores do que com as sucatas de carcaças.

Atacando a causa básica grande lote de peças não conformes, uma melhora imediata do Ganho não existe, pois para a melhoria do processo são necessários investimentos em recursos os quais não estão disponíveis no tempo exigido pelo cliente. O Inventário aumenta, pois se tem grande quantidade potencial de troca de peças em garantia enquanto ações para a melhoria do processo são executadas. Conseqüentemente há um maior número de sucata de todos os componentes, programações a mais de matérias prima, aumento nos estoques de produtos prontos para atender eventuais necessidades instantâneas de reposição e aumento nos investimentos para a melhoria do processo. A Despesa Operacional aumenta pelo aumento do inventário, e os gastos com trocas em garantia continuam até que as ações de melhora no processo estejam concluídas.

Pode-se notar que a solução ótima seria a de resolver, no longo prazo⁶⁰, a causa básica grande lote de peças não conformes. Deve-se salientar, porém, que devido aos problemas de qualidade não solucionados pela corporação, o cliente não aceita nenhuma medida que não seja a do término imediato dos problemas de garantia. Como todas as medidas que levam a uma melhoria no processo para a eliminação de grande lote de peças não conformes demandam um razoável gasto de tempo e recursos, a causa básica de “não existe inspeção” foi a escolhida. Portanto, a noção de longo prazo não faz sentido para a situação de problemas em relação à qualidade a que se chegou perante o cliente.

4.2.3.3 Atacar a Causa Básica

Para atacar a causa básica escolhida e encontrar a injeção necessária para quebrar o efeito indesejável, utilizou-se o diagrama de Evaporação de Nuvens Figura 4.10.

⁶⁰ Longo prazo neste caso significa um tempo entre dez e quatorze meses. Isto não se contando o tempo para que seja feita uma parada no sistema a fim de que as melhorias possam ser implementadas.

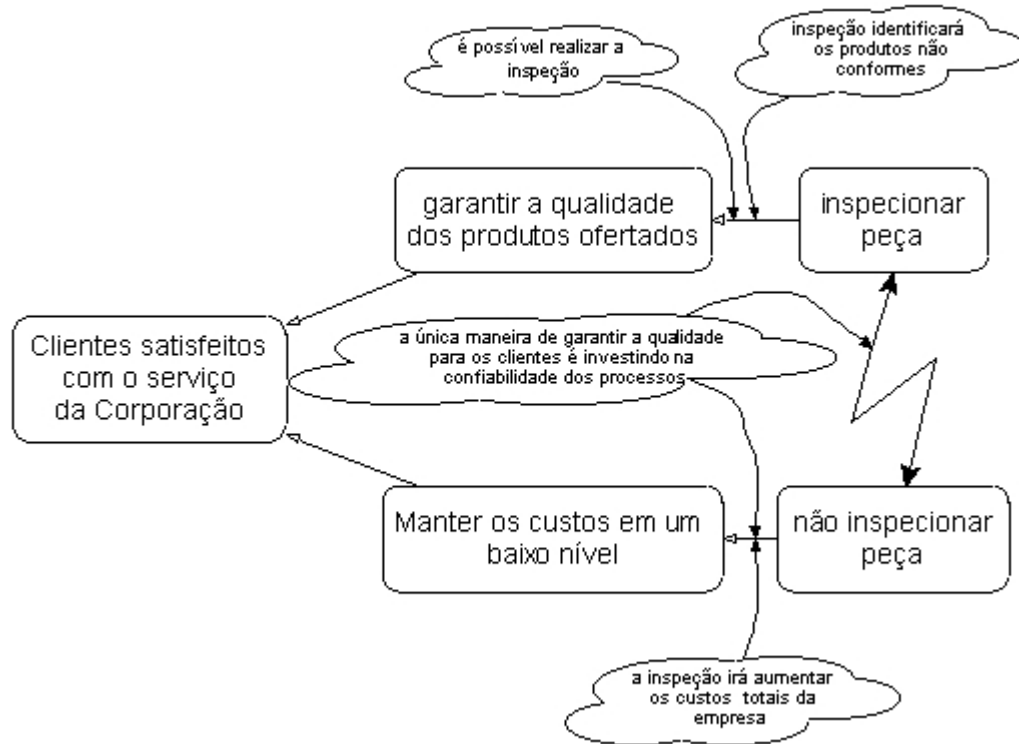


Figura 4.10 - Evaporação das Nuvens da ARA.

Analisando o diagrama de dissipação das nuvens na Figura 4.10, tem-se a ocorrência de vários pressupostos que mantêm vivo o conflito gerado, a partir da causa básica “falta inspeção dos produtos finais”. Ao verificar estes pressupostos, nota-se que um deles, “a única maneira de garantir a qualidade para os clientes é investindo na confiabilidade dos processos”, não é completamente verdadeiro. As definições de erro (causa) e defeito (efeito) nos levam a classificar os métodos de controle de qualidade a partir de seu enfoque, e do local ou ponto do sistema em que ele é aplicado. Existe um tipo de inspeção que busca a identificação do defeito, isto é, sua descoberta, não importando o local de sua geração ou erro. A partir daí pode-se achar uma maneira de garantir a qualidade para os clientes através de um método que não corrija o erro, mas detecte-o, de maneira a não permitir que nenhuma peça com defeito siga adiante no processo.

Esta é a inspeção por julgamento, que geralmente ocorre ao final do processo, sobre

parte ou 100% dos produtos acabados. Portanto, o pressuposto de que a única maneira de garantir a qualidade para os clientes é a de investir em qualidade está quebrado, pois se pode garantir a qualidade percebida pelo cliente a partir da implantação do CQZD⁶¹ no final da linha, utilizando-se uma máquina de medição automática, já existente, sobre 100% dos produtos acabados. Com esta ação, procura-se estancar o envio de peças não conformes para o cliente, ficando “a má qualidade dentro de casa”.

No caso da linha piloto, como é necessária uma melhora imediata na qualidade percebida pelo cliente, a injeção que acarreta a quebra do conflito é a implantação da política de inspeção por julgamento. Com isto, faz-se medidas em cada peça que é usinada pelas máquinas da linha piloto.

Considerando que será feita a medição de 100% das peças no final da linha de produção, deve-se analisar o efeito de tal ação no fluxo. Através de um diagrama que mostra o processo no tempo, pode-se verificar o efeito sobre o tempo de produção entre peças pela inclusão da medição 100% no final da linha de transferência automática, como mostrado na Figura 4.11.

⁶¹ CQZD é o Controle de Qualidade Zero Defeito, e pode ser executado como no caso descrito através da inspeção 100% dos produtos no final da linha de fabricação. O conceito de CQZD não é o de fazer inspeção no final da linha, mas sim o de evitar o envio de peças não conformes ao cliente. As ferramentas usadas para que isto ocorra são variadas. Dentre elas podemos citar a medição 100% no final da linha, as inspeções sucessivas e o controle estatístico de processo em conjunto com sistema anti-erro (*poka-yoke*).

Análise 2.

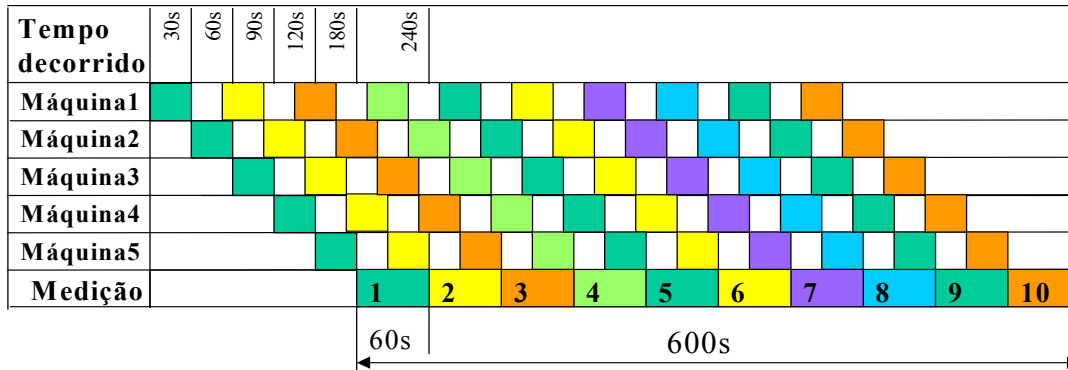


Figura 4.11 – Análise 2, efeito no tempo entre peças com a inclusão da medição.

Para condições ideais de funcionamento, o tempo entre peças na saída da máquina, em regime permanente, será de uma a cada sessenta segundos, pois é necessário que cada peça fabricada seja medida sem exceção. Comparando-se o tempo anterior do sistema de produção, ilustrado na Figura 4.8, nota-se que o tempo com a medição é o dobro. Isto pode acarretar sérios problemas de capacidade de produção, culminando em problemas de entrega aos clientes. Esta possibilidade será analisada no próximo passo: a construção da Árvore da Realidade Futura (ARF).

4.2.3.4 Criando a ARF

Com a injeção definida, passa-se à construção da Árvore da Realidade Futura (ARF1). Na ARF1, ilustrada na Figura 4.12, pode-se verificar a eficácia da injeção tanto quanto à quebra dos efeitos indesejáveis, como também quanto à ocorrência de ramos negativos. Neste passo é importante a sua verificação para assegurar a convergência do processo em direção a uma solução robusta.

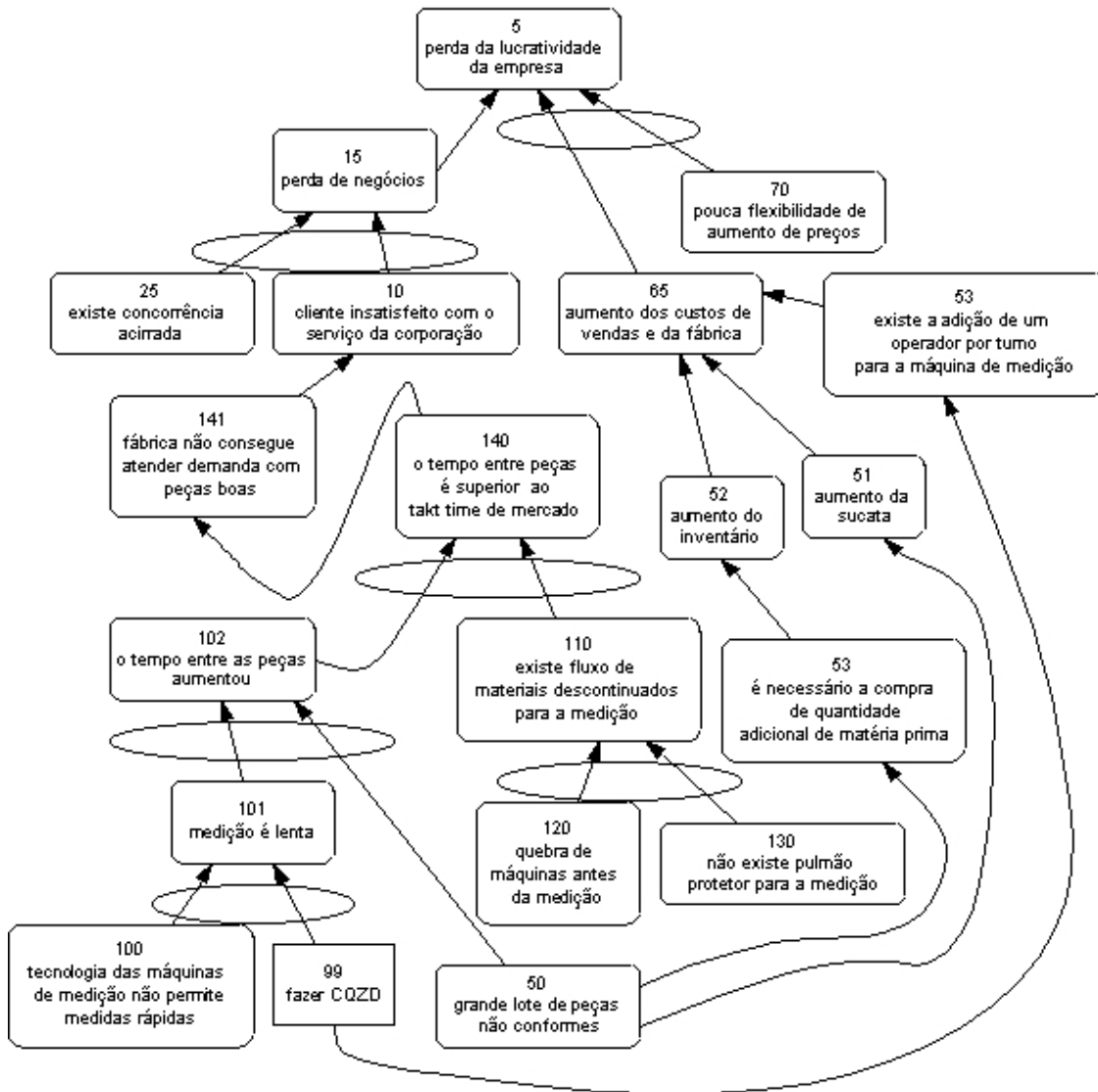


Figura 4.12 - Arvore da Realidade Futura 1 (ARF1).

Lendo a ARF1, Figura 4.12 tem-se o que segue.

Se existe um grande lote de peças não conformes (50) e se existe inspeção (99), então não existe envio de peças não conformes para o cliente. Se não existe envio de peças não conformes para o cliente, então o cliente fica satisfeito. Este fato poderia ser verdade se não houvesse os ramos negativos da injeção. No entanto como pode-se verificar na ARF1, isto não ocorre. Assim, deverá ser verificado este ramo negativo para que encontre-se a solução duradoura para o problema.

A verbalização do ramo negativo da ARF1 é feito para que se possa encontrar as causas básicas geradoras, e através do método proposto buscar a melhor solução para a sua neutralização.

No ramo da injeção temos que se é realizada a medição 100% (99) e se a tecnologia das máquinas de medição não permite medidas rápidas (100), então a medição é lenta (101). Se a medição é lenta, e existe grande lote de peças não conformes (50), então o tempo entre peças aumenta (102).

Por outro lado, se existe quebra de máquinas antes da medição (120) e não existe pulmão protetor para a medição (130), então existe fluxo de materiais descontinuados para a medição (110). Se isto acontece e o tempo entre peças aumenta (102), então o tempo entre peças é superior ao takt-time de mercado⁶² (140). Se o tempo entre peças é superior ao takt-time de mercado, então a fábrica não consegue atender a demanda com peças boas (141). Se isto acontece, então teremos os mesmos efeitos indesejáveis do começo do problema. Os outros efeitos indesejáveis permanecem os mesmos.

Para que se possa visualizar o efeito do ramo negativo devido à injeção, será apresentado um exemplo visual do problema através da Figura 4.13.

⁶² Takt-time de mercado é o tempo necessário entre peças na saída de uma linha de produção para que o mercado seja abastecido sem nenhum problema de entrega.

Como visto na verbalização da ARF1, tem-se a inclusão dos efeitos indesejáveis “quebra de máquinas antes da medição” e “não existência de pulmão protetor para a medição”. A quebra de máquinas antes da medição tem um efeito nocivo no tempo entre peças do sistema.

Análise 3.

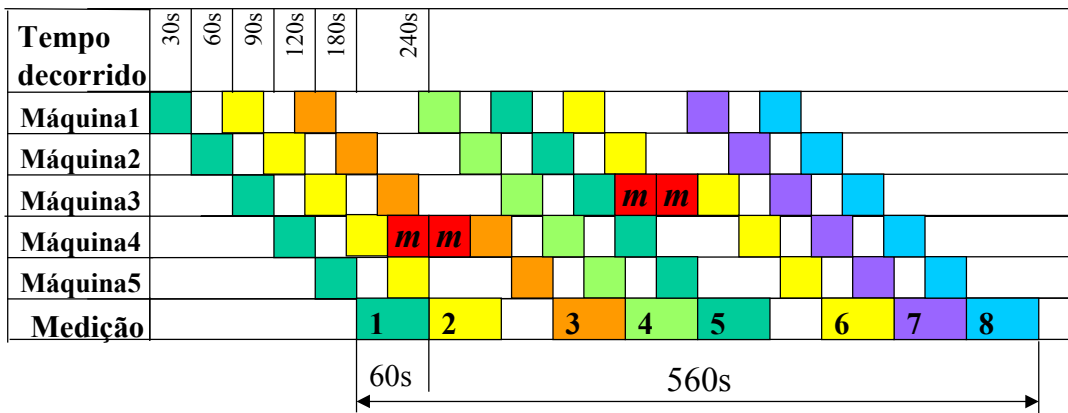


Figura 4.13 – Análise 3: quebra de máquinas no fluxo de produção – diagrama no tempo mostrando este efeito.

Para um melhor entendimento do gráfico da Figura 4.13, algumas explicações básicas são necessárias:

- A letra *m* representa a parada por manutenção de uma determinada máquina, sendo que a duração desta parada, para o exemplo, será sempre um múltiplo do tempo de ciclo de uma máquina.
- As máquinas são as estações da linha de transferência automática.
- “560 segundos” é o tempo gasto pelo sistema para executar oito peças boas.
- O tempo de ciclo da linha de transferência é, agora, de 70 segundos, maior do que os 30 segundos iniciais.
- A comparação com as análises anteriores faz notar a inclusão dos efeitos da flutuação estatística, anteriormente desconsiderada.

O sistema de produção da linha piloto tem um alto índice de quebra de máquinas que ocasiona a eliminação da sobra de capacidade existente em relação à demanda do mercado. Isto é devido ao balanceamento de capacidade do sistema e a não existência de nenhum inventário entre operações. A Figura 4.13 apresenta claramente este efeito. Como o sistema de linha de transferência automática é um sistema seqüencial síncrono, onde cada operação subsequente depende da operação seguinte e vice-versa, se ocorrer uma quebra de máquina ou parada, todo o sistema irá parar, afetando diretamente a quantidade de peças produzidas em um determinado período de tempo. Como ilustrado na figura, se a máquina quatro parar por dois ciclos (quadrado vermelho com a letra *m* no interior representando manutenção), as peças que passaram da interrupção serão processadas. Depois disto, somente voltará a haver fluxo de produtos com a finalização do conserto da máquina 4. O mesmo acontece com a máquina 3.

No final de um determinado tempo, devido a estes problemas, o sistema como um todo fica prejudicado. Tal fato reduz o poder de recuperação de todo o sistema produtivo. Se o novo sistema proposto deixa o tempo entre peças mais lento, e há perdas de capacidade devido à constante quebra de máquinas, então o tempo entre peças do sistema é mais lento do que o *takt-time* de mercado. Em função da configuração física das máquinas não permitir acúmulo de peças entre operações, o problema de quebra fica mais acentuado, pois não existe quantidade de peças suficientes para manter o fluxo de produção. Estes fatos fazem com que uma característica do sistema de linha de transferência automática apareça: quando uma operação pára, todo o processo pára.

Com isto, tem-se o surgimento de ramos negativos. Fazendo o teste seguindo o fluxo do método proposto, deve-se seguir para a análise da ARF em busca das novas causas básicas que mantêm os problemas centrais. No caso da Árvore da Realidade Futura 1, surgiram dois ramos negativos. Três causas básicas puderam ser notadas:

- Quebra de máquinas antes da medição.
- Não existe pulmão protetor para a medição.
- Tecnologia das máquinas de medição não permite medidas rápidas.

Pelo fluxo do processo proposto, chega-se ao momento da análise de qual caminho a seguir. Deve-se então analisar estas duas causas básicas sob a luz dos indicadores operacionais.

4.2.3.5 Escolha da causa básica remanescente a ser atacada segundo os indicadores operacionais.

Analisando as três situações, e comparando-se uma com a outra, tem-se:

Tabela 4-3 - Análise segundo indicadores operacionais.

Foco na Ação	Ganho	Investimento	Despesa Operacional
Quebra de máquinas antes da medição	Continua o mesmo	Aumenta	Aumenta
Não existe pulmão protetor para a medição	Aumenta	Continua o mesmo	Continua o mesmo
Tecnologia da máquina de medição não permite medidas rápidas	Baixa	Aumenta	Continua a mesma

A seguir será feita a análise da Tabela 4-3. Atacando a causa básica “quebra de máquinas antes da medição”, a probabilidade de parar completamente o sistema produtivo continuará existindo, porque o problema da quebra de máquinas sempre existirá. Isto é devido à variabilidade estatística aos quais os recursos estão submetidos, mesmo que investindo uma quantidade muito grande de recursos para diminuir esta variabilidade. Ela é parte integrante do ambiente, e o tipo de máquina que se está usando não está protegido ela, pois é um sistema que

possui interligações e que conta com capacidade de produção balanceada⁶³. O Ganho continuará o mesmo e, dependendo da demora da ação da melhora das máquinas, pode até piorar. O inventário de peças prontas e conformes vai aumentar porque, com a melhoria nas máquinas e a característica do sistema com paradas por completo sem uma previsão, as pessoas tenderão a se proteger fazendo um pulmão de peças boas na expedição.

Uma outra consequência será a necessidade de constituir um pulmão de peças prontas para poder parar a máquina por completo para as necessárias reformas e manutenções mais complicadas. Isto se houver possibilidade de produção a mais de peças para a montagem do pulmão, já que é sabida a dificuldade de produção para a demanda dos clientes. O acréscimo de inventário após as máquinas com melhor confiabilidade representa falta de confiança no sistema de produção, pois as pessoas sabem que se uma máquina pára, todo o sistema pára.

A despesa operacional irá aumentar porque, de um momento para outro, os consertos e melhorias deverão ser efetuados em todos os equipamentos, muitas vezes sem o planejamento necessário, devido à pressão a que o sistema Manutenção/Produção estará submetido.

Atacando a causa básica “não existe pulmão protetor antes da medição”, o ganho vai aumentar, pois não se terá mais um fluxo descontinuado para a máquina de medição, permitindo assim que a fábrica entregue os pedidos no tempo e na quantidade que o cliente necessita. O inventário dentro da linha de produção será maior, mas a quantidade de peças prontas no pulmão da expedição será menor pela melhoria e confiabilidade do fluxo de produção.

Portanto, o inventário total se manterá igual ou poderá até diminuir. A confiança no processo será restabelecida, pois haverá tempo necessário para as manutenções nas máquinas anteriores ao pulmão. E o gerenciamento do gargalo permitirá um fluxo estável de peças no final da linha. A Despesa Operacional provavelmente irá se manter a mesma, com uma tendência a diminuir, pois com a redução do inventário de produtos acabados, ter-se-á redução nos gastos com estoques. O que irá influir também para a redução da despesa operacional será o gasto com manutenção, pois na situação atual, as manutenções não podem ser programadas e, portanto, estas custam mais caro para ser realizadas.

⁶³ Capacidade de produção balanceada é uma situação em que as máquinas ou recursos de um sistema de produção

Atacando a causa básica “tecnologia da máquina de medição não permite medidas rápidas”, uma melhora imediata do ganho não existe, pois para melhorar ou trocar a tecnologia de máquinas de medição, são necessários investimentos em recursos os quais não estão disponíveis no tempo exigido pelo cliente. O investimento aumenta, pois necessita-se comprar equipamento para a mudança, ou uma nova máquina de medição. A despesa operacional irá aumentar, pois a depreciação da nova máquina ou melhoria da máquina atual será acrescentada a ela.

Analisando os indicadores operacionais, a causa básica “não existe pulmão protetor antes da medição”, irá fazer com que o desempenho financeiro imediato tenha um balanço positivo em relação às outras causas básicas. Logo, o foco da ação concentrar-se-á na idéia da não existência de um pulmão protetor antes da medição.

4.2.3.6 Atacar a causa básica remanescente

Para atacar a causa básica escolhida, vamos usar o diagrama de dissipação de nuvens da Figura 4.14.

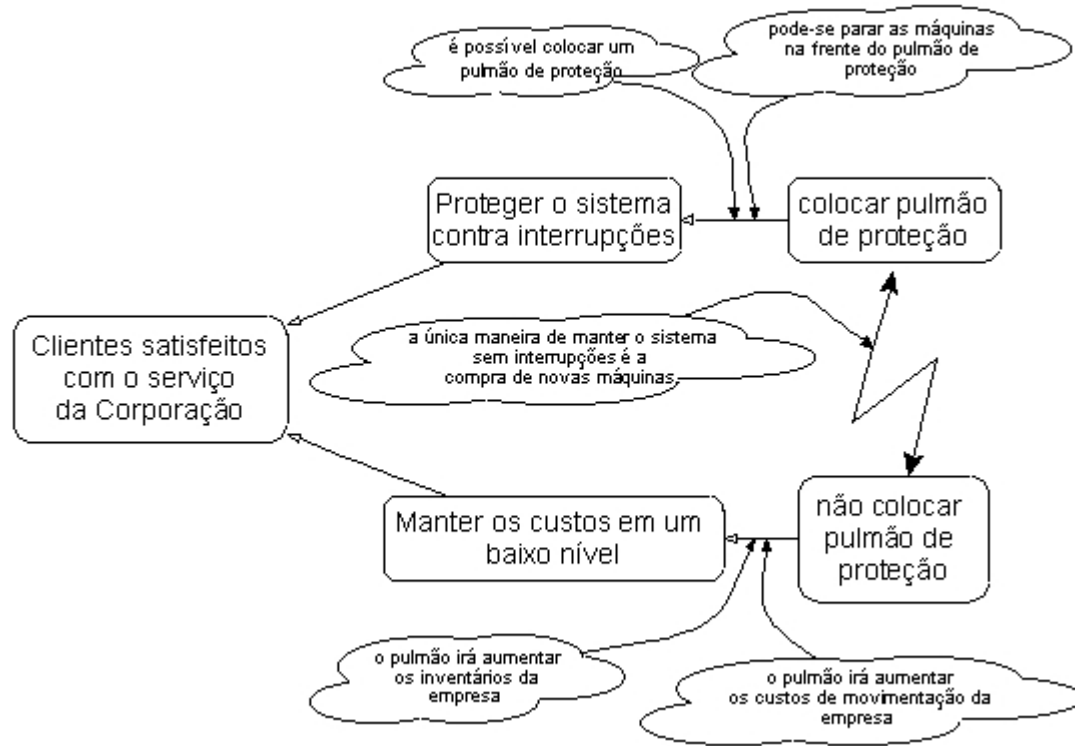


Figura 4.14 - Dissipação das Nuvens da ARF1.

O pressuposto de que “a única maneira de manter o sistema sem interrupções é a compra de novas máquinas”, bem como “o pulmão irá aumentar os inventários da empresa” ou “o pulmão irá aumentar os custos de movimentação da empresa”, não são completamente verdadeiros. Segundo Goldratt (1984), todo sistema tem uma restrição e esta precisa ser protegida, sob pena de se estar comprometendo a meta⁶⁴ global da empresa. No caso de um sistema de produção, se a restrição é física e interna ao negócio, então para melhor explorá-la não se pode perder tempo no recurso restrição de forma alguma. No caso em estudo, devido à concepção das máquinas e do processo em si, perde-se grande quantidade de tempo devido à inexistência de um pulmão protetor do fluxo de peças para a operação que restringe o fluxo, que neste caso é a medição. Ou seja, como não existe nenhuma quantidade de peças em frente à máquina de medição, a cada parada de qualquer outro recurso da linha de produção, seja ela por manutenção ou troca de ferramentas, a máquina de medição irá parar. Como ela é um CCR, dependendo da intensidade da parada, ela poderá se tornar um gargalo⁶⁵.

Existe, portanto, uma outra maneira que não a de compra de novas máquinas para manter o fluxo do sistema: a eficaz utilização do inventário. É necessária a alocação de uma certa quantidade de tempo de proteção em frente ao gargalo para que este fique imune a paradas eventuais de recursos à sua frente. Chama-se isto de pulmão de proteção (Goldratt, 1984).

A idéia de que o pulmão aumentará os inventários da empresa também não tem sentido, pois com a melhora no fluxo de produção, poder-se-á melhorar a programação das linhas, diminuindo consideravelmente os inventários de produtos acabados pela menor flutuação do fluxo de produção.

A elevação dos custos pela inclusão de manuseio das peças no pulmão também não tem sustentação, pois serão utilizados os próprios operadores que já trabalham no local no qual o pulmão será feito. Assim, os custos fixos totais serão os mesmos.

⁶⁴ A meta de uma empresa que visa lucro, segundo Goldratt (1984), é fazer dinheiro hoje e no futuro, respeitando-se dois pressupostos: manter os empregos e satisfazer os clientes.

⁶⁵ Gargalo é um recurso que tem capacidade de produção inferior a demanda do mercado.

Para a construção do pulmão, colocar-se-á uma quantidade de tempo equivalente em peças entre a máquina de medição e a última antes dela mesma. Isto propiciará um fluxo uniforme de peças que passam pela restrição do sistema e, conseqüentemente, um fluxo balanceado na saída da linha de produção.

4.2.3.7 Criando a ARF2 com a nova injeção

Com a injeção definida vai-se ao passo seguinte, a construção da ARF2, Figura 4.15. Na ARF2 pode-se verificar a eficácia da injeção quanto à quebra dos efeitos indesejáveis e também à ocorrência de ramos negativos. Neste passo, especificamente no método proposto, é importante a sua verificação para assegurar a convergência do processo para também assegurar uma solução robusta.

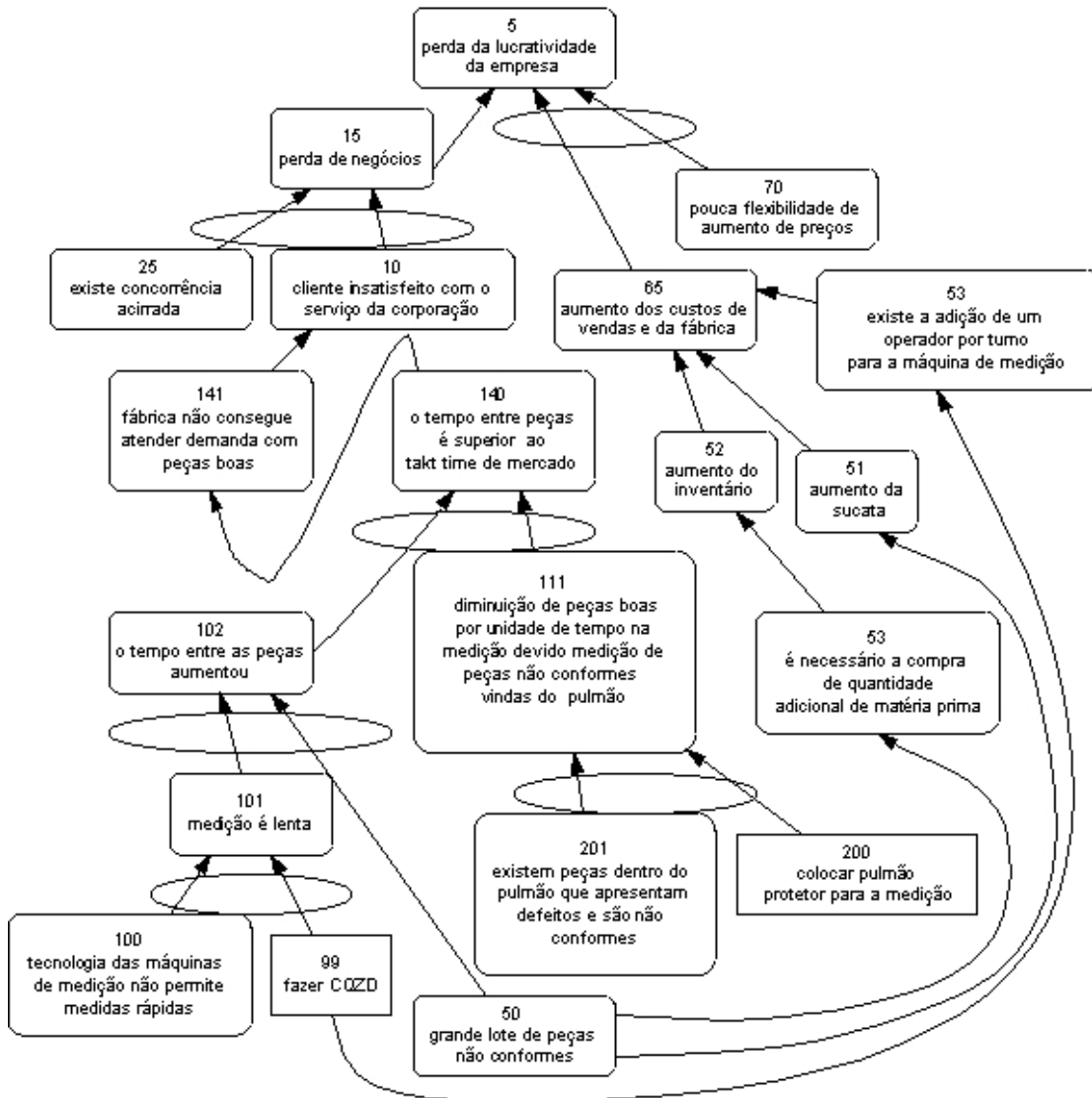


Figura 4.15 - Árvore da Realidade Futura 2 (ARF2).

Se a injeção proposta foi efetiva na solução do problema, tem-se a seguinte lógica para a nova ARF. Existindo um pulmão de proteção da operação de medição, então o fluxo de peças será contínuo. Se o fluxo de peças é contínuo e não existe envio de peças não conformes para o cliente, então o cliente fica satisfeito. Este fato poderia ser verdade se não existissem os ramos negativos da injeção. Como se pode verificar na ARF2, a injeção ocasionou um ramo

negativo que deverá ser eliminado ou neutralizado.

Lendo a ARF tem-se o que segue. No ramo da primeira injeção, fazendo-se CQZD (99), mas com a tecnologia da máquina de medição não permitindo medidas rápidas (100), então a medição é lenta (101). Se a medição é lenta e existe grande lote de peças não conformes (50), então o tempo entre peças aumentou (102).

Por outro lado, com a inclusão da injeção colocar pulmão de proteção, a quebra de máquinas antes da medição não afeta mais o sistema, pois agora existe fluxo contínuo de materiais para a medição. Porém, tem-se a ocorrência de um efeito negativo desta injeção. Toda a peça que está dentro do pulmão de proteção pode ser uma sucata em potencial, pois as peças não são medidas antes de entrar no pulmão. Este efeito fica evidente quando se analisa o gráfico da Figura 4.16.

A existência de peças dentro do pulmão de proteção que apresentam defeitos, as quais são consideradas não conformes, tem um efeito nocivo no tempo entre as peças do sistema.

O sistema de produção em questão é um sistema no qual pode haver uma grande concentração de peças não conformes dentro do pulmão de proteção, devido à variabilidade excessiva das peças que saem da linha de transferência automática e entram diretamente num pulmão de proteção que tem lógica FIFO⁶⁶. Pode também haver aumento muito grande do tempo de saída de peças do sistema, pois cada peça não conforme que é processada pela máquina de medição tem seu tempo perdido nesta.

Na Figura 4.16, o sistema incorpora o pulmão de proteção e, com isto, mantém o fluxo constante de peças. Qualquer peça não conforme que estiver dentro do pulmão afetará o tempo total de medição. Portanto, se alguma peça a ser medida for não conforme, isto afetará o tempo entre peças do sistema. Os quadrados vermelhos dentro do pulmão com as letras *nc* representam as peças não conformes dentro do pulmão. As peças que já passaram pela medição também (peças 3 e 6). Tal fato reduz o poder de recuperação de todo o sistema produtivo. Este efeito aumenta o tempo entre peças do sistema e este, como um todo, fica prejudicado.

⁶⁶ Lógica FIFO de armazenamento é aquela em que a primeira peça que entrou na fila é a primeira peça a sair da fila.

Análise 4.

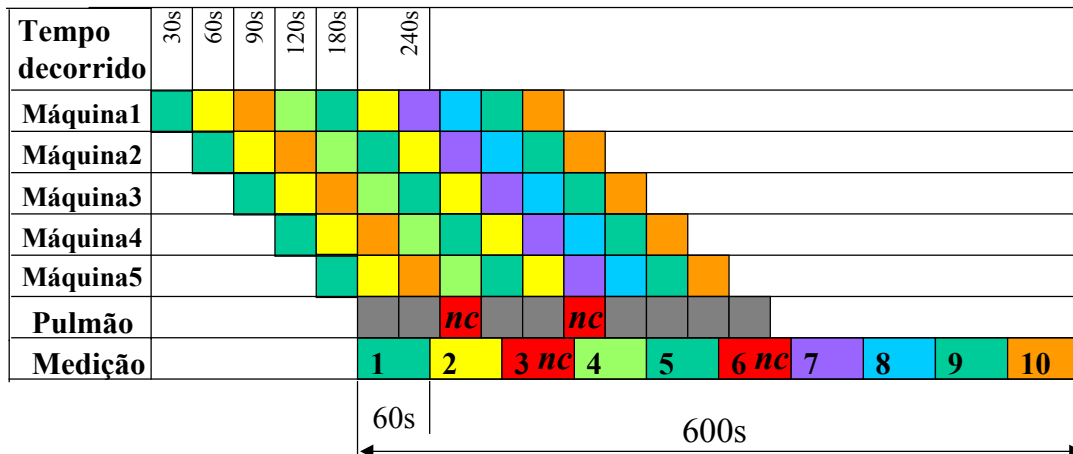


Figura 4.16 – Análise 4: inclusão de peças não conformes no pulmão – diagrama no tempo, mostrando este efeito.

Aumentando o tempo entre peças devido à má utilização do recurso com restrição de capacidade, criar-se-á um balanceamento de capacidade do sistema, efeito este que elimina a sobra de capacidade existente em relação à demanda do mercado. Tal fato reduz o poder de recuperação de todo o sistema produtivo. Então, se o novo sistema proposto deixa o tempo entre peças mais lento, e têm-se perdas de capacidade devido à constante ocorrência de peças fora do especificado dentro do pulmão de proteção, então o tempo entre peças do sistema é mais alto do que o takt-time de mercado. Como a configuração física das máquinas não permite nenhum sistema de medição entre operações para que seja feita uma medição por inspeções sucessivas, conforme sugere Shingo (1988), então mais acentuado fica o problema de sucatas no pulmão de proteção. Este fato faz com que uma outra característica do sistema de linha de transferência automática apareça, salvo se existir um sistema de medição em processo: quando uma peça é produzida até o final da linha de produção, não é possível saber se a peça será conforme ou não.

Continuando com a verbalização da ARF2, se existem peças dentro do pulmão de proteção que apresentam defeitos (201), e existe um pulmão de proteção na frente da máquina de medição (200), então haverá uma diminuição de peças boas por unidade de tempo na medição devido à medição de peças não conformes vindas do pulmão (111). Se isto ocorre, e o tempo entre peças aumentou (102), então tem-se que o tempo entre peças é superior ao takt-time de mercado (140). Com isto, a fábrica não consegue atender a demanda com peças boas (141), deixando o cliente insatisfeito com o serviço da corporação (10).

Neste momento, é importante uma análise da ARF2 para a verificar o surgimento dos novos efeitos indesejáveis e dos ramos negativos que surgiram com a inclusão da injeção. No caso da nova árvore da realidade futura, o ramo negativo permanece o mesmo porém, agora, pode-se verificar que existem três causas básicas que podem ser atacadas.

A possibilidade de se reavaliar a decisão anterior, comparando-se esta com as novas causas básicas, é outra característica importante do método. Esta característica é importante para assegurar a robustez do processo de tomada de decisão e melhoria do processo como um todo. As causas básicas são:

- Existem peças dentro do pulmão de proteção que apresentam defeitos as quais são consideradas não conformes.
- Tecnologia da máquina de medição não permite medidas rápidas.
- Grande lote de peças não conformes.

Seguindo pelo fluxo do processo proposto, deve-se neste instante analisar estas causas básicas sob a luz dos indicadores operacionais.

4.2.3.8 Escolha da causa básica remanescente a ser atacada segundo os indicadores operacionais.

Como visto na verbalização da ARF2, tem-se a inclusão dos efeitos indesejáveis:

existem peças dentro do pulmão de proteção que são consideradas não conformes, tecnologia da máquina de medição não permite medidas rápidas e grandes lote de peças não conformes. Analisando as situações e comparando-se uma situação com a outra tem-se:

Tabela 4-4 - Análise segundo indicadores operacionais.

Foco na Ação	Ganho	Inventário	Despesa Operacional
Existem peças dentro do pulmão de proteção que apresentam defeitos as quais são consideradas não conformes.	Aumenta	Diminui	Continua a mesma
Grande lote de peças não conformes	Baixa	Aumenta	Aumenta
Tecnologia da máquina de medição não permite medidas rápidas	Baixa	Aumenta	Continua a mesma

Atacando a causa básica, existem peças dentro do pulmão de proteção que apresentam defeitos as quais são consideradas não conformes, ter-se-á um aumento no ganho do sistema, porque haverá, dentro do pulmão de proteção do gargalo, a probabilidade de existir uma quantidade maior de peças boas e, portanto, uma diminuição na perda de tempo da máquina de medição. O inventário de peças prontas e conformes vai diminuir, porque com a melhoria no fluxo das peças, tem-se confiança no sistema de produção, pois as pessoas sabem que o sistema está protegido. A despesa operacional poderá aumentar dependendo do tipo de solução que se encontrar para neutralizar o ramo negativo.

A análise do foco na ação, grande lote de peças não conformes, é a mesma da análise da Tabela 4-2 .

A análise do foco na ação, tecnologia da máquina de medição não permite medidas rápidas, é a mesma da Tabela 4-3 .

Pode-se notar que a solução ótima seria a de resolver, no longo prazo, a causa básica grande lote de peças não conformes. Deve-se salientar, porém, que devido aos problemas de qualidade não solucionados pela corporação, outro problema entrega seria muito prejudicial para a imagem da corporação, a qual já está sendo afetada pela demora na correção dos problemas de garantia. Como todas as medidas que levam a uma melhoria no processo para a eliminação de grande lote de peças não conformes demandam um razoável gasto de tempo e recursos, a causa básica “existem peças dentro do pulmão de proteção que apresentam defeitos as quais são consideradas não conformes” foi escolhida.

4.2.3.9 Atacar a causa básica remanescente

Para atacar a causa básica escolhida, vamos usar o diagrama de dissipação de nuvens Figura 4.17.

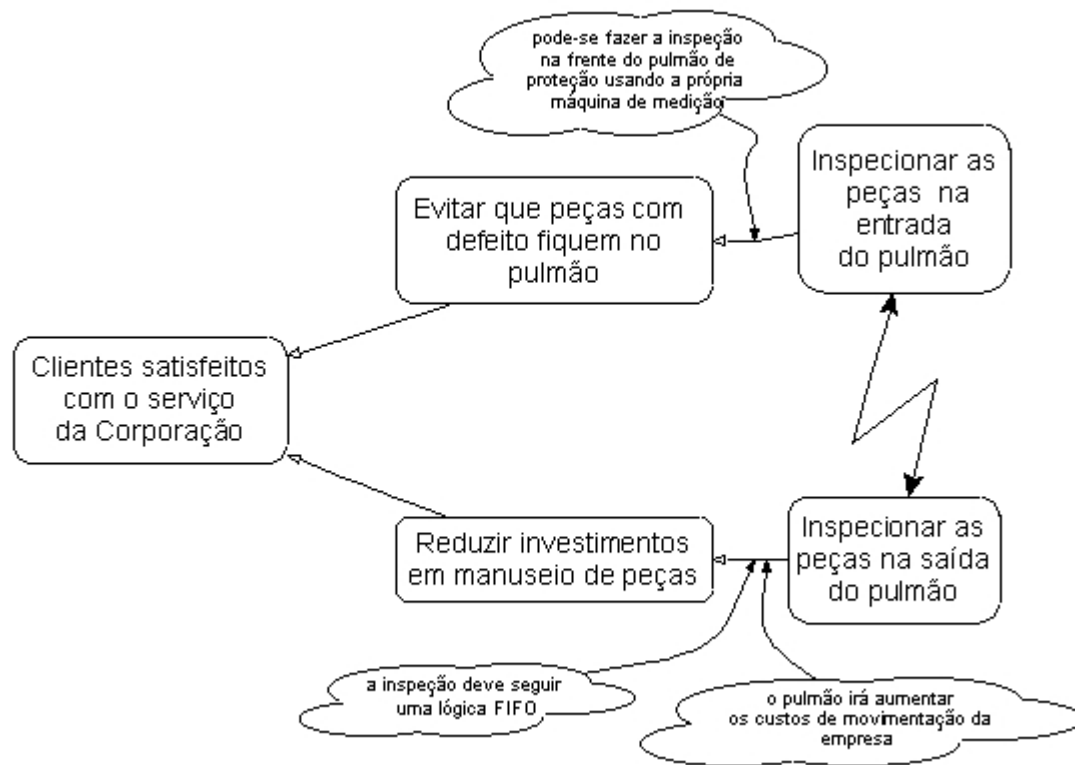


Figura 4.17 - Diagrama de dissipação de nuvens.

O pressuposto de que “a inspeção deve seguir uma lógica FIFO” não é verdadeiro, bem como também não o é “o pulmão irá aumentar os custos de movimentação da empresa”. Segundo Goldratt (1985), todo sistema tem uma restrição e esta restrição deve ser protegida contra problemas de qualidade nas peças que deverão ser processadas. No caso descrito, a restrição é justamente uma máquina de medição no final do processo, onde infelizmente não se pode fazer mais nada com a peça, somente decidir se é uma peça conforme ou não. Ou seja, como não existe nenhuma preocupação com a qualidade das peças que entram no pulmão, a máquina de medição, que é a restrição, gasta tempo de ciclo medindo peças que já são sucata. Goldratt (1985), quando propõe a utilização do Tambor-Pulmão-Corda como uma solução para a sincronização da manufatura, fala sobre a estratégia de ação no que se refere à qualidade das peças do pulmão de proteção, indicando que todas as peças do pulmão devem ser peças conformes. Neste caso isto não é possível, porque a restrição atual do sistema é o próprio mecanismo de controle da qualidade, ou seja, a máquina de medição.

A injeção que dissipou a nuvem foi gerada durante uma discussão sobre a validade ou não de estar-se medindo as peças que estavam dentro do pulmão. Um operador, tomando o pressuposto de que a medição também deveria obedecer à lógica FIFO, perguntou porque não se pode usar um processo de medição por amostragem para decidir se a cada número de peças o processo estaria se mantendo dentro do especificado ou não. Continuar-se-ia a fazer medida de 100% das peças para garantir o zero defeito. Porém, para que o fluxo de peças na medição se mantenha sem interrupções ou perdas, a cada dez peças, medir-se-ia uma peça diretamente sem passar pelo pulmão, para assegurar que as dez últimas peças estariam provavelmente dentro do especificado.

Portanto, a injeção que minimiza o problema é a de se executar a medição de uma peça acabada a cada dez que entram no pulmão de proteção, para assegurar a probabilidade de serem conformes. Esta estratégia permite ao sistema diminuir a probabilidade de gastar o tempo de medição com possíveis lotes de peças não conformes. Isto pode ser feito se o layout do pulmão for adequadamente implementado pelo próprio operador da máquina de medição, quebrando o pressuposto de que o pulmão iria aumentar os custos de movimentação da fábrica.

4.2.3.10 Criando a ARF da nova injeção

Com a injeção definida, passa-se para o passo seguinte: a construção da ARF3. Na ARF3, Figura 4.18, pode-se verificar a eficácia da injeção quanto à quebra dos efeitos indesejáveis e também quanto à ocorrência de ramos negativos. Neste passo, especificamente no método proposto, é importante a verificação destes para assegurar a convergência do processo para mais uma vez obter uma solução robusta.

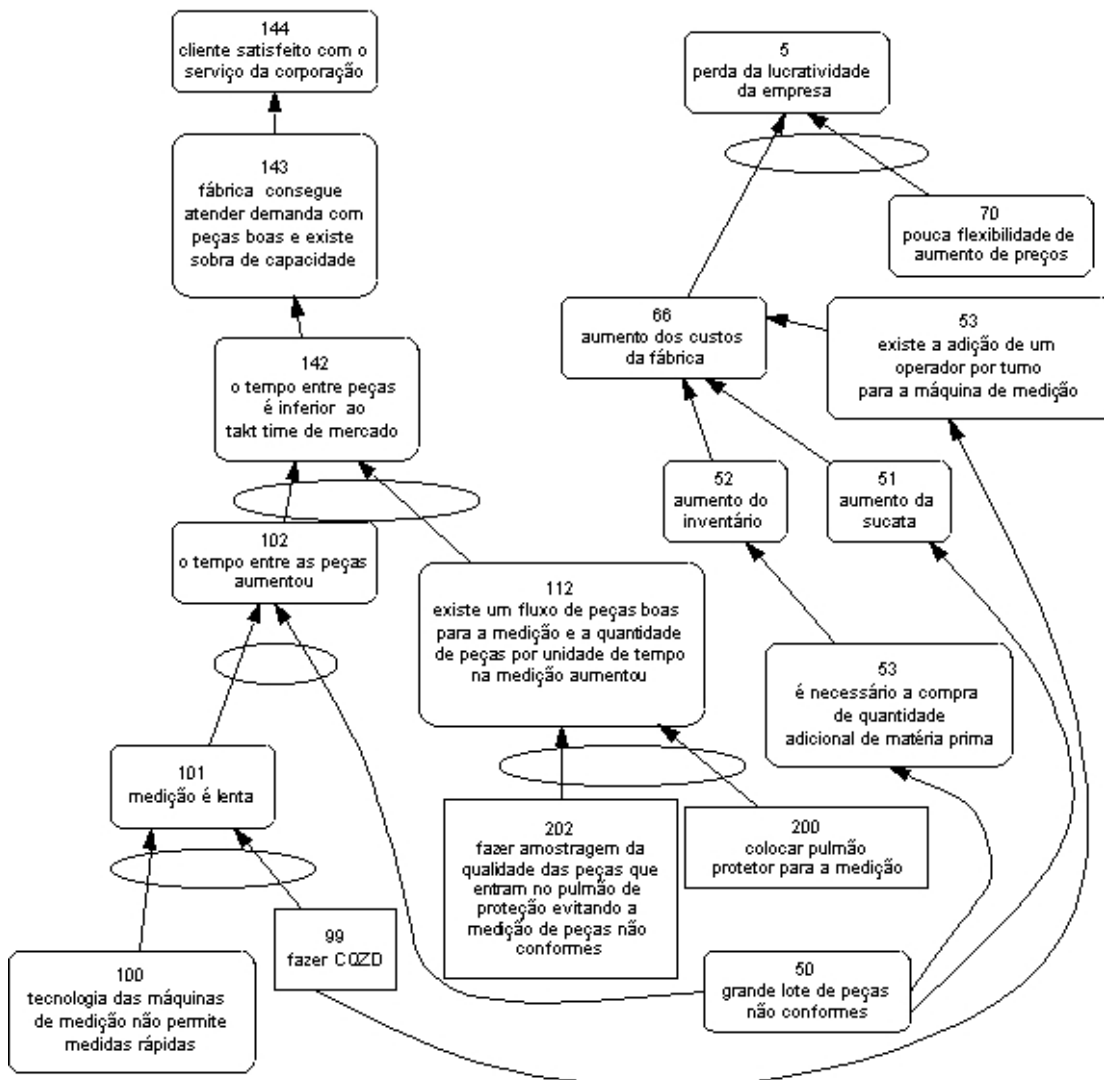


Figura 4.18 - Arvore da Realidade Futura 3.

Se a injeção proposta foi efetiva na solução do problema, tem-se a seguinte lógica para a nova ARF3. Se existe inspeção por amostragem das peças que entram no pulmão para prevenir a entrada de peças não conformes (202), e existe um pulmão de proteção da operação de medição (200), então existe um fluxo de peças boas para a medição e a quantidade de peças por unidade de tempo na medição aumenta (112). Por outro lado, tem-se que se o tempo entre peças aumenta (102) e se quantidade de peças por unidade de tempo na medição aumentar devido ao fluxo de peças boas para a medição (112), então o tempo entre peças é inferior ao takt-time de mercado (142). Se o tempo entre peças é inferior ao takt-time de mercado, então a fábrica consegue atender demanda com peças boas e existe sobra de capacidade (143). Se a fábrica consegue atender a demanda com peças boas e existe sobra de capacidade, então o cliente está satisfeito com o serviço da corporação (144) e a ameaça de perda de negócios desaparece.

Portanto, sem nenhum ramo negativo que interfira na perda de negócios imediatamente, a sobrevivência em curto prazo está assegurada.

O outro ramo, que é sustentado pelo grande lote de peças não conformes, afeta a empresa no longo prazo, fazendo com que exista uma perda de lucratividade que deve ser analisada. Pode-se continuar a análise com um enfoque de longo prazo, analisando como se pode melhorar a performance do sistema, no quesito qualidade, diminuindo a variabilidade do processo: não atacando o defeito, mas sim eliminando-se a fonte de erro.

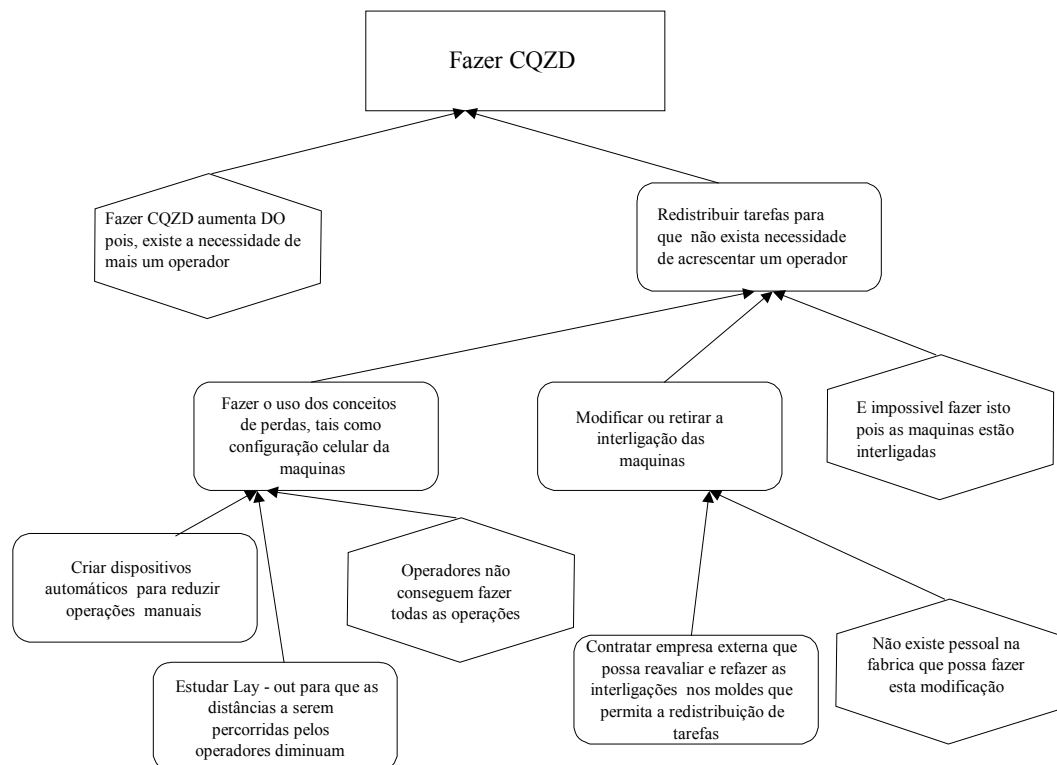
4.2.3.11 Criando a Árvore de Pré-Requisitos

A árvore de pré-requisitos, como já explicado anteriormente, conterà os obstáculos levantados pelo grupo do projeto. Este mesmo grupo proporá os objetivos intermediários para o atendimento dos resultados propostos pela injeção apresentada. No caso do projeto de implantação descrito, isto aconteceu de forma profícua. Muitas foram as barreiras colocadas para a implantação. Dentre as que foram tomadas como base para a construção da árvore de pré-requisitos, cita-se:

- Fazer CQZD irá aumentar a despesa operacional, pois haverá a necessidade de mão-de-obra adicional.

- A máquina de medição não foi construída para medir 100%.
- As pessoas não entendem o propósito do pulmão de proteção.
- O uso de pulmão vai contra a teoria de excelência em manufatura⁶⁷.
- Os operadores não gostam de movimentar manualmente as peças.
- A amostragem das peças para a garantia de não sucata no pulmão gera muita movimentação de materiais.

A árvore de pré-requisitos para os obstáculos citados está mostrada na Figura 4.19. Com os objetivos intermediários encontrados, poder-se-á criar um conjunto de ações que assegurarão o cumprimento das injeções.



⁶⁷ O termo “excelência em manufatura” é usado na corporação para explicar os métodos utilizados pelo Sistema Toyota de Produção.

Figura 4.17 - Árvore de pré requisitos.

4.2.3.12 Criando a Árvore de Transição

A Árvore de Transição, como já exposto, conterà os objetivos intermediários levantados pelo grupo que está trabalhando no projeto. Este mesmo grupo proporá e executará as ações para o atendimento dos resultados propostos pela injeção apresentada. No caso do projeto de implantação descrito, isto aconteceu de forma que todas as pessoas ligadas diretamente com o projeto participassem. Muitas foram as idéias apresentadas. Dentre as que foram tomadas como base para a construção da Árvore de Transição, citam-se:

- Redistribuir tarefas para que não exista a necessidade de acrescentar um operador.
- Acabar ou redefinir a interligação das máquinas.
- Contratar empresa externa para redefinir e executar as modificações.
- Fazer o uso dos conceitos de perdas do Sistema Toyota de Produção.
- Criar dispositivos automáticos simples para reduzir o número de operações manuais.
- Estudar o layout para que as distâncias percorridas pelos operadores diminuam.

A árvore de transição para os objetivos intermediários apresentados encontra-se na Figura 4.20. Com as ações determinadas, poderá ser criado um processo robusto da solução da causa básica.

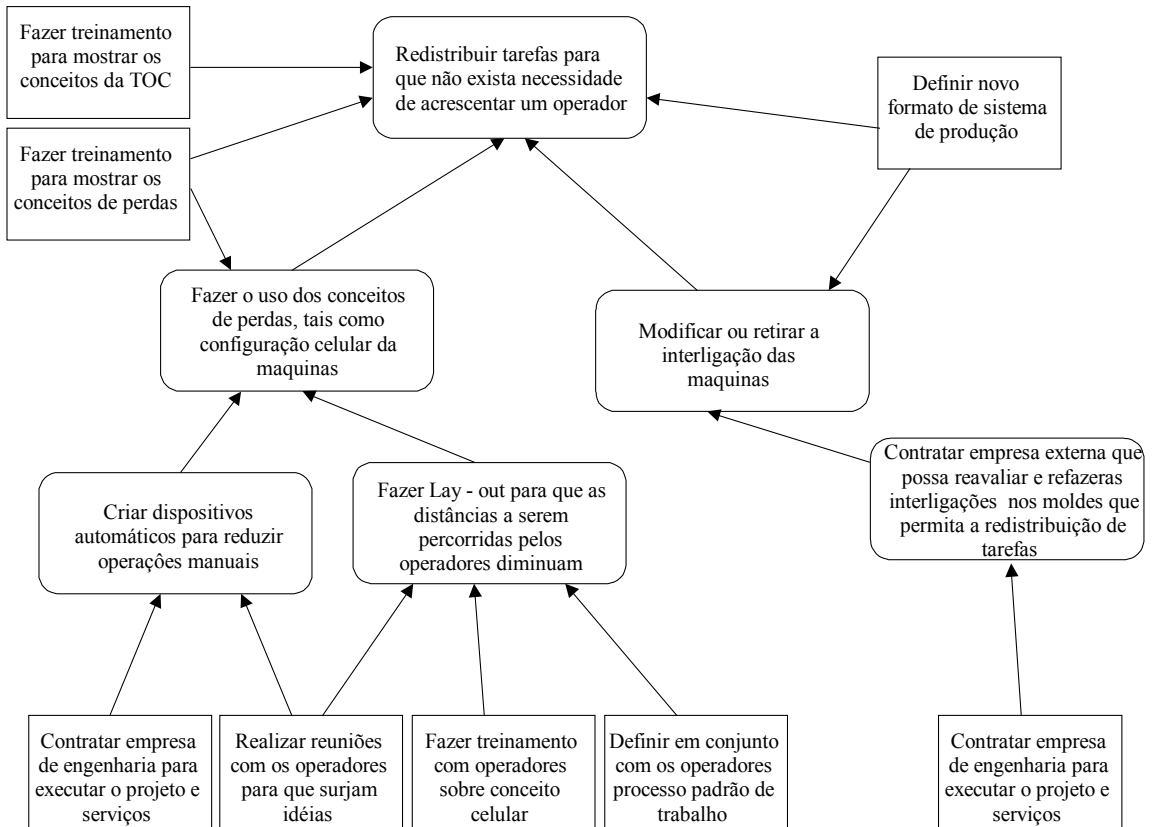


Figura 4.18 - Árvore de Transição.

CAPÍTULO 5

5 Apresentação e análise dos resultados

5.1 Introdução

O desenvolvimento do Método foi conduzido em conjunto com a Gerência, Supervisão, Operadores, Engenheiros de Processo, de Manutenção e de Qualidade. A data de início do trabalho foi Agosto de 1999, na Planta de Syracuse no estado de Indiana – EUA.

Durante os primeiros passos do trabalho, sentiu-se a necessidade de transformar os conhecimentos adquiridos em realidade prática, mas em um formato que fosse intuitivo e ao mesmo tempo eficaz na resolução dos problemas, notadamente de qualidade e posteriormente outros que no decorrer desta análise serão apresentados.

A existência de uma grande diferença entre culturas de manufatura também se fez presente, dificultando em muito as ações de melhoria do sistema.

5.2 Resultados qualitativos

Num sistema com grandes problemas, as oportunidades de melhoria são de maior amplitude. No estudo de caso mostrado, em relação a resultados não mensuráveis, está característica foi marcante.

Durante as fases de treinamento, notou-se que a abertura para uma nova realidade de manufatura se fez presente. Os conceitos de perdas do STP foram usados intuitivamente pelo grupo de trabalho, e foi de grande valia na busca de idéias para que os conceitos da TOC fossem mais facilmente implantados. As ferramentas da TOC, aliadas aos conceitos de engenharia industrial, permitiram a implementação do aplicativo Tambor, Pulmão e Corda na linha piloto.

5.3 Resultados quantitativos

Os resultados quantitativos aqui apresentados guardam uma relação diferente daquela que realmente aconteceu. Cada valor apresentado nos gráficos está multiplicado por uma constante por motivos de propriedade de informação. O valor de melhoria no Lucro da organização, bem como a melhoria no Retorno Sobre Investimento, não puderam ser apresentados por motivos de confidencialidade.

5.3.1 Os resultados de qualidade

No ano de 1998 e no início de 1999, os problemas com troca em garantia dos eixos diferenciais eram elevados, fazendo com que a Divisão tivesse uma despesa elevada com esta situação. A Figura 5.1 mostra a performance do novo sistema em comparação com os meses anteriores a implantação.

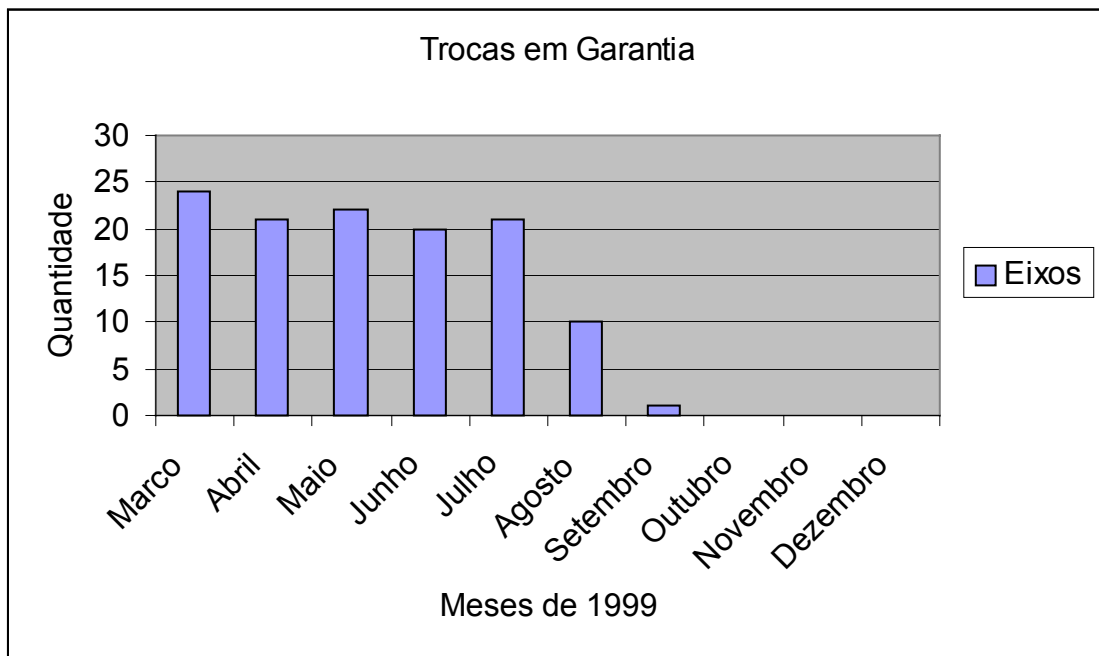


Figura 5.1 - Gráfico das trocas de eixos em garantia.

No mês de Agosto, o método começou a ser implantado, e pode-se observar uma queda drástica nos valores a partir deste período. Nota-se que, efetivamente, a tarefa de estancar os problemas externos foi resolvida a contento em um curtíssimo espaço de tempo.

Outro fato relevante, em relação à qualidade, foi o de que os valores monetários com relação a gastos com sucata também diminuíram. Este fato provavelmente esteja relacionado com a inclusão da operação de verificação da qualidade da peça antes de ser colocada no pulmão de proteção. A cada vez que o operador detecta uma peça não conforme saindo da máquina automática o sistema anterior ao pulmão de proteção é parado e a causa do desvio é verificada. Portanto, os grandes lotes de peças não conformes param de acontecer, e então o valor da sucata diminui. Este efeito pode ser visto na Figura 5.2. Entretanto, devido ao sistema não ter capacidade adequada, o valor de refugo ainda é muito grande.

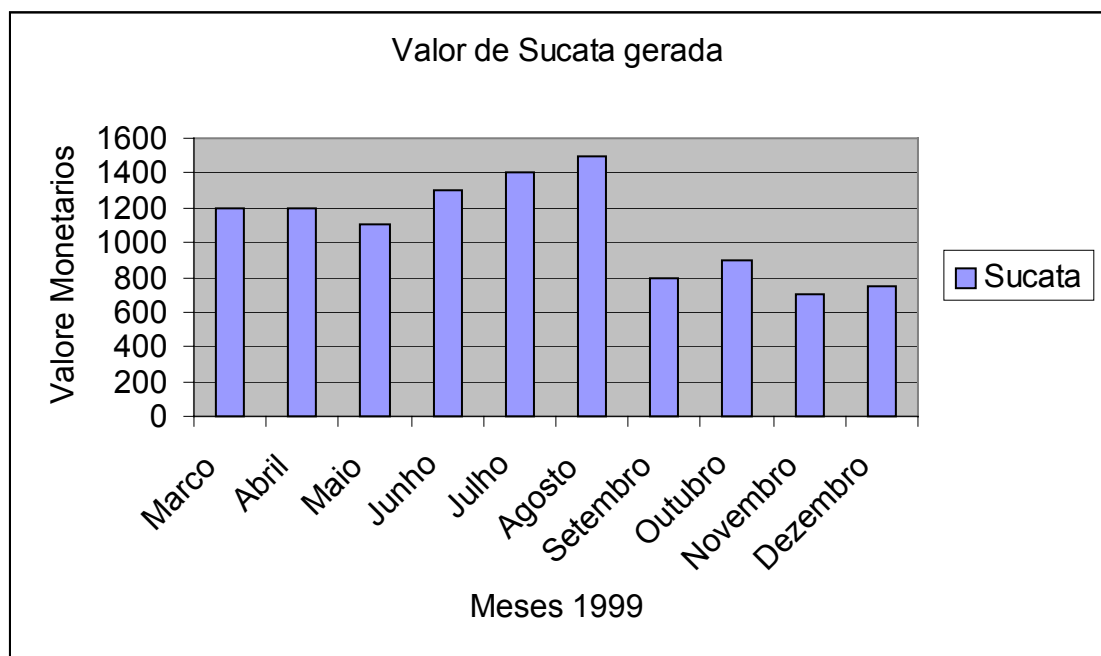


Figura 5.2 - Gráfico dos valores de sucata gerada na linha de produção.

O valor anormal de sucata ainda ocorre devido às causas comuns que não foram tratadas. Os próximos passos a seguir referem-se à erradicação destas causas, para que o sistema como um todo seja eficiente. O processo de focalização da TOC, juntamente com os conceitos do STP, serão os pontos chaves para a extinção completa destes problemas. Quando se fala em um sistema de produção que segue os conceitos da TOC, fala-se em um sistema que deve ter seu funcionamento orientado para a máxima utilização do que o restringe (Goldratt, 1984). Na Figura 5.3, pode-se verificar que tal fato acontece na prática, ou seja, se a capacidade do sistema é superior ao solicitado pelos clientes, então não tem sentido o sistema gastar mais recursos do que necessita. Com a inclusão do pulmão de proteção anterior a máquina de medição, o fluxo de peças para a medição foi mantido constante e conseqüentemente nenhuma interrupção afetou o desempenho de geração de peças do sistema como um todo. Um efeito interessante foi criado com isto, como pode-se verificar na Figura 5.3.

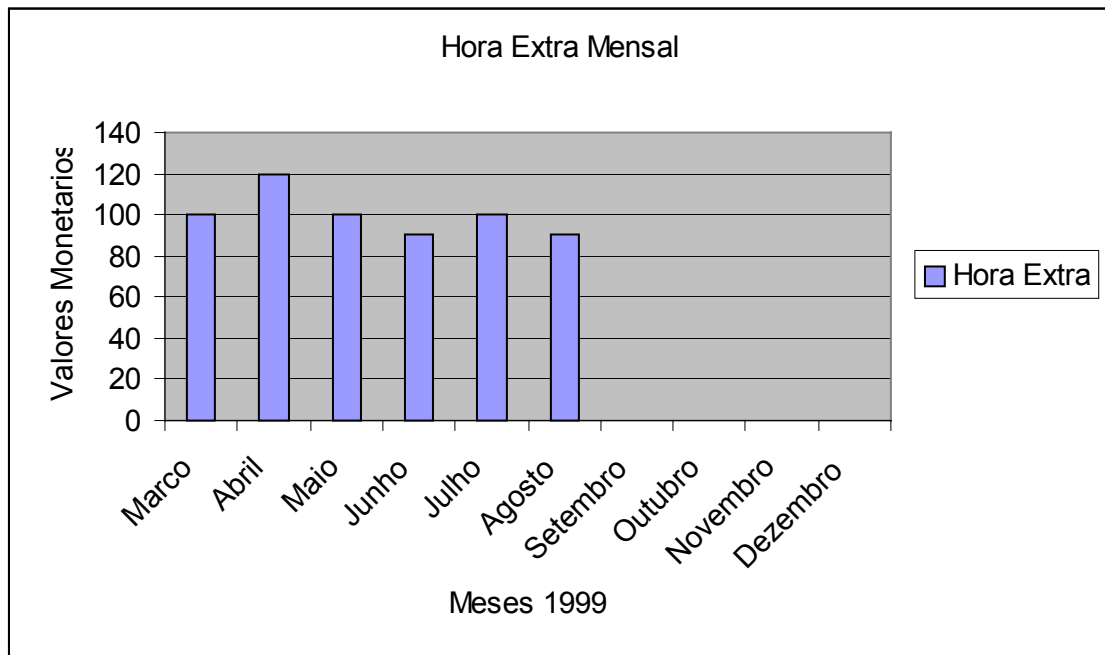


Figura 5.3 - Gráfico das Horas Extras.

Pode-se notar que as horas extras foram reduzidas a zero, porque a necessidade de trabalhar nos sábados e domingos não mais existiu, devido ao aumento de capacidade com a introdução dos conceitos da TOC.

Portanto, do ponto de vista dos resultados, tanto qualitativos como quantitativos, o método logrou obter o efeito desejado. Este capítulo apresentou os resultados e a análise correspondente. O próximo capítulo apresentará as conclusões gerais do trabalho, bem como sugestões para futuros trabalhos envolvendo a utilização do método proposto.

CAPÍTULO 6

6 Conclusões

Neste capítulo estão apresentadas as conclusões gerais básicas, bem como sugestões para trabalhos futuros.

6.1 Conclusões gerais

A conclusão geral básica deste trabalho é de que a proposta do método cumpre satisfatoriamente a função de ferramenta para auxiliar a tomada de decisões. Particularmente quando esta tomada de decisão necessita rapidez e economia de recursos. É importante notar que, no estudo de caso analisado, o montante de recursos investidos foi irrelevante frente aos resultados obtidos, mostrando que realmente o método conduz a uma boa utilização de recursos. Outro ponto a salientar é que devido à recursividade, que é característica dos processos de melhoria contínua, a proposta do método permite voltar a uma alternativa de decisão, a qual em um determinado instante não era a mais acertada segundo os indicadores operacionais, e novamente testá-la para verificar é ou não válida.

Algumas conclusões relacionadas ao Método proposto merecem ser destacadas.

- a) Possibilidade de todos os recursos, sejam eles humanos ou materiais, interagirem para a tomada da decisão. Como o grupo que executa análise tem em suas mãos a possibilidade de verificação do resultado das ações financeiramente, este fica muito mais tranquilo quanto à utilização dos recursos que dispõe.
- b) Alta capacidade de prover soluções inovadoras. Devido às características do processo de pensamento da TOC, do trabalho em grupo, e da necessidade deste grupo de trabalho deter um amplo conhecimento técnico e gerencial do tema, a solução que

emerge desta combinação tem a característica de ser inovadora, sendo que de outra forma não conseguiriam ser efetivadas.

c) A forma com que a análise de benefícios é formulada propicia ao grupo de trabalho um melhor entendimento do processo como um todo. Justamente pelo uso dos indicadores operacionais que, de forma clara e precisa, direcionam as ações do grupo, fica evidente que o entendimento do global é muito mais fácil e motivador.

d) A maneira como são tratadas as análises através da utilização direta dos indicadores operacionais (G, I, DO) e os indicadores globais (LL, RSI, FC), permite ao grupo tomar uma decisão sobre fatos reais, contribuindo para que a solução seja duradoura e lucrativa para a empresa.

e) A possibilidade de, a cada passo, existir o aprendizado de uma diferente característica do sistema a ser avaliado. Como a montagem da solução não é direta, ou seja, é feita passo a passo, fica fácil para as pessoas entenderem as várias etapas que compõem a solução. Exemplo disto é a construção das árvores de transição e de pré-requisitos. Isto demonstra como o próprio processo interno de solução do problema, através do processo de Pensamento da TOC, objetiva constituir um mecanismo de aprendizagem organizacional.

f) A capacidade de motivação das pessoas que fazem parte do processo de busca da solução é realçada com a utilização do método.

g) Geração de documentação necessária à padronização do processo.

h) Predição de eventuais obstáculos à implantação operacional das decisões.

Outras conclusões de caráter geral:

a) Dificuldade de entendimento, tanto na geração das árvores, como também na utilização dos indicadores operacionais. Primeiro, porque as pessoas não estão acostumadas a pensar logicamente e a verbalizar os problemas. Segundo, porque a cultura da contabilidade de custos está muito arraigada na mente das gerências.

b) A necessidade de se implementar um número maior de soluções para atestar a real efetividade do método. Isto significa que se deve utilizar o método em outros casos piloto para melhor avaliá-lo.

c) A rapidez para a chegada à solução também é uma característica marcante do método. Devido à focalização e à análise financeira, ambas tomadas emprestadas da TOC, o método proposto converge rapidamente para uma solução.

d) O método proposto tem a característica de poder ser aplicado a qualquer outra proposta de resolução de problemas. Isto significa que o método pode ser utilizado não somente no ambiente de chão de fábrica, mas também na resolução de outros problemas pertinentes a outras áreas tais como Engenharia, Marketing, etc.

6.2 Sugestões para trabalhos futuros

Algumas sugestões serão descritas a seguir para as próximas aplicações do Método proposto, válido para qualquer caso proposto, ou para novos casos que possam ser desenvolvidos:

- O método deve ser continuado na análise do problema do caso, pois a solução duradoura ainda não foi atingida, necessitando-se agora a escolha de qual a causa básica a ser atacada, em ações de médio e longo prazo.

Algumas sugestões são propostas para o aperfeiçoamento do Método.

a) Desenvolver uma rotina que analise não somente qualitativamente, mas também quantitativamente, a escolha da causa básica a ser atacada sem prejudicar a simplicidade de construção da solução.

b) Utilizar os indicadores financeiros, ou seja, Lucro Líquido, Retorno sobre Investimento e Fluxo de Caixa para a tomada de decisão com maior profundidade.

c) Fazer o uso de uma ferramenta de simulação para facilitar as análises referentes a confiabilidade dos sistemas e variações estatísticas.

Finalmente, sugere-se que o Método proposto seja amplamente utilizado na tomada de decisão e análise de problemas, pois o seu uso é simples e propicia soluções robustas. Os resultados obtidos mostram esta característica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVAREZ, Roberto R. *Análise Comparativa de Metodologias para Análise, Identificação e Solução de Problemas*. Dissertação de Mestrado, UFRGS, 1995.
- ANAIS do Seminário Técnico de Gestão da Produtividade Aplicada aos Correios. *Capítulo 8 - Desperdício no Fluxo Operacional*. Brasília, ECT, Jun. 1996.
- ANTUNES, José A. V. *A Lógica das Perdas nos Sistemas Produtivos: uma Revisão Crítica*. Porto Alegre, UFRGS, 1995.
- _____, _____. *O Mecanismo da Função de Produção: Análise de Sistemas Produtivos do Ponto de vista de Uma Rede de Processos e Operações* (versão preliminar). Porto Alegre, UFRGS. 1995.
- AVRAHAM Y. GOLDRATT INSTITUTE DO BRASIL. *Teoria das Restrições: revendo paradigmas para construir soluções de bom senso*. Material do Seminário Internacional de Qualidade e Produtividade do SEBRAE/RS. Porto Alegre, 1995.
- GHINATO, Paulo. *Elementos Para a Compreensão de Princípios Fundamentais do Sistema Toyota de Produção: “Autonomação” e “Zero Defeitos”* (dissertação de mestrado). Porto Alegre, UFRGS/PPGEP, 1994.
- GOLDRATT, Eliyahu M. & COX, Jeff. *A Meta – Ed. Ampliada*. São Paulo, Educator, 1994a.
- _____, _____. & _____. *A Meta*. São Paulo, Editora do IMAM (Educator), 1992.
- _____, _____. & FOX, Robert E. *A Corrida Pela Vantagem Competitiva*. São Paulo, Educator Editora, 1994b.
- _____, _____. *An Introduction to Theory of Constraints: The Goal Approach* (seminar description). Berkshire, Avraham Y. Goldratt Institute, 1992c.
- _____, _____. *A Síndrome do Palheiro: Garimpendo Informações num Oceano de Dados*. São Paulo, Educator Editora, 1992a.

- ____, _____. *An Introduction to Theory of Constraints: The Production Approach* (workshop description). Berkshire, Avraham Y. Goldratt Institute, 1992.
- ____, _____. Computadorized Shop Floor Scheduling, *International Journal of Production Research*, vol. 26, nº 3, pp. 443-455, 1988.
- ____, _____. *Introduction to the Theory of Constraints through Application to Marketing and Sales*. Berkshire, Avraham Y. Goldratt Institute, 1993.
- ____, _____. *Mais Que Sorte...Um Processo de Raciocínio*. São Paulo, Educator Editora, 1994c.
- ____, _____. *What Is This Thing Called Theory of Constraints and how should it be implemented?* New York, North River Press, 1990.
- MACKNESS, John Robert & RODRIGUES, Luís Henrique. *A Review of the Theory of Constraints as a Thinking Process* (working paper). Lancaster, 1994.
- ____, ____ BOWLES, Jim & RODRIGUES, Luís Henrique. *A Thinking Process for Managing Change*. Lancaster, 1995.
- NOREEN, Eric, SMITH, Debra & MACKEY, James T. *The Theory of Constraints and Its Implications for Management Accounting*. Massachusetts, North River Press, 1995.
- ODRIOZOLA, Fernando. *An Evaluation of the TOC Methodology for Organizational Improvement*. Nottingham, 1994.
- OHNO, Taiichi. *Toyota Production System*. Cambridge and Norwalk, Productivity Press, 1988.
- OLIVEIRA, Gustavo Pereira Eggres de. *Aplicação Prática da Teoria das Restrições como Processo de Pensamento* (working paper). Porto Alegre, 1994.
- RODRIGUES, Luís Henrique. Análise Crítica da Tecnologia da Produção Otimizada (OPT) e da Teoria das Restrições (TOC). *Anais do XIV Encontro Anual da Associação Nacional dos Programas de Pós-Graduação em Administração*. Florianópolis, 1990.
- SEPEHRI, Mehram. *Just In Time Not Just in Japan: Cases Studies of American Pioneers in JIT Implementation*. Tire Library of America, Production-APICS Education and Research Foundation, 1986.

SHINGO, Shigeo. *A Revolution in Manufacturing - The SMED System*. Cambridge and Norwalk, Productivity Press, 1985.

____, _____. *Non-Stock Production: The Shingo System for Continuous Improvement*. Cambridge and Norwalk, Productivity Press, 1988.

____, _____. *Study of Toyota Production System From Industrial Engineering View Point*. Tokyo, Japan Management Association, 3-1-22, 1981.

____, _____. *The Saying of Shigeo Shingo*. Cambridge and Norwalk, Productivity Press, 1987.

____, _____. *Zero Quality Control: Source Inspection and The Poka-Yoke System*. Cambridge and Norwalk, Productivity Press, 1986.

SCHEINKOFP, Lisa. *Thinking for a Change*. The St. Lucie Press/APICS Series on Constraints Management. Boca Raton, 1999.

UMBLE, M. Michael & SRIKANTH, Mokshargundam L.. *Synchronous Manufacturing: Principles for World Class Excellence*. Cincinnati, South-Western Publishing Co., 1990.