

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Curso de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica e de Minas

Dissertação de Mestrado

**“DESENVOLVIMENTO DE UMA METODOLOGIA DE ANÁLISE DE
CUSTOS: UMA APLICAÇÃO NA LAMINAÇÃO CONTÍNUA DA
VALLOUREC & MANNESMANN TUBES DO BRASIL”**

Autor: Filipe José de Oliveira Gomes
Orientador: Professor Ph.D. Renato Minelli Figueira

Março/2011

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Curso de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica e de Minas

Filipe José de Oliveira Gomes

“DESENVOLVIMENTO DE UMA METODOLOGIA DE ANÁLISE DE CUSTOS:
UMA APLICAÇÃO NA LAMINAÇÃO CONTÍNUA DA VALLOUREC &
MANNESMANN TUBES DO BRASIL”

Dissertação de Mestrado apresentada ao
Curso de Pós-Graduação em Engenharia
Metalúrgica e de Minas da Universidade
Federal de Minas Gerais.

Área de concentração: Ciência e Engenharia dos Materiais

Orientador: Professor Ph.D. Renato Minelli Figueira

Belo Horizonte
Escola de Engenharia da UFMG
2011

Dedico aos meus pais, Nilza e Ribeiro, pelo exemplo
de pessoas que são e pelos esforços que
sempre empregaram para que
eu chegasse até aqui.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que me deu forças nos momentos mais difíceis desta caminhada.

Aos meus pais, Nilza e Ribeiro, e ao meu irmão Fabrício, que simplesmente não sabem o quanto me ajudaram. Vocês foram, são e sempre serão muito importantes na minha vida. Meu muito obrigado a vocês!

Ao meu grande Mestre Professor Ph.D. Renato Minelli Figueira pelos valiosíssimos ensinamentos cedidos, pela grande paciência, confiança e amizade.

Ao chefe do departamento do CPGEM, Doutor Hermann Mansur e sua equipe, Nélson e Aparecida, pela colaboração durante o período de estudo e elaboração deste trabalho.

Ao Professor Doutor Paulo Roberto Cetlin pela grande confiança e colaboração neste trabalho.

Ao Superintendente da Laminação Contínua Engenheiro Ricardo Batista pela oportunidade e apoio cedidos para a realização deste trabalho.

A Controller da Laminação Contínua Alessandra Lima pela confiança, amizade e apoio no desenvolvimento deste projeto.

Aos colegas da Superintendência de Laminação Contínua, em especial aos Srs. Fernando Valle, Vítor Sales, Fernando Paiva, Mariana Mendes, Fabiane Carneiro, Elizete Patrício, Geraldo Araújo, Desiane Gomes e Sandra Moreira, pela amizade e colaboração.

Às equipes da Gerência de Produção e da ferramentaria da Laminação Contínua, em especial ao Srs. Gerente Leonardo Ferreira, Luíz Eduardo, Suelem Cruz, Adriano da Costa, Fabiano Miranda, Wellington Braga, William dos Santos e demais integrantes

dos grupos de melhoria contínua, referentes às pontas e guias no ano de 2010, pela grande colaboração neste trabalho.

Aos amigos de Conselheiro Lafaiete, pelos incentivos durante o período de estudos.

E a todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste projeto, meu muito obrigado.

*Nunca ande pelo caminho traçado, pois ele
conduz somente até onde os outros foram.*

Alexander Graham Bell

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE TABELAS	xiii
LISTA DE NOTAÇÕES	xiv
RESUMO	xv
ABSTRACT	xvi
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVO	9
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	10
3.1. Produção de tubos sem costura na V&M do Brasil	10
3.2. O Método PDCA	13
3.2.1. As etapas do método PDCA de melhorias	18
4. METODOLOGIA	23
4.1. Planejamento	25
4.1.1. Identificação do problema	25
4.1.1.1. Escolha do indicador principal	25
4.1.1.2. Desdobramento inicial do problema	26
4.1.1.3. Estabelecimento da meta do indicador principal	26

4.1.2. Análise do fenômeno	26
4.1.2.1. Investigação, coleta e organização das idéias que geram o problema	26
4.1.2.2. Desdobramento matemático do problema	27
4.1.2.2.1. Mecanismo de desdobramento	27
4.1.2.3. Análise do histórico de variação de cada indicador	29
4.1.2.4. Análise financeira do indicador principal e seu desdobramento	30
4.1.2.4.1. Análise do impacto individual de cada indicador	30
4.1.2.4.2. Análise do potencial de ganho	30
4.1.2.5. Priorização dos ataques e desdobramento de metas	31
4.1.2.5.1. Desdobramento de metas	31
4.1.2.5.2. Priorização dos ataques	31
4.1.3. Análise do processo	31
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	32
5.1. Planejamento	32
5.1.1. Identificação do problema	32
5.1.1.1. Escolha do indicador principal	32
5.1.1.2. Desdobramento inicial do problema	32
5.1.1.3. Estabelecimento da meta do indicador principal	33
5.1.2. Análise do fenômeno	33
5.1.2.1. Investigação, coleta e organização das idéias que geram o problema	33
5.1.2.1.1. Gasto com pontas de perfuração	33
5.1.2.1.2. Gasto com guias de laminação	34
5.1.2.2. Desdobramento matemático do problema	35
5.1.2.2.1. Gasto com pontas de perfuração	35
5.1.2.2.2. Gasto com guias de laminação	41
5.1.2.3. Análise do histórico de variação de cada indicador	45

5.1.2.3.1. Gasto com pontas de perfuração	45
5.1.2.3.2. Gasto com guias de laminação	47
5.1.2.4. Análise financeira do indicador principal e seu desdobramento	50
5.1.2.4.1. Análise do impacto individual de cada indicador	50
5.1.2.4.1.1. Gasto com pontas de perfuração	50
5.1.2.4.1.2. Gasto com guias de laminação	51
5.1.2.4.2. Análise do potencial de ganho	52
5.1.2.4.2.1. Gasto com pontas de perfuração	53
5.1.2.4.2.2. Gasto com guias de laminação	54
5.1.2.5. Priorização dos ataques e desdobramento de metas	54
5.1.2.5.1. Desdobramento de metas	55
5.1.2.5.2. Priorização dos ataques	55
5.1.2.5.2.1. Gasto com pontas de perfuração	55
5.1.2.5.2.2. Gasto com guias de laminação	55
5.1.2.6. Outras análises	56
5.1.2.6.1. Análise de correlação entre o indicador financeiro e o indicador de gasto específico (R\$/m)	56
5.1.2.6.1.1. Gasto com pontas de perfuração	56
5.1.2.6.1.2. Gasto com guias de laminação	59
5.1.3. Análise do processo	62
5.1.3.1. Gasto com pontas de perfuração	62
5.1.3.1. Gasto com guias de laminação	63
6. CONCLUSÃO	64
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	66

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 - Produção mundial de aço bruto. (IISI, 2006).	1
Figura 1.2 - Taxa de crescimento da siderurgia mundial (IISI, 2006).	2
Figura 1.3 - Evolução dos principais países produtores de aço bruto (milhares de toneladas).....	2
Figura 1.4 - Custos referentes às atividades siderúrgicas (BEKAERT; FRANCOIS; VERHOEVEN, 2004).	3
Figura 1.5 - Preço de tubos OCTG API J55 – EUA e China (Metal Bulletin Research, 2009 e 2010).	4
Figura 1.6 - Diferenças de linguagem entre a alta administração e o “chão de fábrica”...5	
Figura 1.7 - Tarifa de gás em função do consumo total do mesmo.	6
Figura 1.8 - Gráfico do ritmo de laminação na siderúrgica “A” antes das ações de melhoria (MINELLI, 2008).	7
Figura 1.9 - Gráfico do ritmo de laminação na siderúrgica “A” após as ações de melhoria (MINELLI, 2008).	7
Figura 3.1 - Fluxo do processo de laminação da V&M do Brasil.	10
Figura 3.2 - Representação esquemática do processo de perfuração.	11
Figura 3.3 - Disposição dos cilindros no laminador contínuo.	12
Figura 3.4 - O ciclo PDCA para a resolução de problemas.	14

Figura 3.5 - Rampa de melhorias.	14
Figura 3.6 - Diagrama de Ishikawa para correlação do efeito e suas causas	15
Figura 3.7 - Bases do controle (CAMPOS, 1992)	16
Figura 3.8 - O ciclo PDCA para manutenção e melhoria da diretriz de controle do processo (CAMPOS, 1992)	17
Figura 3.9 - O ciclo PDCA e a alocação dos trabalhos da manutenção e melhoria na estrutura hierárquica	18
Figura 3.10 - O ciclo PDCA para melhorias e a alocação dos trabalhos da manutenção, melhoria e desenvolvimento na estrutura hierárquica (AGUIAR, 2006)	19
Figura 3.11 - Identificação correta de um problema	20
Figura 3.12 - Divisão de um problema grande em uma série de problemas menores	21
Figura 3.13 - Problema custo elevado desdobrado (Adaptado de CAMPOS, 2009)	21
Figura 4.1 - Metodologia proposta a ser inserida na etapa Plan (planejamento) do PDCA (parte A)	23
Figura 4.2 - Metodologia proposta a ser inserida na etapa Plan (planejamento) do PDCA (parte B)	24
Figura 4.3 - Cenários econômicos e indicadores	25
Figura 5.1 - Estratificação do gasto com ferramentas na gerência de produção	32

Figura 5.2 - Diagrama de Ishikawa com as diversas causas do efeito “Gasto com pontas”	34
Figura 5.3 - Diagrama de Ishikawa com as diversas causas do efeito “Gasto com guias”	35
Figura 5.4 - Indicador de mix e suas implicações sobre o desgaste das ferramentas	38
Figura 5.5 - Indicador de rendimento metálico e suas implicações sobre o desgaste das ferramentas	39
Figura 5.6 - Gráficos com o histórico dos problemas menores relativos ao desdobramento de pontas	46
Figura 5.7 - Gráficos com o histórico dos problemas menores relativos ao desdobramento de guias	48
Figura 5.8 - Análise de correlação entre o indicador financeiro referente ao gasto com pontas e o antigo indicador técnico da ferramentaria	57
Figura 5.9 - Análise de correlação entre o indicador financeiro referente ao gasto com pontas e o novo indicador técnico da ferramentaria	58
Figura 5.10 - Análise de correlação entre o indicador financeiro referente ao gasto com pontas e o novo indicador técnico da ferramentaria corrigido pelos efeitos do mix e do rendimento metálico	59
Figura 5.11 - Análise de correlação entre o indicador financeiro referente ao gasto com guias e o antigo indicador técnico da ferramentaria	60

Figura 5.12 - Análise de correlação entre o indicador financeiro referente ao gasto com guias e o novo indicador técnico da ferramentaria61

Figura 5.13 - Análise de correlação entre o indicador financeiro referente ao gasto com guias e o novo indicador técnico da ferramentaria corrigido pelos efeitos do mix e do rendimento metálico62

LISTA DE TABELAS

Tabela V.1 – Resumo estatístico dos Indicadores principal e desdobrados do gasto com pontas	47
Tabela V.2 – Resumo estatístico dos Indicadores principal e desdobrados do gasto com guias	49
Tabela V.3 – Análise financeira do indicador financeiro relativo às pontas e seu desdobramento	51
Tabela V.4 - Análise financeira do indicador financeiro relativo às guias e seu desdobramento	52
Tabela V.5 – Melhores resultados do desdobramento de pontas coletados do histórico (valores médios para o mix e o rendimento metálico)	53
Tabela V.6 – Melhores resultados do desdobramento de guias coletados do histórico (valores médios para o mix e o rendimento metálico)	54

LISTA DE NOTAÇÕES

$guia_{requisitada}$	quantidade de guias requisitadas
$guia_{sucatada}$	quantidade de guias sucatadas
$guia_{requisitada}/guia_{sucatada}$	indicador de estoque para as guias
$m_{laminado}$	quantidade de metros laminados
$mm_{desgaste}$	quantidade de milímetros desgastados
$m_{laminado}/mm_{desgaste}$	indicador de desempenho técnico das guias
$m_{laminado}/ponta_{sucatada}$	indicador de desempenho técnico das pontas
$m_{laminado}/t_{bloco}$	indicador de mix
$mm_{desgaste}/guia_{sucatada}$	indicador de vida útil das guias
$ponta_{requisitada}$	quantidade de pontas requisitadas
$ponta_{sucatada}$	quantidade de pontas sucatadas
$ponta_{requisitada}/ponta_{sucatada}$	indicador de estoque para as pontas
R\$	gasto em reais com ferramentas
$R\$/guia_{requisitada}$	indicador de custo de reposição das guias
$R\$/m_{laminado}$	indicador de gasto específico
$R\$/ponta_{requisitada}$	indicador de custo de reposição das pontas
$R\$/t_{produto}$	indicador financeiro
t_{bloco}	toneladas de blocos
$t_{produto}$	toneladas de produtos
t_{bloco}/t_{tubo}	indicador de rendimento metálico
V&M do Brasil	Vallourec & Mannesmann do Brasil

RESUMO

Neste trabalho se busca desenvolver uma metodologia de análise de custos capaz de levar em conta as diferenças entre as linguagens do corpo técnico e da alta administração com o intuito de maximizar o resultado financeiro da empresa. Esta metodologia tem como característica uma visão sistêmica do processo, sendo inserida na etapa PLAN do método PDCA para posterior desdobramento de um grande problema em uma série de pequenos problemas originados do maior e seus efeitos sobre o processo. Essa metodologia foi aplicada na Vallourec & Mannesmann do Brasil para redução de custos com ferramentas importantes no processo de laminação contínua. Os resultados alcançados mostram o grande potencial para redução de custos baseados na interação entre os objetivos financeiros da empresa e as ações do chão de fábrica.

ABSTRACT

This paper seeks to develop a methodology for costs analysis able to take into account the differences between the languages of the technical staff and the senior management staff in order to maximize the financial outcome of the company. This methodology is characterized by a systemic view of the process of being inserted on the PLAN stage of the PDCA method to subsequent deployment of a big problem in series of small problems originated from the greater and its effects on the process. This methodology was employed in Vallourec & Mannesmann do Brasil in order to reduce cost with important tools in the process of continuous rolling. The results show its great potential for reducing costs based on the interaction between the financial goals of the company and the actions of the shop floor.

1. INTRODUÇÃO

Historicamente, a produção da indústria siderúrgica está relacionada aos ciclos de recessão e crescimento da economia global, por ser matéria-prima para obras de infraestrutura, assim como de bens de alto valor agregado. Os países desenvolvidos e os considerados “emergentes” têm fundamental importância nas flutuações do setor (RODRIGUES, 2007). Nos gráficos abaixo (figuras 1.1 e 1.2), pode-se notar um aumento expressivo da produção de aço bruto no mundo a partir de 2000, apesar de estes gráficos não mostrarem a realidade de que os grandes responsáveis por esse aumento foram os mercados dos países emergentes, em especial o mercado chinês (figura 1.3), que hoje é o motor da atividade siderúrgica mundial (CHRISTMAS, 2005).

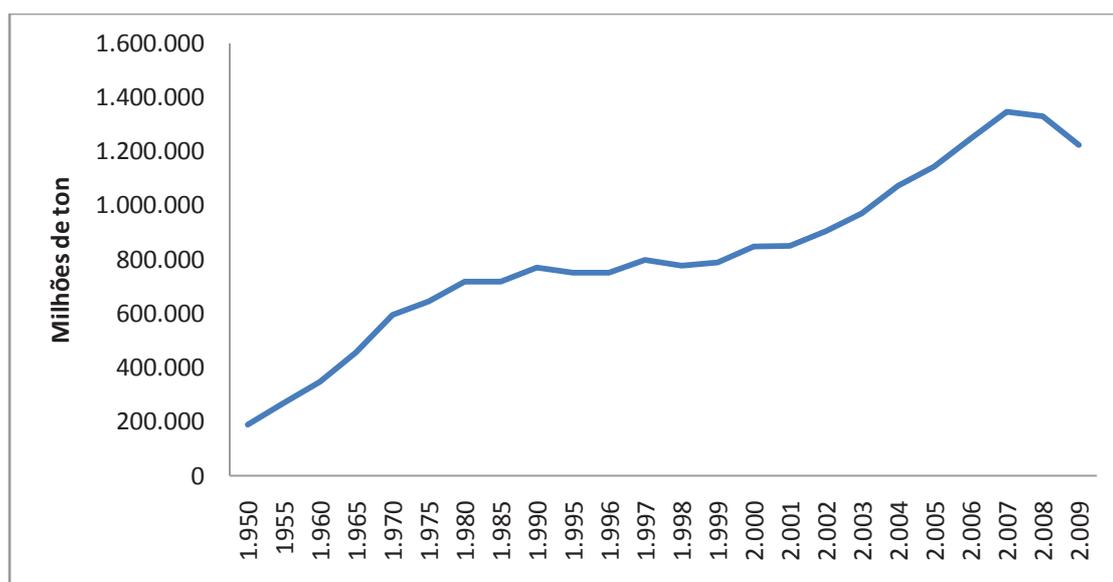


Figura 1.1 - Produção mundial de aço bruto. (IISI, 2006).

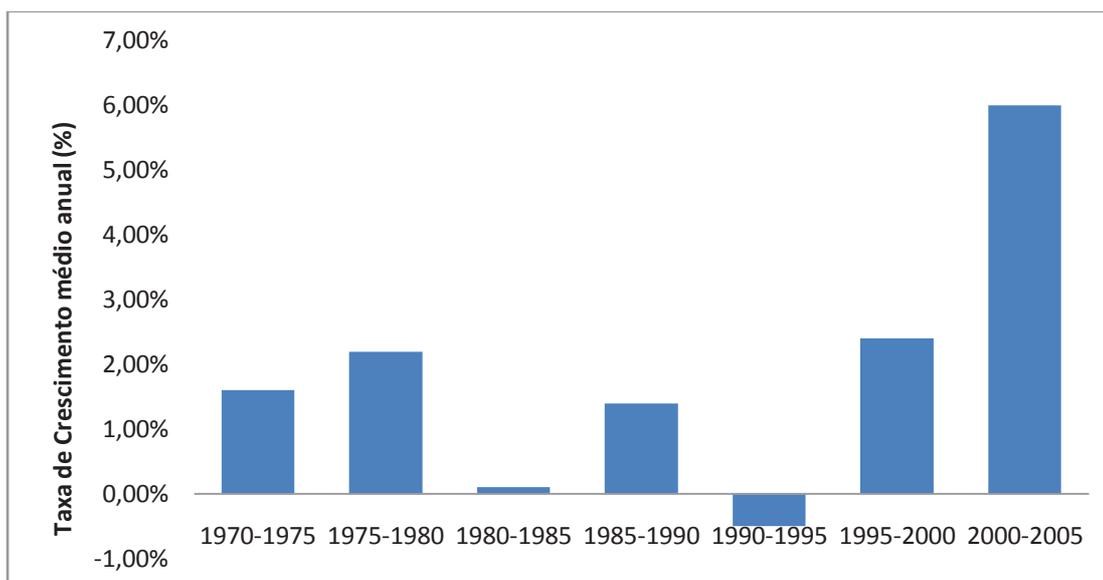


Figura 1.2 - Taxa de crescimento da siderurgia mundial (IISI, 2006).

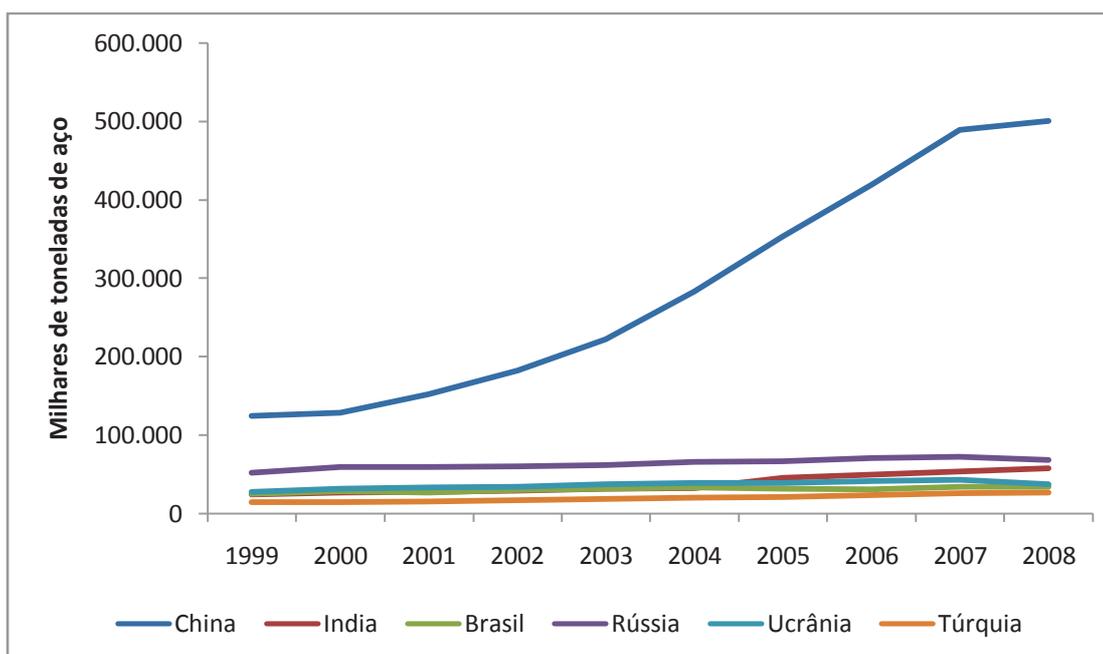


Figura 1.3 - Evolução dos principais países produtores de aço bruto (milhares de toneladas).

Bekaert, Francois e Verhoeven (2004) nos mostram alguns dos principais fatores de crescimento do mercado chinês (que foi chamado de fator china): aumento da demanda interna por aço, diminuição nas importações de aços planos, crescimento da produção interna, competição com produtores de outras regiões, custos baixos de produção e os

movimentos de consolidação, especialização e racionalização da siderurgia no mercado chinês e mundial. Os autores também identificaram as regiões que podem competir e crescer frente o Fator China: as antigas regiões soviéticas e a América do Sul – em especial o Brasil. Segundo os autores, essas são as regiões com vantagens competitivas globais claras, tais como fácil acesso a matéria-prima, tecnologia de produção, logística diferenciada e com custos de capital, custos operacionais e logísticos bem competitivos. Para o segmento de aços longos, o custo chinês seria de aproximadamente 190US\$/ton., enquanto que o Brasileiro seria de 180US\$/ton. e o das ex-repúblicas soviéticas de 185US\$/ton., conforme figura 1.4 (BEKAERT; FRANCOIS; VERHOEVEN, 2004).

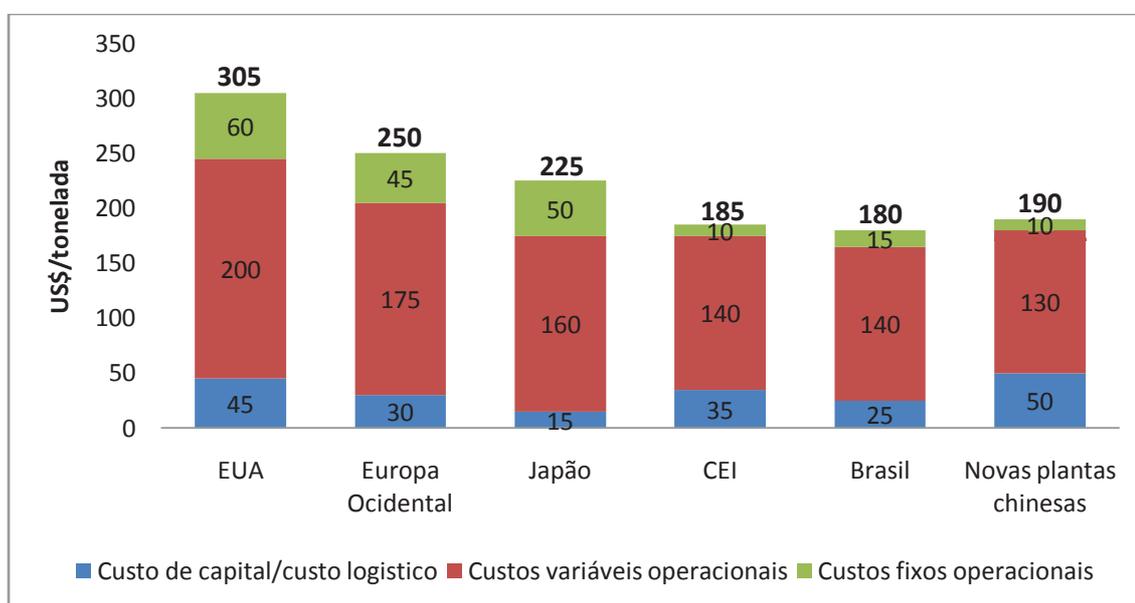


Figura 1.4 - Custos referentes às atividades siderúrgicas (BEKAERT; FRANCOIS; VERHOEVEN, 2004).

Segundo VINAS et al., 2006, cerca de 9% do custo de produção de aço na China é relativo à mão de obra, sendo essa a maior vantagem que os competidores chineses têm em relação aos rivais ocidentais. Na figura 1.5 (Metal Bulletin Research, 2009 e 2010), tem-se o valor do preço médio de tubos sem costura OCTG (Oil Country Tubular Goods), que são para aplicação na indústria do petróleo. Fica evidente a vantagem competitiva que os chineses possuem em relação a preços no mercado. Atualmente, o preço dos tubos americanos chega a ser 1,5 vezes maior que o dos tubos chineses, sendo que houve épocas que chegou a ser 2,4 vezes maior.

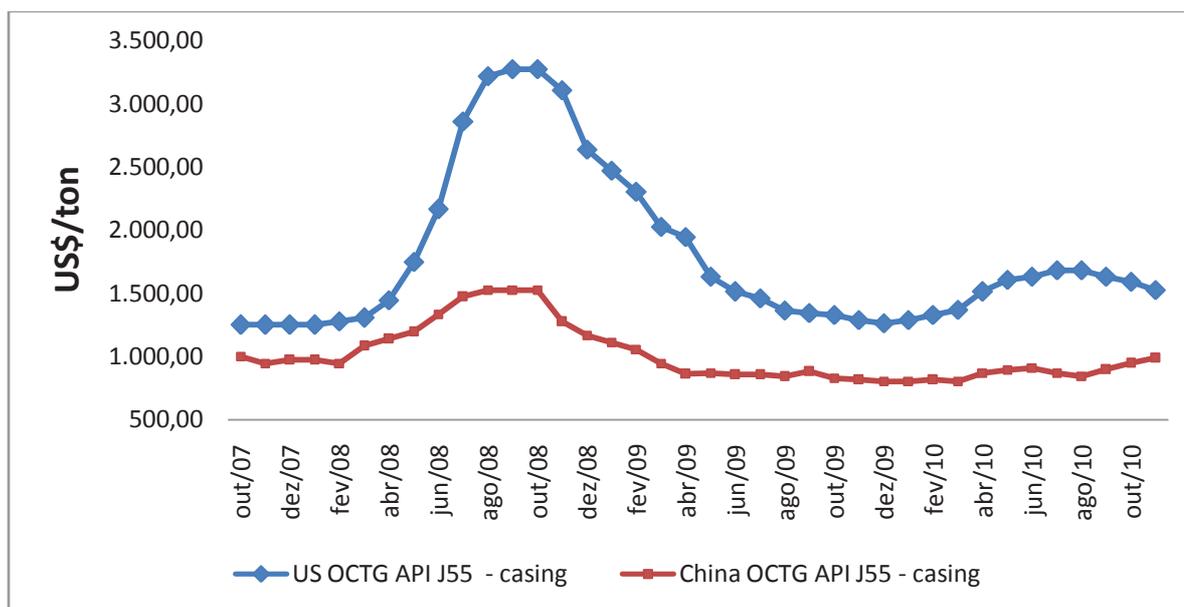


Figura 1.5 - Preço de tubos OCTG API J55 – EUA e China (Metal Bulletin Research, 2009 e 2010).

Como a siderurgia é notadamente uma indústria de base, algumas características de seus negócios são bem conhecidas: mercados maduros, feroz competição global, pressão constante pela redução de custos e melhoria dos processos produtivos (RODRIGUES, 2007). Neste trabalho será abordada a redução de custos, pois esta característica está sob controle da empresa e se faz necessário auferir maiores ganhos a este fator, que é de extrema importância para o ramo siderúrgico.

Quando se fala em redução de custos, o que sempre se faz é tratá-la como um problema puramente de melhoria de indicadores técnicos (JÚNIOR ET AL., 2007; FIOROTTO E VIEIRA, 2008; GUSMÃO, LINDGREN E OLIVEIRA, 2007). No passado essa abordagem funcionava, pois o mercado estava menos competitivo. Hoje, o ganho que se consegue é menor, pois a competitividade entre as empresas está mais acirrada e a relação esforço/resultado utilizando esta abordagem só tende a aumentar. Faz-se necessário uma inovação, onde uma nova abordagem levará em conta as diferenças de linguagens (figura 1.6) entre os indicadores financeiros (que são os fins da empresa) e os indicadores técnicos (que são os meios para se atingir os fins) (FIGUEIRA, 2009 e 2010).

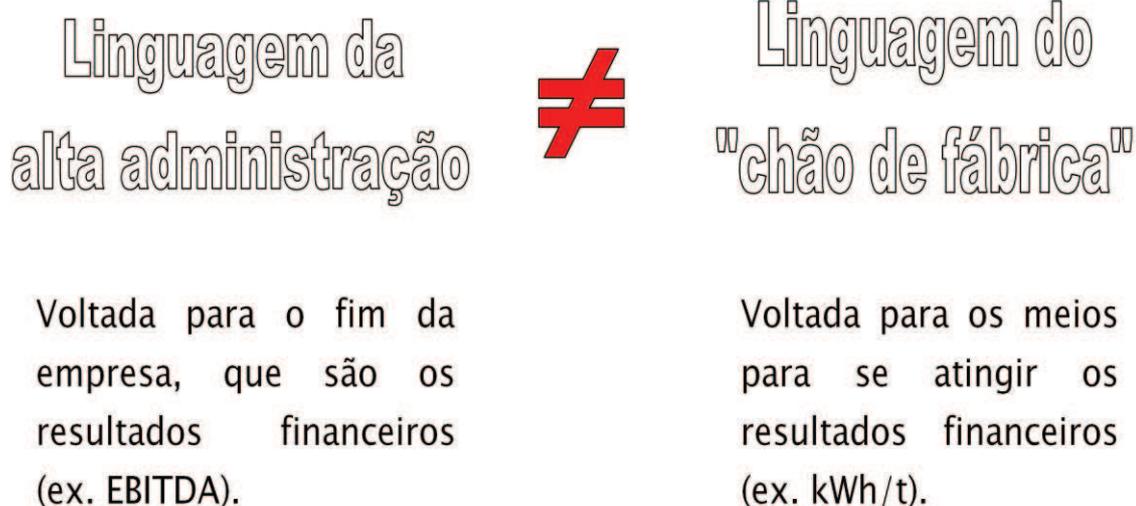


Figura 1.6 - Diferenças de linguagem entre a alta administração e o “chão de fábrica”.

Esta diferença de linguagem está exemplificada em dois casos citados logo abaixo. No primeiro caso (figura 1.7), há um gráfico onde a tarifa é função do consumo. Ao se multiplicar o consumo de gás (Nm^3) pela tarifa correspondente ($\text{R}\$/\text{Nm}^3$) encontra-se o gasto. No ponto 1 deste gráfico, o gasto com gás foi de $\text{R}\$2.600,00$ para um consumo de 2.600Nm^3 , enquanto que no ponto 2 o gasto diminuiu para o valor de $\text{R}\$2.480,00$ para um consumo de gás de 3.100Nm^3 . Houve um aumento de 500Nm^3 no consumo de gás (piora no indicador meio da empresa para aquela atividade) com uma diminuição de $\text{R}\$120,00$ no gasto total com este insumo (melhora no indicador fim da empresa), pois não havia uma correlação correta entre estes indicadores.

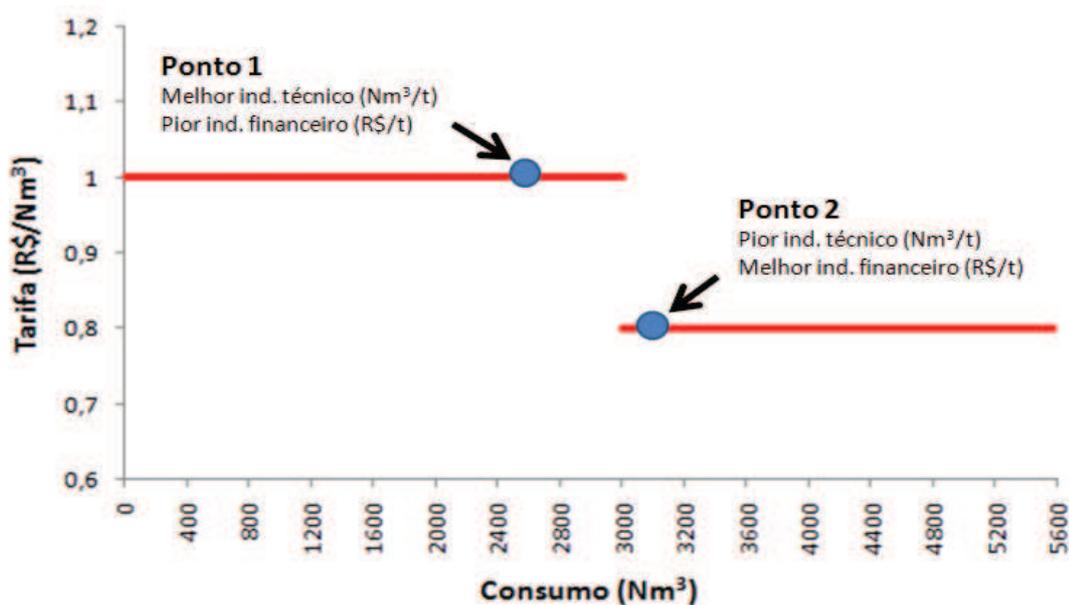


Figura 1.7 - Tarifa de gás em função do consumo total do mesmo.

Isso ocorre pela falta de uma visão sistêmica do processo. Ao se focar apenas na melhoria de indicadores técnicos, pode-se levar a um distanciamento do objetivo fim da empresa, que é remunerar seus acionistas. Isso novamente fica evidente no próximo exemplo:

Foi proposto aumentar o ritmo de laminação (peças laminadas/hora) com o intuito de aumentar o lucro da siderúrgica chamada “A”. Ou seja, quanto mais peças fossem laminadas por intervalo de tempo, melhor seria o desempenho técnico, que por sua vez refletiria positivamente no lucro da empresa. Para tanto, foi feita a análise do indicador (figura 1.8) de ritmo real de laminação (linha vermelha) com seu valor meta (linha azul), que depende do produto a ser laminado. Conforme o trabalho foi feito, o objetivo de elevar o ritmo foi alcançado (figura 1.9).



Figura 1.8 - Gráfico do ritmo de laminação na siderúrgica “A” antes das ações de melhoria (MINELLI, 2008).

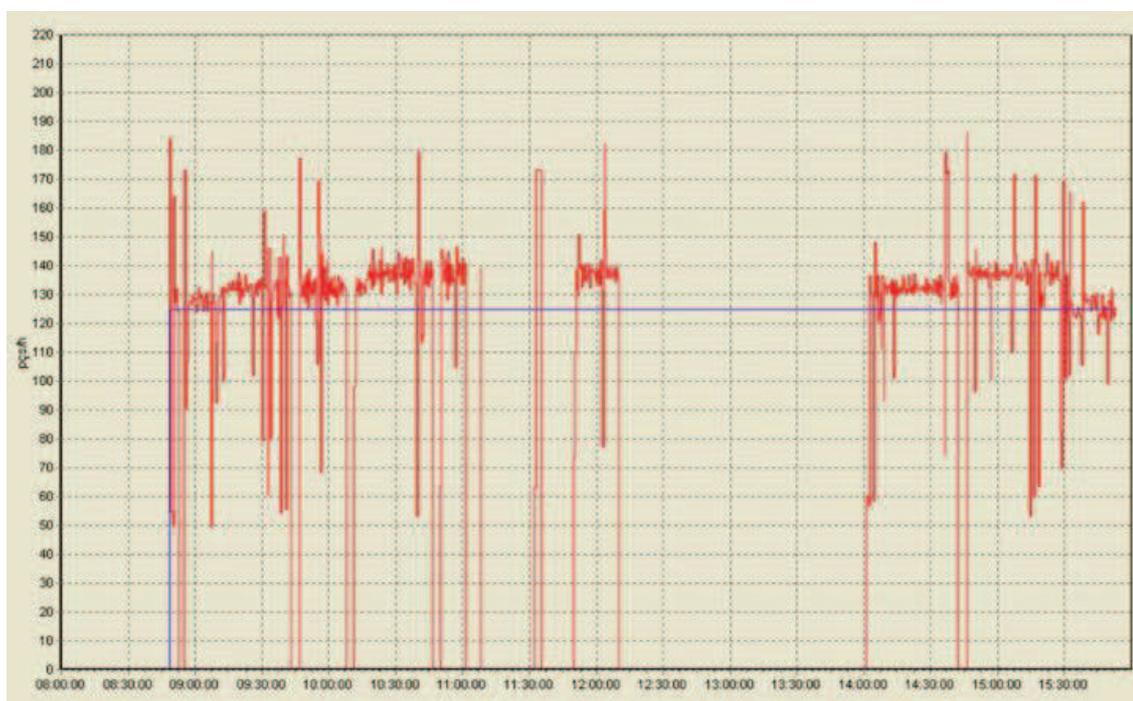


Figura 1.9 - Gráfico do ritmo de laminação na siderúrgica “A” após as ações de melhoria (MINELLI, 2008).

Mas, de acordo com o problema dado (melhora do indicador peças laminadas/hora), muitas ações foram sendo implementadas e, a partir de certo ponto, houve prejuízos para a empresa, pois as peças começaram a sair menos encharcadas (maior gradiente de temperatura entre a superfície e o centro das peças aquecidas) do forno (que era o gargalo da linha) e houve então um aumento do número de peças defeituosas e uma piora do desempenho financeiro. Deve-se reparar que esta piora no resultado financeiro veio acompanhada da melhora do indicador técnico.

Desta maneira, entende-se que a nova metodologia deve:

- Ser entendida pelo chão de fábrica, ou seja, por aquelas pessoas que executam as ações de produção e que realmente consomem os recursos (insumos, matéria prima, ferramentas) na empresa. Desta forma, o corpo técnico e operacional seria capaz de avaliar o impacto de suas ações no resultado financeiro desta;
- Estar em sintonia com os objetivos financeiros da empresa.

Este trabalho foi desenvolvido na Vallourec & Mannesmann do BRASIL S.A. com foco na laminação LC (laminação contínua) especificamente no setor de ferramentaria de laminador, onde ocorrem gastos consideráveis com guias e pontas de perfuração. A atividade fim sempre será maximizar os resultados financeiros do Grupo V&M, enquanto que a atividade meio, que levará aos resultados financeiros, é a produção de tubos sem costura. Logo, essa nova abordagem deve associar os indicadores técnicos, chão de fábrica, com os indicadores financeiros, alta administração, com o foco sendo sempre a atividade fim. Em outras palavras, busca-se executar as tarefas de maneira diferente para se conseguir resultados diferentes.

2. OBJETIVO

Desenvolver uma metodologia para análise de custos variáveis a ser implementada na etapa PLAN do PDCA, que permita uma visão sistêmica dos principais parâmetros que impactam no resultado financeiro. Essa metodologia será aplicada para análise de custos relacionados à utilização de pontas e guias do laminador perfurador da Laminação Contínua da Vallourec & Mannesmann do Brasil, usina Barreiro – Belo Horizonte.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Para o desenvolvimento de uma nova metodologia de análise de custos e produtividade considerou-se um item específico de custos na área de ferramentaria da V&M do Brasil: os gastos com pontas de perfuração e guias de laminação do laminador contínuo. Esses gastos podem ser representados pelo indicador R\$/t, visto que são quase que totalmente variáveis. Assim, o objetivo dessa revisão bibliográfica é identificar fatores técnicos e econômicos do processo de produção de tubos sem costura que possam subsidiar o desenvolvimento dessa metodologia. Para isso, a revisão bibliográfica irá abranger dois aspectos: a tecnologia de produção de tubos sem costura na laminação contínua e o método PDCA. Ou seja, associar indicadores técnicos a indicadores de gestão.

3.1. Produção de Tubos Sem Costura na Vallourec & Mannesmann do Brasil

A empresa Vallourec e Mannesmann do Brasil – Usina Barreiro – vem produzindo tubos sem costura em sua linha de laminação contínua desde 1995. Neste processo são fabricados tubos sem costura de diâmetros de 26,9mm até 177,8mm e com comprimentos que variam de 6,0 a 22,0 metros. O fluxo do processo e seus equipamentos podem ser observados na figura 3.1.

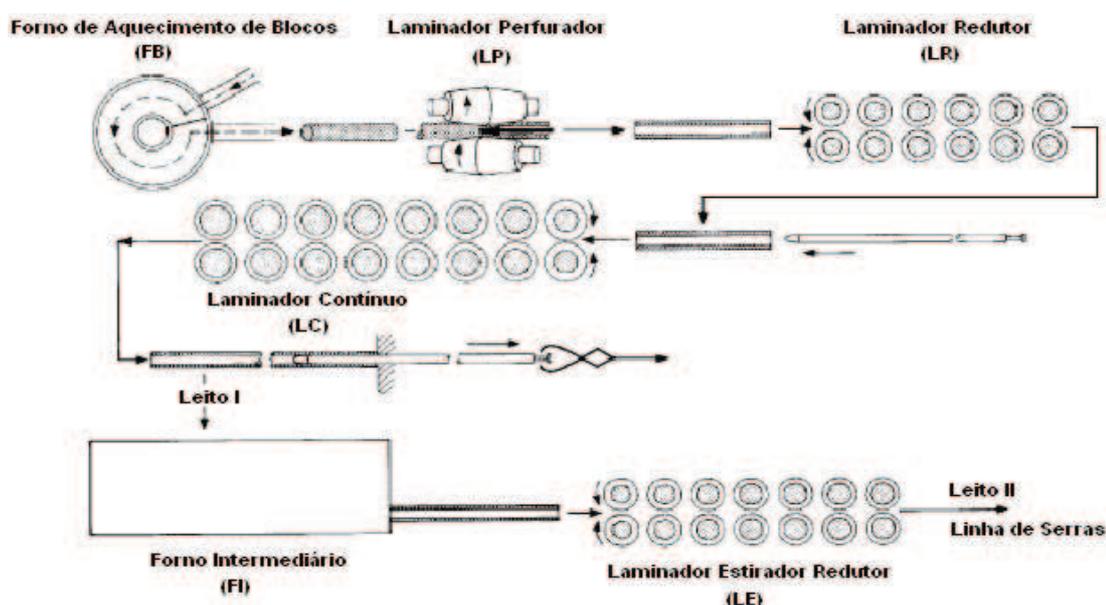


Figura 3.1 - Fluxo do processo de laminação da V&M do Brasil

O forno de aquecimento de blocos (FB) possui a função de aquecer os blocos de 180mm de diâmetro e com comprimentos que podem chegar até 5 metros de comprimento, (o comprimento destes tubos é otimizado para a maior produtividade da laminação contínua). Este forno de aquecimento opera com uma mistura de gás natural onde a temperatura pode chegar até 1350°C (CARVALHO, 2007).

O próximo equipamento da linha, o Laminador Perfurador (LP) é utilizado para perfurar os blocos previamente aquecidos no forno rotativo. Esse laminador é composto de dois cilindros em forma de barril, cujos eixos possuem inclinação de 12°, produzindo tensões trativas no centro do bloco ao mesmo tempo em que este é empurrado contra uma ponta. Duas guias posicionadas a 90° do par de cilindros auxiliam no posicionamento correto do bloco em relação ao cilindro e a ponta (figura 3.2). O diâmetro e a espessura de parede da lupa nesse laminador dependem do diâmetro e posicionamento da ponta, abertura dos cilindros e abertura das guias (CARVALHO, 2007).

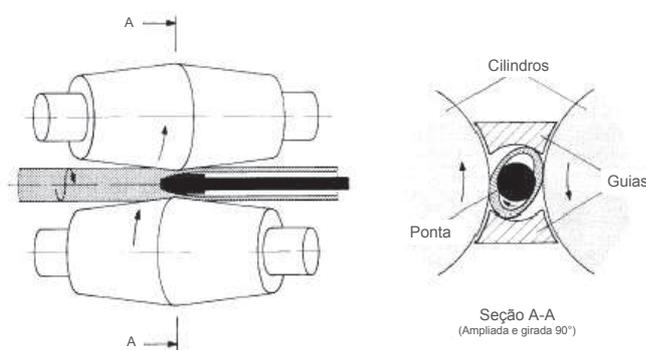


Figura 3.2 - Representação esquemática do processo de perfuração (CARVALHO, 2007).

O laminador perfurador gera como seu produto uma lupa, que é encaminhada para o laminador redutor de lupas (LR), que padroniza o diâmetro externo dessa lupa para o laminador contínuo. Esse laminador possui 6 cadeiras, cada uma com 3 cilindros dispostos a 120°. Entre uma cadeira e outra esse conjunto de cilindros apresenta uma rotação de 60°, de tal modo que o encontro entre dois cilindros em uma dada cadeira se torna o fundo de um cilindro na cadeira seguinte. Esse laminador não possui ferramenta

interna, portanto a espessura de parede permanece praticamente a mesma (CARVALHO, 2007).

Após o laminador redutor, a lupa segue para o laminador contínuo (LC), que reduz o diâmetro e espessura de parede desta. Neste laminador um mandril (barra maciça de aço) é previamente introduzido na lupa e ambos passam através de oito cadeiras, cada uma com dois cilindros. Entre duas cadeiras quaisquer existe um ângulo de 90° , de tal modo que o encontro entre dois cilindros de uma dada cadeira não é homogêneo, sendo a maior parte da deformação concentrada nas primeiras cadeiras enquanto as últimas são usadas para descolar o mandril da lupa (figura 3.3). As lupas são produzidas em três diâmetros ou calibres padronizados (119, 152,5 ou 189mm), com espessuras de parede bastante próximas às do produto final. Após a laminação o mandril é extraído da lupa, resfriado em um tanque com água e lubrificado para uma nova laminação (CARVALHO, 2007).

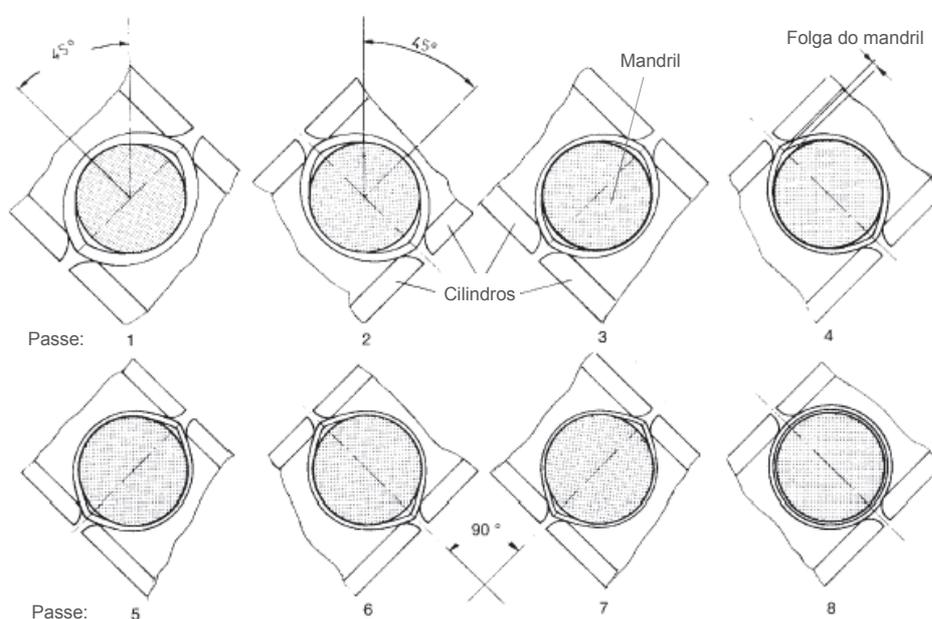


Figura 3.3 - Disposição dos cilindros no laminador contínuo (CARVALHO, 2007).

Após ser extraída, a lupa segue então para o leito de resfriamento I antes de ser aquecida pelo forno intermediário (FI). Após ser desenformada a lupa passa pelo descarepador seguindo para o laminador redutor estirador (LE). O LE pode trabalhar com até 24

cadeiras, cada qual com 3 cilindros dispostos a 120° entre si. Entre uma cadeira e outra esse conjunto de cilindros apresenta-se rotacionado em 60°, de modo que o encontro entre dois cilindros em uma dada cadeira se torna o fundo de um cilindro da cadeira seguinte. Esse laminador também não possui ferramenta interna, mas é capaz de ajustar a espessura de parede através do estiramento ou recalque entre cadeiras (CARVALHO, 2007).

Após o laminador redutor-estirador a lupa segue para o leito de resfriamento II (resfriamento natural) e posteriormente a linha de corte. A partir desta etapa os tubos são enviados para a linha de ajustagem para serem inspecionados, trabalhados e posteriormente despachados (CARVALHO, 2007).

3.2. O Método PDCA

O método PDCA foi originalmente desenvolvido na década de trinta, nos laboratórios da Bell Laboratories – EUA, pelo estatístico americano Walter A. Shewhart, como sendo um ciclo estatístico de controle de processo, que pode ser repetido continuamente sobre qualquer problema ou processo (SOUZA, 1997). Mas somente na década de cinquenta este método foi popularizado mundialmente pelo especialista em qualidade W. Edwards Deming, após ser aplicado com sucesso no Japão (ANDRADE, 2003).

O PDCA é definido como “um método de gerenciamento de processos ou de sistemas. É o caminho para se atingirem as metas atribuídas aos produtos dos sistemas” empresariais (CAMPOS, 1996, p.262). O PDCA é “um caminho para se atingir uma meta” (CAMPOS, 1996, p.263).

O PDCA é uma sigla que significa, em inglês, Plan, Do, Check e Action, o que para o português é o mesmo respectivamente que Planejamento, Execução, Verificação e Ação (figura 3.4). E esta ferramenta foi projetada para ser aplicada em ciclos, onde uma volta completa no ciclo leva ao começo do próximo ciclo e assim sucessivamente (ANDRADE, 2003).



Figura 3.4 – O ciclo PDCA para a resolução de problemas.

Através destes ciclos (ANDRADE, 2003) permite-se um real aproveitamento dos processos gerados nas empresas, visando à redução de custos e aumento de produtividade, onde aquilo que foi aprendido em uma aplicação do ciclo PDCA acaba por gerar maior conhecimento e através de novos ciclos pode-se resolver problemas cada vez mais complexos. Isto está esquematizado na rampa de melhoria (figura 3.5).

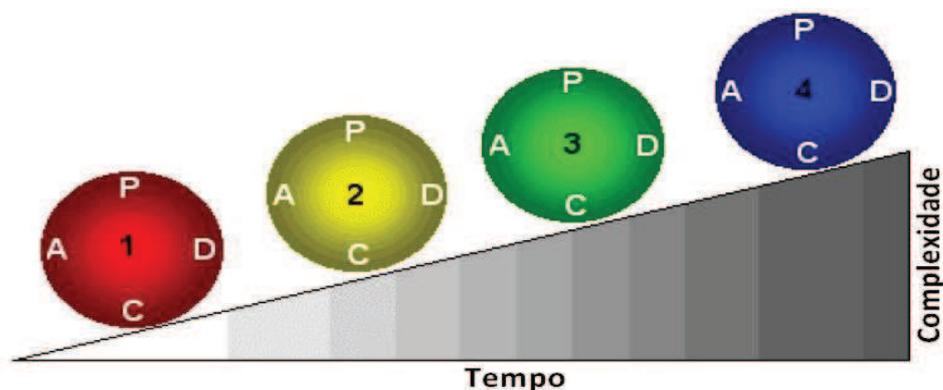


Figura 3.5 - Rampa de melhorias.

O ciclo PDCA de controle pode ser utilizado para manter e melhorar “as diretrizes de controle de um processo”. Mas o que são o processo e o manter o controle? Para quem o manter e o melhorar é direcionado na empresa?

Processo é um conjunto de causas que provoca um ou mais efeitos (CAMPOS, 1992). Através da Figura 3.6, observa-se que o processo que induz a certo efeito foi dividido em famílias de causas (matérias-primas, máquina, medida, meio ambiente, mão-de-obra e método), que são também chamadas “fatores de manufatura” (para as áreas de serviço seriam os “fatores de serviço”).

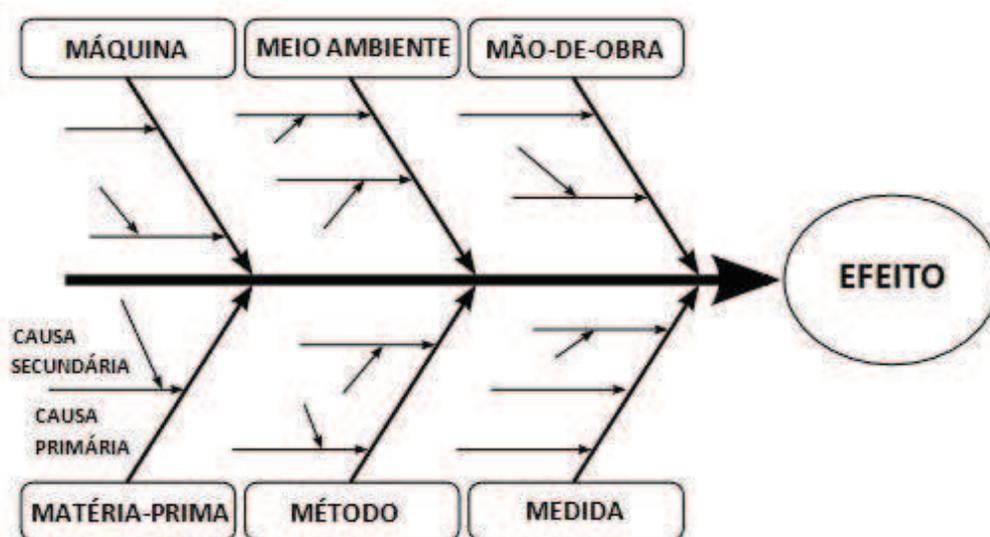


Figura 3.6 - Diagrama de Ishikawa para correlação do efeito e suas causas.

Uma empresa é um processo e dentro dela existem vários processos: tanto de manufatura como de serviços. E através destes sub-processos de um processo, e ainda sub-processos de algum sub-processo, é possível facilitar o gerenciamento. Com este conceito de divisibilidade de um processo permite-se controlar sistematicamente cada um deles separadamente para atingir no processo como um todo um melhor nível de controle (CAMPOS, 1992).

Manter o controle é fazer com que um problema nunca mais ocorra, implicando em saber localizar o problema, analisar o processo, padronizar e estabelecer itens de controle. A figura 3.7 mostra as bases do controle. Repare que após a análise do

processo, o ato de padronizar e estabelecer itens de controle equivale a replanejar o processo (CAMPOS, 1992).

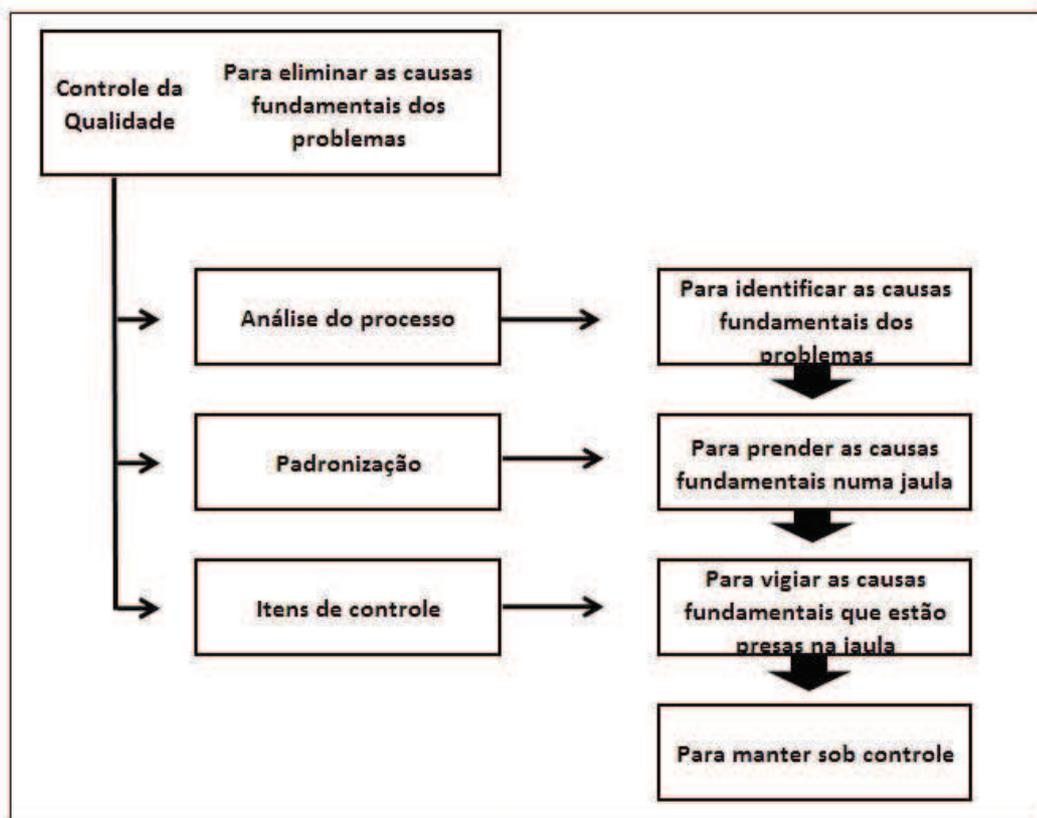


Figura 3.7 - Bases do controle (CAMPOS, 1992).

E no sentido de se exercer o controle, existe o método PDCA, que é utilizado para manter e melhorar as “diretrizes de controle” de um processo (CAMPOS, 1992).

O ciclo PDCA é utilizado para manutenção do nível de controle (ou cumprimento das “diretrizes de controle” - figura 3.8) quando o processo é repetitivo e o plano consta de uma meta que é uma faixa aceitável de valores e de um método que compreende os “Procedimentos padrão de operação”. Portanto o trabalho executado através do ciclo PDCA na manutenção consta essencialmente do cumprimento de procedimentos padrão de operação. Os itens de controle neste caso são faixas de valores-padrão, como por exemplo: qualidade-padrão, custo-padrão, prazo-padrão, quantidade-padrão, etc (CAMPOS, 1992).

De outra maneira, o ciclo PDCA é utilizado para melhorias do nível de controle (ou melhoria da “diretriz de controle” - figura 3.2.5) quando o processo não é repetitivo e o plano consta de uma meta que é um valor definido, que compreende aqueles procedimentos próprios necessários para se atingir uma meta. Esta meta é o novo “nível de controle” pretendido (CAMPOS, 1992).

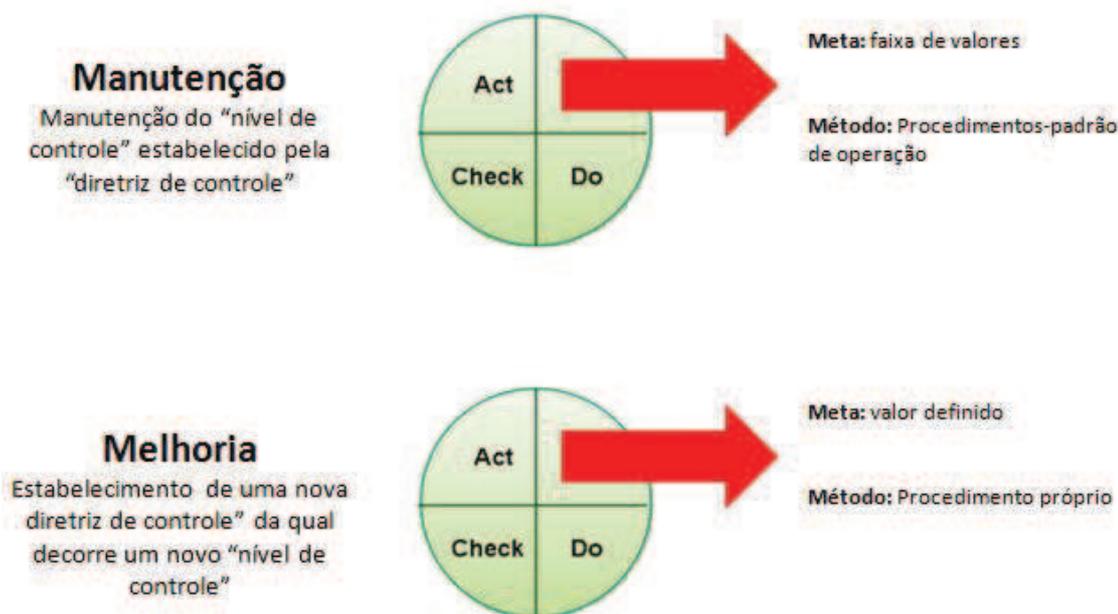


Figura 3.8 - O ciclo PDCA para manutenção e melhoria da diretriz de controle do processo (CAMPOS, 1992).

Todos na empresa desde os diretores passando pelos gerentes até chegar aos operadores utilizam o ciclo PDCA das duas maneiras conforme indicadas na figura 3.8. No entanto, os operadores utilizam o ciclo mais intensamente na Manutenção, pois seu trabalho é essencialmente o de cumprimento de padrões enquanto que à medida que se sobe na hierarquia utiliza-se cada vez mais o ciclo PDCA nas melhorias, como mostra a figura 3.9. Isto significa que a grande função das chefias é estabelecer novos níveis de controle que garantam a sobrevivência da empresa e ao passo que a função do chão de fábrica é fazer com que sejam atingidos e mantidos os níveis de controle estabelecidos pelas chefias (CAMPOS, 1992).

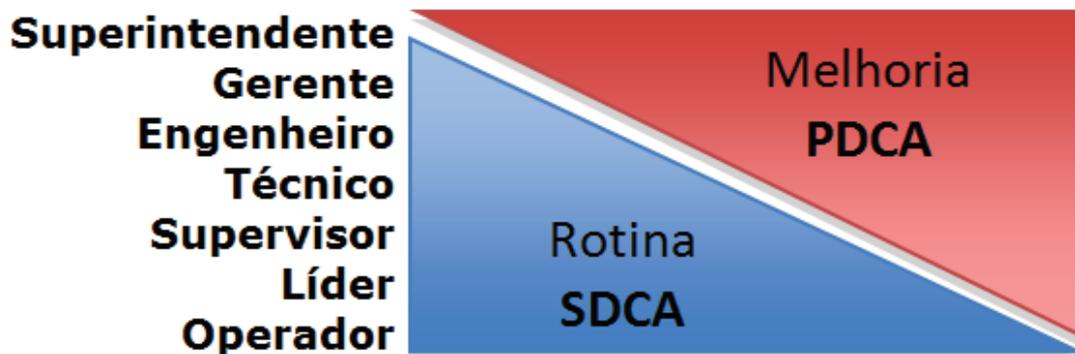


Figura 3.9 - O ciclo PDCA e a alocação dos trabalhos da manutenção e melhoria na estrutura hierárquica.

Neste trabalho o ciclo PDCA será utilizado com o objetivo de melhorias. Sendo assim este método será detalhado desta maneira.

3.2.1. As etapas do método PDCA de melhorias

Na figura 3.10 está esquematizado o método. As quatro etapas mostradas são de fundamental importância, pois através delas é possível resolver qualquer problema de maneira eficiente. Segue abaixo a descrição de cada uma delas:

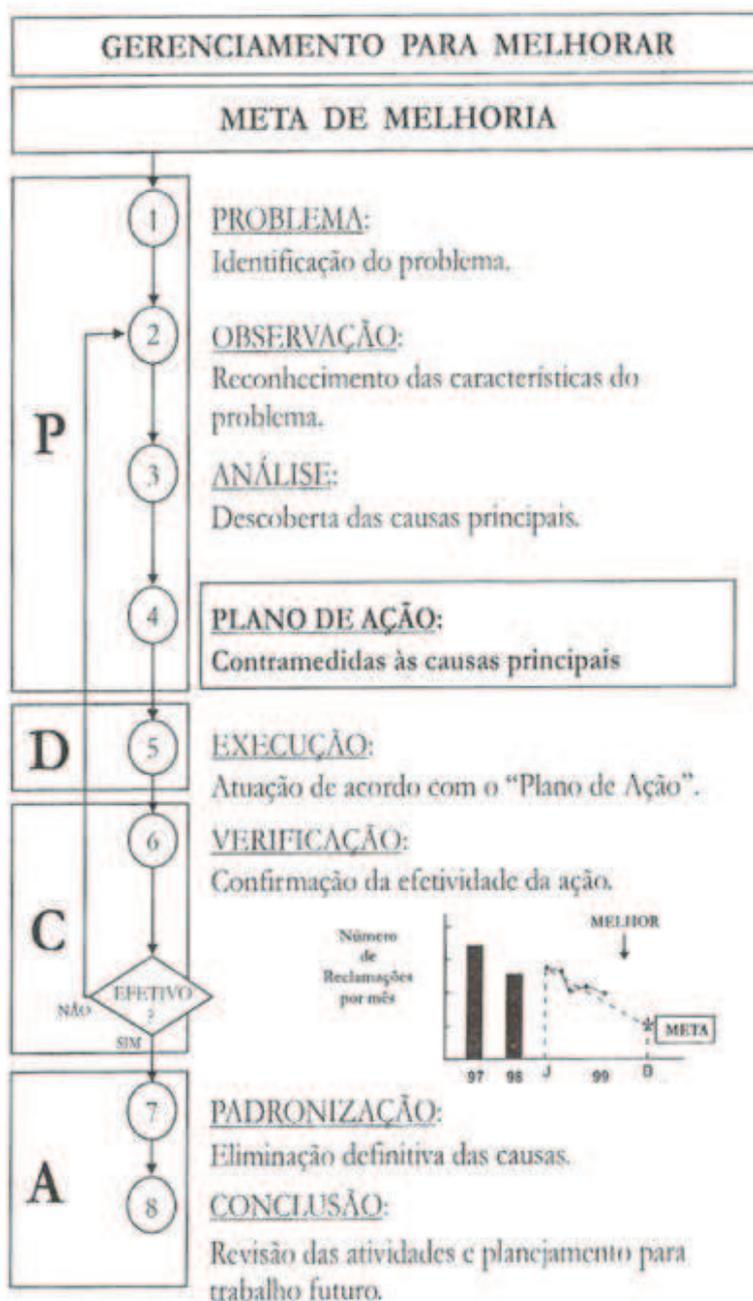


Figura 3.10 - O ciclo PDCA para melhorias e a alocação dos trabalhos da manutenção, melhoria e desenvolvimento na estrutura hierárquica (AGUIAR, 2006).

Plan (planejar) = No planejamento é definida a meta de interesse e estabelecidos os meios (planos de ação) necessários para se atingir a meta proposta (AGUIAR, 2006). Esta etapa deve ser desdobrada com o intuito de atacar o problema com mais eficiência.

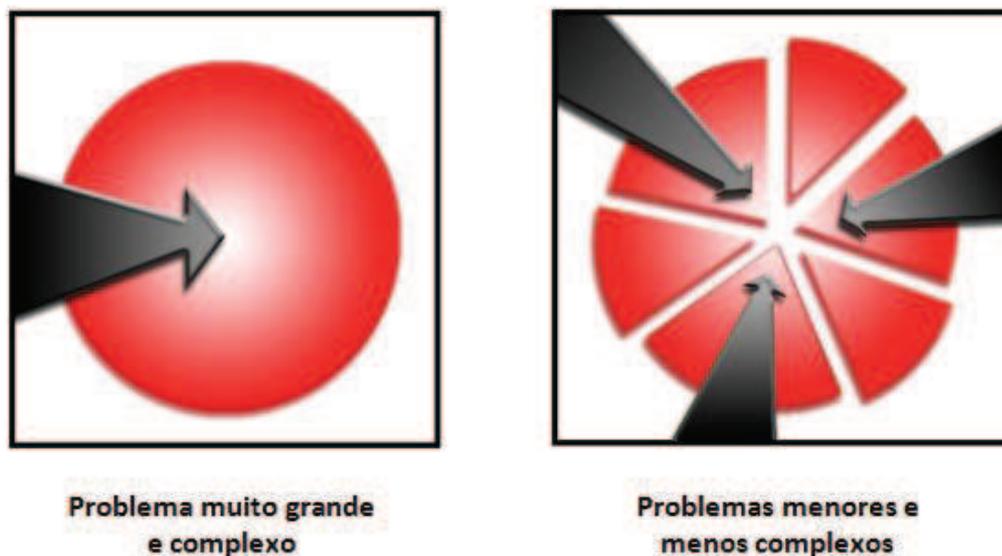


Figura 3.12 - Divisão de um problema grande em uma série de problemas menores.

Tudo que foi dito acima pode ser generalizado na figura 3.2.1.4, onde se tem o problema “custo elevado” em uma empresa desdobrado, chegando-se a conclusão de que o ataque aos custos deve ser priorizado na parte dos custos operacionais variáveis diretos, que são aqueles que possuem maior valor perante o todo.

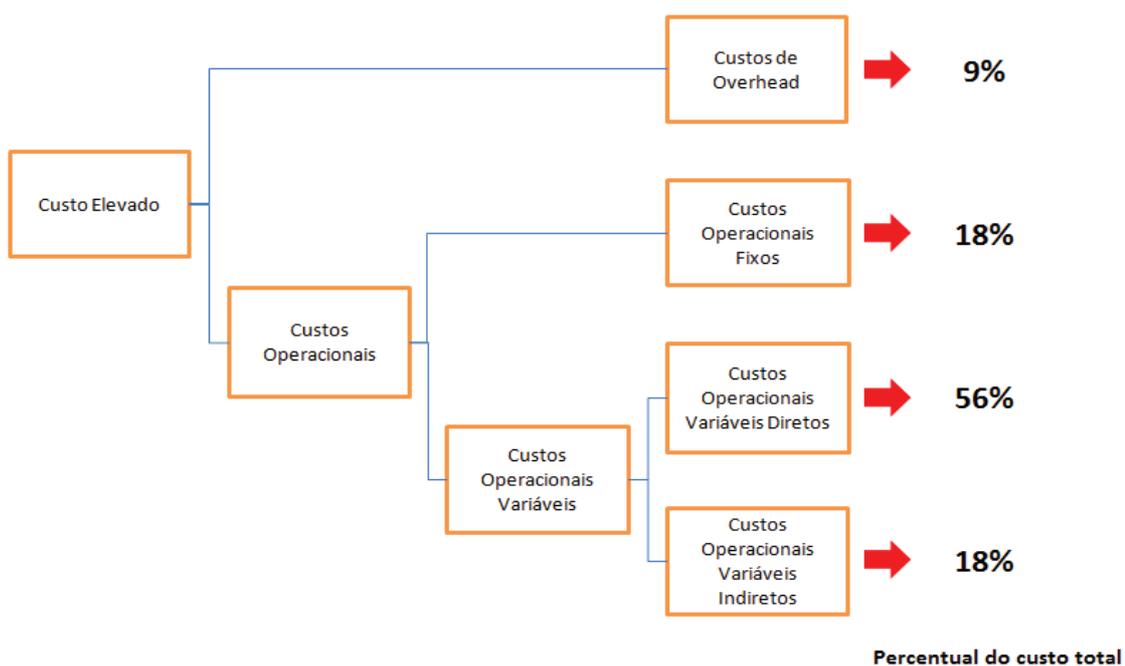


Figura 3.13 - Problema custo elevado desdobrado (Adaptado de CAMPOS, 2009).

Análise do processo (Análise) – De acordo com a meta específica procura-se nessa fase as causas geradoras do problema, como também obter-se um maior conhecimento sobre essas (AGUIAR, 2006). Segundo Campos (1996), analisar o processo é buscar as causas mais importantes que provocam o problema, através da análise das características mais importantes. O objetivo da análise do processo é estabelecer uma relação entre o problema (y , variável dependente) e suas causas (x_i , variáveis independentes), sendo que essa relação pode ser estabelecida em vários níveis (CAMPOS, 2009).

Estabelecimento do plano de ação (Plano de ação) – Com base nesse conhecimento e no conhecimento técnico da empresa, planos de ação devem ser estabelecidos com o objetivo de se atingir a meta (metas específicas) proposta (AGUIAR, 2006).

Do (execução) = Nesta etapa, todos os objetivos e metas traçados na etapa anterior, e devidamente formalizados em um plano de ação, deverão ser postos em prática, de acordo com a filosofia de trabalho de cada organização (ANDRADE, 2003).

Check (verificação) = esta é a fase de verificação das ações executadas na etapa anterior (DO). Deve-se monitorar e formalizar todos os resultados das ações executadas procedentes do plano de ação para que se possa avaliar se aquelas foram efetivas. Em caso positivo, deve-se passar para a próxima etapa (Action). Em caso negativo, deve-se retornar à análise do fenômeno para se obter mais conhecimento do problema e buscar o alcance da meta (AGUIAR, 2006).

Action (ação) = Nesta etapa, para a manutenção dos bons resultados obtidos na etapa anterior, são priorizadas as atividades de padronização e treinamento (AGUIAR, 2006).

6. CONCLUSÕES

A abordagem até então utilizada para redução de custos é baseada principalmente na análise dos indicadores técnicos. No entanto, por diversas vezes, constatou-se que melhoria de alguns desses indicadores não refletia nos indicadores financeiros. Considerando-se que a sobrevivência da empresa depende não de bons indicadores técnicos, mas sim de bons indicadores financeiros, qualquer que seja a metodologia para análise de custos, esta deve partir dos fins (resultado financeiro) para os meios (tecnologia).

Como alguns resultados já demonstraram, nem sempre a otimização dos custos é uma função direta somente de indicadores técnicos. Conseqüentemente, é preciso que a análise leve em consideração não somente indicadores técnicos isolados, mas que se tenha uma abordagem sistêmica, envolvendo todos os parâmetros operacionais e financeiros. Nesse sentido, a metodologia de análise aqui proposta, correlacionando um indicador financeiro com todos aqueles indicadores que impactam na sua melhoria, demonstrou a capacidade de atender esses requisitos e conseqüentemente obter melhores resultados com menores esforços.

A aplicação dessa metodologia no setor de ferramentaria da Laminação Contínua da Vallourec & Mannesmann do Brasil - Usina Barreiro mostrou a fraca correlação entre os indicadores técnicos operacionais anteriormente utilizados e o resultado financeiro. Um desdobramento do indicador fim ($\text{R\$/t}_{\text{produto}}$) nos indicadores meios permitiu quantificar o efeito dos diversos parâmetros que impactam no custo de ferramentas e dessa maneira priorizar as ações de melhoria técnica, levando-se em consideração não o melhor desempenho técnico, mas sim o melhor desempenho financeiro.

A presente metodologia representa uma inovação na Análise de Fenômeno do PDCA introduzindo melhorias quando da análise de custo, tais como:

(i) identificar o melhor indicador financeiro de acordo com a estratégia da empresa;

- (ii) incorporar o conhecimento do chão de fábrica na otimização de custos;
- (iii) introduzir a cultura financeira no chão de fábrica;
- (iv) estabelecer uma comunicação mais efetiva entre a administração da empresa e os níveis operacionais;
- (v) sistematizar a análise de modo a ampliar sua utilização no nível operacional da empresa.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AGUIAR, S. **Integração das ferramentas de Qualidade ao PDCA e ao Programa Seis Sigma**. Volume 1. Belo Horizonte, 2006. Editora INDGtecs, p. 234.
2. ANDRADE, F. F. **O método de melhorias PDCA**. São Paulo: Escola Politécnica da USP, 2003. 157p. (Dissertação, Mestrado em Engenharia de Construção Civil e Urbana).
3. BEKAERT, F.; FRANCOIS, C.; VERHOEVEN, R. **The China factor in global steel**. The McKinsey Quarterly, v.2, p.20-22, 2004.
4. CAMPOS, V. F. **Controle da qualidade total (no estilo japonês)**. 2ª edição. Belo Horizonte, 1992. Fundação Cristiano Otoni, p. 220.
5. _____. **Gerência da rotina do trabalho do dia a dia**. 7ª edição. Belo Horizonte, 2001. Editora de Desenvolvimento Gerencial, p. 194.
6. _____. **Gerenciamento pelas diretrizes**. Belo Horizonte: Fundação Cristiano Ottoni Escola de Engenharia da UFMG, 1996.
7. _____. **O Verdadeiro Poder**. Nova Lima: INDG Tecnologia e Serviços Ltda, 2009. 158 p.
8. CARVALHO, R. N. **Aspectos da precipitação E da recristalização na laminação contínua de tubos sem costura**. Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG, 2007. 231p. (Tese, Doutorado em Engenharia Metalúrgica).
9. CHRISTMAS, I. **Excess Capacity**. Worldsteel News. 20: 2 p. 2005.
10. DESCARTES, R. **Discurso do método; regras para a direção do espírito**. São Paulo: Martin Claret, 2005. 144 p.

11. FIGUEIRA, R. M. **Avaliação de metas com foco nos resultados: um exemplo na aciaria elétrica.** In: 64º CONGRESSO ANUAL DA ABM, 2009, Belo Horizonte, Anais... São Paulo: ABM, 2009. 1 CD.
12. _____. **Relatório de trabalhos técnicos.** 2008.
13. _____. **Traduzindo a linguagem da administração para o “idioma do chão de fábrica”:** um exemplo no forno elétrico a arco. In: 41º SEMINÁRIO DE ACIARIA – INTERNACIONAL DA ABM, 2010, Resende. Rio de Janeiro: ABM, 2010.
14. FIOROTTO, J. E.; VIEIRA, E. C. **Redução do custo e aumento de produtividade através da lubrificação.** In: 45º SEMINÁRIO DE LAMINAÇÃO – PROCESSOS E PRODUTOS LAMINADOS E REVESTIDOS, Ipojuca – Porto de Galinhas, Pernambuco: ABM, 2008.
15. GUSMÃO, M. A. M.; LINDGREN, P. C. C.; OLIVEIRA, E. A. A. Q. **Implementação de processos da qualidade para otimização de custos de retrabalho: um estudo de caso.** In: 62 CONGRESSO ANUAL DA ABM - INTERNACIONAL, Vitória, Espírito Santo: ABM, 2007.
16. IISI. **World Steel in Figures.** Brussels, Belgium: International Iron and Steel Institute, IISI 2006.
17. JÚNIOR, B. F; MIRANDA, L. L; ARAÚJO, M. A; OLIVEIRA, V. A. **Uma nova estratégia de controle para redução de custo e melhoria de eficiência no forno de reaquecimento de placas da laminação a quente da Acesita.** In: 44 SEMINÁRIO DE LAMINAÇÃO – PROCESSOS E PRODUTOS LAMINADOS E REVESTIDOS, Campos do Jordão, São Paulo: ABM, 2007.
18. **METAL BULLETIN RESEARCH.** 17-abril. Ed. 43. 2009.

19. **METAL BULLETIN RESEARCH**. 18-outubro. Ed. 61. 2010.
20. **PDCA CYCLE**. Disponível em: <
[HTTP://www.hci.com.au/hcsite2/toolkit/pdcacycl.htm](http://www.hci.com.au/hcsite2/toolkit/pdcacycl.htm)>. Acesso em 15 de junho de 2010.
21. RODRIGUES, F. F. **Estratégias da indústria siderúrgica brasileira diante do impacto do “Fator China”**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2007. 219p. (Dissertação, Mestrado em Administração).
22. SOUZA, R. **Metodologia para desenvolvimento e implantação de sistemas de gestão da qualidade em empresas construtoras de pequeno e médio porte**. São Paulo: Escola Politécnica da USP, 1997. 387p. (Tese, Doutorado em Engenharia Civil).
23. VINAS, T.; SHARKEY, A. G.; DIMICCO, D. R.; SCHORSCH, L. L.; SURMA, J. P.; SUTHERLAND, D. S.; TIMKEN, W. **U.S. Steel CEOs Confident, But Concerned**. Industry Week, v.255, n.3, p.15-18, Mar. 2006.