



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**TROCA RÁPIDA DE FERRAMENTAS COMO INSTRUMENTO DE SUPORTE À
PRODUÇÃO: ESTUDO DE CASO NA ACIARIA DE UMA INDÚSTRIA SIDERÚRGICA
NACIONAL**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO DE GRADUAÇÃO
POR**

JULIANA TRIGUEIRO DE ALMEIDA

Orientadora: Prof. Danielle Moraes

RECIFE, JUNHO / 2008



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**TROCA RÁPIDA DE FERRAMENTAS COMO INSTRUMENTO DE SUPORTE À
PRODUÇÃO: ESTUDO DE CASO NA ACIARIA DE UMA INDÚSTRIA SIDERÚRGICA
NACIONAL.**

Trabalho de Conclusão apresentado ao Curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE – como requisito parcial para obtenção de Grau em Engenharia de Produção.

RECIFE, JUNHO / 2008

A447t

Almeida, Juliana Trigueiro.

Troca rápida de ferramentas como instrumento de suporte á produção: estudo de caso na aciaria de uma indústria siderúrgica nacional / Juliana Trigueiro Almeida. - Recife: O Autor, 2008.

48 folhas : il.

TCC (Graduação) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Curso de Engenharia de Produção, 2008.

Inclui bibliografia.

1. Engenharia de Produção. 2. Indústria Siderúrgica – Troca Rápida. I. Título.

UFPE

658.5

CDD (22. ed.)

BCTG/2008-125

AGRADECIMENTOS

À professora Danielle Moraes, pelas orientações durante todo o trabalho.

À minha família, pelo incentivo constante.

Aos amigos que fiz na faculdade, que tornaram esses anos ainda mais especiais.

RESUMO

O cenário econômico do mercado siderúrgico apresenta-se bastante instável devido à abertura dos mercados e à expansão dos países asiáticos no setor. No Brasil, houve um aumento considerável do consumo interno de aço, devido principalmente à ascensão das empresas de construção civil. Esta nova realidade econômica traz um desafio para as empresas do setor: a necessidade de aperfeiçoar os processos, reduzindo os custos ao longo da cadeia produtiva, reduzindo o tempo de processamento, além da necessidade de produzir maiores quantidades de aço, para atender à crescente demanda. Para tanto, as empresas sentiram a necessidade de elevar e flexibilizar e a produtividade de seus processos, através da adoção de técnicas que evidenciassem um retorno rápido e baixo custo. Este trabalho insere-se neste contexto, uma vez que se propõe a analisar um modelo de redução dos tempos de *setup* através da adoção da metodologia da troca Rápida de Ferramentas, proposta pelo engenheiro japonês Shigeo Shingo, na aciaria de uma siderúrgica brasileira.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	7
LISTA DE TABELAS.....	8
1. INTRODUÇÃO.....	9
1.1 Justificativa	9
1.2 Objetivos.....	10
1.2.1 Objetivo Geral	10
1.2.2 Objetivos Específicos	10
1.3 Metodologia da Pesquisa.....	10
2. BASE CONCEITUAL.....	11
2.1 O Sistema Toyota de Produção.....	11
2.2 Troca Rápida de Ferramentas	14
2.2.1 Definições	14
2.2.2 Estágios da TRF.....	17
2.2.3 Abordagem TRF x Abordagem Tradicional.....	17
2.3 O Ciclo PDCA.....	19
2.3.1 Definições	19
2.3.2 Etapas do PDCA.....	20
2.3.2.1 Etapa P – Planejar	20
2.3.2.2 Etapa D – Executar	21
2.3.2.3 Etapa C – Verificar	21
2.3.2.4 Etapa A – Agir Corretivamente.....	21
2.3.2.5 PDCA de Manutenção de Rotina, PDCA de Melhoria e PDCA de	22
Inovação.....	22
3. CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA.....	24
3.1 A Situação Atual do Setor Siderúrgico.....	24
3.1.1 A Situação Atual do Setor Siderúrgico Nacional	24
3.2 A Siderurgia	25
3.3 A Aciaria.....	26
3.4 Metodologia Padrão de Implantação da TRF	28
3.4.1 Fase 0 – Planejamento.....	29
3.4.1.1 Diagnosticar o potencial de ganho	30
3.4.1.2 Selecionar o equipamento piloto	30

3.4.1.3	Selecionar a intervenção piloto	30
3.4.2	Fase 1 – Execução e Monitoramento	30
3.4.2.1	Filmar / Analisar a seqüência operacional da intervenção piloto	31
3.4.2.2	Separar as atividades internas e externas.....	33
3.4.2.3	Eliminar / Minimizar atividades desnecessárias	34
3.4.2.4	Filmar / Checar a nova seqüência operacional da intervenção piloto.....	35
3.4.3	Fase 2 – Melhoria e Ampliação	35
3.4.3.1	Identificar as melhorias necessárias para as atividades internas.....	35
3.4.3.2	Identificar as melhorias necessárias para as atividades externas	36
3.4.3.3	Iniciar a análise de uma nova intervenção.....	36
4.	ESTUDO DE CASO	37
4.1	A Empresa Estudada.....	37
4.2	Aplicação da Metodologia no Caso Abordado	37
4.2.1	O Caso Estudado	38
4.3	Principais impactos e conseqüências da implantação	41
5.	CONCLUSÃO	44
5.1	Considerações Finais	44
5.2	Dificuldades do Trabalho	45
5.3	Recomendações.....	46
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1	Diagrama “Casa de STP”	13
Figura 2.2	Redução nos tempos de intervenção no setor de estamperia.....	15
Figura 2.3	Efeitos dos altos tempos de intervenção.....	16
Figura 2.4	Tempo de equipamento parado – abordagem TRF.....	18
Figura 2.5	Tempo de equipamento parado – abordagem tradicional	19
Figura 2.6	Ciclo PDCA.....	22
Figura 2.7	PDCA de Rotina, de Melhoria e de Inovação	23
Figura 3.1	Visão esquemática de uma Aciaria.....	28
Figura 3.2	Metodologia para redução dos tempos de intervenção.....	29
Figura 3.3	Desenvolvimento do Diagrama de Espaguete durante a intervenção.....	32
Figura 3.4	Separação das atividades internas e externas.....	33
Figura 3.5	Conversão de atividades internas em externas.....	34
Figura 4.1	Melhoria no equipamento.....	40
Figura 4.2	Padronização do ferramental e dos elementos de fixação.....	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1	Potencial de ganho.....	30
Tabela 4.2	Seqüência inicial.....	34
Tabela 4.3	Seqüência final.....	35

1. INTRODUÇÃO

Com reaquecimento da economia no início de século XXI, houve um aumento considerável do consumo de aço no mundo. As indústrias siderúrgicas brasileiras sentiram, então, a necessidade de aumentar sua produtividade e otimizar seus processos para competir nesse mercado em ascensão.

De acordo com Shingo (2000), a Troca Rápida de Ferramentas possibilita a produção econômica em pequenos lotes, possibilitando menores investimentos no processo produtivo e auxilia na redução do *lead times*, possibilitando à empresa resposta rápida diante das mudanças do mercado. Além disso, reduz a incidência de erros na regulação dos equipamentos (Harmon & Peterson, 1991).

Desta forma, a TRF ganhou espaço principalmente como uma ferramenta que possibilita o incremento de produtividade, já que através da redução dos tempos de *setup* ela permite o aumento da capacidade de produção.

1.1 Justificativa

Houve um grande aumento na demanda de aço no mundo inteiro e, em consequência disto, cresceu a necessidade das empresas siderúrgicas de soluções gerassem maior produtividade e flexibilidade para seus processos.

Este trabalho apresenta um estudo de caso da aplicação da metodologia de Troca Rápida de Ferramentas em uma indústria siderúrgica nacional, mais especificamente da troca da carcaça do Forno Elétrico da Aciaria, que consiste no principal equipamento da mesma.

A produção da Aciaria é interrompida por três horas diariamente devido ao custo da energia elétrica. Esta parada é utilizada para fazer pequenos reparos nos equipamentos e manutenções em geral.

A troca da carcaça do forno precisa ser realizada a cada quinze dias devido ao desgaste que sofre durante o processo que é bastante agressivo. Esta atividade durava aproximadamente seis horas e toda a Aciaria permanecia parada até que ela fosse concluída.

Diante disto, a aplicação da Troca Rápida de Ferramentas pareceu a metodologia mais adequada para solucionar o problema descrito.

1.2 Objetivos

Neste capítulo serão destacados o objetivo geral e os objetivos específicos do projeto, com o intuito de esclarecer a motivação e relevância deste trabalho.

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste projeto é relatar a aplicação da metodologia de Troca Rápida de Ferramentas para a redução do tempo de *setup* na linha de produção da Aciaria de uma siderúrgica nacional.

1.2.2 Objetivos Específicos

Para garantir a compreensão do objetivo geral descrito acima, os objetivos específicos deste projeto são:

- Identificar as principais características do Sistema Toyota de Produção;
- Destacar os principais conceitos da Troca Rápida de Ferramentas, suas aplicações e vantagens;
- Conhecer a realidade da siderurgia nacional;
- Conhecer as características do processo da aciaria da empresa em estudo;
- Avaliar os resultados da aplicação desta integração para a empresa estudada.

1.3 Metodologia da Pesquisa

A metodologia proposta neste trabalho consiste em uma revisão da literatura do Sistema Toyota de Produção, com ênfase na aplicação da Troca Rápida de Ferramenta e será ilustrada por meio de um estudo de caso, no qual a autora participou como parte do time da liderança, que será mais bem detalhado no capítulo do estudo de caso, onde foi a responsável da área pela implantação, participando de todas as etapas que compõem a aplicação da metodologia de TRF para reduzir o tempo de *setup* em equipamentos de uma indústria siderúrgica, que neste trabalho será denominada Empresa Estudo de Caso (EEC).

2. **BASE CONCEITUAL**

O objetivo deste capítulo é apresentar uma breve revisão bibliográfica dos conceitos do Sistema Toyota de Produção e, mais especificamente da metodologia de Troca Rápida de Ferramentas, sobre os quais este estudo de caso foi desenvolvido.

2.1 **O Sistema Toyota de Produção**

A Toyota desenvolveu seu sistema de produção após a Segunda Guerra Mundial, em uma época em que enfrentava condições empresariais muito diferentes das da Ford e General Motors, que utilizavam a produção em massa, economias de escala e grandes equipamentos para produzir o máximo possível com o menor custo possível. A Toyota, no Japão pós-guerra tinha um mercado reduzido e a necessidade de produzir uma variedade de veículos na mesma linha de montagem para satisfazer a demanda, que era baixa para sustentar linhas de montagem dedicadas a um só veículo. Assim, a chave para suas operações era a flexibilidade e isso se tornou possível através da redução do *lead time* e concentração em manter as linhas de produção flexíveis. Essa maior flexibilidade possibilitou obter uma melhor qualidade, melhor resposta dos clientes, melhor produtividade e melhor utilização dos equipamentos e do espaço. (Liker, 2005)

Segundo Womack e Jones (1996), produção enxuta é definida como um processo de cinco passos: definir o valor do cliente, definir o fluxo de valor, fazê-lo fluir, “puxar” a partir do cliente e lutar pela excelência. Para ser uma indústria enxuta, é preciso se concentrar em fazer o produto fluir através de processos de agregação de valor, que parta da demanda do cliente, reabastecendo somente o que a operação seguinte for consumir em curtos intervalos, e uma cultura de melhoria contínua.

Ohno (1997), fundador do Sistema Toyota de Produção, o define de maneira mais sucinta, como a redução da linha de tempo, desde a demanda do cliente até o pagamento deste, removendo as perdas que não agregam valor.

Ainda de acordo com Ohno (1997), atividades que agregam valor significam algum tipo de processamento. Já as que não agregam valor são consideradas perdas e precisam ser eliminadas. Algumas atividades que não agregam valor, porém, são necessárias, como pegar uma ferramenta mecânica. A questão é minimizar o tempo gasto com estas atividades, posicionando o material o mais próximo possível, por exemplo.

De acordo com Liker (2005), a Toyota identificou sete grandes perdas que não agregam valor aos processos produtivos. Além desses, o autor incluiu uma oitava perda, as quais serão descritas abaixo.

1. Perda por superprodução: produção de itens para os quais não há demanda, gerando excesso de pessoal, de estoque e de custos de transporte.

2. Perda por espera: funcionários que esperam pelo próximo passo no processamento, por ferramenta, etc., ou que não têm trabalho para fazer devido à falta de estoque, a atrasos no processamento, a interrupções no funcionamento de equipamentos e a gargalos de capacidade.

3. Perda por transporte ou movimentação desnecessário: movimento de estoque por longas distâncias, criação de transporte ineficiente ou movimentação de materiais, peças ou produtos acabados para dentro ou fora do estoque ou entre processos.

4. Perda por superprocessamento ou processamento incorreto: passos desnecessários para processar as peças. Ferramentas ou projetos de baixa qualidade geram movimentos desnecessários e produtos defeituosos. Produtos com qualidade superior à que é necessária também geram perdas.

5. Perda por excesso de estoque: excesso de matéria-prima, de estoque em processo ou de produtos acabados, causando *lead times* mais longos, obsolescência, produtos danificados, custos de transporte e de armazenagem e atrasos. Além disso, o excesso de estoque oculta problemas como desbalanceamento de produção, entregas atrasadas dos fornecedores, defeitos e longo tempo de *setup*.

6. Perda por movimento desnecessário: qualquer movimento inútil feito pelos funcionários durante o trabalho, tais como empilhar peças e procurar ferramentas.

7. Perda por defeitos: produção de peças defeituosas, consertar ou re-trabalhar, descartar, substituir ou inspecionar significam perdas de manuseio, tempo e esforço.

8. Perda por desperdício da criatividade de funcionários: incluída por Liker, consiste na perda de tempo, idéias, habilidades, melhorias e oportunidades de aprendizagem por não envolver ou ouvir os funcionários.

Ohno (1997) considera a superprodução como a principal perda, pois é a causadora da maioria das outras. Segundo ele, o passo mais importante na redução da força de trabalho é eliminar a superprodução e estabelecer medidas de controle. Assim, no Sistema Toyota de

Produção o estoque padrão é sempre mantido e as máquinas de cada processo trabalham juntas para evitar esta perda, o que consiste no sistema de trabalho total.

Fujio Cho, discípulo de Taiichi Ohno, representou o Sistema Toyota pelo diagrama “Casa do STP”, para demonstrar que, assim como em uma casa, o sistema só será robusto se o telhado, as colunas e as fundações são fortes, como pode ser visto na figura 2.1.

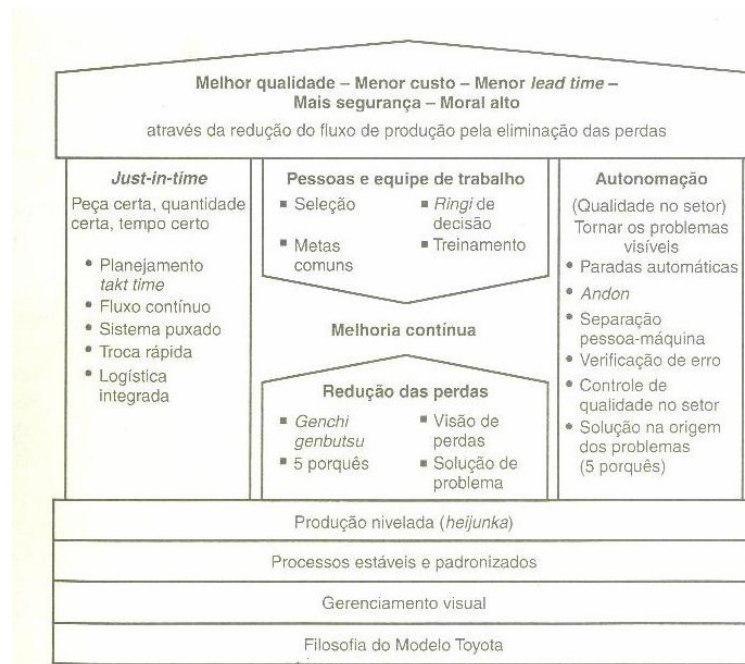


Figura 2.1 – Diagrama “Casa de STP”

Fonte: LIKER (2005)

O diagrama começa pelo telhado, que representa os objetivos de melhor qualidade, menor custo, menor *lead time*, mais segurança e moral alto. As duas colunas representam o *just-in-time* e a autonomia. O JIT é um conjunto de princípios, ferramentas e técnicas que permitem que a empresa produza e entregue produtos em pequenas quantidades, com *lead times* curtos, para atender às necessidades dos clientes. Ou seja, o JIT entrega os itens corretos, na hora certa e na quantidade exata. O poder do JIT é permitir que a empresa corresponda às mudanças diárias da demanda, o que era exatamente o que a Toyota precisava. A autonomia significa automação com toque humano e essencialmente consiste em nunca deixar que um defeito passe para a próxima estação de trabalho. Finalmente, há vários processos na “fundação” do diagrama, que

são necessários para garantir a estabilização do sistema, o nivelamento da produção e o mínimo estoque.

A Toyota também adotou os conceitos de Deming sobre a qualidade e produtividade em uma empresa, que consistia nos conceitos de cliente interno e externo. Cada atividade em processo produtivo deve ser tida como um “cliente” e deve receber exatamente o que necessita, no tempo certo. Este conceito tornou-se um dos mais importantes no JIT, sendo indispensável para o seu funcionamento. Deming também é responsável pela abordagem sistemática para solução de problemas, o ciclo PDCA, que será descrito mais detalhadamente em outro capítulo, por sua forte ligação com a Troca Rápida de Ferramentas.

Concluindo, o STP não é apenas um conjunto de ferramentas como *just-in-time*, *kanban*, etc., e sim um sistema sofisticado de produção em que todas as partes contribuem para o seu sucesso. A base deste sistema é apoiar e estimular as pessoas para que melhorem continuamente os processos com que trabalham.

2.2 Troca Rápida de Ferramentas

Neste capítulo serão apresentadas definições relacionadas à metodologia de Troca Rápida de Ferramentas, enumeradas as etapas constituintes para sua implementação e mostrada uma comparação entre a abordagem tradicional e a abordagem TRF.

2.2.1 Definições

Troca Rápida de Ferramentas é descrita pelo *Lean Institute* Brasil como a metodologia de redução dos tempos de intervenção (paradas) dos equipamentos, contado desde a última peça do produto anterior até a primeira peça boa do produto seguinte e difundida mundialmente como TRF. Esta ferramenta é um elemento estrutural do Sistema Toyota de Produção e pode ser aplicada para intervenções das mais diferentes naturezas (câmbios de produtos, manutenções preventivas, corretivas, etc.).

A ferramenta TRF nasceu no Japão, em 1950, quando o engenheiro japonês Shigeo Shingo realizou estudos de melhoria nas plantas de algumas indústrias japonesas. A metodologia foi consolidada, porém, em 1969, quando Shingo visitou a fábrica de carrocerias da principal planta da Toyota, com a meta de reduzir o setup de uma prensa de 1000 toneladas, de 4 horas para 2

horas e logo depois, para 90 minutos. Após 10 meses, através de um estudo das atividades e separando as atividades externas das atividades internas, ou seja, separando as atividades que podem ser realizadas com a máquina ainda em funcionamento daquelas que só podem ser feitas com a máquina parada, o setup da máquina foi reduzido para 3 minutos.

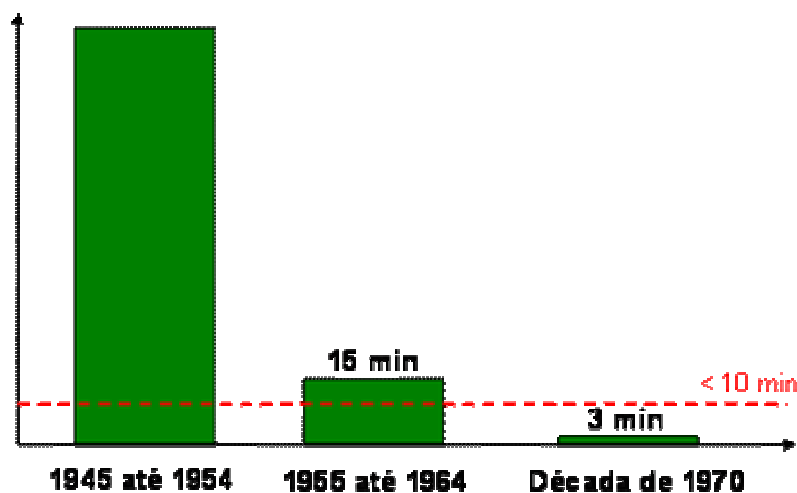


Figura 2.2 – Redução nos tempos de intervenção no setor de estamparia

Fonte: A autora (2008)

Desta forma, o engenheiro concluiu que tempos de intervenção não deveriam ter mais que um dígito de minuto. Mas, para que isso fosse possível, sua metodologia deveria ser mais abrangente e ir além da separação de atividades externas e internas. Ele então formulou sua metodologia em quatro estágios e batizou de *Single Minute Exchange of Die* (SMED), ou troca de ferramentas em um dígito, hoje conhecida como TRF.

Para desenvolvimento deste trabalho, intervenção será definida como todo tipo de arranjo ou preparação que deve ser realizado antes de iniciar um conjunto diferente de operações (Hirano, 1990). A partir dessa definição entende-se que a intervenção deve englobar todas as atividades que acontecem quando se inicia a manobra para a troca de um produto, de uma peça, ou para o ajuste de parâmetros em um determinado equipamento.

Segundo Hirano (1990), existem basicamente dois tipos de intervenção:

- Intervenção para troca de produtos ou câmbio: utilizada quando se está mudando o item a ser produzido ou alguma característica deste.
- Intervenção para atividade de manutenção: utilizada quando é preciso realizar alguma atividade de reparo, inspeção, limpeza, melhoria ou substituição de peças em equipamentos.

Já tempo de intervenção, consiste no tempo decorrido desde o momento em que a máquina interrompe a operação precedente, até o início da produção subsequente, com qualidade apropriada, incluindo o tempo consumido para a mudança de linha e ajustes necessários. Em outras palavras, é o tempo decorrido entre a troca do produto A, até a primeira peça boa do produto B (Shingo 2000).

Altos tempos de intervenção geram a necessidade de produzir durante longos períodos de tempo o mesmo item. Esta é a opção encontrada para manter o ritmo e, conseqüentemente, não perder volume de produção.

O efeito prático de se produzir durante longos períodos de produção é a produção empurrada, que é definida pelo *Lean Institute* Brasil como o sistema de gestão da produção onde cada processo produz o máximo possível, com base na previsão da demanda, sem considerar o ritmo de trabalho do processo seguinte.

As conseqüências da produção empurrada são, entre outras, a necessidade de maiores espaços destinados à manutenção e armazenamento de estoque final e intermediário e a utilização de mais equipamentos de transporte e estocagem, além dos gastos gerados com todos esses problemas, como pode ser visto na figura a seguir.

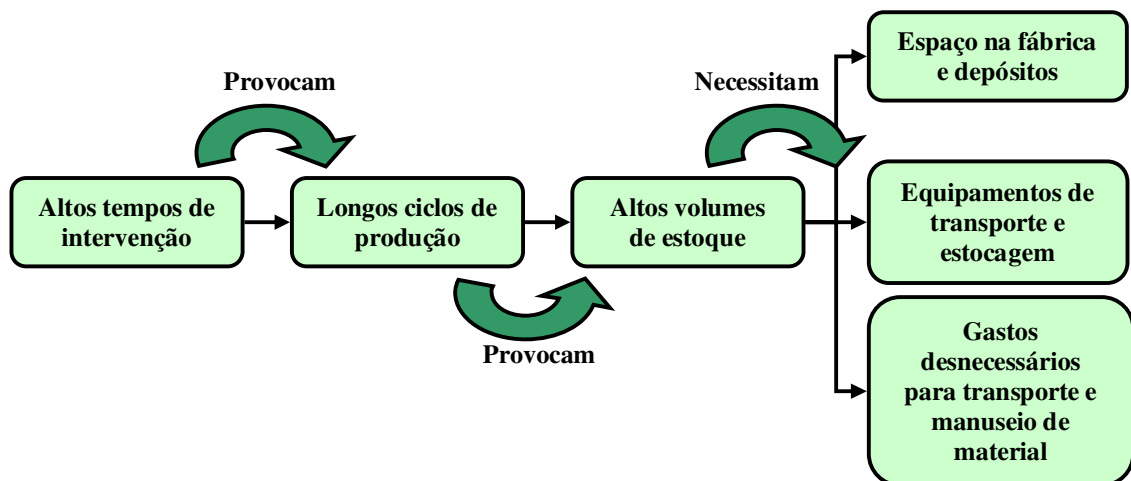


Figura 2.3 – Efeitos dos altos tempos de intervenção

Fonte: Empresa Estudo de Caso (2008)

Neste contexto, a Troca Rápida de Ferramentas aparece como técnica utilizada na redução dos tempos de intervenção e proporciona à indústria vantagens competitivas como: aumento da produtividade e competitividade da empresa, redução das despesas, redução do *lead time*, do

tempo de resposta, dos estoques intermediários e possibilita a redução dos lotes de fabricação (Shingo, 2000).

2.2.2 Estágios da TRF

A metodologia proposta por Shingo (2000), consiste em quatro estágios básicos:

Estágio Um – As atividades internas e externas são realizadas dentro da interrupção, levando as máquinas a ficarem paradas por períodos maiores que o necessário;

Estágio Dois – É realizada a separação das atividades internas e externas;

Estágio Três – As atividades internas são analisadas e convertidas em externas, quando possível;

Estágio Quatro – As atividades internas e externas são analisadas em busca de melhorias que proporcionem uma redução adicional em seus tempos.

2.2.3 Abordagem TRF x Abordagem Tradicional

De acordo com Monden (1984), a abordagem TRF para interrupções tem como características o balanceamento eficiente dos recursos, a alta taxa de utilização dos equipamentos e ferramentas, a redução de atividades de preparação e ajustes, a alta polivalência dos envolvidos com o setup, além da separação de atividades internas e externas, já mencionada anteriormente. Assim, a abordagem TRF busca reduzir significativamente o tempo de equipamento parado, além de reduzir o esforço e o tempo alocados para as atividades de preparação e organização da área e ferramentas.

Ainda segundo o autor, a abordagem TRF pode ser aplicada com dois propósitos: aumentar a flexibilidade do processo e aumentar a produção do equipamento, porém a aplicação para esta última finalidade deve ser realizada apenas se existir demanda para consumir a produção adicional. Caso contrário, deve-se aumentar a flexibilidade dos equipamentos para reduzir os estoques e até eliminar um dos equipamentos.

A figura 2.4 representa o tempo de equipamento parado da abordagem TRF.

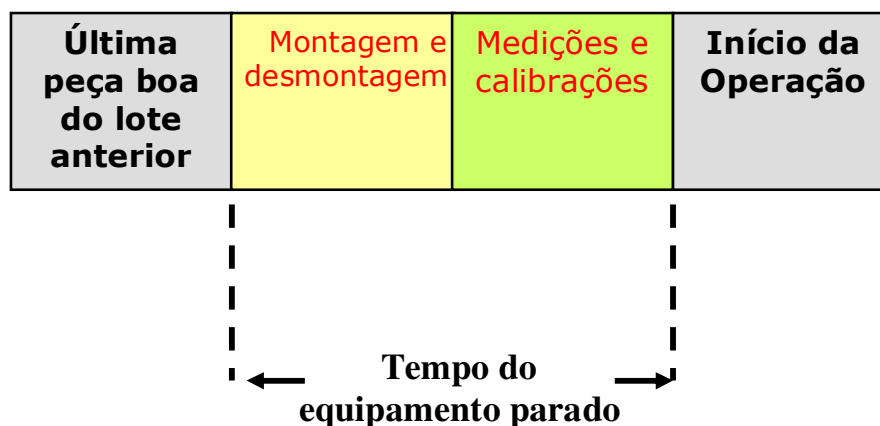


Figura 2.4 – Tempo de equipamento parado - abordagem TRF

Fonte: Traduzido de SHINGO (1996)

A abordagem tradicional para intervenções difere da abordagem TRF por ser altamente dependente da habilidade e conhecimento individuais e o grande número de atividades de ajuste, teste e regulagens.

Este tipo de abordagem normalmente gera um grande gasto de tempo de equipamento parado, além de também aumentar o tempo e o esforço alocados para preparação e organização da área e ferramentas.

Devido ao baixo número de câmbios o processo se torna pouco flexível para possíveis variações de mix na demanda e força a necessidade de grandes áreas para estocar os materiais produzidos, uma vez que o cliente não irá consumir tudo de uma só vez.

Fazendo uso da categorização proposta por Taiichi Ohno dos principais desperdícios encontrados, as seguintes perdas estão presentes neste tipo de abordagem:

- Superprodução;
- Excesso de estoque;
- Espera.

Em adição, há prejuízos para a própria equipe envolvida nas intervenções, tais como:

- Desgaste demasiado (físico e mental);
- Dificuldade de remanejar ou promover pessoal, em função da dependência;
- Dificuldade de absorver outros conhecimentos/atividades.

Esta abordagem está representada na figura que se segue:

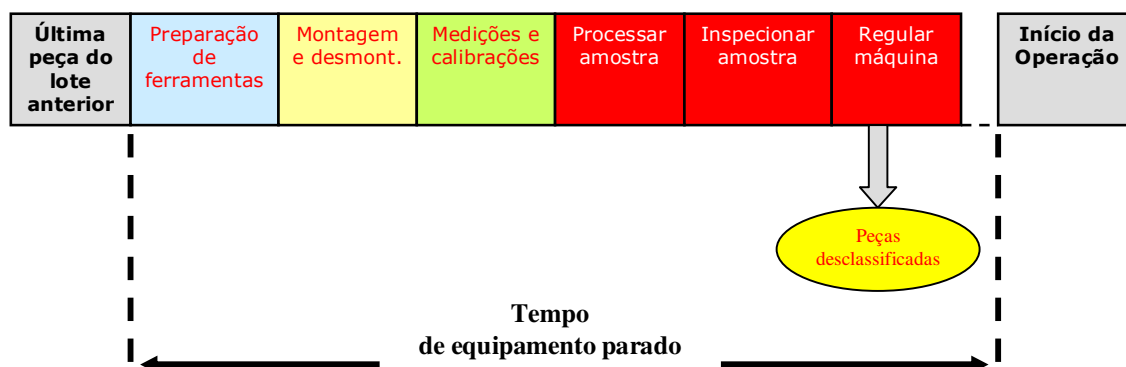


Figura 2.5 – Tempo de equipamento parado - abordagem tradicional

Fonte: Traduzido de SHINGO (1996)

Em suma, com a implementação da TRF os tempos de intervenção são reduzidos significativamente, então mudanças no produto fabricado podem ser feitas mais frequentemente e assim, o nível de estoque intermediário e final diminui. Esta abordagem permite também flexibilizar as operações para absorção de variações de demanda de clientes internos e externos, pois possibilita que a empresa trabalhe com lotes pequenos e diminua os estoques, atendendo a demanda dos seus clientes mais rapidamente (Shingo, 2000).

2.3 O Ciclo PDCA

Neste capítulo será apresentada a definição do Ciclo PDCA, será descrita, detalhadamente, cada uma de suas etapas constituintes e serão apresentadas as diferenças entre PDCA de rotina, de melhoria e de inovação.

2.3.1 Definições

O ciclo PDCA é o método utilizado para o gerenciamento do processo de melhoria contínua. O ciclo é composto por quatro etapas e todas são igualmente importantes; nenhuma pode ficar de fora.

Como se trata de um ciclo, ele será repetido continuamente para garantir que os resultados sejam sempre melhorando.

A sigla PDCA é originalmente em inglês, e sua tradução pode ser considerada da seguinte maneira: P – *Plan* (Planejar); D – *Do* (Executar); C – *Check* (Verificar); A – *Act* (Agir), onde cada etapa será descrita detalhadamente no próximo capítulo.

2.3.2 Etapas do PDCA

2.3.2.1 Etapa P – Planejar

Segundo Vicente Falconi Campos (2003), inicialmente é necessário planejar o resultado que se quer atingir, definindo para isto um objetivo. Para gerenciar bem, a cada objetivo importante deve corresponder um item de controle que é acompanhado com regularidade. Ou seja, a partir do objetivo, deve-se estabelecer a forma como os resultados serão medidos, isto é, o indicador, pode ser representado pela unidade de medida (metros, toneladas) ou então pela descrição do método de medição do resultado. Isto é necessário para não haver dúvidas e discussões sobre resultados no futuro.

O próximo passo, ainda segundo o autor, é detalhar os meios que serão usados para atingir os resultados desejados. Este passo inclui a definição dos métodos, ou seja, a definição de como serão realizadas as atividades de modo a obter o resultado planejado; e dos meios, que estabelecem quais os elementos que serão usados para obter o resultado planejado. Estes recursos podem ser materiais, equipamentos, financeiros, recursos humanos, tempo, etc.

Todas as informações acima devem ser consistentes, isto é, conduzirem ao objetivo buscado. Durante a etapa de Planejar pode ser necessário ajustar o valor buscado aos recursos disponíveis, ou então mudar o método, ou o indicador. Todas estas alterações são válidas para se chegar a um plano que possa servir de guia durante as etapas seguintes.

Esta se torna, então, a etapa mais importante deste ciclo, pois é mais econômico investir tempo no planejamento do que ter dificuldades mais adiante por um plano inadequado ou pela falta dele. (Campos, 2003).

2.3.2.2 Etapa D – Executar

Para Campos (2004), a etapa de execução inclui capacitação e execução propriamente dita. Existem casos em que é necessário capacitar a pessoa ou a equipe que vai realizar um trabalho. Estão incluídos aqui os casos de treinamento para quem nunca realizou o trabalho; Re-treinamento para quem já recebeu treinamento no mesmo trabalho; Motivação: para levantar em todos à vontade de alcançar os resultados.

A execução propriamente dita consiste em realizar o que foi planejado, atuando conforme o método definido e usando os recursos. Durante a execução são feitas medições sobre o trabalho, incluindo medições das causas e dos resultados obtidos. Adicionalmente são realizados ajustes, atuando sobre causas conforme definido em padrões.

2.3.2.3 Etapa C – Verificar

Segundo Campos (2003), esta etapa consiste em verificar se o trabalho está sendo conduzido conforme definido na etapa Planejar. Usualmente costuma-se apenas verificar se o valor do indicador está sendo atingido. Se estiver sendo atendido, deduz-se que o método está sendo cumprido.

Conforme o autor, o ideal seria verificar também se os padrões estão sendo cumpridos, pois, desta forma, se estaria, efetivamente, controlando os meios para atingir os resultados.

Há dois resultados possíveis na verificação: os resultados estão sendo alcançados e se pode continuar a execução conforme planejado ou os resultados não são alcançados e se prossegue para a etapa seguinte.

2.3.2.4 Etapa A – Agir Corretivamente

Quando for detectada uma anomalia na etapa anterior, de verificação, a primeira ação deverá, se possível, remover o sintoma para permitir que o resultado volte a ser obtido. Em seguida, devem ser conduzidas ações corretivas mais profundas, a partir da identificação da causa fundamental da anomalia. Estas podem ser ações sobre a capacitação da equipe ou sobre o plano estabelecido inicialmente.

A figura a seguir mostra cada etapa do ciclo PDCA.

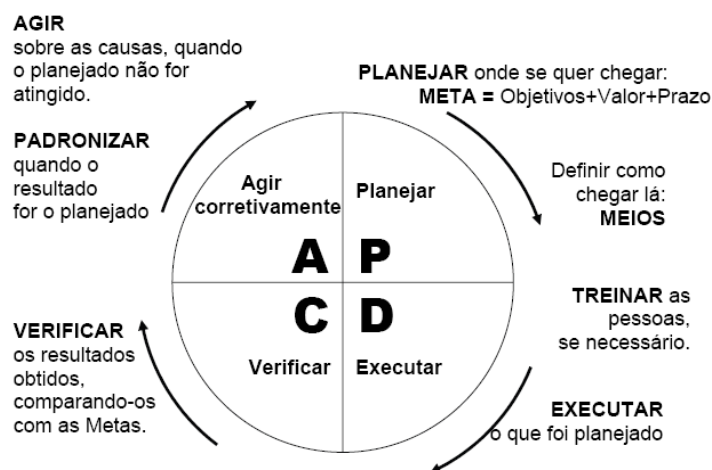


Figura 2.6 – Ciclo PDCA

Fonte: CAMPOS (2003)

2.3.2.5 PDCA de Manutenção de Rotina, PDCA de Melhoria e PDCA de Inovação

Para Vicente Campos (2004), existem três ciclos PDCA diferentes: o PDCA de manutenção de rotina, o PDCA de melhoria e o PDCA de inovação.

O PDCA de manutenção de rotina é utilizado para manter estável o nível de resultados atingidos anteriormente, através da utilização dos padrões estabelecidos. Este ciclo também pode ser chamado de SDCA, porque a base da etapa planejar é a padronização, que vem do inglês *standardization*.

Quando surge uma oportunidade de melhoria sobre um processo existente, gira-se o PDCA de melhoria para atingir metas que levam o processo a níveis superiores em relação ao processo atual. Observa-se que o objetivo no PDCA de melhoria trata-se de um desafio, ou seja, atingir patamares de desempenho melhores que os atuais.

Uma distinção importante entre o PDCA de Melhoria e o PDCA de Manutenção da Rotina está na necessidade de estabelecer um prazo para atingir o novo nível de desempenho quando se utiliza o PDCA de melhoria.

Quando se deseja realizar uma Inovação em relação ao processo existente, gira-se o PDCA com o objetivo de criar um processo novo que apresente níveis bem superiores ao processo existente representando um salto maior do que no caso das Melhorias.

A representação desses ciclos pode ser observada na figura 2.7.

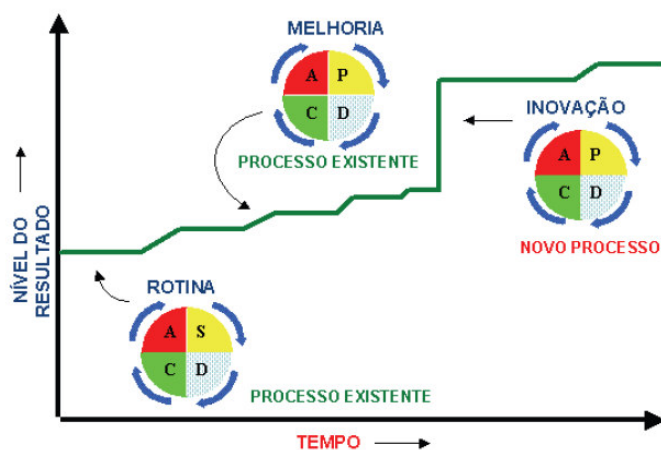


Figura 2.7 – PDCA de Rotina, de Melhoria e de Inovação

Fonte: Empresa Estudo de Caso (2006)

3. CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

Neste capítulo será feita uma abordagem sobre o setor siderúrgico e a indústria siderúrgica, dividida em dois tópicos principais. O primeiro trata da situação atual do setor siderúrgico, com uma atenção especial ao setor siderúrgico nacional. O segundo e último trata dos aspectos gerais do setor, seguido de uma descrição genérica das etapas de produção da fabricação do aço com foco na área da Aciaria.

3.1 A Situação Atual do Setor Siderúrgico

Em conformidade com o Instituto Brasileiro de Siderurgia (IBS), as indústrias siderúrgicas são de extrema importância para as nações, pois a produção de aço um forte indicador do estágio de desenvolvimento econômico de um país, já que o seu consumo cresce proporcionalmente à construção de edifícios, execução de obras públicas, instalação de meios de comunicação, produção de equipamentos, entre outros.

Em relação à produção de aço, segundo o IBS, as previsões são de crescimento das economias já desenvolvidas e a manutenção do ritmo de expansão dos países da Ásia, principalmente China e Índia.

Existe, porém, uma preocupação do setor siderúrgico com um possível desequilíbrio entre oferta e demanda devido à crescente capacidade de produção, principalmente na China. No entanto, essa ameaça só deverá produzir efeitos relevantes após 2008. Outra questão a considerar é o processo de consolidação, ainda em curso no setor. Fusões e aquisições entre as siderúrgicas mundiais ainda devem ser uma constante por algum tempo.

Em 2007, o mercado mundial de aço cresceu 7,4%, experimentando pelo sexto ano consecutivo significativo crescimento na produção, correspondente a 1,3 bilhões de toneladas.

3.1.1 A Situação Atual do Setor Siderúrgico Nacional

No Brasil, a siderurgia teve no ano de 2007 todos os recordes batidos: na produção, nas vendas internas e no consumo aparente de aço. O Instituto Brasileiro de Siderurgia prevê para este ano um crescimento de 9,9% em relação à produção do ano passado, o que corresponde a uma produção de 34 milhões de toneladas. As vendas internas devem crescer 18%, atingindo 20,6

milhões de toneladas, enquanto o consumo aparente deve aumentar 19,7%, totalizando 22,1 milhões de toneladas.

O foco atual das empresas siderúrgicas nacionais é o abastecimento interno, o que pode ser verificado com o redirecionamento das exportações, acontecido em 2007, quando o volume exportado foi de 10,5 milhões de toneladas, 2 milhões de toneladas a menos do que o previsto e 15,6% a menos do que em 2006. Além do foco no mercado interno, a redução deve-se também ao fato dos projetos de expansão da exportação terem sido iniciados somente no 4º trimestre. Apesar desse decréscimo, a receita total das exportações brasileiras de aço em 2007, segundo o IBS, foi de US\$ 6,8 bilhões, representando uma redução de apenas 1,4%, em relação a 2006.

O Instituto Brasileiro de Siderurgia prevê que a produção atinja a 37,6 milhões de toneladas de aço bruto em 2008, o que representa um aumento de 10,8% em relação ao ano passado. O objetivo de tal crescimento é atender às expectativas dos diversos setores consumidores, assim como manter o nível das exportações, que devem atingir a marca de 12,4 milhões de toneladas, representando um aumento de 17,9 %. Para que este crescimento seja possível, a capacidade de produção das siderúrgicas nacionais será ampliada com a entrada em operação de novos projetos de expansão. No final de 2007, a capacidade instalada da siderurgia brasileira atingiu a 41 milhões de toneladas.

3.2 A Siderurgia

De acordo com o IBS, as usinas siderúrgicas classificam-se de acordo com seu processo produtivo em integradas e semi-integradas.

As usinas integradas operam três fases do processo siderúrgico: redução, refino e laminação, que serão descritos a seguir. Já as usinas semi-integradas operam apenas as fases de refino e laminação.

Existem ainda unidades produtoras chamadas de não integradas, que operam apenas uma fase do processo: redução ou laminação; e unidades de pequeno porte, que se dedicam exclusivamente a produzir aço para fundições.

Basicamente, o aço é uma liga de ferro e carbono, porém antes de serem levados ao alto forno, o minério de ferro e o carvão, elementos que formarão o ferro e o carbono, respectivamente, são previamente preparados para melhoria do rendimento e economia do processo. O minério é transformado em pelotas e o carvão é destilado, para obtenção do coque.

1- Redução: as matérias-primas, agora preparadas, são carregadas para o alto forno, onde oxigênio aquecido é injetado para reagir com o carvão produzindo calor e então fundindo a carga metálica. Este processo reduz o minério de ferro em um metal líquido, o ferro gusa, que é uma liga de ferro e carbono cujo teor de carbono é muito elevado.

2- Refino: nesta etapa, o ferro gusa em estado líquido ou sólido é conduzido para a aciaria, onde, juntamente com a sucata metálica, será transformado em aço líquido através da queima de impurezas e adições, e posteriormente solidificado em um equipamento denominado lingotamento contínuo, para produzir os tarugos.

3- Laminação: finalmente, os tarugos são processados em equipamentos chamados laminadores, onde são deformados mecanicamente, transformando-se em produtos siderúrgicos muito utilizados pela indústria de transformação, como chapas, bobinas, vergalhões, tubos, arames, entre outros.

Com a evolução da tecnologia, as fases de redução, refino e laminação estão sendo reduzidas, assegurando maior velocidade na produção, por este motivo a aplicação da Troca Rápida de Ferramentas se faz muito necessária para assegurar o atendimento à crescente demanda.

Para o caso estudado neste projeto, o interesse concentra-se na etapa de redução da indústria siderúrgica abordada, cujas características específicas do processo serão apresentadas no capítulo que segue.

3.3 A Aciaria

A Aciaria é responsável pelas duas primeiras etapas descritas anteriormente: redução e refino. A principal função desta área é transformar sucata metálica e ferro gusa, juntamente com outros elementos, em diferentes tipos de aço.

Esta unidade é composta por quatro células: Pátio de Sucata, Forno EAF, Forno Panela e Lingotamento Contínuo.

O principal equipamento desta unidade é o Forno Elétrico a Arco, que consiste em um forno feito de chapa metálica, revestido com tijolos refratários.

Os Fornos Elétricos a Arco (FEA) são usados desde 1899 para produzir aços. Sua participação na produção mundial vem aumentando devido, principalmente aos custos obtidos na produção de aço e aos avanços na tecnologia dos mesmos. O FEA possui os seguintes objetivos

no processo de fabricação: transformar a carga sólida, sucata e gusa, em aço líquido e elevar a temperatura do banho, aço líquido, ou executar o refino primário que consiste em transformar a sucata em aço líquido, com o auxílio de energia elétrica, proveniente de três eletrodos inseridos no forno, e de reações químicas entre os elementos da sucata, o oxigênio e o carbono, também injetados no forno.

O processo seguinte é realizado em um equipamento denominado Forno Panela e tem como objetivos principais os acertos da temperatura e da faixa de composição química do aço fabricado.

O aço ao ser vazado do Forno Elétrico para a panela precisa de correções para chegar à especificação final adequada. A interferência de quantidade de oxigênio e carbono usados no FEA, assim como, a formação da carga fria (tipo de sucata utilizada), entre outros, vão influenciar na composição do aço vazado. Sendo assim, um aço pode vaziar com maior ou menor percentual de manganês, silício e carbono, entre outros elementos, dependendo do grau de oxidação do mesmo. O ajuste da sua composição consiste na adição de ferro ligas (FeSi e FeSiMn) e cal para que o aço atinja as propriedades desejadas para as próximas etapas de fabricação. Esse processo é chamado de refino secundário.

Após o acerto da temperatura e da composição química, o aço líquido é enviado para o Lingotamento Contínuo, onde será feita a solidificação do mesmo, de forma controlada e segura. Esse processo é basicamente baseado na troca de calor entre o aço líquido e a água que retira energia (calor) através de contato direto, resfriamento secundário, e indireto, resfriamento primário.

O LC é a célula da Aciaria onde o aço líquido é transformado em aço sólido de modo que propicie forma, dimensões e estrutura adequadas para as transformações que serão executadas nas próximas etapas do processo.

O lingotamento é responsável também pela qualidade interna e superficial do produto final da aciaria. Os produtos de uma aciaria normalmente são placas e tarugos, porém na aciaria em questão é fabricado apenas tarugos.

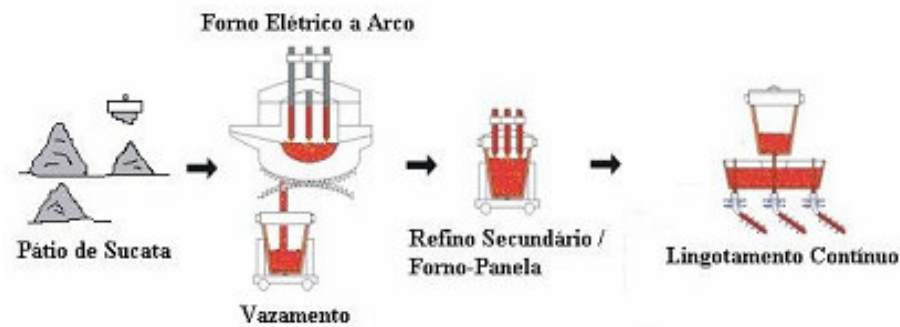


Figura 3.1 – Visão esquemática de uma Aciaria

Fonte: Empresa Estudo de Caso (2001)

3.4 Metodologia Padrão de Implantação da TRF

O procedimento apresentado na figura 3.2 compõe a metodologia padrão de implementação da TRF na empresa. A metodologia é composta de dez passos distintos, mas interdependentes, contemplados em três fases, que serão explicadas posteriormente.

Esta metodologia de implementação é caracterizada por seguir o ciclo PDCA, que consiste em quatro etapas: planejar, executar, checar e agir corretivamente, explicadas previamente.



Figura 3.2 – Metodologia para redução dos tempos de intervenção

Fonte: Empresa Estudo de Caso (2008)

3.4.1 Fase 0 – Planejamento

O planejamento é uma atividade de preparação para qualquer projeto, corresponde à etapa P do ciclo PDCA. Deve servir como “mapa” para que os objetivos definidos sejam alcançados. Esta fase é constituída de três passos que são dedicados ao planejamento do processo de implementação:

- 1) Diagnosticar o potencial de ganho;
- 2) Selecionar o(s) equipamento(s) piloto(s);
- 3) Selecionar a intervenção piloto;

3.4.1.1 Diagnosticar o potencial de ganho

Diagnosticar o potencial de ganho é o primeiro passo a ser dado e consiste na análise do estado atual da área, célula ou frente, buscando identificar as oportunidades de melhoria, as possíveis soluções com a aplicação da TRF, e os possíveis ganhos com sua aplicação.

3.4.1.2 Selecionar o equipamento piloto

Esta etapa consiste na escolha do equipamento por onde se começará o projeto. Vários fatores podem influenciar em sua seleção:

- Potencial de ganho;
- Criticidade (equipamentos críticos);
- Facilidade de implementação;
- Tempo de implementação;
- Custo de implementação.

3.4.1.3 Selecionar a intervenção piloto

Este passo consiste na escolha da intervenção por onde se começará o projeto. Todos os fatores mencionados acima influenciam também esta etapa, acrescido da frequência de ocorrência da intervenção, pois intervenções que demoram a se repetir são muito difíceis de acompanhar.

3.4.2 Fase 1 – Execução e Monitoramento

A Fase de Execução e Monitoramento é onde inicia a aplicação prática dos conceitos da TRF na área, frente ou equipamento, conforme estabelecido na Fase 0. Esta fase é constituída de quatro passos que são dedicados ao cumprimento do planejamento, como a etapa D do ciclo PDCA.

- 1) Filmar / Analisar a sequência operacional da intervenção piloto;
- 2) Separar as atividades internas e externas;
- 3) Eliminar / Minimizar atividades desnecessárias;
- 4) Filmar / Checar a nova sequência operacional da intervenção piloto.

3.4.2.1 Filmar / Analisar a sequência operacional da intervenção piloto

Nesta etapa é formado inicialmente um time com a finalidade de acompanhar o processo de implementação da técnica e participar das atividades de análise da intervenção.

O time deve ser composto por:

- Colaboradores envolvidos diretamente nas atividades da intervenção;
- Liderança (gestor/facilitador) da área onde será aplicada a técnica;
- Representante de áreas correlacionadas com o setor onde será aplicada a técnica (cliente ou fornecedor);
- Pessoal de apoio, quando necessário (Segurança, Recursos Humanos, PCP, etc.).

As responsabilidades do time são:

- Coordenar o processo de implementação;
- Desenvolver atividades de melhoria contínua;
- Promover a sensibilização;
- Delegar responsabilidade;
- Definir prioridades;
- Determinar a maneira de execução;
- Acompanhar os prazos de execução;
- Promover o realinhamento estratégico.

Ainda nesta etapa o time se familiariza com as atividades da intervenção que propõe melhorar, passando a conhecê-las detalhadamente. Uma forma prática e bastante usada para viabilizar este passo, consiste na filmagem da intervenção e sua posterior análise minuciosa.

Os pontos mais importantes a serem observados durante o acompanhamento da filmagem são:

- Identificar atividades de preparação, confirmando-os com os operadores/mantenedores;
- Anotar as diferenças entre os procedimentos realizados por diferentes operadores/mantenedores.

Durante a análise da filmagem é importante ter em mãos a planta baixa da área. Com este layout pode-se esboçar toda a movimentação realizada durante a intervenção através de um Diagrama de Espaguete (figura 3.3).

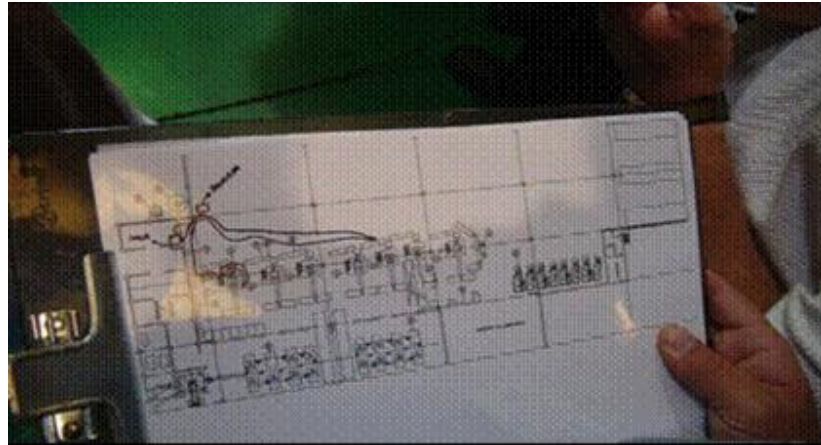


Figura 3.3 – Desenvolvimento do Diagrama de Espaguete durante a intervenção.

Fonte: Empresa Estudo de Caso (2008)

A principal vantagem da filmagem para a análise das atividades da intervenção é reprisar partes gravadas com a finalidade de garantir que etapas importantes sejam analisadas, que os tempos sejam tomados corretamente e que as atividades sejam corretamente separadas em internas e externas.

Em intervenções com baixa frequência ou grande tempo de execução pode-se optar por realizar a análise a partir da experiência da equipe ou entrevista com pessoas que já participaram de intervenções semelhantes ou iguais a que está sendo realizada.

Durante a análise deve-se:

- Listar todas as atividades observadas e recursos usados para a realização;
- Anotar o tempo gasto para cada uma delas;
- Classificar as atividades em interna ou externa.

Complementando a análise da intervenção, pode-se calcular a distância total percorrida, mapeada durante a filmagem. Este cálculo (distância percorrida) serve como um indicador de

eficiência da intervenção, já que remete à movimentação e ao transporte, perdas combatidas pelo Sistema Toyota de Produção, e que, portanto, devem ser monitoradas e reduzidas.

Grandes distâncias percorridas podem demonstrar:

- Preparação deficiente (ferramentas, equipamentos);
- Existência de atividades internas que podem ser convertidas para externas;
- Balanceamento precário de recursos (pessoal, máquinas e equipamentos);
- Layout inadequado;
- Sequenciamento inadequado das atividades.

3.4.2.2 Separar as atividades internas e externas

Nesta etapa, devem-se dividir as atividades em internas e externas. As atividades externas devem ser programadas e executadas com o equipamento em funcionamento, reduzindo o tempo total de máquina parada, como pode ser visto na figura 3.4.

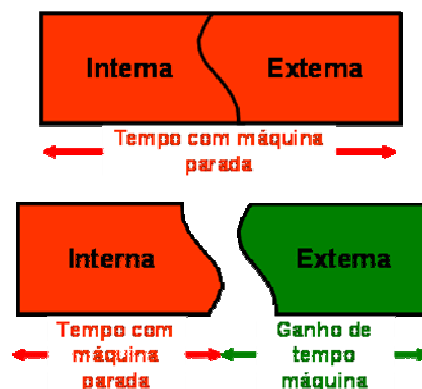


Figura 3.4 – Separação de atividades internas e externas

Fonte: Empresa Estudo de Caso (2007)

Depois de separadas as atividades internas e externas, busca-se melhorias das atividades internas de forma a transformá-las em atividades externas.

Algumas soluções cotidianas que possibilitam essa conversão são:

- Separar a máquina em conjuntos mantidos pré-montados para substituição;
- Criar gabaritos e referências em pontos adequados da máquina/equipamento que eliminem a necessidade de centragem e alinhamentos;

- Realizar uma análise prévia no equipamento dos itens ou peças que devem ser substituídos, e providenciar com antecedência sua compra/aquisição ou requisição.

A conversão das atividades internas em externas reduz o tempo de máquina parada (figura 3.5).

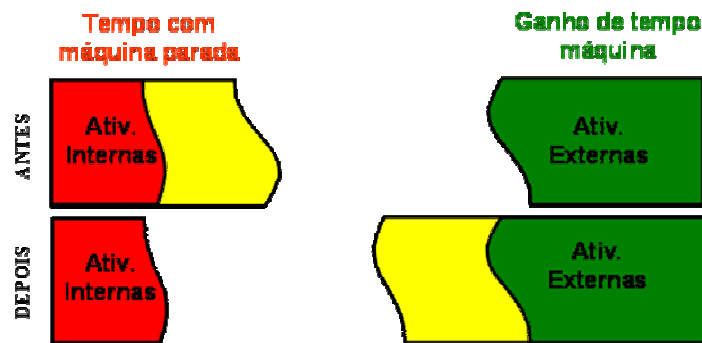


Figura 3.5 – Conversão de atividades internas em externas

Fonte: Empresa Estudo de Caso (2007)

3.4.2.3 Eliminar / Minimizar atividades desnecessárias

Nesta etapa, deve-se buscar a eliminação de atividades desnecessárias, analisando-se a real necessidade de realização das mesmas. Isso parece lógico, mas muitas atividades são geradas em decorrência da falta de estrutura ou ferramenta adequada. Seguem algumas situações cotidianas:

- Passar fita para vedar uma conexão que deveria ser auto-vedante;
- Amarrar com um arame um engate que não trava direito;
- Procurar uma ferramenta porque não se sabe onde guardou;
- Trocar um parafuso que sempre enferruja porque seu material não é adequado;
- Soldar partes que originalmente foram projetadas para serem parafusadas;
- Lubrificar conjuntos que deveriam ser auto-lubrificantes;
- Deslocar-se várias vezes porque não se tem um equipamento adequado para o transporte de ferramentas e peças.

Uma boa prática para detectar e eliminar essas perdas, é utilizar as práticas de 5S, de forma a obter um ambiente limpo e padronizado.

3.4.2.4 Filmar / Checar a nova seqüência operacional da intervenção piloto

Até o momento, ganhos foram obtidos com foco em ações de programação das atividades de intervenção, e, portanto, é fundamental a checagem e análise crítica da nova seqüência operacional. Para isso, é possível utilizar o mesmo procedimento de filmagem ou análise a partir do depoimento dos participantes da intervenção.

Após a checagem e validação da seqüência de atividades, o procedimento deve ser padronizado e documentado e deve contemplar tanto as atividades internas quanto as externas.

3.4.3 Fase 2 – Melhoria e Ampliação

Na fase de Melhoria e Ampliação buscam-se alternativas que possibilitem a melhoria na forma de execução da atividade, seja ela interna ou externa, de forma a reduzir o seu tempo de execução. Esta fase também é constituída de três passos que visam à redução do tempo de realização das atividades a partir da melhoria contínua, correspondendo às etapas de checar e agir corretivamente do ciclo PDCA, até que a meta definida na fase 0 seja atingida.

- 1) Identificar as melhorias necessárias para as atividades internas;
- 2) Identificar as melhorias necessárias para as atividades externas;
- 3) Iniciar a análise de uma nova intervenção.

3.4.3.1 Identificar as melhorias necessárias para as atividades internas

Há três meios utilizados na empresa para promover melhorias em atividades internas e consequentemente reduzir o tempo de máquina parada:

- Eliminação de atividades;
- Conversão de atividades internas para atividade externa;
- Mudança de método ou procedimento utilizado para realizar a atividade.

Ajustes são exemplos típicos de atividades que devem ser eliminadas ou minimizadas, buscando a simplificação através de melhorias contínuas que as tornem cada vez mais fáceis de serem realizadas.

Mudanças no material ou no tipo de ferramenta utilizada podem facilitar ou até eliminar a necessidade de ajuste

A conversão para atividade externa é outra estratégia para reduzir o tempo de equipamento parado. Melhorias nos equipamentos, nos recursos e nas ferramentas utilizados permitem esta mudança. Apesar de implicar em investimento, é também bastante comum e eficiente o uso de componentes reservas

A partir da análise das atividades internas que não puderam ser eliminadas ou convertidas em externas, buscam-se oportunidades de mudanças que gerem redução adicional no tempo de equipamento parado. Algumas oportunidades são:

- Implementar melhorias nos equipamentos;
- Realizar estudo de tempos e movimentos;
- Implementar “atividades paralelas”, ou seja, atividades realizadas simultaneamente;
- Balancear a carga de trabalho;
- Padronizar procedimentos (rotinas);
- Padronizar ferramentas e elementos de fixação utilizados;
- Implementar melhorias em peças que reduzam seu desgaste e a necessidade de troca;
- Trabalhar com substituição de módulos ao invés de pequenas peças.

3.4.3.2 Identificar as melhorias necessárias para as atividades externas

Uma vez realizados todos os estudos possíveis para a eliminação ou melhoramento das atividades internas, pode-se ainda ganhar tempo e reduzir custo promovendo melhorias nas atividades externas, as quais devem seguir as mesmas ferramentas ou técnicas utilizadas para otimização das atividades internas, apresentadas anteriormente.

3.4.3.3 Iniciar a análise de uma nova intervenção

A análise de uma nova intervenção deve seguir um critério de prioridade conforme necessidade da área ou processo e conforme os potenciais de ganho.

Novas frentes de ação devem ser discutidas e analisadas por toda a equipe envolvida e programada no planejamento do setor/área.

4. ESTUDO DE CASO

Neste capítulo pretende-se, primeiramente, apresentar a situação da empresa estudada dentro do cenário siderúrgico. Posteriormente, será evidenciada a aplicação da metodologia no caso estudado, as etapas de implantação, os resultados atingidos e as vantagens que trouxe à área da aciaria da indústria siderúrgica apresentada.

4.1 A Empresa Estudada

A empresa estudada faz parte de um grupo siderúrgico multinacional, que iniciou suas atividades no Brasil e hoje é composto por quarenta e duas unidades siderúrgicas, catorze unidades de transformação, oitenta e sete unidades de corte e dobra de aço, trinta e duas unidades de coleta e processamento de sucata, setenta e cinco unidades comerciais, cinco *joint ventures* e três empresas coligadas, divididas em seis operações de negócios.

O grupo é um dos agentes do processo de consolidação da siderurgia mundial e está entre os quinze maiores produtores de aço do mundo, além de ser um dos líderes no segmento de aços longos nas Américas.

Há mais de um século, iniciou seu projeto de expansão e hoje está presente em vários países; com ações nas bolsas de valores de São Paulo, Nova Iorque, Toronto e Madri.

A siderúrgica produz aços longos, aços especiais, aços planos e peças forjadas e fundidas, oferecendo uma ampla linha de produtos para os setores da construção civil, indústria e agropecuária, produzida em diversos países e comercializada nos cinco continentes.

Em relação a investimento, o grupo somou US\$ 6,3 bilhões no ano passado, entre novas aquisições, ampliação das capacidades de produção das atuais unidades e melhorias operacionais para aumento de produtividade, da qualidade dos produtos e da eficiência ambiental, assim como o aprimoramento da segurança dos colaboradores no ambiente de trabalho.

4.2 Aplicação da Metodologia no Caso Abordado

A crescente demanda por produtos de aço no mercado aumenta a necessidade de produção da Aciaria, cujo produto final irá servir de insumo para as posteriores transformações e atendimento dos clientes externos.

Para que isso seja possível, a Aciaria apresentada neste trabalho opera durante os sete dias da semana em três turnos diários, de oito horas cada um, objetivando uma produção aproximada de setecentos e vinte toneladas de aço por dia, ou seja, mais de vinte mil toneladas de aço por mês.

Durante a semana, porém, a produção é obrigada a parar por três horas diárias devido a um acordo com a concessionária de energia elétrica. Esta interrupção é aproveitada para que todas as manutenções e reparos necessários sejam realizados, de modo a minimizar posteriores intervenções na operação.

Como explicado anteriormente, a troca da carcaça do forno era feita em seis horas, excedendo em cem por cento o tempo obrigatório de interrupção da Aciaria. Diante deste fato, a aplicação da Troca Rápida de Ferramentas foi a metodologia escolhida pela liderança da área para reduzir a troca pela metade e assim realizá-la durante a parada obrigatória.

4.2.1 O Caso Estudado

O principal objetivo da implantação da Troca Rápida de Ferramentas neste caso foi reduzir o tempo da intervenção pela metade para que ela seja realizada na parada sazonal, já explicada anteriormente, ganhando mais tempo para a realização das manutenções preventivas.

Para tanto, foi calculado seu potencial de ganho, definido neste caso pela quantidade de aço produzido a mais em um ano se a interrupção for reduzida pela metade, multiplicado pela margem de contribuição da tonelada de aço e o resultado foi um ganho de mais de cem mil dólares por ano, como pode ser visto na tabela 4.1.

Tabela 4.1 – Potencial de ganho

INDICADOR	VALOR
Tempo disponibilizado / intervenção	180 min
Intervenções / mês	2 intervenções / mês
Tempo Liberado / ano	4320 min
TTT médio	39,9 min
Produção horária média	0,614 ton / min
Ganho produtivo / intervenção	110,52 ton / intervenção
Intervenções / ano	17,4 intervenções / ano
Ganho produtivo / ano	1921 ton / ano
Margem de contribuição	\$45,00
Ganho total previsto/ano	\$119.361,60

A frente foi então aceita pela liderança da área e seguiu para a etapa de definição do time de implantação, que abrangeu todos os colaboradores do Forno Elétrico, inclusive a liderança e as pessoas da manutenção que participam da intervenção, além da autora como responsável da área pela frente e uma pessoa da área de *Lean Tools*. Este time de implantação recebeu treinamentos sobre os conceitos de TRF e participou de reuniões onde cada atividade da interrupção foi estudada detalhadamente, através da filmagem feita previamente, onde foi conhecida a sequência das atividades e suas respectivas durações e recursos necessários, como mostra a tabela 4.2.

Tabela 4.2 – Sequência inicial

INDICADORES DE ACOMPANHAMENTO	RECURSOS (PESSOAS)	SITUAÇÃO INICIAL
Posicionar braços	8	47 min
Preparação para retirar carcaça superior	4	12 min
Retirar carcaça superior	6	62 min
Preparação para retirar carcaça inferior	3	23 min
Retirar carcaça inferior	8	31 min
Limpar área das carcaças	7	35 min
Colocar carcaça inferior nova	8	27 min
Colocar carcaça superior nova	7	56 min
Fechar refratário	8	56 min
Reposicionar Braços	3	16 min
Religar forno	3	15 min

Seguindo o fluxo das etapas de implantação, foram separadas as atividades externas das internas, eliminadas as desnecessárias e, posteriormente, feita a filmagem da nova sequência operacional, onde foi constatada uma redução de 167 minutos.

Tabela 4.3 – Sequência final

INDICADORES DE ACOMPANHAMENTO	RECURSOS (PESSOAS)	SITUAÇÃO FINAL
Retirar carcaça superior	4	53 min
Retirar carcaça inferior	4	19 min
Limpar área da carcaça	5	33 min
Colocar carcaça inferior nova	4	16 min
Colocar carcaça superior nova	4	29 min
Fechar refratário	5	53 min
Reposicionar braços	3	7,2 min
Religar forno	1	3 min

Apesar da redução significativa no tempo de intervenção, a meta ainda não havia sido atingida, portanto partiu-se para a próxima fase, que consiste em identificar as possíveis melhorias nas atividades internas e posteriormente nas externas.

Neste ponto, a atuação dos operadores foi de extrema importância, pois eles foram os responsáveis por identificar o maior número de melhorias, entre elas estão as mostradas nas figuras 4.1 e 4.2.

A soma de todas as melhorias garantiu uma redução de quase 70 minutos no tempo de intervenção, superando a meta de 180 minutos de redução em 36 minutos.



Figura 4.1 – Melhoria no equipamento

Fonte: Empresa Estudo de Caso (2008)



Figura 4.2 – Padronização do ferramental e dos elementos de fixação

Fonte: Empresa Estudo de Caso (2008)

4.3 Principais impactos e consequências da implantação

Conforme citado anteriormente, a aplicação da técnica de Troca Rápida de Ferramentas traz inúmeras vantagens, dentre as quais se podem destacar:

1) **A redução do tempo de intervenção** é o principal resultado da aplicação da TRF e desencadeia a maioria dos demais ganhos.

No caso estudado houve um ganho de 60% do tempo de intervenção, o que significa 216 minutos. Ou seja, a intervenção passou de 360 minutos para 144 minutos. Com essa redução, tornou-se possível realizar o *setup* durante a parada sazonal, diminuindo consideravelmente o tempo de Forno Elétrico parado no mês, que é a principal meta da área.

2) **O aumento da disponibilidade de capacidade de produção** resulta da maior disponibilidade de horas livres de equipamento, que podem ser disponibilizadas para a produção.

No caso da troca da carcaça, nem todo o tempo reduzido pôde ser utilizado para produzir mais aço, já que toda a área precisa parar, obrigatoriamente, 180 minutos. Porém, esse tempo

restante (36 minutos) passou a ser utilizado para a manutenção preventiva do equipamento, reduzindo sua quebra em mais de 10%.

3) **A redução de estoque** é gerada a partir da redução do tamanho dos lotes de produção. Neste caso, o acréscimo na disponibilidade do equipamento pode ser utilizado para aumentar a frequência das atividades de câmbio, permitindo campanhas de produção cada vez menores, reduzindo o tamanho dos lotes de produção.

Neste caso não foi evidenciada redução de estoque, pois o aço é produzido em um processo contínuo, dependendo, então, da disponibilidade de outros equipamentos. A carcaça do forno em nada influencia no tipo de aço fabricado, portanto não pode interferir na redução do lote de produção e consequentemente do estoque.

4) **A redução do lead-time de produção (redução do tempo de produção)** é consequência da redução do tamanho dos lotes de produção. Lotes menores permitem que o material flua ao longo da linha de forma contínua, eliminando-se perdas, como a perda por espera (do lote).

Como apresentado no tópico anterior, não houve redução de estoque e nem no tamanho do lote, por conseguinte, a aplicação da TRF não alterou o lead-time de produção.

5) **O aumento de produtividade** da equipe operacional se dá por vários motivos, dentre os quais podemos destacar:

- a) A eliminação de atividades desnecessárias (perdas);
- b) A melhoria na forma de execução das tarefas;
- c) As melhores condições de trabalho provindas do aperfeiçoamento das atividades de intervenção (ferramentas, método, balanceamento da carga de trabalho, dentre outras).
- d) A padronização das atividades.

Todos os itens citados acima foram alcançados com a aplicação da metodologia na troca da carcaça do Forno Elétrico.

6) **O aumento da taxa de utilização de equipamentos periféricos** (equipamentos de apoio como pontes rolantes, talhas, guindastes, compressores, entre outros) é possível através de

uma programação adequada do uso dos recursos, evitando a ociosidade ou disputa dos mesmos durante operações da intervenção que ocorram simultaneamente.

7) **A redução dos deslocamentos dos operadores e materiais** se dá a partir da medição e posterior análise da distância percorrida durante uma atividade de intervenção. As melhorias são propostas com a finalidade de eliminar tarefas desnecessárias e aproximar os recursos necessários.

A aplicação desta ferramenta aumentou também a motivação dos operadores, devido à redução dos riscos de acidentes, alcançada com a melhor alocação dos recursos em cada posto de trabalho.

Dessa forma, a partir da análise dos resultados, é notório o êxito da metodologia de TRF aplicada para a redução do tempo de *setup* para a troca da carcaça do forno em questão.

5. CONCLUSÃO

Neste capítulo serão apresentadas as considerações finais a respeito do trabalho, suas principais limitações e recomendações para futuros temas.

5.1 Considerações Finais

O objetivo principal deste trabalho foi evidenciar a aplicação da metodologia de Troca Rápida de Ferramentas na redução do tempo de *setup* em uma aciaria. Para isso foi feita uma introdução sobre o assunto, seguida da revisão bibliográfica, a caracterização do problema e o estudo de caso em si.

A base conceitual, apresentada no segundo capítulo, focalizou assuntos relacionados com a metodologia, desde sua criação até o momento atual, apontando os principais enfoques registrados na literatura. As informações adquiridas neste capítulo, relativas aos conceitos da ferramenta, deram suporte à realização do estudo de caso.

O capítulo seguinte, caracterização do problema, foi feita uma abordagem sobre o setor siderúrgico, com foco na situação atual do setor siderúrgico nacional e posteriormente foi realizada uma descrição genérica das etapas de produção da fabricação do aço, com o objetivo de conhecer sua sistemática de atuação e poder então relacionar o contexto com a ferramenta TRF.

O estudo de caso focou nas etapas de implementação da TRF utilizada na empresa e posterior análise dos resultados adquiridos em cada uma delas.

Diante destes fatos, é possível ser feita uma avaliação da eficácia da implantação desta metodologia, levando em consideração os objetivos deste trabalho.

Em primeiro lugar nesta avaliação destaca-se a importância do treinamento de todos os envolvidos nos conceitos e práticas da TRF. Esta etapa foi, sem dúvida, um diferencial para que os objetivos fossem alcançados. Além disso, o envolvimento de todos os operadores e o entendimento da liderança sobre a importância do trabalho também contribuíram fortemente para o seu sucesso.

Por fim, o balanceamento dos recursos e a padronização final da atividade, garantem que os resultados continuem sendo atingidos, apesar de mudanças ocorridas na liderança e nos operadores envolvidos na atividade, como se pode observar ainda hoje, proporcionando significantes benefícios à realização do *setup* do Forno Elétrico.

Com tudo que foi apresentado, é possível evidenciar que os esforços extras aplicados na implantação da ferramenta proporcionam resultados robustos e sistêmicos na redução dos tempos de intervenção dos equipamentos, permitindo assim uma melhoria contínua das atividades de *setup*.

Referindo-se a um único caso, contudo, este trabalho não possui base teórica ou prática para afirmar que a metodologia estudada tem aplicação satisfatória em outras situações.

Considerando-se todas as proposições, análises e resultados contidos neste trabalho, pode-se afirmar que os seus objetivos foram devidamente alcançados.

5.2 Dificuldades do Trabalho

A primeira dificuldade encontrada na implantação da TRF no Forno Elétrico foi convencer a alta gerência da importância do projeto e de que os gastos adicionais com ele seriam retornados rapidamente. Outro ponto importante foi o entendimento dos operadores das futuras vantagens que obteriam com a ferramenta, pois grande parte deles está na empresa há mais de dez anos e sempre fizeram a atividade da mesma maneira.

Depois de entendidas as vantagens e a importância da troca rápida, a necessidade de treinamento dos envolvidos tornou-se um empecilho, pois todos os operadores trabalham em regime de rodízio de horários, tornando inviável o treinamento de todos juntos. Para remediar este problema, precisaram ser disponibilizados vários horários diferentes para treinamento, para atingir todos os envolvidos.

Outra dificuldade encontrada foi a baixa frequência de ocorrência da intervenção, realizada uma vez a cada duas semanas. A possibilidade de testar diferentes seqüências para a realização das atividades ficou muito restrita por essa baixa frequência de intervenções, já que o projeto possuía um prazo pré-determinado para atingir seus objetivos.

Por último, o maior desafio é manter os resultados obtidos e melhorá-los continuamente. Para que isso seja possível, um dia antes de cada intervenção é feita uma reunião com todos que irão participar da troca, onde são determinados os recursos para cada atividade. Além disso, durante a intervenção existe sempre a participação do chefe do forno, que é o responsável por identificar os possíveis problemas de cada atividade e as diferenças entre o planejado e o executado para ser discutido posteriormente com todos.

5.3 Recomendações

Como objetivo final deste trabalho será proposto futuros temas que dêem seguimento ao estudo da metodologia e levem a resultados cada vez mais consistentes, além de aumentar a abrangência do campo de utilização da TRF:

- Aplicação da metodologia em empresas com características diferentes da abordada neste trabalho;
- Correlacionar a metodologia de Troca Rápida de Ferramentas com outras, como a Seis Sigma, por exemplo.

Espera-se que as sugestões acima apresentadas sejam capazes de despertar o interesse para futuras pesquisas acadêmicas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAMPOS, V. F. *Gerenciamento da Rotina do Trabalho do Dia-a-dia*. Nova Lima, MG: INDG Tecnologia e Serviços Ltda., 2003.

CAMPOS, V. F. *Gerenciamento pelas Diretrizes*. Nova Lima, MG: INDG Tecnologia e Serviços Ltda., 2004.

EMPRESA ESTUDO DE CASO *Qualidade - Ciclo PDCA*, 2006.

EMPRESA ESTUDO DE CASO *Manual de Implementação do TRF – Potencial de Ganho*, 2007.

EMPRESA ESTUDO DE CASO *Qualidade - Troca Rápida de Ferramentas TRF*, 2008.

EMPRESA ESTUDO DE CASO *Aciaria – Metalurgia Aplicada ao Forno-Panela*, 2001.

HARMON, R. L.; PETERSON, L. D. *Reinventando a fábrica: conceitos modernos de produtividade aplicados na prática*. Rio de Janeiro: Campus, 1991.

HIRANO, H. *JIT Implementation Manual: The Complete Guide to Just-In-Time Manufacturing*. Productivity Press. USA, Oregon, 1990.

IBS – Instituto Brasileiro de Siderurgia

Disponível em: <http://www.ibs.org.br/>

Acesso em: 05 de abril de 2008.

Lean Institute Brasil

Disponível em: <http://www.lean.org.br/>

Acesso em 17 de abril de 2008.

LIKER, J. K. *O Modelo Toyota: 14 Princípios da Gestão do Maior Fabricante do Mundo*. Porto Alegre: Bookman, 2005.

MONDEN, Y. *Produção sem Estoques: Uma Abordagem Prática ao Sistema de Produção da Toyota*. São Paulo, IMAM, 1984.

OHNO, T. *O Sistema Toyota de Produção: Além da Produção em Larga Escala*. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.

SHINGO, S. *Quick Changeover for Operators – The SMED System* Productivity Press. USA, Oregon, 1996.

SHINGO, S. *Sistema de Troca Rápida de Ferramenta: uma Revolução nos Sistemas Produtivos*. Tradução de Eduardo Schaan e Cristina Schumacher. Porto Alegre: Bookmann, 2000.

WOMACK, J. P.; JONES, D.T. *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in your Corporation*. New York: Simon & Schuster, 1996.