

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ

**Bruna Juliana Pereira
Stella Benedito de Oliveira Silva**

**REDUÇÃO DO CONSUMO DE GÁS EM FORNOS DE
TRATAMENTO TÉRMICO**

**Taubaté – SP
2017**

**Bruna Juliana Pereira
Stella Benedito de Oliveira Silva**

**REDUÇÃO DO CONSUMO DE GÁS EM FORNOS DE
TRATAMENTO TÉRMICO**

Trabalho de Graduação apresentado para
obtenção do Título de Bacharel em
Engenharia de Produção Mecânica do
Departamento de Engenharia Mecânica da
Universidade de Taubaté.

Orientador: Prof. Me. Júlio Malva Filho

Co-orientador: Prof. Me. Ivair Alves dos
Santos

Taubaté – SP

2017

**Ficha Catalográfica elaborada pelo SIBi – Sistema Integrado
de Bibliotecas / UNITAU - Biblioteca das Engenharias**

P436r Pereira, Bruna Juliana
 Redução do consumo de gás em fornos de tratamento
 térmico. / Bruna Juliana Pereira, Stella Benedito de Oliveira
 Silva. - 2017.

 32f. : il; 30 cm.

 Monografia (Graduação em Engenharia de Produção
 Mecânica) – Universidade de Taubaté. Departamento de
 Engenharia Mecânica e Elétrica, 2017
 Orientador: Prof. Me. Julio Malva Filho
 Coorientador: Prof. Me Ivair Alves dos Santos,
 Departamento de Engenharia Mecânica e Elétrica.

 1. Qualidade. 2. Produto. 3. Redução. I. Título.

Bruna Juliana Pereira
Stella Benedito de Oliveira Silva

REDUÇÃO DO CONSUMO DE GÁS EM FORNOS DE TRATAMENTO TÉRMICO

Trabalho de Graduação apresentado para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Produção Mecânica do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Taubaté.

Data: 27/11/2017

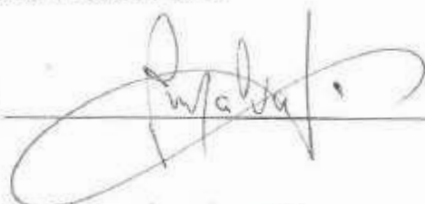
Resultado: Aprovado

BANCA EXAMINADORA

Prof. Me. Júlio Malva Filho

Universidade de Taubaté

Assinatura:



Prof. Me. Ivair Alves dos Santos

Universidade de Taubaté

Assinatura:



AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradecemos aos Professores Ivair Alves dos Santos e Júlio Malva Filho, pela prezada orientação, auxílio e compreensão neste trabalho.

Aos professores da Universidade de Taubaté pelos nobres conhecimentos e experiências repassados a nós.

Agradecemos a Deus por mais esta conquista em nossas vidas, e por estar conosco nos momentos mais difíceis.

Aos nossos familiares, por todo incentivo e apoio para finalizar essa graduação, e principalmente por respeitarem os momentos em que estivemos ausentes para nos dedicar à faculdade.

A Universidade de Taubaté, pela estrutura fornecida e pelos conhecimentos transmitidos através de um corpo docente extremamente competente, fundamentais para a conclusão dessa etapa.

A todos que em algum momento estiveram ao nosso lado, apoiando e nos incentivando.

Agradecemos a Deus!

“Não confunda derrotas com fracasso e nem vitórias com sucesso. Na vida de um campeão sempre haverá algumas derrotas, assim como na vida de um perdedor sempre haverá vitórias. A diferença é que, enquanto campeões crescem nas derrotas, os perdedores se acomodam nas vitórias”.

(Roberto Shinyashiki.)

RESUMO

Essa monografia tem como objetivo mostrar a redução do consumo de gás em fornos de tratamento térmico visando diminuir o custo final do produto e melhorar as propriedades mecânicas do produto. Com o diagrama de Ishikawa, que é uma ferramenta gráfica utilizada pela Administração para o gerenciamento e o Controle da Qualidade em diversos processos, e também é conhecido como "Diagrama de Causa e Efeito", "Diagrama Espinha-de-peixe" ou "Diagrama 6M". O Diagrama foi originalmente proposto pelo engenheiro químico Kaoru Ishikawa, no ano de 1943, e foi aperfeiçoado nos anos seguintes. Na sua estrutura, são classificados em seis tipos diferentes sendo: método, matéria-prima, mão-de-obra, máquinas, medição e meio ambiente. Esse sistema permite estruturar hierarquicamente as causas potenciais de um determinado problema ou também uma oportunidade de melhoria, assim como seus efeitos sobre a qualidade dos produtos. O Diagrama de Ishikawa é uma das ferramentas mais eficazes e mais utilizadas nas ações de melhoria e controle de qualidade nas organizações, permitindo agrupar e visualizar as várias causas que estão na origem qualquer problema ou de um resultado que se pretende melhorar. Geralmente, esses diagramas são feitos por grupos de trabalho e envolvem todos os agentes do processo em análise. Depois de identificar qual o problema ou efeito a ser estudado, é feita uma lista das possíveis causas e depois faz-se o diagrama de causa e efeito.

Palavras-chave: Qualidade; Produto; Redução.

ABSTRACT

The objective of this monograph is to show how to reduce the consumption of gas in thermal ovens to reduce the final cost of the product and improve the mechanical properties of the product. Using the Ishikawa diagram which is a graphical tool used by the Administration for management and quality control in various processes, also known as "Cause and Effect Diagram," "Fishbone Diagram," or "6M Diagram." The diagram was originally proposed by chemical engineer Kaoru Ishikawa in 1943 and it was improved in the following years.

There are six different types of classification in this structure: method, raw material, labor, machines, measurement and environment. This system allows the hierarchical structure identify a potential cause, an opportunity for improvement, or effects on product quality. The Ishikawa Diagram is one of the most effective and most used tools in the improvement and control quality in companies, allowing to group and visualize the various causes that are the origin of the structure or a result that is intended to improve.

Generally, these diagrams are made by working groups and involve all the agents of the process under analysis. After identifying what type of structure it is or effect will be studied, a list of possible causes is made and then the cause and effect diagram is made.

Keywords: Quality; Product; Reduce.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Cilindro de aço	10
Figura 2- Cilindro VHCR em tratamento no forno a gás.....	19
Figura 3- Espinha de peixe com o Brainstorming dos problemas encontrados.....	25
Figura 4- Planilha de pré-uso para verificação das condições dos fornos a gás.....	26
Figura 5- Planilha de acompanhamento de produção dos cilindros.	27

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1- Gráfico do tratamento de alívio em cilindros de ferro.	15
Gráfico 2- Gráfico de Tratamento de normalização em cilindro VHCR	18
Gráfico 3- Gráfico do tratamento de Recozimento em Cilindros VHSS.....	20
Gráfico 4- Tratamento de Revenimento em cilindros VHCR	21
Gráfico 5- Consumo de Gás Natural	28

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	10
1.1. Objetivo.....	10
1.2. Objetivo Geral.....	11
1.3. Objetivo Específico.....	11
1.4. Justificativa.....	12
1.5. Organização do Trabalho.....	12
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	13
2.1. Surgimento do processo de Tratamento Térmico.....	13
2.2. A importância e os tipos de Tratamentos Térmicos.....	14
2.2.1. Alívio de Tensão.....	15
2.2.2. Austêmpera.....	16
2.2.3. Esferoidização.....	16
2.2.4. Martêmpera.....	17
2.2.5. Normalização.....	17
2.2.6. Recozimento.....	19
2.2.7. Revenimento.....	20
2.2.8. Solubilização.....	21
2.2.9. Têmpera.....	22
2.3. Tipos de fornos de tratamento térmico.....	22
2.4. Mercado Siderúrgico no Brasil.....	23
3. METODOLOGIA.....	24
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	28
5. CONCLUSÕES.....	30
REFERÊNCIAS.....	31

1. INTRODUÇÃO

Este estudo visa analisar a redução do consumo de gás em fornos de tratamento térmico de uma indústria Siderúrgica que fabrica Cilindros de laminação nos seguintes materiais: Ferro (Ci) e Aço (Vhss).

Os estudos foram direcionados para indicadores que permitem a análise estatística de redução de consumo de gás se tratando de produção.

Em função da crescente evolução tecnológica e dos níveis de produção necessitados pelo mercado, a importância da redução do consumo seja ela de gás ou de qualquer outro item que seja diretamente ligado ao produto, vem sendo cada vez mais exigida pelas Empresas. O item referenciado “gás” no qual será estudado neste trabalho de conclusão de curso, tem seu custo agregado diretamente ligado ao custo final do produto, portanto, com a alta competitividade e o aumento das indústrias Siderúrgicas, se faz necessário se tornar cada vez mais competitivo.

Figura 1 - Cilindro de aço



Fonte: Próprio autor.

1.1. Objetivo

Com este trabalho de Conclusão da Graduação buscamos dois objetivos:

Aplicação da ferramenta Ishikawa, com o intuito de visualizar e corrigir falhas e propor ações de melhorias para aumentar a qualidade e redução de custos de tratamento térmico.

1.2. Objetivo Geral

Objetivo geral do presente estudo é avaliar o consumo de gás nos setores que muito exigem deste insumo da empresa Gerdau SA. Este programa teve por objetivo reduzir de 20 a 30% o consumo de Gás em fornos de Tratamento Térmico.

1.3. Objetivo Específico

Para um resultado satisfatório devemos ter boas coletas de dados, só assim vamos ter resultados mais próximos do real, resultando em uma boa aplicação dos indicadores. Assim podemos melhorar diversos aspectos e contribuir para a satisfação de outras expectativas como:

- Maior disponibilidade e confiabilidade dos equipamentos;
- Melhor custo/ benefício;
- Maior segurança;
- Melhor qualidade dos produtos e serviços;
- Condições físicas dos fornos

1.4. Justificativa

Com a necessidade de reduzir o custo associado ao produto final “Cilindro”, verificou-se que o consumo de gás deveria ser estudado, pois quando desdobrado o processo de Fundição a etapa que trata os cilindros é a segunda com preço mais elevado do processo.

1.5. Organização do Trabalho

O projeto está organizado nas seguintes partes:

- No primeiro capítulo apresenta-se a introdução, os objetivos, a delimitação e a organização desta monografia;
- No segundo capítulo é feita uma revisão de literatura sobre o caso estudado.

2. REVISÃO DA LITERATURA

Neste capítulo será discutido o surgimento do Tratamento Térmico na Indústria Siderúrgica e a necessidade de implantação de seus indicadores.

2.1. Surgimento do processo de Tratamento Térmico

Segundo o Chiaverini, V. (2005), é bastante antiga a preocupação do homem em obter metais resistentes e de qualidade. O imperador romano Júlio César já afirmava no ano 55 a.C., que os guerreiros bretões se defrontavam com o problema de suas armas entortarem após determinado tempo de uso. Isso os obrigava a interromper as lutas para consertar suas armas de ferro. Os romanos, por sua vez, já haviam descoberto que o ferro se tornava mais duro quando aquecido durante longo tempo num leito de carvão vegetal e resfriado, em seguida, em salmoura.

Esse procedimento pode ser considerado a primeira forma de tratamento térmico, pois permitia a fabricação de armas mais duras e mais resistentes. Entretanto, foram necessários muitos anos para o homem aprender a lidar de modo mais eficiente com o calor e com os processos de resfriamento, para fazer tratamento térmico mais adequado dos metais (CHIAVERINI, V. 2005).

De modo geral, consiste em aquecer e resfriar uma peça de metal para que ela atinja as propriedades desejadas do produto, como dureza, elasticidade, ductilidade, resistência à tração, que são as chamadas propriedades mecânicas do metal. A peça adquire essas propriedades sem que se modifique o estado físico do metal (CHIAVERINI, V. 2005).

2.2. A importância e os tipos de Tratamentos Térmicos

Segundo Colpaert, H. (1996) o conjunto de operações de aquecem e resfriamos aços que são submetidos sob condições controladas de temperatura, tempo, atmosfera e velocidade de resfriamento, com o objetivo de alterar as suas propriedades mecânicas ou conferir-lhes características determinados.

De acordo com Colpaert, H. (1996) as propriedades dos aços dependem, em princípio, da sua estrutura. Os tratamentos térmicos modificam, em maior ou menor escala, a estrutura dos aços, resultando, em consequência na alteração mais ou menos pronunciada, de suas propriedades. Cada uma das estruturas obtidas apresenta suas características próprias, que se transferem ao aço, conforme a estrutura ou combinação de estrutura ou combinação de estruturas presentes.

Segundo Colpaert, H. (1996) o ciclo de aquecimento e resfriamento realizado nos metais com o objetivo de alterar as suas propriedades físicas e mecânicas, sem mudar a forma do produto. Pode acontecer inadvertidamente, como efeito colateral de um processo de fabricação que cause aquecimento ou resfriamento no metal, como nos casos de soldagem e de forjamento.

Segundo o Colpaert, H. (1996), seguem os tipos de Tratamento Térmico:

- Alívio de Tensão;
- Austêmpera;
- Esferoidização;
- Martêmpera;
- Normalização;
- Recozimento
- Revenimento;
- Solubilização;
- Têmpera;

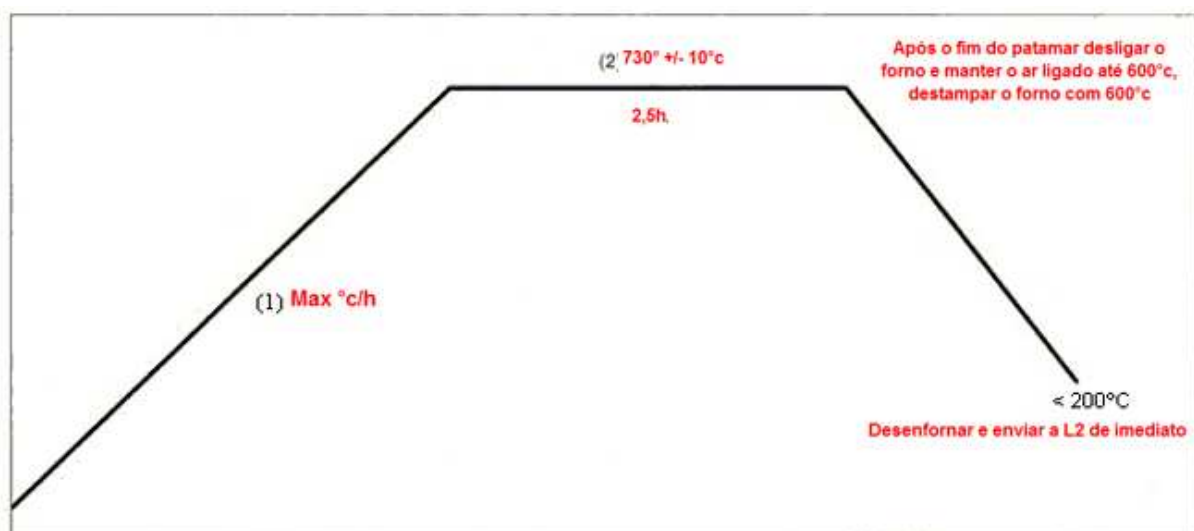
2.2.1. Alívio de Tensão

Segundo Pradhan, R. (1994) o tratamento de alívio é um processo que tem como objetivo obter um rearranjo nas discordâncias causadas por algum processo anterior. Exemplos- soldas, usinagem, processos que causam modificações na microestrutura do aço, que rompem o equilíbrio das macro tensões de natureza elástica. Que pode a peça empenar, torcer ou até trincar.

Processo: De acordo com Pradhan, R. (1994) no alívio, o processo acontece na fase inicial do recozimento. A temperatura se dá entre 600°C e 680°C, e deve ter um resfriamento devagar. Alguns processos, como normalização e revenimento podem dar alívio de tensão no aço, são usados em casos cuja microestrutura foi modificada por outros processos diferentes dos mencionados.

Resultados: Conforme Pradhan, R. (1994) este processo não altera os defeitos do produto, mas as mudanças na microestrutura levam a uma condição de melhor estabilidade, por aumento da ductilidade e dureza.

Gráfico 1- Gráfico do tratamento de alívio em cilindros de ferro.



Fonte: Equipe EPP (Engenharia de Produto e Processo) Gerdau

2.2.2. Austêmpera

Segundo Honeycombe R. W. K. (1992) Austêmpera é uma forma de têmpera indicada para aços de alto teor de C (Carbono), obtendo-se ao final do processo um material com dureza mais baixa do que a da martensita, denominado bainita.

O material é aquecido acima da zona crítica, assumindo a fase de austenita, e depois resfriado em duas etapas. A primeira etapa é um resfriamento acelerado a uma temperatura ligeiramente acima da temperatura da mudança de fase da martensita, austenita (normalmente o material é mergulhado em sal fundido). O material permanece nesta temperatura pelo tempo necessário a completar a mudança de fase austenita, bainita. Depois é resfriado até a temperatura ambiente (HONEYCOMBE R. W. K.1992).

Aços austemperados tem, como característica, a associação de elevada dureza com uma maior tenacidade, quando comparados com os aços temperados e revenidos. A austêmpera é frequentemente aplicada em anéis elásticos, pinos elásticos, alguns tipos de molas e peças pequenas, que necessitem de boa tenacidade (HONEYCOMBE R. W. K.1992).

2.2.3. Esferoidização

Segundo Thelning, K. E. (1984) esferoidização é um tratamento térmico para o aço, visando dar forma esférica a um dos tipos de grãos que formam o aço, os de uma fase denominada cementita. É um tipo de tratamento indicado para aços de alto teor de Carbono (contém mais cementita). O tratamento reduz significativamente a dureza de aços de alto teor de C (Carbono), aumentando sua usinabilidade.

De acordo com Thelning, K. E. (1984) um dos processos para a esferoidização consiste em submeter a peça a diversos ciclos de aquecimento e resfriamento entre temperaturas acima e abaixo do limite inferior da zona crítica (mudança de fase perlita

↔ austenita). Outra forma possível é manter o material por longo tempo em uma temperatura imediatamente inferior à da zona crítica, seguido inicialmente por resfriamento lento por algum tempo e depois por resfriamento rápido. De uma forma geral, é considerado um tratamento longo e caro.

2.2.4. Martêmpera

Segundo Honeycombe R. W. K. (1992) Martêmpera, ou têmpera interrompida, é indicada para aços de alta liga, obtendo-se ao final do processo aço em fase de martensita com uniformidade de grãos.

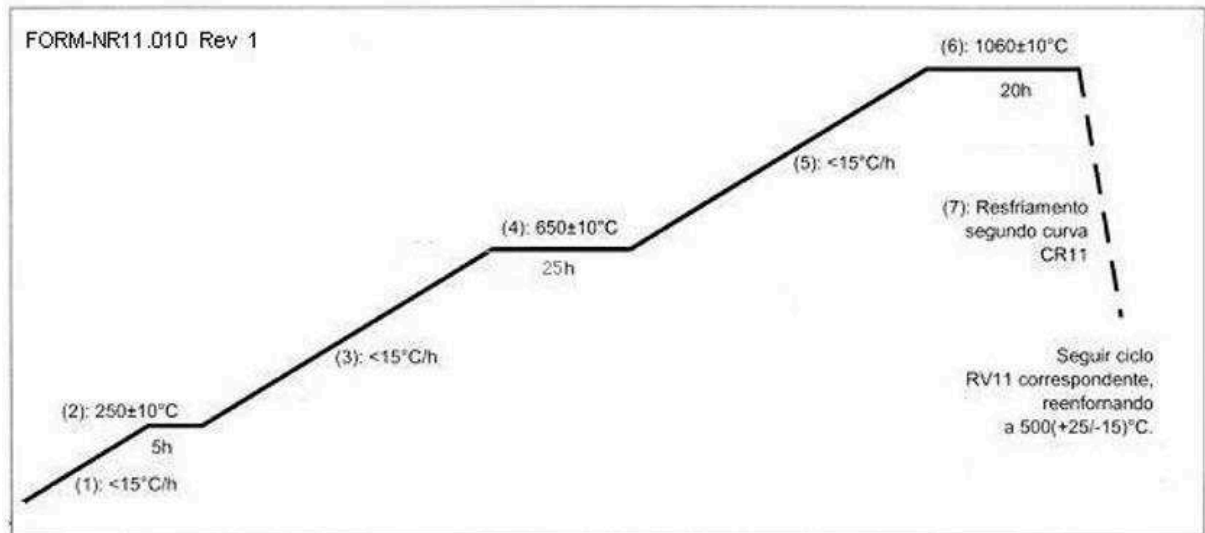
De acordo com Honeycombe R. W. K. (1992) o material é aquecido acima da zona crítica, assumindo a fase de austenita, e depois resfriado em duas etapas. A primeira etapa é um resfriamento acelerado, ligeiramente acima da temperatura do início da mudança de fase martensita ↔ austenita (normalmente o material é mergulhado em sal fundido). Depois de um curto intervalo (da ordem de segundos) para obter a homogeneização de temperatura, o material é deixado resfriar no ar calmo antes de se proceder ao revenido. Após a martêmpera (como qualquer têmpera, exceto a austêmpera), o aço deve ser revenido.

2.2.5. Normalização

Segundo Repas, P. E. 1988 a normalização é o processo que tem como objetivo diminuir a granulação do aço, que refina a estrutura do aço, dando propriedades melhores que as conseguidas no processo de recozimento. Esse processo pode ser feito no final ou pode ser um processo intermediário. O processo de Normalização é feito em duas partes, o aquecimento que o tempo depende da espessura da peça em atmosfera controlada e resfriamento ao ar. É feito o

aquecimento (austenização) a mais ou menos 900°C e o resfriamento é até 600°C. Na alteração de temperatura, a estrutura passa de austenitapara perlita e ferrita. O processo de Normalização facilita a usinagem da peça.

Gráfico 2- Gráfico de Tratamento de normalização em cilindro VHCR



Fonte: Equipe EPP (Engenharia de Produto e Processo) Gerdau.

Figura 2- Cilindro VHCR em tratamento no forno a gás



Fonte: Próprio autor.

2.2.6. Reozimento

Segundo Krauss, G. (1996), o recozimento tem a finalidade de remover tensões a frio ou a quente, diminuir a dureza para melhorar a usinabilidade, alterar as

propriedades, ductilidade ou normalizar materiais com tensões internas resultantes da fundição.

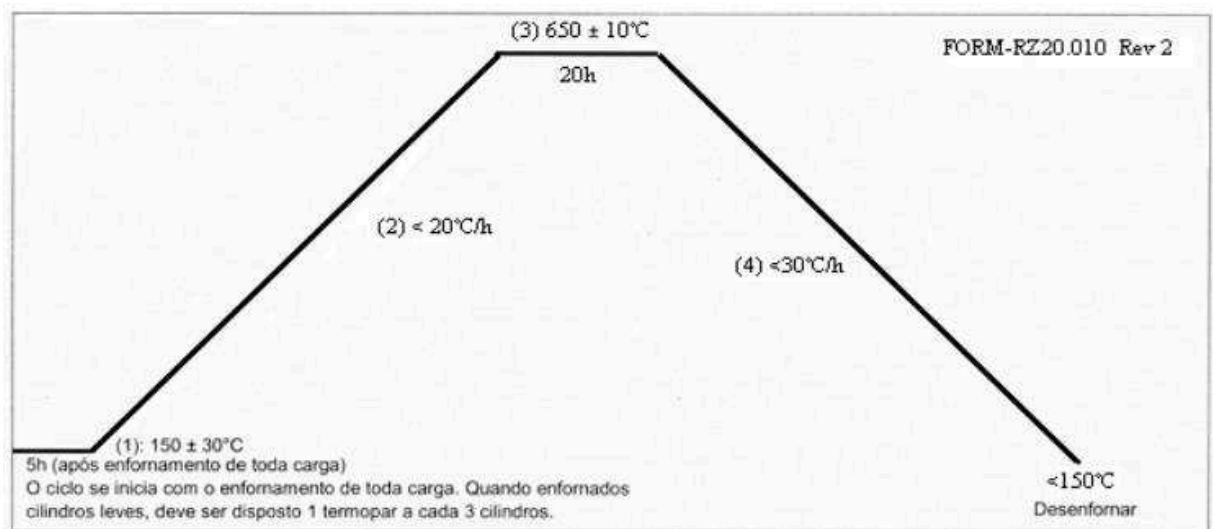
Segundo Krauss, G. (1996), temos as seguintes fases no recozimento:

1º - aquecimento (gera tensões residuais), temperaturas entre 500°C e 900°C

2º- manutenção da temperatura

3º - resfriamento (também gera tensões residuais), deve ser feito mais lento quanto maior for à porcentagem de carbono do aço.

Gráfico 3- Gráfico do tratamento de Recozimento em Cilindros VHSS



Fonte: Equipe EPP (Engenharia de Produto e Processo) Gerdau.

2.2.7. Revenimento

Resfriamento rápido objetivando o aumento da dureza (martensita), da resistência ao desgaste e da resistência a tração + aumento de ductilidade e tenacidade (revenimento). Meio de resfriamento: ar forçado (ventiladores).

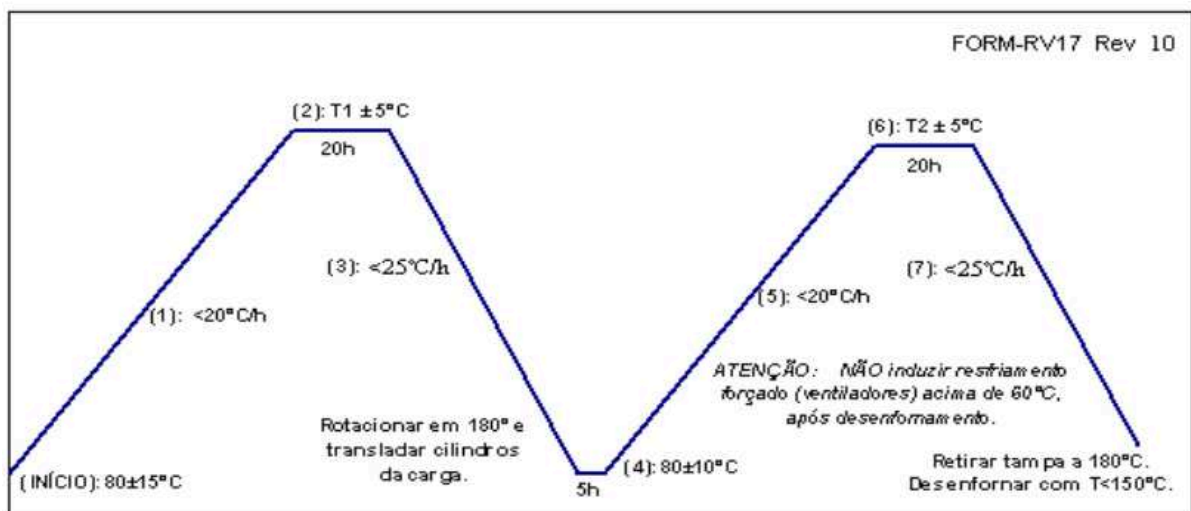
Suas fases são:

1ª Aquecimento: Controla-se a temperatura com pirômetro. A medida que a temperatura do revenimento aumenta a cor da peça também se altera, sendo chamadas de cores de revenimento.

2ª Manutenção: Temperatura – Possível quando o aquecimento é feito em fornos.

3ª Resfriamento: que pode ser rápido quando se utiliza o método de mergulhar a peça no óleo ou na água, ou também um resfriamento lento deixando o produto resfriar naturalmente.

Gráfico 4- Tratamento de Revenimento em cilindros VHCR



Fonte: Equipe EPP (Engenharia de Produto e Processo) Gerdau.

2.2.8. Solubilização

Segundo Whitelaw, M.A.; Harden, T.J.; Helyar, K.R. (1999) a solubilização é determinada por aquecer o produto a uma temperatura tão alta que se aproxima ao ponto de fusão do material. Este tratamento é fundamental quando deseja-se obter o endurecimento por precipitação, que pode ser conhecido como endurecimento por envelhecimento.

Quando ocorre o resfriamento acelerado na água, permanece à temperatura ambiente a uma solução sólida. Seguidamente a manutenção do material à temperatura ambiente ou a temperatura mais alta, gera à formação de precipitados endurecedores. No envelhecimento natural a cinética de precipitação é mais lenta do que no envelhecimento artificial, no qual o controle do tempo e da temperatura permite

obter valores de dureza mais alto. (WHITELAW, M.A.; HARDEN, T.J.; HELYAR, K.R.1999).

2.2.9. Têmpera

O objetivo deste tratamento é de se obter a martensita, com isso aumentando a dureza dos produtos. É aplicável aos aços com percentual maior ou igual a 0,4% de carbono.

1ª Aquecimento: que por sua vez tem a finalidade de organizar os cristais do metal, em uma fase conhecida como Austenitização.

2ª Manutenção: Atingida a temperatura desejada deve-se manter por algum tempo a fim de uniformizar o aquecimento em toda a peça.

3ª Resfriamento: a tempera é conhecido como um dos tratamentos mais bruscos e o mesmo visa obter a estrutura da martensita.

2.3. Tipos de fornos de tratamento térmico

Verhoeven J.D. (2000) os fornos utilizados para o produto em questão são fornos elétricos e fornos a gás que podemos definir como:

- Forno elétrico com um revestimento desenvolvido especialmente para conferir ao equipamento um isolamento térmico de refratário, o forno elétrico reduz as perdas de calor e melhora a potência e a eficiência do equipamento, que ainda conta com um painel de comando com a distribuição dos termopares na câmara de aquecimento para proporcionar um perfeito monitoramento e controle da temperatura interna da câmara do forno e as desvantagens deste forno neste cenário é que o tamanho dele é menor que de um forno a gás e o mesmo não executa todos os tipos

de tratamento devido sua limitação de atingir temperaturas acima de 600°C, como os tratamentos de Normalização e Recozimento que são utilizados neste processo.

- Forno a Gás para tratamento térmico são: recozimento, têmpera, alívio de tensão, revenimento, normalização, entre outros, pois este tipo de equipamento é desenvolvido para atender aos mais variados processos de tratamento térmico devido atingir temperatura até 1100°C, oferece também segurança na operação e no processo produtivo. Desvantagem é que o custo para se tratar uma peça em um forno a gás é mais caro que uma peça em um forno elétrico. Vantagem que os fornos a gás possuem capacidades de tratar peças de tamanhos maiores e os tipos de Tratamentos térmico para estes fornos são mais abrangentes devido a capacidade de temperatura.

2.4. Mercado Siderúrgico no Brasil

Segundo Nogueira (2013), o Brasil é o 9º maior produtor de aço no mundo, o que coloca em uma posição estratégica no cenário mundial. Em 2012, foram produzidos cerca de 34,5 milhões de toneladas de aço, e o setor foi responsável por 4% do PIB do país. Em 2011 a indústria do aço respondeu por 12,9% do superávit da balança comercial brasileira, ou US\$ 3,8 bilhões, recuperando-se de um saldo de apenas US\$ 337,1 milhões no ano anterior.

No Brasil o parque produtor de aço está instalado em 10 estados. Entre eles, destacam-se o da região Sudeste, que respondem por 94% do aço produzido no país e apresentam a maior concentração das empresas que atuam no setor.

O Brasil exporta aço para cerca de 100 países. Seu maior concorrente é a China, líder mundial de aço, com uma produção equivalente a 46,3% do aço consumido no mundo.

3. METODOLOGIA

Conforme cita Marconi e Lakatos (2000) a metodologia é a explicação clara, objetiva, rigorosa e concreta de todo trabalho realizado no método do trabalho de pesquisa. É a explicação do tipo de estudo, das ferramentas utilizadas, do tempo previsto, das formas de tabulação e tratamento dos dados, enfim, de tudo aquilo que se aplicou no trabalho de pesquisa.

É importante analisar a maneira de como a ferramenta Ishikawa (Diagrama de causa e efeito) aplicada de maneira correta seu objetivo é alcançado. Também podemos aplica-la em um ambiente fabril de uma Indústria Siderúrgica, sendo utilizada esta ferramenta como método para reduzir o consumo de gás em fornos de Tratamento térmico. Nesse cenário a ferramenta visou a garantia de qualidade dos produtos e redução de custos.

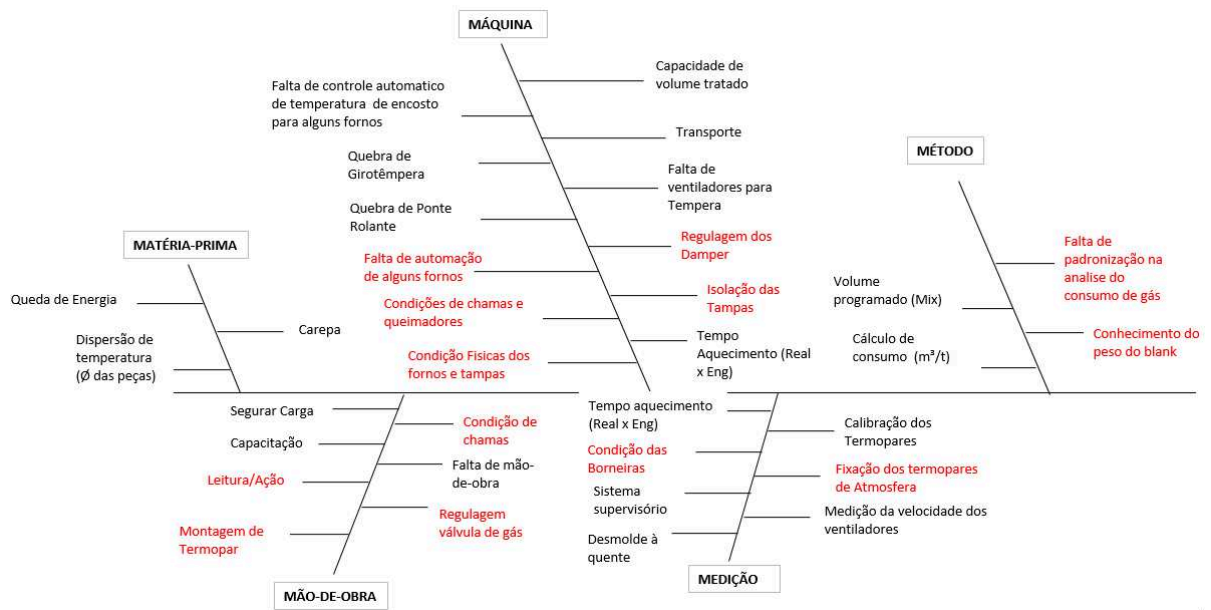
O que por sua vez gerará um ciclo de melhoria contínua e através da análise cuidadosa dessa filosofia que podemos entender como transformar essa ferramenta muito utilizada nas empresas de grande porte e uma ferramenta que atenda às necessidades de empresas menores sem perder o seu valor e sua eficiência quando o assunto é melhoria na qualidade dos processos e produtos, permitindo comunicação e direção da sua organização para aumentar sua eficiência e eficácia pela identificação, compreensão e gestão de processos inter-relacionados de um sistema que são projetados para atender a determinados objetivos.

Por fim, os resultados e conclusões obtidos no final desse trabalho são de pura análise conceitual e podem sofrer divergências e pequenos desvios no momento de sua aplicação prática.

Para que o Ishikawa fosse utilizado da melhor maneira foi realizado Brainstorming para discutir os aspectos relevantes e irrelevantes para o projeto e observaram-se as seguintes situações: Condições de fornos, Rampa de aquecimento (Tempo de Carga), Cheque do cálculo do consumo de gás, Cargas Tratadas (\emptyset de cilindro em mesma carga muito diferente), Retratamento Térmico, custo do tratamento nos fornos elétricos e nos fornos a gás, Falta de ventiladores para realizar têmpera simultaneamente (carga fica segurando no forno esperando o transporte dos

ventiladores), Capacitação/Padronização, Falta de capacitação entre outros aspectos conforme figura abaixo:

Figura 3- Espinha de peixe com o Brainstorming dos problemas encontrados



Fonte: Próprio autor

Constatou-se que os principais problemas encontrados e que estavam impactando no consumo eram os itens destacados em vermelho e estes por sua vez são os itens que foi necessária priorização.

Uma das maneiras sugeridas foi a criação de um *check list* que serviria como um *poka-yoke* para verificar estes principais itens, conforme planilha abaixo:

Figura 4- Planilha de pré-uso para verificação das condições dos fornos a gás

Carga:		Tampa:		Dia:		Hora:		Operador:	
CHECK LIST DE PRE USO DOS FORNOS Á GÁS									
Item	Queimadores	Chama Longa	Chama Curta	Itens de verificação			Conforme	Não Confor	Ação
1	Q1	(A) (B) (C) (D) (E) (F)	(A) (B) (C) (D) (E) (F)	1	Módulos do forno e tampa em boas condições*?				④
	Q2	(A) (B) (C) (D) (E) (F)	(A) (B) (C) (D) (E) (F)	2	Todos os queimadores do forno estão ligando*?				①
	Q3	(A) (B) (C) (D) (E) (F)	(A) (B) (C) (D) (E) (F)	3	Existem objetos (ex: tijolo refratário, manta, etc) obstruindo os queimadores?				②
	Q4	(A) (B) (C) (D) (E) (F)	(A) (B) (C) (D) (E) (F)	4	O interior do forno está limpo*?				②
	Q5	(A) (B) (C) (D) (E) (F)	(A) (B) (C) (D) (E) (F)	5	A borda do forno está isolada*?				④
	Q6	(A) (B) (C) (D) (E) (F)	(A) (B) (C) (D) (E) (F)	6	A soleira está com piso nivelado para posicionamento do cavalete e calçamento de pescoço*?				②
	Q7	(A) (B) (C) (D) (E) (F)	(A) (B) (C) (D) (E) (F)	7	As borneiras termopares estão em boas condições*?				③
	Q8	(A) (B) (C) (D) (E) (F)	(A) (B) (C) (D) (E) (F)	8	A pressão de gás natural na entrada do rack está em 4Kgf/cm ² ± 0.2Kgf/cm ² ?				③
	Q9	(A) (B) (C) (D) (E) (F)	(A) (B) (C) (D) (E) (F)	9	A pressão de serviço de gás natural está entre 90mBar e 100mBar?				③
	Q11	(A) (B) (C) (D) (E) (F)	(A) (B) (C) (D) (E) (F)	10	Nível de detecção igual ou acima de 3 nos programadores de chama ESA?				③
	Q12	(A) (B) (C) (D) (E) (F)	(A) (B) (C) (D) (E) (F)						

* O padrão da melhor condição (conformidade) dos itens 1, 2, 4, 5, 6 e 7 está mostrado nas fotos do banner

LEGENDA	
A	Conforme
B	Chama Longa está curta
C	Chama Curta está longa
D	Chama irregular (morta)
E	Não acende
F	Status de campo não condiz com Painel
①	Não ligar o forno. Acionar a Instrumentação.
②	Realizar limpeza do forno, antes de ligá-lo
③	Ligar o forno. Solicitar reparo à Instrumentação.
④	Ligar o forno. Solicitar ao Facilitador que agende reparo refratário do forno.

Ação tomada			
Item	Ocorrência	Provável causa	Ação

Fonte: Equipe EPP (Engenharia de Produto e Processo) Gerdau

Uma outra maneira de ajudar a reduzir este consumo foi a utilização de uma planilha de controle de todos os cilindros que possuem algum tipo de tratamento térmico. Com esta planilha foi possível identificar as ligas que tinham o maior consumo de gás e atacar na causa para a redução:

Figura 5- Planilha de acompanhamento de produção dos cilindros.

TÍTULO: Controle de produção dos fornos de tratamento térmico de Cilindros Fundidos							Página: 1 de 1								
(Assinale com um X o mês em andamento)		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>										(Escreva o número do forno)		<input type="text"/>	
Carga (sequencial)	Ciclo ToTo (AS4,NR17,RV20...)	Início e término do ciclo:				ReToTo?	Material	Peso (kg)	Consumo (Cavalete)	Total horas trabalhadas	Número dos cilindros pesados				
		Início		Fim											
		Data (DD/MM/AA)	Hora/Minuto	Data (DD/MM/AA)	Hora/Minuto										

Fonte: Equipe EPP (Engenharia de Produto e Processo) Gerdau

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

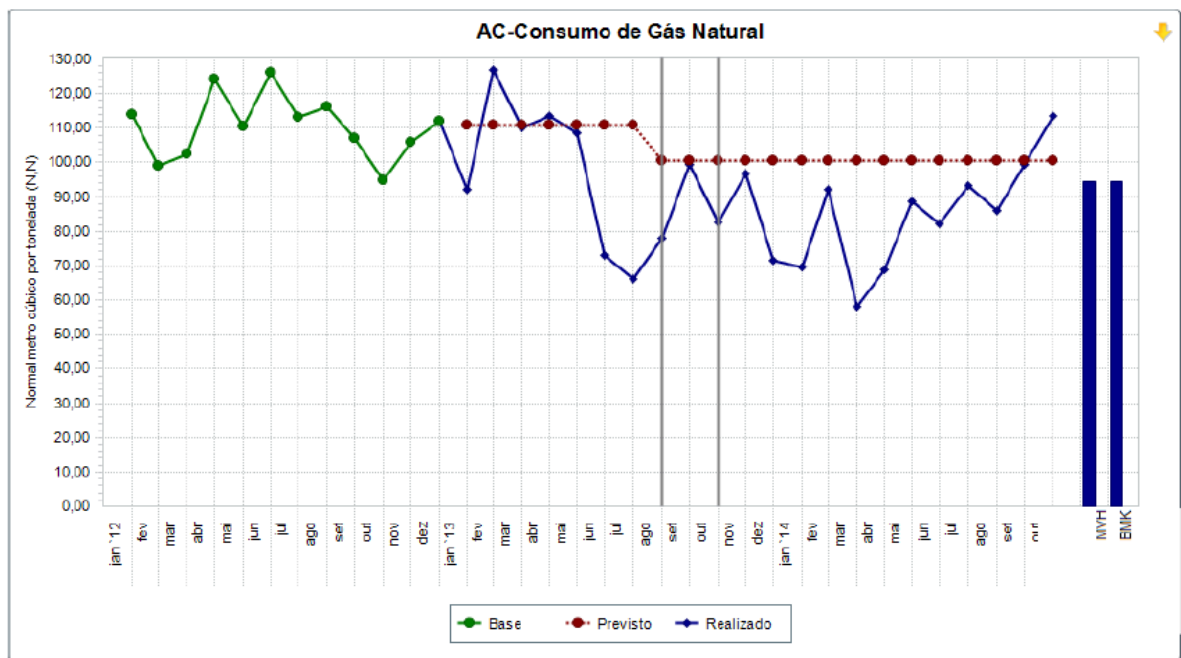
No início do projeto foi estimado uma redução de consumo de gás de R\$ 111,00 reais por tonelada, porém, com as melhorias realizadas foi possível obter uma redução no valor de R\$ 86,70 reais por tonelada.

Investiu-se o valor de R\$ 23.365,00, que foi diluído no custo de 0,67 mês em tempo de amortização, ou seja, não impactou nem em um mês completo.

Analisando os valores acima em um período de 12 meses o total de ganho considerando o indicador do projeto que é Reais/tonelada, ficou no valor de R\$ 418.876,00.

O gráfico abaixo foi elaborado para apresentar os resultados deste trabalho de maneira visual. O mesmo representa no eixo x os anos/meses de acompanhamento e o eixo y uma escala próxima a meta estipulada.

Gráfico 5- Consumo de Gás Natural



Fonte: Equipe EPP (Engenharia de Produto e Processo) Gerdau

Para a realização desta pesquisa foi utilizado o método de Ishikawa. Foi realizado um *brainstorming* e preenchido a ferramenta. A importância da mesma neste trabalho foi fundamental para identificar onde estavam as principais falhas que ocasionavam o aumento no consumo de gás.

5. CONCLUSÕES

Depois de pesquisar em diversas fontes sobre os tratamentos térmicos disponíveis, vimos que esses processos são imprescindíveis nos usos modernos dos metais e que há uma variedade gigantesca de tratamentos que podem ser escolhidos de acordo com as propriedades do material e do resultado desejado (além da normatização envolvida), por isso, o trabalho foi esclarecedor no âmbito de nos informar que esses processos existem, fazendo com que compreendêssemos, melhor, assim, maneiras de agregar as propriedades aos metais.

Além da melhoria operacional foi possível observar os ganhos nos quesitos custos, atendimento e qualidade, visando os objetivos propostos que era de reduzir o consumo de gás.

Os ganhos obtidos foram satisfatórios, tanto para a Empresa quanto para os participantes e os controles implementados foram fundamentais para esta melhoria.

REFERÊNCIAS

CHIAVERINI, Vicente; **“Aços e Ferros Fundidos”**, 7° ed. Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais, São Paulo, SP., 2005.

COLPAERT, Hubertus; **“Metalografia dos produtos siderúrgicos comuns”**, 3ª ed. Edgard Blücher LTDA, São Paulo, SP, 1986.

HONEYCOMBE, R. W. K. – **“Aços microestruturas e propriedades”**, Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 1992.

KRAUSS, G., **Steels: Heat Treatment and Processing Principles**, ASM International, Materials Park, Ohio, USA, 1990.

MARCONI, Marina de Andrade, LAKATOS, Eva Maria. **Metodologia científica**. 3. ed. rev. amp. São Paulo: Atlas, 2000.

NOGUEIRA, Alberto. **Globalização, Regionalizações e Tributação**. São Paulo: Renovar. 2013.

PARGAMONOV, E. A., NESTERENKO, A. M., MAZUR, V. L. **Influence of Temper Rolling Conditions on Mechanical Properties and Structure of Low Carbon Steel**. Steel in the USSR, v.17, 1987.

PRADHAN, R. **Cold-Rolled Interstitial Free Steels: A discussion of some Metallurgical Topics**. In: INTERNATIONAL FORUM FOR PHYSICAL METALLURGY OF IF STEELS, Tóquio, ISIJ International, 1994.

REPAS, P. E. **Metallurgical Fundamentals for HSLA Steels**. In: MICROALLOYED HSLA STEELS, 1988, Chicago. Proceedings of Microalloying'88. Ohio: ASM International, 1988.

THELNING, K. E. **Steels And Its Heat Treatment**, 2aed., Butherworths, Mackays of Great Britain: Chatham Ltd., 1984.

VERHOEVEN J.D. **The Role of the Divorced Eutectoid Transformation in The Spheroidization of 52100 Steel** In: METALLURGICAL AND MATERIALS TRANSACTIONS A, v. 31A, Oct. 2000.

WHITELAW, M.A.; HARDEN, T.J.; HELYAR, K.R. **Phosphate solubilization in solution culture by the soil fungus *Penicillium radicum***. Soil Biology and Biochemistry, 1999.