

UNESP

Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá

**Guaratinguetá
2016**

LEANDRO MENDES PINTO

DESENVOLVIMENTO DE METODOLOGIA PARA IMPLEMENTAÇÃO DE
EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM SISTEMAS AUXILIARES DE UMA PLANTA
INDUSTRIAL SIDERÚRGICA SEMI-INTEGRADA

Dissertação apresentada à Faculdade de
Engenharia do Campus de
Guaratinguetá, Universidade Estadual
Paulista, para a Obtenção do título de
Mestre em Engenharia Mecânica na
área Transmissão e Conversão de
Energia.

Orientador: Prof. Dr. Pedro Magalhães Sobrinho

Guaratinguetá

2016

P659d	Pinto, Leandro Mendes Desenvolvimento de metodologia para implementação de eficiência energética em sistemas auxiliares de uma planta industrial siderúrgica semi-integrada / Leandro Mendes Pinto – Guaratinguetá, 2016. 107 f. : il. Bibliografia : f. 99-103 Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2016. Orientador: Prof. Dr. Pedro Magalhães Sobrinho 1. Energia elétrica – conservação 2. Motores elétricos 3. Recursos energéticos 4. Termoeletricidade I. Título CDU 620.9(043)
-------	--

LEANDRO MENDES PINTO

**ESTA DISSERTAÇÃO FOI JULGADA ADEQUADA PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO DE
“MESTRE EM ENGENHARIA MECÂNICA”**

**PROGRAMA: ENGENHARIA MECÂNICA
ÁREA: TRANSMISSÃO E CONVERSÃO DE ENERGIA**

APROVADA EM SUA FORMA FINAL PELO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO


Prof. Dr. Edson Cocchieri Botelho
Coordenador

BANCA EXAMINADORA:


Prof. Dr. PEDRO MAGALHÃES SOBRINHO
Orientador / UNESP-FEG


Prof. Dr. JÚLIO SANTANA ANTUNES
UNESP-FEG


Prof. Dr. JOSÉ RUI CAMARGO
UNITAU

Janeiro de 2016

DADOS CURRICULARES

LEANDRO MENDES PINTO

NASCIMENTO 30.01.1984 – CAXAMBU / MG.

FILIAÇÃO Pedro Mendes Pinto

Irene Augusta dos Santos Pinto

2003/2007 Curso de Graduação em Engenharia Elétrica e Eletrônica

UNITAU – Universidade de Taubaté

2014/2016 Curso de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, nível de Mestrado, na Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá da Universidade Estadual Paulista (UNESP).

PRODUÇÃO CIENTÍFICA NOS ÚLTIMOS ANOS

PINTO, Leandro Mendes; MAGALHÃES SOBRINHO, P. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA INDÚSTRIA SIDERÚRGICA. Periódico - Revista Sodebrás, nº 111, v. 10, p. 96-100, 2014

PINTO, Leandro Mendes; SOUZA, Teófilo Miguel de. COMPARAÇÃO DAS VANTAGENS DO SISTEMA DE AQUECIMENTO SOLAR A VÁCUO EM RELAÇÃO AO TRADICIONAL. Periódico – Revista Sodebrás, nº 57, v. 5, p. 3-8, 2010

DEDICATÓRIA

À Deus, pela presença constante em nossas vidas, pelo auxílio nas escolhas e conforto nas horas difíceis.

Aos meus pais, que tanto admiro, responsáveis por ser quem sou e estar onde estou.

À minha esposa Renata, fonte da minha força, por me motivar nos momentos de fraqueza, me ouvir pacientemente sobre este trabalho e estar sempre ao meu lado.

Leandro Mendes Pinto

AGRADECIMENTOS

Neste momento gostaria de expressar meu agradecimento a todos que de certa forma colaboraram para a realização deste trabalho. Dentre esses, existem alguns a quem quero fazer agradecimentos especiais.

Ao Professor PEDRO MAGALHAES SOBRINHO, do Departamento de Energia da Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, que durante todo o processo de desenvolvimento deste trabalho sempre me auxiliou com motivação, paciência e simpatia e pela contribuição excelente ao meu aprendizado, o que consequentemente possibilitou o meu desenvolvimento profissional;

Gostaria também de expressar um grande obrigado a toda a minha família. Aos meus pais e a Renata minha esposa que sempre me guiaram ao longo da minha vida e me aconselharam. Aos meus irmãos, que sempre me apoiaram fosse qual fosse a situação, não deixando de me lembrar o que realmente é importante, pelos telefonemas à hora de almoço, pelas paródias, pelas correções e conselhos dados.

Aos colegas e amigos, que muito contribuíram com conhecimento, incentivo e amizade no decorrer do desenvolvimento do trabalho;

PINTO, Leandro Mendes. **Desenvolvimento de metodologia para implementação de eficiência energética em sistemas auxiliares de uma planta industrial siderúrgica semi-integrada**. 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2016.

RESUMO

Na atualidade a eficiência energética é um dos assuntos mais citados nas indústrias, pois as empresas que investem em projetos de eficiência energética conseguem economizar recursos, ganhar competitividade e ajudar a amenizar a pressão sobre o aumento da oferta de energia. Postergar parte do investimento no aumento da oferta de energia permite ao governo e ao empresário liberarem recursos para outras prioridades, sem perda de qualidade, segurança no abastecimento e com ganhos sociais e ambientais. Este estudo apresenta critérios de aplicação da metodologia da eficiência energética em uma indústria siderúrgica onde são avaliadas três áreas dentro desta usina, tais como sistemas motrizes, sistemas térmicos e sistemas de iluminação, onde pode-se obter ganhos significativos implementando a metodologia da eficiência energética.

PALAVRAS-CHAVE: Eficiência Energética. Indústria. Motores Elétricos. Iluminação. Sistemas Térmicos.

PINTO, Leandro Mendes. **Development methodology for implementation of energy efficiency in auxiliary systems an industrial plant steel semi-integrated.** 2016. Master work (Master in Mechanical Engineering) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2016.

ABSTRACT

At present energy efficiency is one of the issues most frequently cited in industries, as companies that invest in energy efficiency projects can save resources, improve competitiveness and helps ease the pressure on increasing the supply of energy. Postpone part of the investment in increasing energy supply allows the government and the business owner to release resources for other priorities, without loss of quality, security of supply and social and environmental gains. This study presents application criteria of energy efficiency methodology in a steel industry which are evaluated in three areas of a steel mill, such as drive systems, thermal systems and lighting systems, where can be made significant gains by implementing the methodology of energy efficiency

KEYWORDS: Energy Efficiency. Industry. Electric Motors. Lighting. Thermal Systems.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Estrutura CIGE	20
FIGURA 2 – Fluxograma das etapas da metodologia	21
FIGURA 3 – Fluxo usina Siderúrgica.....	23
FIGURA 4 – Produtos finais	25
FIGURA 5 – Consumo de energia do setor industrial no Brasil em 2013.....	30
FIGURA 6 – Requisitos de uma auditoria energética	35
FIGURA 7 – Etapas de uma auditoria energética.....	36
FIGURA 8 – Árvore do consumo de energia elétrica	62
FIGURA 9 – Árvore do consumo de Gás Natural.....	63
FIGURA 10– Média de Consumo setorial em porcentagem	63
FIGURA 11 – Modelo energético.....	64
FIGURA 12 – Etapas diagnóstico energético dos motores	78
FIGURA 13 – Curva de Carga do motor 100CV 4 pólos	80
FIGURA 14 – Análise dos motores	81
FIGURA 15 – Despoeiramento do forno panela.....	84
FIGURA 16 – Bomba Central de óleo lubrificante	85
FIGURA 17 – Motor Sistema de ar de purga da Máquina de Escarfagem	85
FIGURA 18 – Acionamento trocadores de calor dos motores de Laminação	86
FIGURA 19 – Iluminação da área da fundição.....	87
FIGURA 20 – Luminárias acesas no Galpão do Bloco BGV da laminação.....	88
FIGURA 21 – Luminárias Trefila de arames e temperados.....	89
FIGURA 22 – Sistema de Iluminação Prédio Administrativo.....	89
FIGURA 23 – Ligação das lâmpadas LED para 30%,50% e 100% de sua capacidade	90
FIGURA 24 – Etiquetas de identificação	91
FIGURA 25 – Cortina para evitar perda de calor na mesa do Forno de barras	92
FIGURA 26 – Isolamento do Forno de tratamento térmico	93
FIGURA 27 – Campânula recozimento	93
FIGURA 28 – Inspeção termográfica pontos quentes Forno de Bobinas	94

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Vazamento e perda de potência em furos	48
TABELA 2 – Rendimento luminoso médio de algumas fontes de luz	52
TABELA 3 – Iluminâncias para cada grupo de tarefas visuais	53
TABELA 4 – Fatores determinantes da Iluminação adequada	54
TABELA 5 – Aplicação dos vários tipos de Lâmpadas	56
TABELA 6 – Principais ações levantadas no diagnóstico inicial.....	66
TABELA 7 – Check-list Transformação Mecânica	68
TABELA 8 – Check-list áreas Administrativas.....	69
TABELA 9 – Check-list lingotamento Contínuo	70
TABELA 10 – Check-list Fornos Elétricos.....	71
TABELA 11 – Check-list Fornos de Indução	72
TABELA 12 – Check-list área de Forjaria	73
TABELA 13 – Check-list Laminação	74
TABELA 14 – Check-list Usinagens.....	75
TABELA 15 – Check-list Utilidades.....	76
TABELA 16 – Análise Financeira.....	82
TABELA 17 – Dados dos compressores antes da troca	82
TABELA 18 – Dados dos compressores após a troca	83
TABELA 19 – Ganhos após a Substituição dos compressores na área de Utilidades.....	83
TABELA 20 – Ganhos com Melhoria de Eficiência Energética	95

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABINEE: Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica

AEE: Ações Em Eficiência Energética

ANEEL: Agência Nacional de Energia Elétrica

BEM: Balanço Energético Nacional

CIGE: Comissão Interna de Gestão Energética

CLP: Controlador Lógico Programável

CNI: Confederação Nacional da Indústria

EPE: Empresa de Pesquisa Energética

ESCOs: Empresas De Serviços De Conservação De Energia

FEA: Forno Elétrico a Arco

LD: Linz e Donavitz,

Plano Nacional de Energia (PNE)

PROCEL: Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica

UNESP: Universidade Estadual Paulista

USP: Usinagem Pesada

FEP: Fundição de Ferro

UTT: Unidade tratamento Térmico

FOP: Forjaria

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
1.1. ANÁLISE DO CONSUMO	15
1.2. OBJETIVOS	17
1.2.1. Objetivo Geral	17
1.2.2. Objetivos Específicos	17
1.3. METODOLOGIA	18
2. INDÚSTRIA SIDERÚRGICA	22
2.1. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA.....	26
2.1.1. Sustentabilidade	27
3. REVISÃO DA LITERATURA.....	29
3.1. CONSUMO DE ENERGIA NA INDÚSTRIA.....	29
3.1.1. Programas de Eficiência Energética.....	30
3.2. PANORAMA DO SETOR SIDERÚRGICO.....	31
3.3. DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO INDUSTRIAL.....	33
3.3.1. Vantagens de uma Auditoria Energética.....	36
3.4. Orientações para Aplicação da Eficiência Energética.....	37
4. MATERIAS E MÉTODOS.....	38
4.1. Sistemas Motrizes	38
4.1.1. Motores Elétricos	39
4.1.2. Bombas.....	43
4.1.3. Sistemas de Ar Comprimido	45
4.2. Sistemas de Iluminações	49
4.2.1. Tipos de Lâmpadas mais usadas na indústria:.....	54
4.2.2. Manutenção dos Sistemas de Iluminação.....	55
4.3. Sistemas Térmicos.....	56
5. RESULTADOS DO ESTUDO DE CASO	61
5.1. Diagnóstico Energético	65
5.1.1. Check List	68
5.2. Sistemas Motrizes	77

5.3. Sistemas de Iluminações	87
5.4. Sistemas Térmicos.....	91
6. CONCLUSÕES.....	96
7. REFERÊNCIAS	99
ANEXOS.....	104
ANEXO A – Análise da bomba da captação	104
ANEXO B – Análise da bomba BC300	105
ANEXO C – Análise da bomba BC59A	105
ANEXO D – Análise da bomba BC61B	106
ANEXO E – Análise o ventilador torre ETA 1.....	106
ANEXO F – Outras ações que trouxeram ganhos para empresa.....	107

1. INTRODUÇÃO

1.1. ANÁLISE DO CONSUMO

O setor industrial é responsável por uma expressiva fração do consumo energético nacional, sendo energia elétrica a fonte mais utilizada. Logo, a energia está se tornando um fator chave na produção de muitas indústrias, pois o ritmo crescente da globalização e da competitividade de mercado para compra e venda de produtos, faz com que aumente a ênfase à redução dos custos de produção com a redução do consumo de energia, pois a má administração da mesma representa desperdício econômico e energético.

Segundo COPEL (2005), na área industrial, a eficiência energética pode trazer significativa redução de custos, bem como aumento no rendimento energético de equipamentos e instalações, com a consequente melhoria da qualidade dos produtos fabricados.

Dentro desse contexto industrial, o termo eficiência energética pode ser definido como “produzir mais com menos energia empregada”, logo, fica a questão de como avaliar a eficiência no uso de energia em uma indústria, em suas plantas e processos, considerando a qualidade e a produtividade das linhas de produção. No setor industrial, a eficiência energética ainda possui algumas barreiras devido à falta de informações sobre custo de investimento, desempenho de novas tecnologias e tempo de retorno. A principal barreira está relacionada ao gerenciamento que prioriza a produção, e usa como argumento a falta de capital inicial e o tempo requerido para projetos em eficiência energética. Muitas vezes o acompanhamento do consumo de energia não é realizado pela falta de pessoal capacitado e porque a administração da empresa não aborda esta problemática por falta de conhecimento (MARQUES, 2006).

Em termos práticos, uma das estratégias passa pelo diagnóstico energético, também conhecido como auditoria energética, que consiste no levantamento de dados e informações sobre o suprimento e usos finais de energia no processo produtivo da empresa, com vistas à avaliação da situação atual, pontos positivos e pontos negativos, que permita a definição objetiva de ações de melhoria a serem conduzidas (GUILLIOD, 2010).

Em outros termos, é preciso conhecer, diagnosticar a realidade energética, para então estabelecer as prioridades, implantar os projetos de melhoria e de redução de perdas e acompanhar seus resultados, em um processo contínuo (MARQUES, 2006).

A conscientização em eficiência energética tem aumentado devido às crescentes preocupações com os impactos ambientais locais e globais da utilização de energia. Melhoria em eficiência energética é uma base importante para resolver tanto a segurança energética, quanto as preocupações ambientais, pois reduz a demanda energética e a necessidade de aumento da exploração das fontes primárias de energia (DOMANSKI, 2011).

O estudo para o desenvolvimento de metodologia apresentado neste trabalho foi realizado em uma indústria siderúrgica localizada no município de Pindamonhangaba, São Paulo. Onde se realizou inicialmente uma análise do consumo de energia nos sistemas auxiliares ao processo produtivo, além de um diagnóstico dos usos finais de energia dos sistemas de iluminação, sistemas motrizes e sistemas térmicos. O principal uso final da eletricidade nesse setor é a força motriz, seguida pelos sistemas térmicos, necessário para tratamento térmico dos produtos produzidos. Devido ao faturamento da energia elétrica corresponder a uma parcela significativa do custo mensal da empresa, também foi realizada uma análise minuciosa das faturas de energia elétrica dos últimos dois anos, verificando o consumo de energia ativa e reativa e demanda de potência contratada.

Foi realizado um estudo dos sistemas de iluminação e climatização, assim como um levantamento da carga instalada nos principais equipamentos utilizados durante o processamento. Além do consumo de energia elétrica, também foi avaliado os consumos de gás natural nas caldeiras e fornos de tratamento térmicos. Após o levantamento de dados, foi determinado o potencial de conservação de energia para os usos finais existentes na empresa, por meio da identificação de oportunidades para implantação de medidas que aperfeiçoassem o uso da energia.

Os capítulos que compõem esta dissertação trazem uma revisão sobre gestão e eficiência energética e alguns estudos de caso no qual foi implementado uma metodologia para a identificação de oportunidades dos sistemas auxiliares de uma indústria siderúrgica.

No segundo capítulo é realizada uma análise sobre a atual situação da indústria siderúrgica brasileira apresentando o fluxo produtivo, processos de produção e produtos finais. Também é apresentado o conceito de eficiência energética e sustentabilidade

No Terceiro capítulo é realizada uma revisão da literatura abordando os consumos nas indústrias, programas de eficiência energética, os panoramas do setor siderúrgico e os

diagnósticos energéticos aplicados na indústria com base na bibliografia e alguns pontos onde a eficiência energética pode ser aplicada neste sistema.

No quarto capítulo são apresentados os materiais e métodos utilizados para implementação e identificação de oportunidades relacionadas à eficiência energética em uma indústria siderúrgica semi-integrada abordando os sistemas motrizes, sistemas de iluminação e sistemas térmicos.

O quinto capítulo mostra os principais casos com as ações de melhorias realizadas durante o trabalho nos diversos sistemas e os principais resultados, obtidos a partir da metodologia implementada.

Por fim, no sexto capítulo, são mostradas as conclusões do trabalho. Com os dados coletados é possível estabelecer oportunidades de melhoria em termos de conservação de energia e um estudo de alternativas de redução de perdas.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo desenvolver e implementar uma metodologia para redução de consumo de energia elétrica e gás natural através de ações de eficiência energética em uma indústria siderúrgica, focando nos seus sistemas auxiliares ao processo produtivo. Os sistemas auxiliares são amplos e trabalham junto aos principais consumidores como sistemas motrizes, sistemas de iluminação e sistemas térmicos.

1.2.2. Objetivos Específicos

O trabalho será destinado às indústrias que tem por objetivo melhorar o rendimento energético de suas instalações elétricas e, por consequência, reduzir suas despesas mensais com energia elétrica, sem comprometer a segurança, a qualidade do seu produto ou sua capacidade de produção. As informações prestadas abrangem uma larga faixa dos principais usos de energia elétrica no processo produtivo de uma indústria siderúrgica semi-integrada que abrange o refino e laminação, tendo em vista que a classe industrial apresenta uma grande variedade de atividades.

1.3. METODOLOGIA

O Método utilizado neste trabalho aborda medidas de substituição de motores, do sistema de iluminação e dos sistemas térmicos. É uma metodologia prática que relaciona o consumo de energia e os investimentos necessários para se calcular a economia gerada e o tempo de retorno do investimento.

A principal vantagem desse método é a simplicidade de implementação, o que o torna mais acessível aos interessados da área de siderurgia. Ele pode ser utilizado para análise tarifária, troca de motores, substituição do sistema de iluminação, substituição de aparelhos de ar condicionado, melhorias no isolamento de fornos e para implementação de novos hábitos quanto ao consumo de energia.

A implantação da metodologia visará o conhecimento de todo o fluxo de energia da instituição, onde e como a energia está sendo gasta, pontos falhos que poderão ser melhorados, economizar energia, reduzir o custo do produto final, diminuir impactos ambientais e propiciar uma imagem de referência em termos de conservação de energia.

Na primeira etapa do trabalho é realizada uma pesquisa bibliográfica, buscando na literatura informações referentes aos principais equipamentos dos sistemas auxiliares das indústrias siderúrgicas semi-integradas e às características de consumo de energia nestes sistemas.

Posteriormente foi realizada a caracterização dos sistemas, com uma avaliação dos componentes dos sistemas motrizes, sistemas de iluminação e sistemas térmicos, no caso: motores de corrente contínua e alternadas, compressores, bombas do sistema de bombeamento de água, iluminações dos galpões e escritórios, caldeiras, fornos de tratamento térmicos, etc.

Esta avaliação teve por objetivo identificar oportunidades do aumento de eficiência energética dos sistemas auxiliares de uma indústria siderúrgica semi-integrada, sendo algumas oportunidades de ação operativa sem investimento e outras com investimento.

Com base nestes estudos, foi proposta e desenvolvida uma metodologia para que se tenha passo a passo a forma de se implementar ações de eficiência energética em uma planta siderúrgica semi-integrada, pois ainda somos carentes desta informação.

A implantação da metodologia se deu em duas etapas. Na primeira etapa foi necessário estabelecer diretrizes para o início do programa como diagnóstico energético, criação da CIGE (Comissão Interna de Gestão Energética), elaboração de indicadores, etc. A segunda etapa compreende-se na execução do plano de ação criado através dos itens levantados no

diagnóstico energético. O mais importante nesse processo foi que houvesse comprometimento na execução.

Independente do tipo de modelo de gestão, o apoio da direção foi crucial para o início da implementação desta metodologia, pois houve a necessidade de envolvimento de colaboradores de diversos setores, treinamentos internos e externos, investimento em equipamentos, contato com fornecedores, etc.

A aprovação dos custos geralmente incide sobre a direção. Foi necessário então um diálogo inicial apontando os principais retornos das melhorias a serem implementadas como:

- Diminuição da necessidade de manutenção de equipamentos;
- Melhoria da imagem da empresa perante a sociedade;
- Distribuir responsabilidades de metas energéticas para vários setores;
- Possibilidade da expansão da Indústria com um conhecimento prévio dos futuros gastos de energia;
- Possibilidade de se fazer da empresa uma referência em gestão de energia;

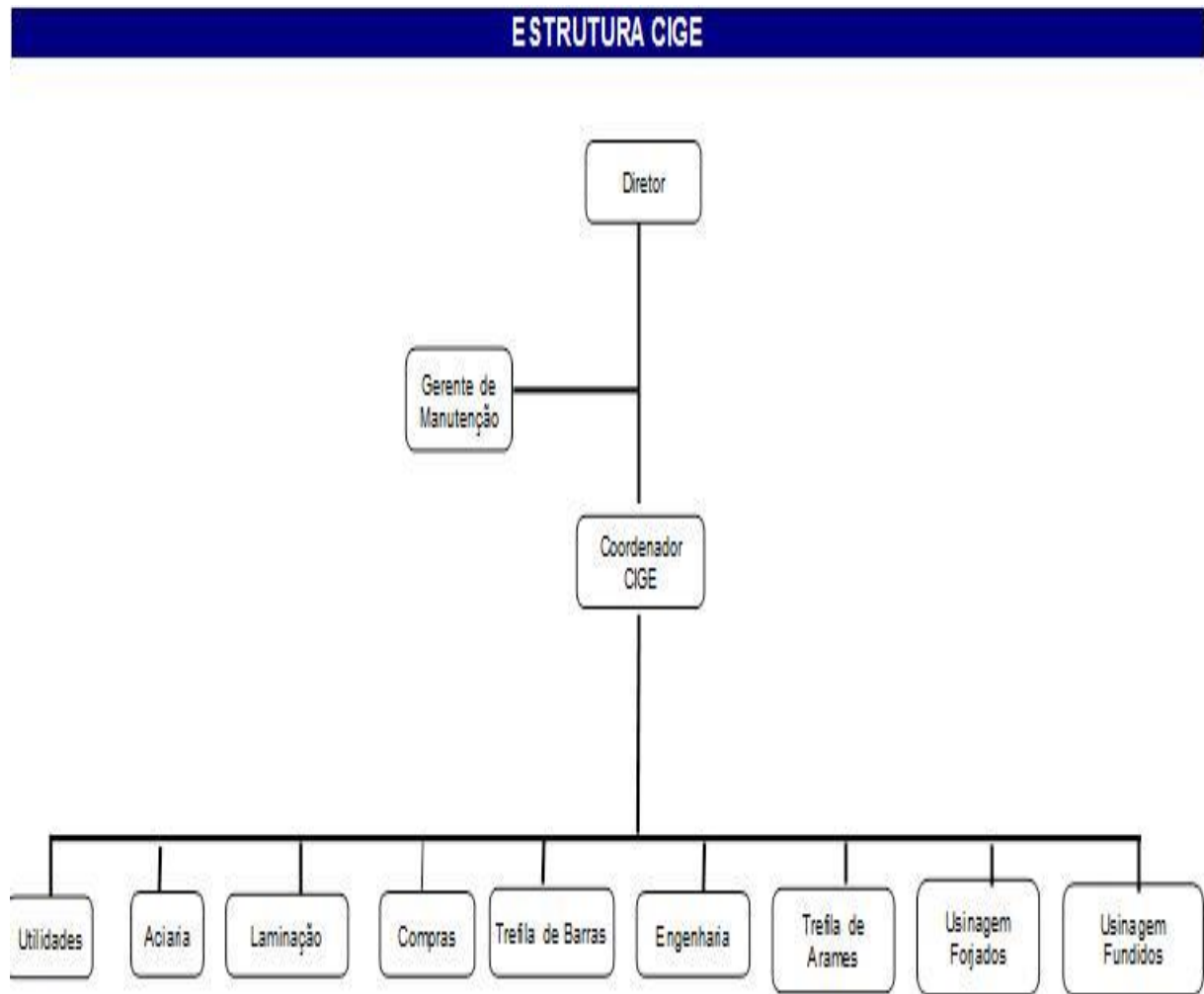
O CIGE foi o órgão de implantação e manutenção desta metodologia. O primeiro passo foi eleger um responsável pelo CIGE dentro da unidade, que foi o coordenador da comissão.

O gestor foi responsável para definir os representantes de outros setores e ter contato com a direção. É importante haver representante de todos os setores para que cada um leve aos colaboradores informações em respeito à conservação de energia e divulgação de indicadores. Em especial o representante de manutenção que verificará o estado de equipamentos e levantará novas ações de eficiência energética a serem realizadas. É interessante também que se tenha um representante do setor de compras, pois o mesmo deverá assegurar a aquisição de novos equipamentos com alto rendimento energético, como exemplo:

- Lâmpadas econômicas;
- Motor de alto rendimento;
- Equipamentos com selo PROCEL;

A Figura 1 apresenta a estrutura do CIGE montada para uma usina siderúrgica semi-integrada. Os representantes desta estrutura deverão estabelecer os principais usos da energia nas instalações da empresa tendo por objetivo propor, implementar e acompanhar medidas efetivas de utilização racional de energia, bem como controlar e divulgar as informações mais relevantes para redução do consumo e o uso eficiente da energia.

Figura 1 – Estrutura CIGE



Fonte: (Autor)

Após estas definições será realizado, em visita na área, o diagnóstico energético que possibilitará a melhoria de todo o sistema energético. Algumas mudanças serão imediatas e outras em longo prazo, no estudo de caso serão abordados mais detalhes sobre estes itens.

A metodologia desenvolvida ao longo do trabalho também resultou em uma padronização de conceitos de eficiência energética nos diversos sistemas estudados. Esta metodologia pode ser implementada em qualquer tipo de indústria que tenha um destes sistemas operando. A figura 2 apresenta o fluxograma resumido das etapas da implementação da metodologia.

Figura 2 – Fluxograma das etapas da metodologia



Fonte: (Autor)

Devem-se descrever os objetivos, detalhando as etapas que promovam economia de energia. Nos sistemas de iluminação, refrigeração e motores quantificam-se a potência instalada e a energia consumida no sistema atual, e compara-se com o sistema proposto.

Por fim, com base nesta metodologia são apresentados os resultados de casos de implementação de ações de eficiência energética.

2. INDÚSTRIA SIDERÚRGICA

Segundo Relatório de Sustentabilidade (2014), a indústria siderúrgica é importante fornecedora de insumos para produtos de diversas indústrias e para a construção civil. É formada por grandes empresas, em geral verticalizadas, que operam as diversas fases do processo produtivo, da transformação do minério em ferro primário (gusa ou ferro-esponja) à produção de bobinas laminadas a quente, a frio ou galvanizadas, para aplicação em produtos na indústria automotiva, de bens de capital, naval, de linha branca, entre outras. Os laminados longos, também produtos siderúrgicos, cujo principal exemplo é o vergalhão, são muito utilizados nos setores de habitação e infraestrutura.

Por ser uma indústria intensiva em capital, necessita de investimentos em ativos destinados a projetos de longo prazo de maturação, que implicam elevado aporte de recursos e fortes barreiras à entrada.

De acordo com Instituto do Aço Brasil (IABR), a indústria siderúrgica brasileira consegue atender à quase totalidade da demanda do mercado doméstico, produzindo uma ampla gama de produtos de aços planos e longos. A maior parte da produção siderúrgica nacional é de aço carbono comum. Vale observar que todos os produtos fabricados em aço carbono também podem ser produzidos em aço especial ou ligado. No entanto, pela complexidade dos processos de elaboração dos aços especiais e pelo valor intrínseco dos chamados elementos de liga (níquel, cromo, cobalto, nióbio, vanádio, entre outros), geralmente são produzidos em pequenos volumes e têm aplicações específicas.

Conforme Araújo (1997), os principais insumos empregados na fabricação do aço são o minério de ferro, o carvão, a sucata e a energia elétrica. A importância relativa desses insumos varia de acordo com a rota tecnológica adotada em cada usina. As usinas de aço do mundo inteiro classificam-se segundo o seu processo produtivo como:

Integradas – que operam as três fases básicas: redução, refino e laminação. Nas usinas integradas clássicas prevalece o carvão mineral.

Semi-integradas (mini-mills) – são usinas de aços que operam duas fases: refino e laminação. Estas usinas partem de ferro gusa, ferro esponja ou sucata metálica adquiridas de terceiros para transformá-los em aço em aciarias elétricas e sua posterior laminação. O destaque neste tipo de usina cabe à utilização da sucata. Na Figura 3 apresenta o fluxo de uma usina siderúrgica

Figura 3 – Fluxo usina Siderúrgica



Fonte: (Instituto Aço Brasil)

Segundo Instituto do Aço Brasil (IABR), as usinas integradas promovem a transformação do minério de ferro em produtos siderúrgicos semi-acabados ou acabados (laminados). Tradicionalmente, isso requer coquerias, altos-fornos, aciaria e laminadores. O processo produtivo integrado compreende três fases distintas. A primeira é denominada redução e seu objetivo principal é transformar o minério de ferro, encontrado na natureza geralmente sob a forma de óxido de ferro, em ferro gusa. Neste processo, o ferro se liquefaz e é chamado de ferro gusa ou ferro de primeira fusão. Impurezas como calcário, sílica, etc. formam a escória, que é matéria-prima para a fabricação de cimento.

Os equipamentos obrigatórios nesta etapa são a coqueria, que transforma o carvão mineral em coque, e o alto-forno, cujo produto final é o ferro-gusa. A segunda é denominada refino. Nesta fase o ferro-gusa é levado para a aciaria, ainda em estado líquido, para ser transformado em aço, mediante queima de impurezas e adições. O refino do aço se faz em fornos a oxigênio ou elétricos.

Finalmente, a terceira fase clássica do processo de fabricação do aço é a laminação. O aço, em processo de solidificação, é deformado mecanicamente e transformado em produtos siderúrgicos utilizados pela indústria de transformação, como chapas grossas e finas, bobinas, vergalhões, arames, perfilados, barras etc. Com a evolução da tecnologia, as fases de redução, refino e laminação estão sendo reduzidas no tempo, assegurando maior velocidade na produção.

O processo produtivo das usinas semi-integradas ou mini-mills que será tratada neste trabalho compreende apenas as duas últimas etapas, quais sejam, o refino e a laminação e utiliza a sucata ferrosa como insumo básico. Nestas usinas, a depuração química da carga

metálica é realizada em fornos elétricos, tendo a eletricidade como fonte de energia preponderante. Considerando-se que a matéria prima empregada, a sucata ferrosa, já conta com o carbono em sua constituição, nem mesmo do ponto de vista da composição química é necessária à utilização do carvão mineral. Após a fabricação do aço, ele é laminado, à semelhança do que ocorre nas usinas integradas.

As usinas que operam segundo este processo são também denominadas mini-mills (mini usinas), designação que ressalta o caráter mais compacto da produção semi-integrada e a escala mínima bastante inferior à das usinas integradas. A capacidade de operar eficientemente em menor escala é decorrência direta da possibilidade de se dispensar os altos-fornos, equipamentos extremamente propensos a retornos crescentes de escala. As usinas integradas operam com uma capacidade mínima de aproximadamente 3 milhões tons/ano, ao passo que as mini-usinas operam competitivamente com escalas de aproximadamente 500 mil tons/ano.

Além disso, em função dos produtos que preponderam em suas linhas de produção, as usinas também podem ser assim classificadas:

- De semi-acabados (placas, blocos e tarugos);
- De planos aços carbono (chapas e bobinas);
- De planos aços especiais / ligados (chapas e bobinas);
- De longos aços carbono (barras, perfis, fio máquina, vergalhões, arames e tubos sem costura);
- De longos aços especiais / ligados (barras, fio-máquina, arames e tubos sem costura);

Existem ainda unidades produtoras chamadas de não integradas, que operam apenas uma fase do processo: processamento (laminação ou trefilas) ou redução.

Processo de Laminação

São os laminadores, geralmente de placas e tarugos, adquiridos de usinas integradas ou semi-integradas e os que relaminam material sucataado.

No mercado produtor operam ainda unidades de pequeno porte que se dedicam exclusivamente a produzir aço para fundições.

Processo de Trefilação

São as trefilarias, unidades que dispõem apenas de trefilas, em que produtores de arames e barras utilizam o fio-máquina como matéria prima.

Processo de Redução

São os produtores de ferro gusa, os chamados guseiros, que têm como característica comum o emprego de carvão vegetal em altos fornos para redução do minério, mas que se trata de atividade industrial distinta. Na figura 4 são apresentados os produtos finais da indústria siderúrgica.

Figura 4 – Produtos finais



Fonte: (Instituto Aço Brasil)

Segundo dados do IABR em 2013, a capacidade de produção mundial de aço foi de 2.166 milhões de toneladas, enquanto a produção de aço bruto apurada foi de 1.606 milhões de toneladas, o que revela a enorme capacidade ociosa da indústria, que normalmente opera com o Nível de Utilização da Capacidade Instalada (Nuci) acima de 85%. Esse fato acentua a competição pelos mercados consumidores, além de se constituir em enorme pressão sobre o preço dos insumos e do produto final.

No fim de 2013, o parque produtor de aço brasileiro, composto de 29 usinas, tinha capacidade instalada de 48,5 milhões de toneladas anuais de aço bruto, apresentando, a exemplo da indústria mundial, sobre capacidade de oferta, com uma produção de 34,2 milhões de toneladas no mesmo ano.

De acordo com a CNAE / IBGE (instrumento de padronização nacional dos códigos de atividade econômica do país), a Metalurgia é uma divisão da seção das Indústrias de

Transformação. É nessa atividade econômica que ocorre a conversão de minérios ferrosos e não ferrosos em produtos metalúrgicos e produtos intermediários do processo.

2.1. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Por definição, a eficiência energética consiste na relação entre a quantidade de energia empregada em uma atividade e aquela disponibilizada para sua realização. A promoção da eficiência energética abrange a otimização das transformações, do transporte e do uso dos recursos energéticos, desde suas fontes primárias até seu aproveitamento. Adotam-se, como pressupostos básicos, a manutenção das condições de conforto, de segurança e de produtividade dos usuários, contribuindo, adicionalmente, para a melhoria da qualidade dos serviços de energia e para a mitigação dos impactos ambientais (MMA, 2015).

A eficiência energética permite otimizar a utilização da energia elétrica por meio de orientações, direcionamentos, ações e controle dos recursos humanos, materiais e econômicos, reduzindo a quantidade de energia necessária para a obtenção do mesmo resultado ou produto, ou seja, a conservação de energia elétrica não implica em racionamento, mas na eliminação de desperdícios, promovendo seu uso racional, sem comprometer a produtividade e a qualidade dos produtos e serviços (LAWDER, 2012).

Qualquer atividade em uma sociedade moderna só é possível com o uso de uma ou mais formas de energia. A energia é empregada intensamente na sociedade em geral e em tudo o que se faz. Surge então a necessidade de utilizá-la de modo inteligente e eficaz e entre as suas diferentes formas interessam em particular, aquelas que são processadas pela sociedade e colocadas à disposição dos consumidores onde e quando necessárias, e entre estas cita-se a energia elétrica. Pode-se afirmar com segurança que a energia elétrica é vital ao bem-estar do ser humano e ao desenvolvimento econômico no mundo contemporâneo. A racionalização do seu uso possibilita melhor qualidade de vida, gerando consequentemente, crescimento econômico, emprego e competitividade. Uma Política de Ação referente à Eficiência Energética tem como meta o emprego de técnicas e práticas capazes de promover os usos “inteligentes” da energia, reduzindo custos e produzindo ganhos de produtividade e de lucratividade, na perspectiva do desenvolvimento sustentável (GOVERNO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO, 2007).

Geller (2003) aborda algumas das dificuldades que ainda impedem a implementação dos projetos de eficiência energética no mundo. De acordo com o autor, algumas dessas barreiras tendem a diminuir com o avanço da parcela de participação da eficiência energética no mercado; contudo, outras barreiras persistirão a não ser que sejam confrontadas por meio da intervenção de políticas públicas. Apresenta-se um resumo das principais barreiras apontadas por Geller.

a) Infra-estrutura de fornecimento limitada: indisponibilidade de tecnologias eficientes no uso da energia, especialmente, nos países subdesenvolvidos.

b) Problemas de qualidade: qualidade inferior de alguns produtos eficientes, fabricados principalmente na China, que não resistem às exigências de desempenho. Destaca-se também a baixa qualidade das auditorias energéticas realizadas em países como a Inglaterra e Tailândia.

c) Informação e treinamento insuficientes: Consumidores, engenheiros e administradores desconhecem, ou não compreendem como otimizar processos a luz da eficiência energética.

d) Falta de financiamento: deficiência no financiamento dos projetos de eficiência energética com taxas de juros atraentes.

2.1.1. Sustentabilidade

De acordo com Instituto do Aço Brasil (IABR), a dinâmica da siderurgia mundial, como de diversos outros setores industriais, tem sido diretamente afetada por fatores econômicos e socioambientais, que representam enormes desafios em médio e longo prazos para o setor, entre os quais, estão:

- Enorme expansão da capacidade produtiva de produtos siderúrgicos, com aumento da concorrência e da pressão sobre o preço de insumos na última década;
- Intensificação da pressão exercida para a redução de impactos ambientais, em um contexto de maior exigência por qualidade de vida; e
- Elevação e incerteza sobre preços de energia em âmbito mundial.

No Brasil, o setor siderúrgico, nos próximos anos, além de enfrentar a pressão competitiva atual, deverá deparar com maior elevação nos preços de energia elétrica em relação à média dos principais países produtores.

Além disso, outros importantes fatores com impacto sobre a competição dos produtores brasileiros são a taxa de câmbio, com períodos de apreciação excessiva, e a tributação elevada.

Esse setor, no país, é o maior emissor industrial de gases de efeito estufa (GEE) e segundo maior consumidor industrial de energia. De acordo com dados do balanço energético nacional de 2014 (ano-base 2013), a produção de ferro primário e aço respondeu por 18,4% do consumo industrial de energia.

A indústria siderúrgica emitiu 46% da emissão total do Setor Processos Industriais em 2010 (dados de estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil, publicado pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação – MCTI em 2013). Considerando as emissões brasileiras totais, o setor respondeu por cerca de 3,7%.

A maior competição enfrentada impõe às indústrias do setor o desafio de reduzir custos e elevar a competitividade, ao mesmo tempo contemplando soluções capazes de promover a redução do consumo energético e do volume de emissões.

Segundo Instituto do Aço Brasil (IABR), a indústria do aço busca continuamente alternativas tecnológicas e operacionais para aumentar sua eficiência energética. Nos últimos cinquenta anos, o setor reduziu o consumo energético por tonelada produzida em 60%. No entanto, em razão dessa vertiginosa queda, a redução do consumo de energia nos últimos anos tem ocorrido a taxas declinantes e deverá ser cada vez mais difícil obter ganhos de eficiência com base nas tecnologias existentes.

Por sua vez, mais de 80% das emissões de GEE (gases do efeito estufa) na siderurgia provêm do consumo de insumos energéticos. Portanto, ao seguir um movimento semelhante ao do consumo de energia, reduzir as emissões de CO₂ dependerá, cada vez mais, do desenvolvimento e da introdução de novas tecnologias na produção de aço.

3. REVISÃO DA LITERATURA

3.1. CONSUMO DE ENERGIA NA INDÚSTRIA

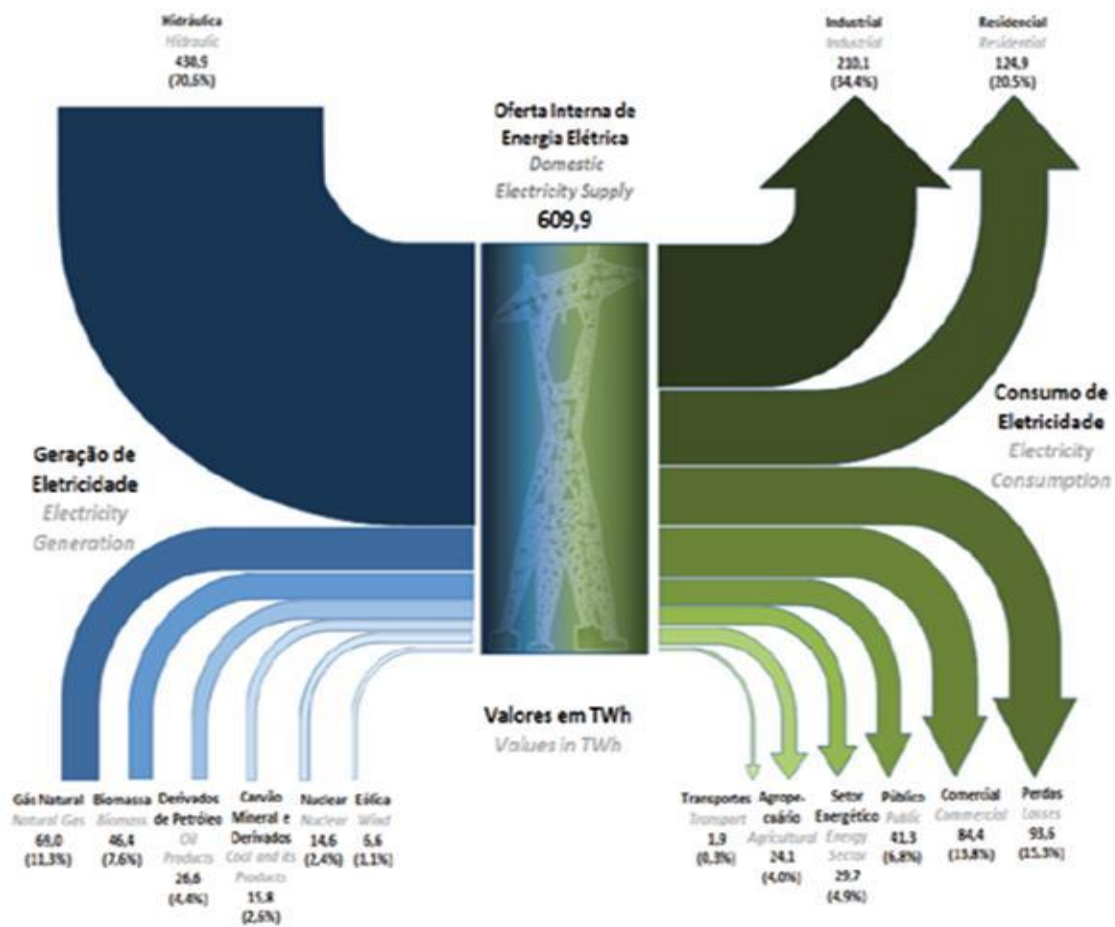
O setor industrial responde por 34,4% de toda energia consumida no Brasil (BEN, 2014) e parte desta energia está ligada as usinas siderúrgicas semi-integradas ou mini mills. No entanto, não existe uma política governamental de longo prazo específica para o uso eficiente da energia na indústria. Isso se reflete na baixa prioridade dos programas federais de eficiência energética, nos investimentos de fundos setoriais de eficiência energética e nas condições de financiamento.

Os setores residencial, comercial e público, que têm recebido maior prioridade nas políticas governamentais, respondem apenas por 15,8% do total do consumo (BAJAY, 2009).

Uma das características marcantes da siderurgia moderna é ser extremamente intensiva em matéria-prima, energia, capital, conhecimento e elementos ambientais. Em relação à energia em particular, é importante destacar que o consumo específico varia consideravelmente conforme a rota tecnológica empregada (SIDERURGIA NO BRASIL, 2010).

Tendo em vista um consumo cada vez mais elevado de energia é necessário um planejamento do setor energético. Tal planejamento de expansão precisa estar em concordância com a previsão de crescimento econômico do país. No Brasil, um dos principais órgãos ativos para o planejamento e expansão de energia é a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), que tem por finalidade efetuar estudos e pesquisas relacionados ao planejamento energético. Os principais documentos lançados pela EPE são o Plano Nacional de Energia (PNE), Plano Decenal de Expansão de Energia e o Balanço Energético Nacional (BEN). No BEN são divulgados dados relacionados à oferta e demanda de energia, fontes, reservas de combustíveis e históricos. Esses dados são de vital importância para o planejamento energético. O objetivo principal do PNE é um planejamento energético em longo prazo. Nele constam estudos e alternativas no setor vislumbrando principalmente as fontes disponíveis. A figura 5 apresenta estudos e alternativa do Consumo de energia do setor industrial no Brasil em 2013.

Figura 5 - Consumo de energia do setor industrial no Brasil em 2013



Fonte: (BEN, 2014)

Em se tratando de eficiência energética, o país conta com alguns órgãos, programas, leis e resoluções, que têm por finalidade divulgar e incentivar a implantação de programas de conservação e eficiência energética. Atualmente, as ações de gestão e de eficiência energética mais atuante estão em programas governamentais e, em casos isolados, aplicados diretamente aos consumidores. Podem ser citados alguns programas como PROCEL, CONPET e PBE.

3.1.1. Programas de Eficiência Energética

Desde a implantação do Programa de Eficiência Energética, o governo brasileiro criou leis, normas e resoluções com a finalidade de garantir a continuidade de expansão dos programas. Souza, Guerra e Kruger (2011) destacam os principais marcos, relacionados a seguir.

Lei n.º 9.478, 06/08/1997, instituiu o Conselho Nacional de Política Energética (CNPE), em seu artigo 1º inciso IV estabelece que um dos princípios e objetivos da política energética é “proteger o meio ambiente e promover a conservação de energia”.

Decreto n.º 2.335, 06/10/1997, dispõe como competência da Aneel “incentivar o combate ao desperdício de energia no que diz respeito a todas as formas de produção, transmissão, distribuição, comercialização e uso de energia”.

Resolução n.º 271, 19/07/2000, através dela a ANEEL estabeleceu os critérios de aplicação de recursos em ações de combate ao desperdício de energia elétrica e pesquisa e desenvolvimento tecnológico do setor elétrico brasileiro.

Lei n.º 9.991, 24/07/2000, dispõe sobre a realização de investimentos em pesquisa e desenvolvimento em eficiência energética por parte das empresas concessionárias, permissionárias e autorizadas do setor de energia elétrica.

Lei n.º 10.295, 17/10/2001, trata do estabelecimento dos níveis máximos de consumo específico de energia, ou mínimos de eficiência energética de máquinas e aparelhos consumidores de energia fabricados.

Lei n.º 10.847, 15/03/2004, autorizou a criação da Empresa de Pesquisa Energética.

Lei n.º 12.212, 20/01/2010, alterou por meio do seu artigo 11º, o artigo 1º da lei n.º 9.991/2000, inciso V, que passou a vigorar com a redação “as concessionárias e permissionárias de distribuição de energia elétrica deverão aplicar no mínimo 60% (sessenta por cento) dos recursos dos seus programas de eficiência para unidades consumidoras beneficiadas pela tarifa social”.

Conforme já especificado, através da lei n.º 9.991, de 24 de julho de 2000, estabeleceu-se que concessionárias e permissionárias de energia apliquem um percentual do montante de sua receita em programas de eficiência energética. A resolução normativa n.º 300, de 12 de fevereiro de 2008, estabeleceu os critérios para aplicação dos recursos e aprovou o Manual para elaboração do PEE.

3.2. PANORAMA DO SETOR SIDERÚRGICO

Uma usina siderúrgica semi-integrada pode ser dividida em dois setores: No primeiro setor estão os consumos de energia elétrica e gás natural dos fornos elétricos e consumo de gás natural para aquecimento dos fornos de laminação e no segundo setor estão os sistemas

auxiliares divididos em sistemas motrizes, sistemas de iluminação e sistemas térmicos. Estes sistemas auxiliares que é tratado neste trabalho é responsável por cerca de 40 a 50% do consumo total da indústria siderúrgica semi-integrada.

Os sistemas motrizes tem particular importância devido à sua grande participação no consumo de eletricidade. É muito comum encontrar-se motores superdimensionados em operação, o que gera significativo desperdício de energia elétrica e também o uso inadequado dos motores é fator de desperdício, pois muitas vezes operam em vazio, ou seja, sem carga, ou são utilizados para o acionamento de sistemas de ar comprimido que apresentam problemas como vazamentos, ou de sistemas de condicionamento de ar que também são mal dimensionados ou mal utilizados. Sendo assim ao dimensionar e utilizar os sistemas de força motriz de forma adequada, o impacto nos custos operacionais e no meio ambiente pode ser reduzido significativamente (ENSSLIN, 2011).

Para o estudo são avaliados os motores mais eficientes conforme o processo produtivo, pois a energia elétrica deve ser sempre usada de maneira racional, evitando desperdícios. Muitas vezes, isso pode ser conseguido a partir de adoção de medidas simples e de fácil implantação, como desligar os motores e as máquinas quando eles não estiverem sendo utilizados. Medidas dessa natureza podem proporcionar uma economia de energia elétrica significativa, e que não deve ser desprezada.

Os sistemas de iluminação também são uns dos itens importantes quando trata-se de eficiência energética, apesar que a indústria siderúrgica não seja um dos principais consumidores podemos verificar alguns desperdícios como o mau aproveitamento da iluminação artificial, a iluminação em excesso, além do uso inadequado de energia como utilização de equipamentos com baixa eficiência luminosa, falta de comandos (interruptores) das luminárias e da falta de manutenção das instalações elétricas.

No estudo é mostrada a importância dos sistemas de iluminação, pois são pontos para um trabalho de conscientização, e por outro lado, em muitos casos, tem-se soluções bastante simples para eliminar o desperdício, inclusive com pequenos investimentos iniciais ou soluções que demandam investimentos com retorno interessante. Apresenta também as novas tecnologias LED e as formas de utilização do uso otimizado da luz natural em edificações usadas principalmente de dia na substituição da luz artificial assim podendo produzir uma contribuição significativa para a redução do consumo de energia elétrica, melhoria do conforto visual e bem estar dos usuários.

Os sistemas térmicos, dentro da indústria siderúrgica, têm uma contribuição considerável dependendo das instalações, tem-se consumos tanto de energia elétrica quanto de

gás natural distribuídos em fornos de tratamento térmico e caldeiras onde pode existir deficiências no processo como controle ineficiente da relação ar-combustível, estrangulamento da vazão de ar do ventilador, problemas de isolamentos, manutenção e limpeza de fornos ineficientes. Neste sistema será estudado como o consumo pode ser reduzido através do uso eficiente de energia e da redução das perdas de calor, com um bom isolamento térmico e o reaproveitamento do calor para o pré-aquecimento (ZHANG et al, 2010).

Após estes levantamentos é desenvolvida uma metodologia para que se tenha passo a passo a forma de se implementar ações de eficiência energética em uma planta siderúrgica semi-integrada.

3.3. DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO INDUSTRIAL

A eficiência de sistemas energéticos tem por objetivo principal eliminar o desperdício de energia. Essa economia representa a redução de investimentos em novas usinas e linhas de transmissão, com a consequente preservação do meio ambiente e redução no valor da tarifa.

De acordo com o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica, (PROCEL), uma das primeiras etapas para a efetivação de um Projeto de Eficiência Energética (PEE) é a realização do Pré-diagnóstico Energético.

Conforme (PROCEL, 2001), define-se que o Pré-diagnóstico Energético consiste em uma avaliação preliminar que tem por objetivo determinar o potencial de economia de energia em uma dada instalação.

Um aspecto importante na realização de um Pré-diagnóstico Energético é a coleta de dados, que envolve um trabalho de campo, da instalação e dos equipamentos a ela ligados. Estes dados fundamentam a escolha da metodologia a ser empregada nas etapas subsequentes do projeto de Eficiência Energética

O acompanhamento do consumo de eletricidade tem como objetivos principais conhecer em detalhes as despesas mensais com esse insumo, verificar sua evolução ao longo do tempo e identificar ações que possam ser adotadas para minimizar os dispêndios com esse item. Numa primeira etapa, o consumo pode ser acompanhado a partir de análise mensal das faturas apresentadas pelas concessionárias. Recomenda-se que esses dados sejam resumidos

em formulário próprio, em que se possa observar, também, a sua evolução ao longo dos meses.

É importante que as contas de energia sejam analisadas pelas áreas técnicas da empresa como, por exemplo, a manutenção ou a produção, e não somente pelas áreas administrativas responsáveis pelo seu pagamento e contabilização.

Para que essa análise resulte em redução efetiva de despesas, é importante um bom conhecimento da legislação que regulamenta o fornecimento de energia elétrica, a qual estabelece as modalidades tarifárias disponíveis, as grandezas a serem utilizadas para o faturamento, os parâmetros fixados em contrato, bem como regula o relacionamento concessionária com o consumidor de eletricidade.

Muitas vezes, o acompanhamento do consumo através das contas de energia não é suficiente para um melhor conhecimento de como a eletricidade é consumida nos diversos equipamentos instalados, qual a participação de cada um no consumo da empresa e sua influência sobre o valor da conta. Nesses casos se torna necessário um acompanhamento mais frequente, diário ou semanal, através da leitura direta dos medidores de consumo.

Quando as instalações da empresa apresentam maior porte ou complexidade, a análise das características de consumo pode ser dificultada, se dispõe de um único ponto totalizando todo o consumo. É conveniente, então, a instalação de medidores em diversos locais, como: seções, galpões, circuitos ou até máquinas, se for o caso.

Esse procedimento permite acompanhar não só o consumo de eletricidade, como também fornecer informações que possibilitem determinar a forma como a energia é consumida. É, também, fundamental para priorizar os pontos a serem atacados e identificar as ações a serem empregadas para redução do consumo.

Um adequado projeto e um bom plano de operação e manutenção das instalações elétricas podem representar significativas economias de energia, assim como garantir boas condições para funcionamento e segurança dos equipamentos e continuidade da produção. Mudanças de hábitos, rotinas no processo industrial podem representar significativa redução nos custos de energia elétrica.

De acordo com Santos et al. (2006) sugere que a maior importância da auditoria está em estabelecer quem usa, quanto tem custado e como está sendo utilizada a energia. Segundo a mesma fonte, uma auditoria energética envolve conhecer todo o fluxo energético ao longo do processo produtivo, de bens e serviços. Avaliar tais fluxos exige um conhecimento multidisciplinar (LEITE, 2010), já que envolve diversos sistemas energéticos.

Conforme pode ser visto na figura 6, a análise do uso e consumo de energia envolve conhecer os tipos de insumos de energia que existem na planta, e estabelecer como se dá o fluxo. Identificar áreas com uso significativo de energia é de vital importância para priorizar ações, pelas quais se obterão maiores resultados. Em uma planta, há uma infinidade de sistemas energéticos, muitos não representam um consumo considerável de energia e, por vezes, é desnecessário demandar muito tempo para analisá-los. Por fim, identificar oportunidades de melhoria é essencial para estabelecer as novas metas de consumo energético.

Figura 6 – Requisitos de uma auditoria energética

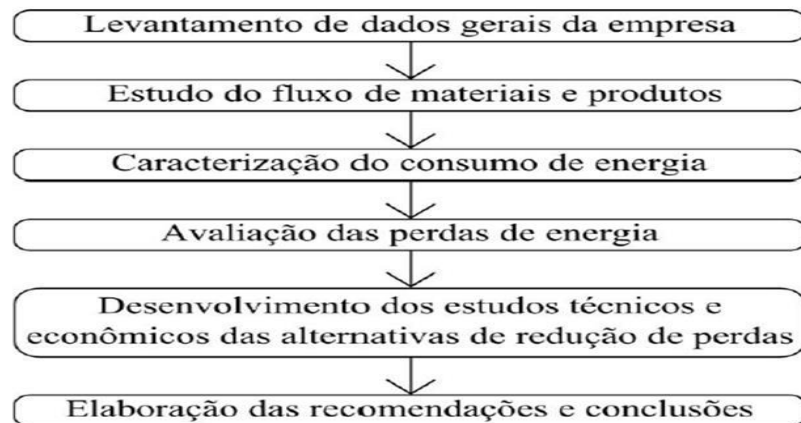


Fonte: Adaptado (Santos et al, 2006)

Segundo Santos et al. (2006), o processo de auditoria energética poderá ocorrer conforme fluxograma da figura 7.

Importante notar na figura 7, que a auditoria energética envolve desde o conhecimento de dados gerais até a estruturação de alternativas para a conservação de energia. Esta auditoria visa estudar as unidades consumidoras industriais, essencialmente levantando o perfil de consumo por uso final e comparando com uma amostra dos principais setores produtivos. Eventualmente requer algum levantamento de dados em campo, que permitem identificar qualitativamente os pontos críticos e indicar necessidades de atuação em equipamentos específicos, através de relatórios padronizados.

Figura 7 - Etapas de uma auditoria energética



Fonte: Adaptado (Santos et al, 2006).

Segundo Leite (2010), muitas empresas de serviços de conservação de energia (ESCOs) investem em programas de conservação de energia. Muitos contratos são realizados de forma que o retorno do investimento venha através da economia gerada.

O objetivo da auditoria, além de estabelecer um mapa do fluxo de energia, é possibilitar a economia de energia através de implantação de ações em eficiência energética (AEE). Em muitos casos deseja-se conhecer os parâmetros de Eficiência Energética para toda a instalação, em outros casos apenas em um processo específico (LEITE, 2010).

3.3.1. Vantagens de uma Auditoria Energética

Com a auditoria energética pretendeu-se conhecer quando e como será utilizada a energia, qual a sua eficiência de utilização e se existe potencial para melhorar, sendo assim pode-se citar algumas vantagens na execução da auditoria energética como:

- Reduzir custos energéticos;
- Menores impactos no ambiente (quer associados à produção de energia, quer no momento do seu consumo);
- Maior controle dos consumos de energia;
- Melhoria da eficiência dos equipamentos;
- Identificação rápida da necessidade de manutenção de equipamentos;
- Menores custos associados à manutenção;
- Adaptação do sistema de tarifário às condições requeridas de funcionamento.

3.4. Orientações para Aplicação da Eficiência Energética

De forma global, pode-se dizer que alguns poucos fatores são determinantes para o sucesso do projeto. Esses fatores estão particularmente relacionados a alguns usos finais e se aplicam a todos os itens estudados. Destacam-se as seguintes características:

- Organização da CIGE (Comissão Interna de Gestão de Energia), com envolvimento da diretoria, responsável pela organização dos índices energéticos, controle dos resultados, bancos de dados de equipamentos e disseminação da cultura da eficiência energética;
- Uso de sistemas de gerenciamento energético para monitoração do consumo setorial e atuação sobre cargas elétricas;
- Substituição de chillers ineficientes e atenção ao estado da instalação e às necessidades de modificações nas tubulações, caso o tratamento da água não esteja adequado;
- Uso de compressores VSD em linhas onde há baixo índice de perdas por vazamentos e variação da demanda;
- Uso de tecnologia lâmpadas LED's em sistemas de iluminação;
- Substituição de motores padrão por motores de alto rendimento nos sistemas antigos;
- O plano de implementação possibilita que a empresa execute as medidas para efficientizar a utilização da energia para os usos finais analisados, de forma adequada e ordenada;
- Priorizar medidas corretivas para problemas que colocam em risco o patrimônio empresarial (instalações físicas, equipamentos e materiais) ou a segurança dos colaboradores;
- Priorizar medidas meramente administrativas, que não exigem investimentos;
- Nas medidas com investimento, priorizar aquelas com menor tempo de retorno;
- Promover o treinamento dos profissionais das concessionárias, capacitando-os para avaliar os potenciais de conservação de energia e prestar orientação técnica aos seus clientes.

4. MATERIAS E MÉTODOS

O consumo industrial está crescendo, necessitando, desta forma, do aumento do suprimento de energia elétrica, além de investimentos em geração, transmissão e distribuição para atender com confiabilidade a demanda industrial.

A implantação de programas, projetos e atividades de conservação e uso eficiente de energia pelos diversos segmentos industriais, deve ser permanentemente estimulada, considerando-se os desafios que o setor energético vem enfrentando para atender a demanda em todas as regiões do país.

Os sistemas estudados foram todos de grande porte e o desenvolvimento da metodologia foi baseado nos sistemas auxiliares presentes em uma grande indústria siderúrgica. Nos próximos subitens serão apresentados a metodologia para a implementar e obter os resultados.

4.1. Sistemas Motrizes

Para a COPEL (2005), os tipos de motores elétricos mais utilizados pelas indústrias siderúrgicas são os trifásicos e os monofásicos de indução, os síncronos e os de corrente contínua. Existem milhares desses motores em operação, com potências nominais que variam de valores inferiores a 1 kW até centenas de kW.

A participação dos motores elétricos no consumo industrial no Brasil é expressiva, exigindo atenção especial em qualquer programa de conservação de energia elétrica.

Dos diversos tipos de motores mencionados acima, os trifásicos de indução são os mais significativos, quer em número, quer em consumo de energia. Sendo assim, neste subitem serão abordadas medidas de conservação de energia elétrica para os motores.

De toda a energia elétrica consumida pelos motores, uma parcela considerável é perdida nos sistemas de transmissão de movimento (redutores, polias e correias) e, principalmente, no próprio processo de conversão eletromecânica da energia.

Os sistemas motrizes compreendem além do motor elétrico, o acionamento eletroeletrônico, o acoplamento motor-carga, as cargas mecânicas acionadas (bombas, compressores, ventiladores, exaustores, correias transportadoras) e as instalações fluídomecânicas (transporte e consumo dos fluidos).

No setor industrial, o sistema motriz tem grande importância devido à sua grande participação no consumo de eletricidade. Pode-se destacar formas de aplicação de técnicas e formas de redução de consumo, relacionadas a este sistema, com utilização de motores de alto rendimento e redução de perdas no sistema.

Segundo Garcia et al (2007) o desempenho de motores elétricos, de uma forma global, está associado aos seguintes parâmetros:

- Rendimento;
- Fator de potência;
- Conjugado de partida;
- Conjugado máximo;
- Velocidade de operação;
- Capacidade de aceleração;
- Classe de isolamento;
- Corrente de partida;
- Fator de serviço;
- Ruído;
- Temperatura de operação;
- Tipo de carcaça.

4.1.1. Motores Elétricos

A eficiência ou rendimento de um motor elétrico é, na realidade, um parâmetro que indica a sua capacidade em converter a energia elétrica absorvida da rede em energia mecânica a ser fornecida no eixo. Para efetuar o processo de conversão eletromecânica, os motores utilizam uma parcela da energia total absorvida, transferindo ao eixo a energia restante. A parcela retida nos motores é normalmente classificada como parcela de perdas e não pode ser eliminada por ser inerente ao seu próprio funcionamento, mas reduzida a níveis aceitáveis.

Para a COPEL (2005), sob qualquer carga, o motor apresenta perdas fixas, como as no ferro e as devido à ventilação e ao atrito. Além das perdas fixas, existem as perdas variáveis com o carregamento do motor, como as perdas no cobre, que crescem com o quadrado da corrente de carga. Sendo assim, com pequenas cargas, em relação a sua potência nominal, o rendimento do motor é baixo, tendo em vista serem grandes as perdas fixas em comparação com a potência fornecida. Quando o carregamento do motor cresce, o rendimento se eleva até

alcançar o seu valor máximo, que ocorre quando as perdas em vazio e as perdas devido à corrente de carga se equivalem.

Segundo COPEL (2005), Além desse ponto, as perdas no cobre se tornam elevadas em relação às perdas em vazio, fazendo com que o rendimento diminua. Sendo assim pode-se obter alguns dados como:

- O rendimento máximo é tanto mais elevado quanto maior for a potência no terminal do motor;
- O rendimento máximo, para uma mesma potência, varia com o número de pólos dos motores;
- O rendimento máximo de um motor ocorre, quando a sua carga é igual a 75% de sua potência nominal;
- Quando um motor opera com mais de 50% de sua potência nominal, o rendimento é muito próximo de seu rendimento máximo;
- Quando um motor opera com menos de 50% de sua potência, o seu rendimento cai acentuadamente.

O motor de indução é um equipamento eletromagnético e, portanto para funcionar necessita de uma corrente indutiva que possibilita a sua magnetização. Em vazio (sem carga), o fator de potência ($\cos \phi$) é muito baixo, apresentando valores da ordem de 0,1 a 0,15. Com a aplicação de carga no motor, o fator de potência cresce, atingindo o seu valor máximo a plena carga.

Em geral, quanto menor a velocidade do motor (maior número de pólos), menor o fator de potência. Para uma mesma velocidade de sincronismo, quanto maior a potência do motor, maior o seu fator de potência.

No motor de indução sob o ponto de vista da conservação de energia elétrica, o principal parâmetro a ser observado é a potência nominal do motor, que deve ser a adequada para o serviço a que se destine. Potências nominais muito superiores à realmente necessária resultam em desperdícios de energia, elevação da potência solicitada, redução do fator de potência da instalação elétrica da indústria e maiores perdas nas redes de distribuição de energia e nos transformadores (COPEL 2005).

Deve-se, sempre que possível, escolher o motor de modo que seu carregamento seja no mínimo superior a 50%, dando preferência a que ele seja maior que 75%.

Os motores elétricos são projetados para apresentar melhor desempenho em sua tensão nominal. Quando o motor opera em tensão inferior à nominal ocorre uma acentuada redução do conjugado do motor, bem como aquecimento anormal nos enrolamentos, desperdiçando

energia. Por outro lado, tensão aplicada acima da nominal, além de prejudicar o funcionamento do motor, aumentam suas perdas, principalmente no ferro. Geralmente os motores apresentam uma faixa de tensão considerada como ótima para a operação, a qual varia conforme o tipo de motor, sua potência, etc. Aconselha-se consultar o fabricante a respeito (COPEL 2005).

A tensão aplicada deve ser medida com o motor acionando a máquina a plena capacidade e com certa habitualidade. Se ela estiver muito acima ou muito abaixo da tensão nominal, convém investigar a causa criteriosamente.

Para indústrias ligadas em baixa tensão, se a tensão estiver abaixo da tolerável, às causas podem ser decorrentes de quedas excessivas nos cabos alimentadores do motor, ou por tensão de fornecimento da Concessionária de energia elétrica abaixo do estabelecido pelas normas legais vigentes.

Para empresas ligadas em alta tensão, os procedimentos são praticamente os mesmos, embora exista a possibilidade de se alterar o nível de tensão mudando-se o “tape” do transformador abaixador. Nessas indústrias deve-se tomar muito cuidado para não se compensarem quedas de tensão excessivas nos alimentadores dos motores, elevando-se demasiadamente o nível de tensão. É comum essas indústrias operarem com níveis de tensão acima do adequado. Esse procedimento provoca distúrbios nos equipamentos da fábrica e elevadas perdas de energia.

Segundo Santos et al. (2006), a manutenção adequada de um motor elétrico e da máquina por ele acionada pode representar significativa economia de energia elétrica. É muito comum, em uma empresa, máquinas serem acionadas por motores elétricos em condições precárias de funcionamento a pretexto de não se prejudicar a produção ou por simples descaso.

A manutenção ou o reparo da máquina é, geralmente, realizado somente quando a produção permite, ou quando as condições de funcionamento se tornam tão precárias que impedem a sua operação. Tal procedimento, além de poder danificar a máquina, reduz sua vida útil e, geralmente, provoca grandes desperdícios de energia.

Esses desperdícios podem ser calculados através da comparação dos consumos anteriores e posteriores à realização do reparo ou manutenção. Um programa de utilização racional de energia elétrica exige a implantação e o cumprimento de um programa ótimo de manutenção corretiva e preventiva de todos os motores elétricos e das máquinas por eles acionadas.

Além da manutenção adequada, muitas máquinas podem ser modernizadas, via de regra, com pequenos custos, resultando em menores necessidades de potência e, consequentemente, redução do consumo de energia elétrica. Em outros casos, compensa a substituição de máquinas antigas e grandes consumidoras de energia elétrica por outras mais modernas e eficientes, que requerem menor consumo para uma mesma produção.

De acordo a COPEL (2005), com manutenção e lubrificação convenientes, operação adequada e modernização da máquina, o motor que a aciona pode tornar-se superdimensionado, operando em faixas de potência que resultam em baixo rendimento energético e baixo fator de potência. Para esses casos é aconselhável a sua substituição por outro de potência nominal adequada às novas condições

Conforme SIEMENS (2009), estudos independentes também mostram que aproximadamente 30% de todos os sistemas de acionamento e motores elétricos instalados na indústria podem operar de forma mais eficiente, possibilitando economia de energia de até 50% quando submetidos a condições ideais de operação. Entre os equipamentos que normalmente apresentam maiores potenciais de economia estão bombas, ventiladores, compressores e transportadores. “A gestão eficiente de energia e da manutenção é, em muitas situações, o que define a lucratividade de uma operação”, observa Bruno Abreu, consultor de engenharia para o Setor Industrial da Siemens no Brasil.

A Confederação Nacional das Indústrias (CNI, 2014) cita algumas recomendações para reduzir as perdas, tais como:

- Os motores devem funcionar entre 75% e 90% de sua potência nominal;
- Adote, sempre que possível, os variadores eletrônicos de velocidade para aplicações onde exista variação de carga;
- Se a máquina necessitar de duas ou três velocidades diferentes, pode-se utilizar um motor assíncrono com 2 ou 3 velocidades;
- Utilize motores de alto rendimento, com perdas reduzidas;
- Redimensione corretamente a potência dos motores de acordo com o carregamento atual;
- Evite utilizar motores superdimensionados;
- Desligue os motores das máquinas quando estas não estiverem operando;
- Instale motores adequados ao ambiente e regime de trabalho;
- Verifique se as características do motor são adequadas às condições do ambiente onde está instalado;

- Verifique se os dispositivos de partida são adequados;
- Verifique o alinhamento dos motores;
- Mantenha os mancais lubrificados conforme as orientações do fabricante;
- Realize manutenção preventiva, a fim de eliminar desperdícios, diminuir custos e aumentar a vida útil dos equipamentos;
- Verifique e elimine ruídos e vibrações;
- Equilibre a corrente elétrica nas três fases;
- Evite variações de tensão;
- Evite o rebobinamento de motores antigos ou que já sofreram rebobinamento;
- Avalie a viabilidade técnica e econômica de substituir os motores antigos de sua empresa por motores mais eficientes.

4.1.2. Bombas

De acordo a CNI (2014), Como parte do roteiro de análise do desempenho do sistema motriz, outro ponto importante é o setor de bombeamento de água, onde há necessidade de um plano de manutenção para garantir o perfeito funcionamento e redução das perdas, e para isto é importante à verificação de alguns itens como: a existência de vazamentos no sistema hidráulico conectado à bomba, a verificação do consumo indevido ou desnecessário no sistema hidráulico, as condições de limpeza dos filtros, a existência de válvulas de bloqueio parcialmente fechadas, a possibilidade de reduzir o número de acessórios existentes na tubulação, a quantidade de água que é utilizada para arrefecimento da caixa de gaxeta da bomba, a vazão da bomba (se é excessiva para as necessidades do sistema), a verificação das vibrações excessivas e corrosão nas pás do rotor, que podem ter sido ocasionadas por problemas de sucção, a checagem se a bomba escolhida é a mais adequada (se apresenta o maior rendimento), verificação se o diâmetro da tubulação é apropriado (a economia na tubulação reflete em maior custo de energia), checagem dos acessórios da canalização, evitando válvula de pé, curvas acentuadas, reduções e ampliações bruscas e verificando se a potência do motor elétrico é compatível com a bomba (a sobra excessiva de potência ocasiona um baixo fator de potência).

Há uma variedade de bombas no mercado, com geometria e modelos diferenciados para cada aplicação. As principais diferenças se aplicam pelo tipo de rotor, pela quantidade de estágios e pela posição das pás do rotor. A escolha da bomba se dá por intermédio de

parâmetros do projeto, como vazão, altura da coluna de água, tipo de líquido (ou gás) envolvido e pressão. Tal escolha pode ser observada nas tabelas dos fabricantes. O dimensionamento, visando à conservação de energia, consiste em operar a bomba em seu ponto ótimo de rendimento. Alguns métodos podem ser utilizados com objetivo de aumentar a eficiência energética na utilização de bombas de fluxo. O principal deles é variar a velocidade do motor em vez de estrangular o fluxo através de válvulas. Essa variação é dependente do acionamento de motores através de inversores, o que por vezes não atende a um retorno econômico rápido.

Segundo CNI (2014), dos itens que compõem o potencial para redução de perdas de energia no sistema de bombeamento pode-se citar:

- Grandes alturas de sucção. Dependendo da forma de como são instaladas as bombas, podem ocorrer alturas demasiadas de sucção o que, além de diminuir o rendimento, pode provocar “cavitação”, diminuindo a vida útil do rotor da bomba. Para este caso, reduzir ao máximo a altura de sucção;
- Entrada de ar na tubulação de sucção. Isto ocorre pelo estado precário da tubulação ou intencionalmente, com o ajuste da vazão e, conseqüentemente, da carga do motor. Apesar de ser uma maneira de redução da carga solicitada, esta atitude é condenável pela redução da eficiência e vida útil da bomba. O procedimento correto seria, em vez da entrada de ar, o redimensionamento do conjunto motor-bomba por meio do rotor ou jogo de polias;
- Ampliação após a curva. As ampliações não devem ser feitas com comprimento reduzido depois de uma curva. Assim, evita-se provocar uma maior velocidade do fluxo d’água na curva e, conseqüentemente, maior perda de carga;
- Tubulação longa e sem juntas. Pode-se constatar, frequentemente, a utilização de tubulações longas sem os devidos meios de proteção contra efeitos térmicos (juntas de dilatação) e hidráulicos (ventosas e válvulas de alívio).
- Redução concêntrica na tubulação de sucção. Este tipo de acoplamento (na posição horizontal ou levemente inclinada) permite a formação de “bolsões de ar”, provocando o turbilhonamento do fluxo d’água na entrada da bomba e diminuindo o rendimento;
- Apresentam-se ao longo do tempo, deformações que oferecem um aumento de resistência ao fluxo do líquido. Altura de despejo desnecessária. Quando a saída da

tubulação encontra-se numa altura bastante superior ao ponto de despejo, provoca um gasto desnecessário de energia por superdimensionamento da instalação;

- Curvas de raio curto. As curvas existentes nas tubulações de sucção não devem ter raio curto (isto ocasiona um considerável aumento na perda de carga das instalações);
- Vazamentos na tubulação de recalque. A existência de vazamentos na tubulação de recalque é uma situação concreta de desperdício de energia;
- Levantes com bomba única. Deve-se evitar que as instalações sejam compostas por um único conjunto motor-bomba. O correto seria dividir a carga hidráulica em dois (ou mais) conjuntos motrizes.

Nem sempre são encontradas bombas que operem no ponto ótimo de projeto, mas é possível efetuar associações em série ou em paralelo para adequar as curvas características de operação ao melhor rendimento (Monachesi, 2005). Em muitas aplicações pode-se alterar o funcionamento entre uma ou mais bombas para atender às demandas de vazão solicitadas. Com sistemas inteligentes (PLC ou sistema supervisório) é possível acionar a bomba com melhor rendimento para determinada vazão.

4.1.3. Sistemas de Ar Comprimido

Outro ponto importante dentro dos sistemas motrizes são sistemas de ar comprimido onde temos uma gama de diversas aplicações, e o consumo de energia é igualmente acentuado e as oportunidades de conservação de energia nesse segmento são atraentes (Santos et al. 2006).

Nos diversos processos industriais, os sistemas de ar comprimido desempenham papel fundamental na produção e representam parcela expressiva do consumo energético das instalações. Porém, nem sempre estas instalações recebem os cuidados devidos, passando a ser uma fonte constante de desperdícios (ZAPPELINI, 2008).

Seus principais componentes incluem compressores, motores e acionamentos, equipamentos de tratamento de ar, reservatório e acessórios. A distribuição transporta o ar comprimido dos reservatórios alimentados pelos compressores aos pontos de uso final, devendo ser fornecido na pressão adequada às aplicações de uso final. Tal como ocorre com os equipamentos eletromecânicos, os sistemas de ar comprimido industriais necessitam de manutenção periódica para operar com eficiência elevada e minimizar as paradas não programadas.

São vários os modelos de compressores de ar disponíveis no mercado, para atenderem às demandas de pressão e vazão. Não é objetivo de este trabalho explorar as características de cada modelo. No entanto, será crucial verificar as premissas básicas de conservação de energia para o sistema.

Segundo Santos et al. (2006) e Rocha e Monteiro (2005), os principais quesitos a se observarem em sistemas de ar comprimido a fim de se obter economia de energia são:

- Aspecto de projeto.

A escolha correta dos compressores é determinante para a conservação de energia. Os modelos também devem ter alto rendimento.

- Utilização de óleo sintético.

A utilização de óleo sintético pode reduzir o consumo de energia de 2 a 5%, além de oferecer outros benefícios. Porém, essa utilização deve ser consultada junto ao fabricante.

- Temperatura de admissão do ar.

A energia necessária para comprimir o ar é dependente da temperatura de admissão.

Quanto menor a temperatura de admissão, menor será o trabalho para comprimir uma quantidade de ar. Logo, é conveniente manter um ambiente ventilado para instalação de compressores. Isso inclui captar ar fresco e manter o ar da compressão (quente) separado do ar da admissão.

- Relação de pressão.

Outra relação com trabalho é a pressão. Quanto menor a pressão necessária nos pontos de consumo, menor será o trabalho requerido. Deve-se manter a pressão adequada conforme especificações dos equipamentos. É necessário também manter a menor perda de carga possível para evitar o desperdício de energia. Recomenda-se uma queda máxima do ponto de consumo até a geração de 0,3 bar; 5% da pressão de geração.

- Compressão em estágios.

Utilizar equipamentos com mais estágios é alternativa para a diminuição do consumo de energia.

- Recuperação de calor de compressão.

Boa parte da energia gasta para compressão do ar é despendida em forma de calor. Na produção de ar comprimido ocorre o aquecimento de ar no fim do processo. O calor geralmente é rejeitado para o ambiente. Esse calor poderá ser utilizado para o aquecimento de outros processos.

- Realização de manutenção preventiva.

A manutenção preventiva é essencial para manter os indicadores de eficiência dentro dos patamares esperados. A manutenção deverá ser efetuada conforme orientação dos fabricantes. Itens da manutenção preventiva devem ser: controle de umidade e descontaminação do ambiente, ajustes, limpezas incluindo filtros, substituição de peças e filtros, eliminação de condições adversas, inspeção de água de refrigeração e correias e correções de vazamentos.

- Redução de perdas devido à melhoria de controle.

Quando se tem mais de um compressor é possível efetuar um controle inteligente para acionamento e controle de demanda de ar. Os principais tipos de controle são:

- Ajuste de fornecimento com demanda;
- Controle por cascata;
- Controle de carga/vazio;
- Inversores de frequência;
- Controle centralizado;
- Gerenciamento por faixa de controle; e
- Controladores de pressão/fluxo.
- Redução de perdas utilizando reservatório e sistema de estabilização de pressão.

Os reservatórios servem para atender à demanda da carga permitindo que os compressores permaneçam desligados ou estejam operando em alívio. O cálculo do tamanho do reservatório depende da demanda de ar e do modelo dos compressores.

- Redução de perdas pelo tratamento do ar comprimido.

Purificar o ar contribui com a vida útil dos equipamentos, além de diminuir a perda de carga do sistema aumentando a eficiência energética global. Existem várias maneiras de filtrar impurezas. Dentre elas está a utilização de filtros, secadores e resfriadores.

- Redução de perdas na drenagem do condensado.

Devido à presença de umidade no ar, há a formação de condensado. A eliminação desse condensado é importante para a diminuição de perda de carga, e também para o aumento da qualidade na distribuição. Há várias formas de eliminação do condensado que vão desde válvulas manuais, até automáticas com controle de nível.

- Vazamentos.

Os vazamentos aumentam o tempo trabalhado pelos compressores e contribui para o desperdício de energia. Algumas medidas para a redução de vazamentos incluem: diminuir a pressão de trabalho, instalar válvulas solenoides na entrada de ar dos equipamentos e eliminar

pontos de vazamentos. A tolerância de vazamento de instalações novas é de 5%. Além do indicador de vazamento do sistema de ar comprimido, outros indicadores, segundo Rocha e Monteiro (2005), são de grande valia para compreender o estado de eficiência energética:

- Custo específico: relaciona o custo para produzir um metro cúbico de ar comprimido- R\$/m³;
- Eficiência de compreensão: relaciona a quantidade de energia elétrica para produzir 1 m³ de ar comprimido-kWh/m³;e
- Consumo específico: quantidade necessária de ar comprimido para a produção de uma unidade ou quilo de produto (m³/t).

Sistemas de ar comprimido são largamente utilizados em quase todos os setores industriais e seu campo de aplicação é bastante grande e cresce dia a dia (MARQUES, 2006).

Durante este processo de abastecimento acabam gerando grandes quantidades de ar, perdidas através de pequenos furos, acoplamentos com folgas, vedações defeituosas, etc, quando somadas, alcançam elevados valores. A importância econômica desta contínua perda de ar torna-se mais evidente quando comparada com o consumo de um equipamento e a potência necessária para realizar a compressão. Desta forma, um vazamento na rede representa um consumo consideravelmente maior de energia, que pode ser representado na Tabela 1.

Tabela 1 – Vazamento e perda de potência em furos

Diâmetro do Furo (mm)	Perda l/s a 7,0 bar	Potência Consumida (kw)	Consumo Anual (kwh)	Custo Anual do Desperdício (R\$)
0,8	0,2	0,1	876,6	131,5
1,0	1,0	0,3	2629,8	394,5
1,5	3,1	1,0	8766,0	1314,9
3,0	11,0	3,5	30681,0	4602,2
5,0	26,7	8,3	72757,8	10913,7
6,0	45,8	15,0	131490,0	19723,5
10,0	105,0	37,0	324342,0	48651,3
Custo do KWh Contratado		R\$ 0,15		
Horas Uso/Dia		24		

Fonte: (ATLAS COPCO, 2010b).

É impossível eliminar por completo todos os vazamentos, porém estes devem ser reduzidos ao máximo com uma manutenção preventiva do sistema, de 3 a 5 vezes por ano, sendo verificados, por exemplo: substituição de juntas de vedação defeituosa, engates,

mangueiras, tubos, válvulas, aperto das conexões, restauração das vedações nas uniões roscadas, eliminação dos ramais de distribuição fora de uso e outras que podem aparecer, dependendo da rede construída.

Segundo Póvoa (2014), a economia no consumo de energia e o tempo de retorno do investimento, ao se optar por um motor de alto rendimento, são funções dos seus rendimentos, do tempo de operação, da potência solicitada pela carga, da tarifa de energia elétrica e dos seus preços iniciais.

4.2. Sistemas de Iluminações

De acordo com a EPE (2010) a eficiência energética pode ser aplicada em vários segmentos do setor industrial, de várias formas, desde a geração de energia até a fonte consumidora. Uma indústria que tem como pilar a eficiência energética deve investir na sua manutenção, por meio de tecnologia moderna e adequada à estrutura, visto que, uma grande parte das perdas e dos desperdícios de energia pode ser diminuída por meio de ações adequadas em manutenção, não somente a corretiva, mas, sobretudo, a preventiva, evitando assim, o alto desperdício de energia elétrica na iluminação.

A utilização da energia elétrica para iluminação vem sendo um assunto bastante discutido atualmente, seja através de novas tecnologias que estão surgindo, pela busca de uma maior eficiência, diminuição do desperdício ou uso racional. São discutidas maneiras para melhoria dos locais quanto ao índice de luminosidade nas fases de projeto e execução. Tecnologias alternativas são pautadas em análises técnicas de acordo com a adequação e aplicação ao uso de forma a prover um ambiente bem iluminado com baixo consumo de energia elétrica. Equipamentos e hábitos de uso analisados sob o ponto de vista da eficiência energética demonstram, em inúmeros casos, ser economicamente viáveis, ou seja, ter custo de implantação menor que o do custo da energia.

O conceito de eficiência energética é recente. Indústrias e fábricas antigas não se preocupavam com esta questão, pois a energia elétrica era muito barata e não havia a consciência que há nos dias atuais. Diante do cenário atual, cuja preocupação é com a redução de custos de produção, abre-se espaço para trabalhos voltados para redução no consumo de energia elétrica utilizando eficiência energética.

As instalações industriais são desafiadoras, pois necessitam de iluminação suficiente nas superfícies de trabalho, luminárias instaladas em diferentes alturas e possuem ambientes

extremos. O ar pode conter gases, vapor de óleo, umidade e poeira, que tendem a prejudicar o desempenho óptico do sistema de iluminação.

De acordo a COPEL (2005) geralmente a iluminação participa com uma pequena parte do consumo de energia elétrica nas indústrias, porém existem grandes possibilidades para obter uma redução de consumo de energia. O bom desempenho de um sistema de iluminação depende de cuidados que se iniciam no projeto elétrico, envolvendo informações sobre luminárias, perfil de utilização, tipo de atividade a ser exercida no local e outras.

O sistema de iluminação é um ponto para um início de trabalho de conscientização, e por outro lado em muitos casos temos soluções bastante simples para eliminar o desperdício, inclusive com pequenos investimentos iniciais ou soluções que demandam investimentos, porém com retorno interessante.

Segundo Abeelen, Harmsen e Worrell (2013), um sistema de iluminação é definido como todos os componentes necessários para atender aos requisitos da iluminação. O bom desempenho de um sistema de iluminação depende de cuidados que se iniciam no projeto elétrico, envolvendo informações sobre luminárias, perfil de utilização, ou tipo de atividade a ser exercida. A seguir apresentam-se pontos importantes para redução:

- Máximo aproveitamento da luz natural e utilizar iluminação artificial somente onde não existir iluminação natural suficiente para o desenvolvimento das atividades;
- Nível de iluminação adequado ao trabalho solicitado conforme recomenda a Norma Brasileira;
- Desligar a iluminação em ambientes não ocupados e Instruir os empregados a desligarem as lâmpadas de dependências desocupadas, salvo aquelas que contribuem para a segurança;
- Determinar áreas efetivas de utilização;
- Sistemas que permitam desviar o calor gerado pela iluminação para fora do ambiente, visando reduzir a carga térmica dos condicionadores de ar;
- Utilizar circuitos independentes para utilização de iluminação parcial e por setores, ter flexibilidade nos sistemas de comando de iluminação, ampliando o número de interruptores se necessário, de forma a utilizar apenas a iluminação efetivamente necessária;
- Iluminação localizada e pontos especiais como: máquinas operatrizes, pranchetas de desenho, depósitos etc.;

- Selecionar cuidadosamente lâmpadas e luminárias buscando conforto visual com mínima carga térmica ambiental utilizando lâmpadas e luminárias de alta eficiência energética e escolhendo lâmpadas adequadas a cada tipo de ambiente;
- Selecionar cuidadosamente reatores, buscando a redução das perdas e fator de potência mais alto;
- Utilizar relés fotoelétricos para controlar o número de lâmpadas acesas em função da luz natural no local;
- Quando for possível recomenda-se a instalação de sensores de presença;
- Estabelecer um programa periódico de limpeza das lâmpadas e luminárias existentes;
- Percorrer os diversos setores da indústria, a fim de verificar se há luminárias desnecessárias ou com excesso de iluminação;
- Reduzir a carga de iluminação nas áreas de circulação, garagem, depósitos, etc., observando sempre as medidas de segurança;
- Verificar a possibilidade de instalar “timer” para controle da iluminação externa, letreiros e luminosos;
- Evitar pintar os tetos e paredes com cores escuras, as quais exigem lâmpadas de maior potência para a iluminação do ambiente;
- Limpar regularmente as paredes, janelas, forros e pisos. Uma superfície limpa reflete melhor a luz de modo que menos iluminação artificial seja necessária.

Segundo Procel (2009) o tipo correto de iluminação é crucial em instalações de linha de produção, assegurando que a proporção de defeitos em potencial seja diminuída, e a qualidade geral maximizada.

Na Tabela 2 pode-se verificar o Rendimento luminoso médio de algumas fontes de luz.

Tabela 2 – Rendimento luminoso médio de algumas fontes de luz

	Lm/W
Incandescente	17
Halógena	22
Luz mista	28
Vapor de mercúrio	58
Fluorescente compacta – LFC Reator integrado (com base E27)	59
Fluorescente convencional	68
Fluorescente compacta – LFC Reator não integrado	72
Fluorescente – alta eficiência	90
Vapor metálico	85
Sódio a alta pressão	130
Sódio a baixa pressão	183

Fonte: (COPEL, 2005)

De acordo com COPEL (2005) as Unidades fotométricas podem ser classificadas como:

- FLUXO LUMINOSO: é o fluxo de energia luminosa emitido em todas as direções por uma fonte no espaço.
- EFICIÊNCIA LUMINOSA: é a relação entre a quantidade de lúmens produzidos por uma lâmpada e a potência (Watts) da lâmpada.
- LUMINÂNCIA: é o fluxo luminoso incidente por uma unidade de área de uma superfície iluminada, medida em lux.
- REFLETÂNCIA: relação entre o fluxo luminoso refletido e o fluxo luminoso incidente sobre uma superfície. É medida geralmente em porcentagem.

A Norma Brasileira “Iluminância de Interiores” - NBR-5413, através de duas tabelas, possibilita a determinação de valores de iluminância segundo o tipo de atividade desenvolvida no ambiente, com base em três variáveis: acuidade visual do observador, velocidade e precisão requerida no trabalho e condições de refletância da tarefa.

A Tabela 3 traz valores de iluminância mínimo, médio e máximo para três faixas de atividades A, B e C, cada uma subdividida em três níveis.

A Tabela 4 complementa a aplicação da Tabela 3, permitindo ao projetista o cálculo ponderado das variáveis que determinam a escolha da iluminância mínima, média ou máxima para cada caso.

Para sua aplicação, primeiro atribui-se um peso (-1, 0 ou +1) a cada uma das três características que aparecem na tabela relativa ao tipo de observador (idade), a tarefa visual (velocidade e precisão exigida) e a refletância do fundo da tarefa.

Feito isso, somando-se algebricamente os três valores encontrados, obtém-se o resultado: quando ele for -2 ou -3, pode-se usar a iluminância mais baixa do grupo; quando for +2 ou +3, usa-se a iluminância superior; nos demais casos, utilizam-se o valor médio.

Tabela 3 – Iluminâncias para cada grupo de tarefas visuais

FAIXA	ILUMINÂNCIA	TIPO DE ATIVIDADE
A Iluminação geral para áreas usadas ininterruptamente ou com tarefas visuais simples.	20 30 50	Áreas públicas com arredores escuros.
	50 75 100	Orientações simples para permanência curta.
	100 150 200	Recintos não utilizados para trabalho contínuo, depósitos.
B Iluminação geral para área de trabalho.	200 300 500	Tarefas com requisitos visuais limitados, trabalho bruto de maquinaria, auditórios.
	500 750 1.000	Tarefas com requisitos visuais normais, trabalho médio de maquinaria, escritórios.
	1.000 1.500 2.000	Tarefas com requisitos especiais, gravação manual, inspeção, indústria de roupas.
C Iluminação adicional para tarefas visuais difíceis.	2.000 3.000 5.000	Tarefas visuais exatas e prolongadas, eletrônica de pequeno tamanho.
	5.000 7.500 10.000	Tarefas visuais muito exatas, montagem de microeletrônica.
	10.000 15.000 20.000	Tarefas visuais muito especiais, cirurgia.

Fonte: (COPEL, 2005)

Tabela 4 – Fatores determinantes da Iluminação adequada

Característica da tarefa e do observador	PESO		
	-1	0	+1
Idade	Inferior a 40 anos	40 a 55 anos	Superior a 55 anos
Velocidade e precisão	Sem importância	Importante	Crítica
Refletância do fundo da tarefa	Superior a 70%	30% a 70%	Inferior a 30%

Fonte: (COPEL, 2005)

4.2.1. Tipos de Lâmpadas mais usadas na indústria:

Segundo CNI (2014), Dentre as luminárias mais usadas estão às citadas abaixo:

- INCANDESCENTES
- FLUORESCENTES
- VAPOR DE MERCÚRIO
- MULTIVAPOR METÁLICO
- MISTA
- VAPOR DE SÓDIO A ALTA PRESSÃO
- LED

A Tabela 5 a seguir relaciona os diversos tipos de lâmpadas e seus campos de aplicação mais usuais.

Tabela 5 – Aplicação dos vários tipos de Lâmpadas

	FLUORESCENTE	VAPOR MERCÚRIO	MULTI-VAPOR METÁLICO	LUZ MISTA	VAPOR DE SÓDIO ALTA PRESSÃO	HALOGÊNIO
ILUMINAÇÃO DE INTERIORES						
Galpões	X	X			X	
Escritórios	X					
Sala de desenhista						
Corredores	X	X		X		
LOCAIS PÚBLICOS *						
Refeitórios	X					
Auditórios	X	X	X			
ILUMINAÇÃO DE EXTERIORES						
Fechadas, monumentos		X	X		X	X
Vias rápidas, pontes, viadutos		X	X		X	X
Estacionamentos, pátios		X	X	X	X	X
Túneis, passagens subterrâneas					X	

Fonte: (COPEL, 2005)

O conjunto formado por lâmpada, luminária e difusor é que define realmente a eficiência luminosa do equipamento de iluminação. O que leva a se considerar a necessidade de avaliar o desempenho das luminárias e difusores, tanto quanto o das Luminárias.

Para COPEL (2005) Quando escolher uma luminária, tenha sempre em mente quatro pontos básicos:

- O posicionamento dos locais de trabalho, bem como as tarefas desenvolvidas em uma certa área estão sujeitos a mudanças frequentes. As novas necessidades de iluminação somente poderão ser atendidas, de maneira eficiente, quando o sistema existente for suficientemente flexível, permitindo que as luminárias sejam recolocadas de maneira rápida, fácil e econômica;
- O conjunto lâmpada luminária deve ser uma eficiente fonte de luz, sendo sua eficiência medida em termos de coeficientes de utilização. Esse valor pode ser encontrado nos catálogos dos fabricantes;
- A luminária não pode constituir-se em uma fonte de ofuscamento e não deve incomodar a visão nas condições normais de trabalho;
- A luminária deve promover uma ótima distribuição da luz produzida pelas lâmpadas. O fluxo luminoso que incide no refletor da luminária deve ser dirigido para o plano de trabalho. Isso faz com que a eficiência do conjunto lâmpada-luminária seja máxima.

4.2.2. Manutenção dos Sistemas de Iluminação

São muito significativos os ganhos, principalmente em rendimento e eficiência, quando se põe em prática um bom esquema de manutenção periódica dos sistemas de iluminação, substituindo ou retirando difusores em más condições, substituindo luminárias com baixo rendimento, usando reatores eficientes, ou simplesmente limpando lâmpadas e luminárias. Há casos em que a simples limpeza de lâmpadas e luminárias ocasiona aumento do iluminamento em até 60%, possibilitando a manutenção das lâmpadas existentes. Os diversos tipos de lâmpadas apresentam, usualmente, problemas típicos de funcionamento, que são frequentemente encontrados durante as manutenções.

Ao se economizar energia elétrica com a iluminação, ganha o meio ambiente, uma vez que a geração de energia elétrica tem impacto ambiental e contribui com a redução do consumo de energia elétrica.

4.3. Sistemas Térmicos

Segundo a Confederação Nacional das Indústrias (CNI, 2014), os fornos elétricos e as estufas são equipamentos de aquecimento que consomem volumes expressivos de energia elétrica e Gás Natural nas instalações industriais. Apesar de serem considerados equipamentos de elevada eficiência, costumam apresentar perdas significativas, não só nas operações de aquecimento e fusão, como também nas chamadas operações complementares, como o carregamento e transporte do material aquecido.

Na prática, o rendimento de um forno é igual ao produto de seu rendimento energético e seu rendimento operacional, em que são considerados, entre outras, as características construtivas do equipamento, seu carregamento, sua aplicação, o manuseio da carga, tempo e temperatura de processamento, etc. Essas diversas variáveis influenciam direta ou indiretamente, no resultado prático do equipamento.

O rendimento operacional de um forno é, basicamente, função das perdas de energia devido ao seu projeto, características construtivas e aquelas provocadas pela operação do equipamento. A experiência acumulada por muitas empresas mostra que parcela significativa de energia é desperdiçada pelo emprego de sistemáticas de trabalho não voltadas para a conservação de energia.

De acordo a COPEL (2005), parte da energia consumida por um equipamento de aquecimento elétrico é despendida para o processamento específico da carga, e uma parcela significativa perde-se, sem gerar trabalho produtivo. Simplificando, as perdas de energia podem ser divididas em três grandes grupos:

- Perdas inerentes ao processo produtivo: caracterizadas por serem próprias do processo, como, por exemplo, vapores extraídos das estufas de secagem;
- Perdas devido às características do equipamento: são aquelas devidas ao projeto, dimensionamento e escolha do equipamento, tais como perdas através do isolamento térmico das paredes;

- Perdas na operação: provocadas pela operação inadequada do equipamento, como, por exemplo, a porta ou tampa do forno mantida aberta desnecessariamente ou operação em temperatura acima da necessária.

Para COPEL (2005), a atuação sobre cada um desses tipos de perdas deve ser específica, objetivando minimizar o seu somatório e melhorar o desempenho econômico do equipamento. Entre outros, os principais pontos a serem observados são os seguintes:

- Necessidade efetiva do aquecimento: têm sido encontradas inúmeras soluções que requerem menor quantidade de energia em seu processamento;
- Níveis de temperatura de trabalho: as temperaturas utilizadas nos processos térmicos devem ser criteriosamente revisadas de modo a determinarem-se os valores mínimos com os quais se obtém o resultado desejado. Quanto menor a temperatura, menor o consumo de energia;
- Tempo de aquecimento: deve ser cuidadosamente avaliado objetivando sua redução. Para a realização da operação desejada, quanto menor o tempo de trabalho, menor o consumo;
- Ciclos de aquecimento: muitos materiais são submetidos a vários ciclos de aquecimento e resfriamento, como a laminação, o forjamento, etc. Esses ciclos devem ser analisados para se verificar se todos os aquecimentos são efetivamente indispensáveis, ou mesmo se uma alteração na especificação do produto pode minimizar os níveis de temperatura necessários ou, ainda, evitar alguma etapa do aquecimento;
- Especificação do material: a especificação do material determina os processamentos térmicos que serão necessários para a obtenção das características desejadas. Como muitos materiais foram especificados em uma época em que a energia era barata, a revisão de tais especificações pode resultar em significativas economias de energia.

Após analisados os aspectos relativos ao processo produtivo, devem-se observar os dados que dizem respeito à especificação, projeto e características construtivas do forno elétrico ou a Gás. Esse conjunto de parâmetros irá determinar a produtividade do equipamento e o consumo de energia por unidade processada (COPEL, 2005).

Produção do equipamento - Um ponto importante a ser observado é a relação entre as necessidades de produção e a capacidade produtiva do forno elétrico. Um equipamento operando em condições muito inferiores ou muito superiores as de sua capacidade nominal

apresentará um consumo específico maior do que o efetivamente necessário. Ao se utilizar um forno elétrico, deve-se procurar operá-lo dentro da faixa ótima de produção para o qual ele foi projetado, e apresentará perdas mínimas.

Transporte da carga - Todo equipamento necessita de um sistema de transporte e movimentação da carga. Boa parte desses componentes permanece no interior do forno, exigindo energia para seu aquecimento. Os ciclos de aquecimento e resfriamento a que são submetidas tais peças podem representar consumos de energia não desprezíveis.

Deve-se dar preferência aos equipamentos que apresentem o mínimo de suportes, dispositivos de fixação ou apoios de carga, e também mínimas dimensões e peso, evitando perdas desnecessárias.

Áreas de perda de calor - Para minimizar perdas de energia, as áreas de dissipação de calor para o ambiente devem ser as menores possíveis. Nesse sentido, o volume do forno deve ser o mínimo possível e adequado ao tamanho da carga e da produção desejada.

As portas e tampas devem apresentar dimensões mínimas compatíveis com a carga, e ser mantidas fechadas durante o processamento, evitando aberturas desnecessárias.

Perdas de calor por frestas e partes metálicas - A construção inadequada do forno ou a manutenção deficiente levam, com o seu envelhecimento, ao surgimento de frestas em portas, tampas soleiras, selos, etc., provocando perdas para o ambiente, as quais podem ser facilmente eliminadas com uma boa revisão.

Outro ponto a se observar diz respeito às partes metálicas do forno que estão em contato simultâneo com a sua região quente e sua parte externa.

Sempre que possível isso deve ser evitado, pois além de significativas perdas de energia, pode provocar acidentes de trabalho.

Perdas de calor por convecção - Perdas por convecção no interior do forno, principalmente nos fornos resistivos e estufas, ocorrem sempre que há uma corrente de ar atravessando o equipamento. Isto se dá, muitas vezes, devido à existência de portas ou aberturas em posições inadequadas. É importante lembrar que a introdução de ar frio reduz a temperatura do equipamento, exigindo maior consumo de energia para reposição do calor perdido.

As portas de extremos opostos devem ser evitadas, de modo a não sobreviverem correntes de ar frio no interior do equipamento. As aberturas em alturas diferentes da câmara de aquecimento devem ser evitadas para não permitir o surgimento de uma corrente ascendente de ar, por convecção natural.

As perdas térmicas através das paredes do forno dependem do seu isolamento térmico, da área das paredes externas, bem como da temperatura da carga. Nos fornos resistivos, o isolamento térmico é efetuado em várias camadas, com o emprego de diversos materiais, sendo muito comum o uso de fibras cerâmicas, que apresentam baixa condutibilidade térmica e reduzida inércia térmica, isto é, o material é um bom isolante térmico que acumula pequena quantidade de calor .

Essa última propriedade tem como principal consequência a rapidez no aquecimento e resfriamento do forno, melhorando a produtividade e reduzindo a energia gasta no aquecimento das paredes e tetos.

De acordo a COPEL (2005), nos fornos indutivos, a redução dessas perdas está ligada à melhoria do isolamento térmico do cadinho. No entanto, para manter um bom rendimento elétrico, a espessura da parede do cadinho deve ser a mínima possível, devendo procurar-se a relação ótima entre as duas variáveis. As recomendações para redução do consumo são:

- Evite aquecimentos inúteis: o forno elétrico ou a gás natural deve operar o mais próximo possível da plena carga, pois isso proporciona uma diminuição do consumo específico;
- Havendo casos de fornos que operam com carga inferior a 50% de sua capacidade, essa situação deve ser corrigida, já que ela conduz a consumos desnecessários de energia;
- Minimizar o tempo de carregamento dos fornos;
- Tendo sido observados equipamentos operando com as portas não totalmente fechadas ou a existência de frestas em portas, soleiras ou tampas, deve-se procurar corrigir tais situações que reduzem o rendimento térmico dos fornos;
- Se tiver sido observado o uso exagerado de dispositivos de transportes entrando e saindo do forno, há uma indicação de má utilização de energia para o aquecimento de tais dispositivos;
- A introdução de cargas para o aquecimento contendo impurezas ou umidade representa uso de energia desnecessária e deve ser evitada;
- Mantenha portas fechadas: é importante lembrar que uma porta ou tampa aberta se constitui num dos maiores fatores de perda de calor;
- Se for registrado o uso de cadinhos com isolamento térmico em mau estado ou sem tampa, o consumo de energia elétrica pode ser reduzido por meio de uma ação corretiva para recuperação do isolamento térmico e colocação de tampas nos cadinhos;

- Verifique a possibilidade de reaproveitar o calor proveniente dos sistemas de refrigeração, resfriamento do forno e gases de exaustão;
- Evite sobreaquecimentos: recomenda-se trabalhar sempre próximo ao nível mínimo de temperatura para o qual o processamento foi especificado.
- Sempre que possível, pré-aqueça a carga a ser introduzida nos fornos elétricos. Essa é uma boa aplicação para a energia recuperada dos fornos;

Neste sistema o consumo também pode ser reduzido através do uso eficiente de energia e da redução das perdas de calor com um bom isolamento térmico e o reaproveitamento do calor para o pré-aquecimento. Em alguns casos há necessidade da substituição de resistências dos fornos elétricos visando o melhor desempenho energético. Os tratamentos térmicos de aço envolvem um conjunto de operações que, se otimizadas, vão conduzir a uma melhoria energética de todo processo. (FILIPE; FERREIRA, 2013).

5. RESULTADOS DO ESTUDO DE CASO

Inicialmente foi realizado um diagnóstico energético de acordo com a realidade da empresa siderúrgica, indicando mudanças possíveis de ser efetuadas. Para tal, foi realizado o levantamento de dados a partir de visitas à uma empresa de grande porte do setor, para analisar o consumo de energia por setor em todo o processo de industrialização do aço.

O desenvolvimento deste trabalho seguiu uma metodologia nas instalações industriais, constando as seguintes etapas:

- Análise prévia da documentação;
- Visitas à planta industrial para conhecimento das instalações e equipamentos, além da identificação dos ambientes;
- Questionamentos com o pessoal de Operação, Processo e Manutenção visando à coleta de informações sobre aspectos operacionais, necessidades de processo, conservação dos equipamentos, etc.
- Análise estatística dos parâmetros históricos de utilização de energia elétrica e de sua relação com a produção;
- Levantamento de amostra representativa das instalações e equipamentos;
- Levantamento das oportunidades de redução dos desperdícios identificados;
- Estabelecimento de formas de correção pela implantação de novos sistemas ou pela mudança dos hábitos de utilização de energia, com a respectiva análise custo/benefício.

A partir dos dados disponibilizados pela empresa, foi realizada uma análise com base nas faturas de energia elétrica, verificando a forma de contrato com a distribuidora, consumo de energia ativa e reativa de acordo com os períodos do ano e horários do dia e demanda de potência ativa contratada e utilizada.

Foi realizado um estudo dos sistemas de iluminação e climatização, assim como um levantamento da carga instalada nos principais equipamentos utilizados durante o processamento. Além do consumo de energia elétrica, também foi avaliado o consumo de gás natural para geração de energia de vapor nas caldeiras e para os fornos de tratamento térmicos. Após o levantamento de dados, foi determinado o potencial de conservação de energia para os usos finais existentes na empresa, por meio da identificação de oportunidades para implantação de medidas que aperfeiçoassem o uso da energia.

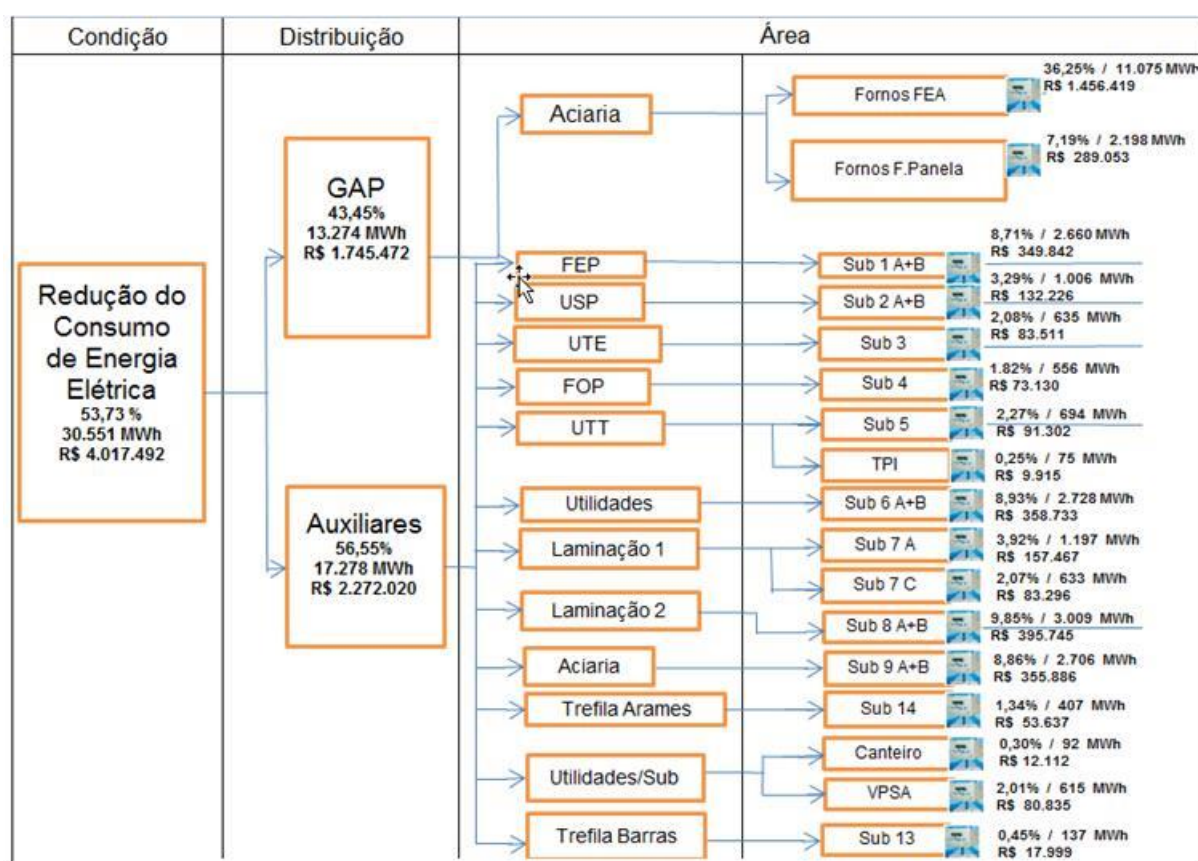
A empresa estudada possui diversos ambientes onde se pode observar o consumo de energia, entre eles estão:

- Sistemas Motrizes
- Sistemas de Iluminação
- Sistemas Térmicos

Elaborou-se uma árvore dos principais consumidores relacionados aos medidores de energia elétrica e gás natural que foi o foco de estudo energético deste trabalho.

Na figura 8 pode-se verificar a distribuição inicial de consumo de energia elétrica dentro da empresa estudada.

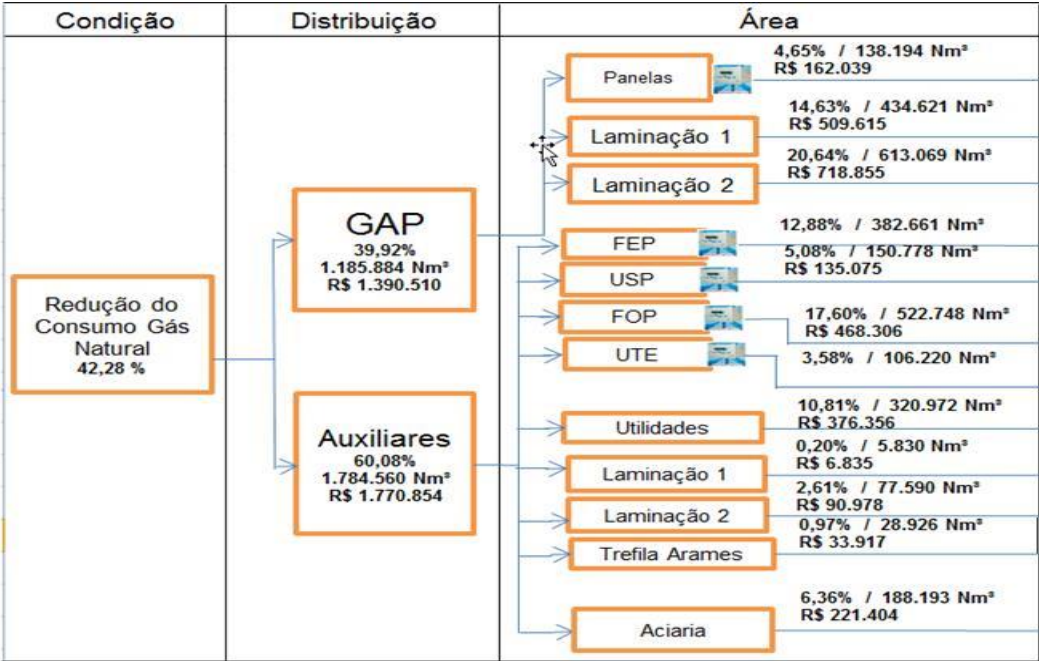
Figura 8 - Árvore do consumo de energia elétrica



Fonte: (Autor)

Na figura 9 pode-se verificar a distribuição inicial de consumo do gás natural dos principais consumidores estudados.

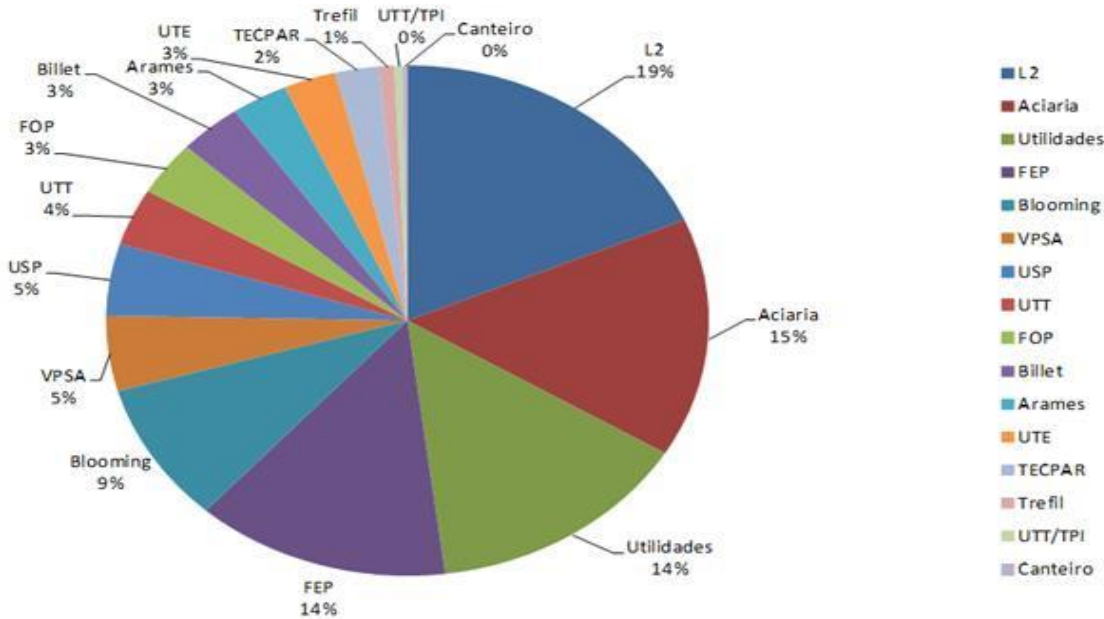
Figura 9 - Árvore do consumo de Gás Natural



Fonte: (Autor)

Após analisados os dados dos consumos e levantado um histórico de cada área produtiva conforme pode-se verificar na figura 10, foi criado um modelo energético por área, onde neste modelo verifica-se um histórico de consumo de anos anteriores e através de um modelo de regressão foi definido metas de consumo por área.

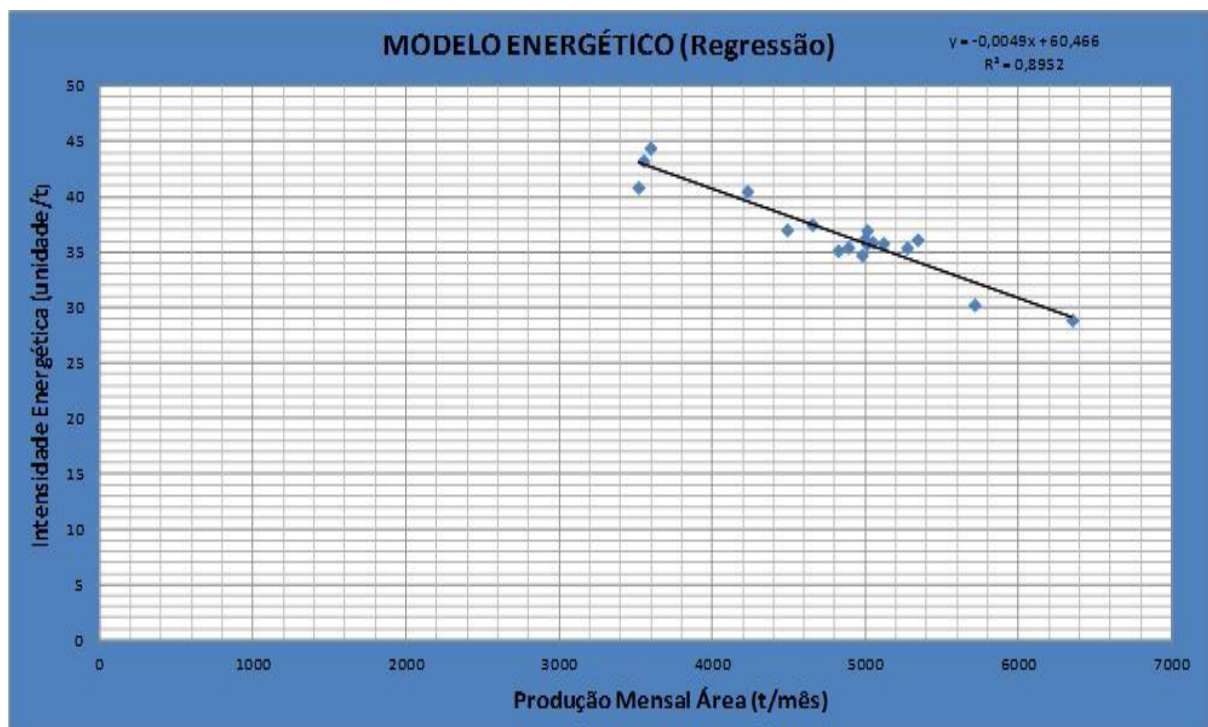
Figura 10 - Média de Consumo setorial em porcentagem



Fonte: (Autor)

A figura 11 mostra o gráfico do modelo energético criado para definição da meta da redução de consumo setorial. Este modelo tem por finalidade fazer um regressão linear do consumo de energia em kWh versus produção em Toneladas dos últimos 2 anos por setor, sendo assim, lançando-se o valor de produção atual o modelo apresentará o valor de energia que deveria ser gasto tomando como base um histórico criado no modelo.

Figura 11 - Modelo energético



Fonte: (Autor)

Devido à indústria siderúrgica ser de grande porte e o trabalho ser desenvolvido em diversas áreas foi criado uma Comissão Interna de Gestão Energética chamada de CIGE, onde as principais atribuições destes integrantes da comissão foram:

- Realizar ou contratar um diagnóstico energético para conhecer o desempenho energético das instalações, que permita verificar as condições de operação dos diferentes equipamentos;
- Controlar e acompanhar o faturamento de energia, elaborar gráficos e relatórios gerenciais visando subsidiar a tomada de decisões;
- Avaliar, em cada reunião, os dados levantados, analisar o cumprimento das metas fixadas no plano de trabalho e discutir as situações de desperdício;

- Propor medidas de gestão de energia. As medidas corretivas a serem tomadas que podem ser implantadas em função de um cronograma de ações;
- Realizar, periodicamente, inspeções nas instalações e nos procedimentos das tarefas, com o intuito de identificar melhorias nestes;
- Conscientizar e motivar os empregados, através da divulgação de informação de informações relativas ao uso racional de energia e os resultados alcançados, em função das metas estabelecidas;

A inclusão de medidas isoladas, não coordenadas e não integradas a uma visão global de toda instalação pode não produzir os resultados esperados e minar a credibilidade do programa, dificultando a continuidade do processo junto à direção e os demais envolvidos.

Um trabalho de comunicação bem desenvolvido, conjugado com bons resultados da CIGE, pode levar à inserção na mídia local, regional ou nacional de notícias da empresa sem nenhum custo. Essas inserções devem ser catalogadas e arquivadas, devendo ser convertidas em resultados a serem apresentados à Direção da empresa. O valor que essas inserções representariam se fossem pagas deve ser apresentado como resultado do trabalho da equipe de comunicação da CIGE.

5.1. Diagnóstico Energético

Para conhecer melhor as oportunidades de eficiência energética na empresa siderúrgica estudada foi realizado um diagnóstico inicial nas áreas industriais de expressivo consumo de energia, em seguida, para identificar as principais causas que contribuem para o desperdício de energia elétrica, desenvolveram-se folhas de verificação para pontos críticos de desperdício e ineficiência energética, como iluminação, climatização, faturas de energia, motores, tomadas e conectores. Com os resultados foi possível discutir, de forma estruturada, prioridades de investimento, tecnologias críticas, necessidades de capacitação e barreiras a serem enfrentadas. A tabela 6 mostra algumas das principais ações que foram levantadas durante visita nas áreas.

Tabela 6 – Principais ações levantadas no diagnóstico inicial

Área Beneficiada	Ação Planejada	Classificação	Insumo / Unidade	Custo previsto de implantação [R\$]	Custo Anual Atual [R\$]	Benefício Previsto - Ano [R\$]	Pay Back - Simples (meses)
Utilidades	Reduzir perdas de água desmineralizada (Adquirir visor de nível para instalação no desaerador térmico)	Ações Médio Prazo	Gás Natural/(Nm³)	R\$ 8.000,00	5.512	551	174,2
Utilidades	Instalar interface de comunicação a rádio na captação de água do Paraíba do Sul.	Ações Médio Prazo	Elettricidade/(kWh)	R\$ 10.000,00	137.491	13.749	8,7
Aciaria	Instalar inversor de frequência e controle de damper no coletor de pó dos FP	Ações Longo Prazo	Elettricidade/(kWh)	R\$ 50.000,00	589.248	58.925	10,2
Aciaria	Instalar acendedor automático no oxícorde do lingotamento Contínuo	Ações Médio Prazo	Gás Natural/(Nm³)	R\$ 6.000,00	55.123	27.562	2,6
FEP	Controle automático de temperatura dos aquecedores de painéis	Ações Curto Prazo	Gás Natural/(Nm³)	R\$ 40.000,00	106.939	10.694	44,9
FEP	Instalar Fotocélula nas luminárias do pátio de sucata e matéria prima da FEP	Ações Curto Prazo	Elettricidade/(kWh)	R\$ 3.000,00	11.785	3.535	10,2
FEP	Instalar cortina de correntes nos aquecedores	Ações Médio Prazo	Gás Natural/(Nm³)	R\$ 3.000,00	106.939	1.069	33,7
FEP	Adotar tampas no aquecimento das panelinhas de fundição da FHW	Ações Médio Prazo	Gás Natural/(Nm³)	R\$ 1.000,00	151.038	4.531	2,6
Laminador 1	Instalar controle de velocidade para os ventiladores de ar de combustão.	Ações Médio Prazo	Elettricidade/(kWh)	R\$ 40.000,00	24.000	7.200	66,7
Laminador 1	Substituir lâmpadas fluorescentes de 40W por lâmpadas fluorescentes de 32W.	Ações Longo Prazo	Elettricidade/(kWh)	R\$ 3.600,00	5.500	1.000	43,2
Laminador 1	Instalar inversor de frequência para o motor da serra fixa (340V)	Ações Médio Prazo	Elettricidade/(kWh)	R\$ 70.000,00	150.000	22.500	37,3
Forjaria	Realizar serviço de solda com eletrodo especial de alta resistência térmica no Trocador de Calor do Forno F4	Ações Curto Prazo	Gás Natural/(Nm³)	R\$ 2.500,00	198.198	9.910	3,0
Forjaria	Realizar calefetação nas frestas entre parede e teto do Forno F1 e nos blocos pré-moldados do teto.	Ações Curto Prazo	Gás Natural/(Nm³)	R\$ 4.000,00	108.456	3.254	14,8
Forjaria	Aumentar camada de isolamento térmico na Porta do Forno F3	Ações Médio Prazo	Gás Natural/(Nm³)	R\$ 1.000,00	138.521	1.385	8,7
Forjaria	Instalar Foto-Célula para iluminações nas laterais dos fornos de aquecimento	Ações Médio Prazo	Elettricidade/(kWh)	R\$ 800,00	5.485	2.194	4,4
Forjaria/UTT/UTE/USP	Realizar troca das lâmpadas 400W de Mercuro e HQI por lâmpadas HPS	Ações Longo Prazo	Elettricidade/(kWh)	R\$ 57.600,00	82.280	41.140	16,8
Laminador 2	Instalar interruptores para desligar lâmpadas que ficam acesas 24 horas mesmo sem acesso ao local	Ações Médio Prazo	Elettricidade/(kWh)	R\$ 500,00	15.713	4.714	1,3
Laminador 2	Instalar fotocélulas nas luminárias dos pórticos do pátio de tarugos	Ações Curto Prazo	Elettricidade/(kWh)	R\$ 1.000,00	7.857	2.357	5,1

Fonte: (Autor)

Com o levantamento em campo foi analisada cada ação e feito uma classificação de como seria executado aquele item pendente, sendo assim foi classificado de dois modos:

- Ações de curto prazo: onde se conseguiria executar a mesma com baixo custo e mão de obra interna, imediatamente;
- Ações de longo prazo: onde deveria ser realizada uma programação e previsão de verba para conclusão da pendência.

Nas indústrias siderúrgicas, os pontos principais de desperdício de energia são os motores elétricos, a iluminação e os sistemas de geração de calor ou resfriamento. Estes estão interligados aos métodos de operação, normalização de processos, treinamento e qualificação de colaboradores, sendo assim, visando uma conscientização na indústria quanto ao uso racional de energia elétrica e gás natural criaram-se multiplicadores de energia nas áreas, que são pessoas que foram treinadas e conscientizadas e que tem como objetivo multiplicar, promover e difundir a eficiência energética, sem comprometer a segurança e a qualidade dos processos produtivos.

Com relação à capacitação dos multiplicadores, esperou-se verificar que o conhecimento das melhores ações e procedimentos quanto ao uso final de energia possa refletir na minimização de defeitos, faltas, acidentes e, deste modo, aumentar a disponibilidade dos recursos energéticos. Primeiro se propôs o envolvimento da alta direção da empresa e de seus colaboradores, provenientes de diferentes níveis hierárquicos para atuarem como replicadores. Na etapa de capacitação foi proposta a realização de seminários, periodicamente, abordando os seguintes temas: energia, demanda, tarifa de energia, fator de potência, fator de carga, detalhamento da fatura de energia elétrica, dicas de economia, identificação e análise dos pontos de desperdício, normas técnicas de segurança, sistema de gestão energética e plano de monitoramento do consumo de energia elétrica

Com relação à manutenção, esperou-se que, com a implantação de um programa de prevenção, outros problemas fossem resolvidos, ou parte deles. Na produção, fatores como fiação desencapada, tomadas em mau estado e hábitos “não eficientes” puderam ser sanados. Dessa forma, deve-se alcançar um nível melhor de aproveitamento das instalações e equipamentos elétricos por meio da elaboração de um manual de manutenção e limpeza.

5.1.1. Check List

Como parte do diagnóstico energético foi criada alguns check-lists mensais para monitoramento de determinadas áreas operacionais da indústria siderúrgica e teve como objetivo garantir que a implantação das ações do diagnóstico inicial realmente fosse implantada e também levantamento de outros itens que possa dentro de um mês aparecer e assim tomar ações rápidas para diminuir alguma perda energética que aquela determinada área possa estar vulnerável.

Como principal ferramenta desta trabalho nas tabelas 7 à 15 serão apresentados alguns modelos de check-list de eficiência energética para uma determinado equipamento ou área de uma usina siderúrgica semi-integrada.

Tabela 7 – Check-list Transformação Mecânica

SISTEMA	EQUIPAMENTO/USO FINAL (AQUECIM. DIRETO, CALOR PROCESSO, FORÇA MOTRIZ, REFRIGERAÇÃO, ILUMINAÇÃO E OUTROS)	USO FINAL				PERDAS OBSERVADAS	CONTRAMEDIDAS
		OPER. EM VAZIO	PAR. NÃO PREVISTAS	RETRABALHO	VEL. FORA PADRÃO		
						CONSIDERAR: -Operação em Vazio; -Paradas não previstas; -Retrabalho; -Velocidade fora do padrão; -Paradas para ajustes/setup	
FAC	Ventiladores da torre de resfriamento	X				Ventiladores ficam ligados mesmo quando não há Base tratando	
FAC	Torre de resfriamento	X				Circulação de água de refrigeração funcionando durante forno (bases) parado	
FAC	Filtro da água de resfriamento	X				O filtro permanece ligado nos finais de semana	
DECAP.	Flanjes dos tanques 01,03,04					Vazamento de vapor nos flanjes dos tanques 01,03,04	
JATO	Luminária da área de estoque do jato	X				Luminária permanece ligada mesmo durante o dia, pois esta ligada junto com outra que é utilizada para operação do jato de granalha	
SHAVE	Luminárias próximas a escada de acesso a ponte 50t	X				Luminária permanece ligada mesmo durante o dia.	
FAC	Ventiladores da torre de resfriamento	X				3 ventiladores ligados ao mesmo tempo direto	

Fonte: (Autor)

Tabela 8 – Check-list áreas Administrativas

CHECK LIST DE PERFORMANCE ENERGÉTICA

ÁREA: ...ADMINISTRATIVO..... CÉLULA:

AVALIADOR (ES):

DATA: / /

	O QUE / COMO AVALIAR	PTO. CHAVE	OPORTUNIDADES DE MELHORIA / SUGESTÕES
	Equipamentos auxiliares como ventiladores, computadores, etc. operando sem necessidade. Verificar salas.	Operação em vazio	
	Refrigeração de equipamentos parados ou frios (Torres) . Observar casos de circulação desnecessária de fluidos (água, ar, etc.) com equipamentos sem produção.	Operação em vazio	
	Condicionamento de ambientes vazios	Operação em vazio	
	Valores inadequados de "setpoints" de temperatura e vazão de fluidos de refrigeração de equipamentos. Verificar ajustes de temperaturas abaixo ou vazão acima das necessidades dos equipamentos. Manter valores de temperatura entre 22° e 24°C. Verificar termostatos.	Operação abaixo do padrão	
	Temperaturas de condicionamento de ambientes inadequadas ao conforto térmico e operação de equipamentos. Avaliar adequação de temperaturas de cabines e salas com relação aos padrões de saúde e recomendações dos fabricantes dos equipamentos.	Operação abaixo do padrão	
	Isolamento térmico deficiente em equipamentos e salas. Observar aquecimentos em superfícies externas de equipamentos e fugas de chama ou ar em sala e equipamentos e salas.	Retrabalho	
	Fontes de calor ou frio em ambientes climatizados. Observar fontes internas e externas (radiação solar, resistências elétricas em painéis internos, etc.) que prejudiquem o condicionamento de ambientes.	Retrabalho	
	Trocadores de calor e filtros sujos ou bloqueados. Observar diferencial de pressão/temperatura ou o aspecto geral de limpeza.	Operação abaixo do padrão	
	Perdas de fluidos em sistemas fechados. Verificar perdas de fluidos (água, gases, etc.) e reposição excessiva dos mesmos.	Retrabalho	
ILUMINAÇÃO	Iluminação de áreas ou salas sem produção ou pessoas. Avaliar a possibilidade de desligamento ou melhor individualização de setores, assim como controle automático através de sensores de presença ou relógios programadores.	Operação em vazio	
	Sistemas de iluminação ineficientes. Avaliar as condições de manutenção e limpeza dos sistemas de iluminação. Paredes e tetos sujos ou escuros dificultam a reflexão de luz.	Operação abaixo do padrão	
	Melhoria nos componentes de iluminação. Avaliar a possibilidade de utilizar lâmpadas com sistema de led ou lâmpadas compactas, tanto em ambientes internos e externos.	Operação abaixo do padrão	
	Não aproveitamento de luz natural. Avaliar a possibilidade de utilizar melhor a luz solar nos ambientes.	Operação abaixo do padrão	
	Nível de iluminação inadequado às atividades executadas. Verificar atendimento às normas específicas, considerando a diferenciação de níveis por atividades e áreas. Evitar a utilização pontual de elevados níveis de iluminação, principalmente através de refletores.	Operação abaixo do padrão	

Nº	AÇÃO (O QUE) - Definida pelo responsável pela célula/ processo	OK= ✓	QUEM	QUANDO - data de conclusão
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
	Nota: As ações não realizadas são reprogramadas para o mês seguinte com o mesmo responsável			

Fonte: (Autor)

Tabela 9 – Check-list lingotamento Contínuo

ÁREA	Local do Equipamento	Ação	ENERGIAS ENVOLVIDAS					PERDAS OBSERVADAS	AÇÕES
			ELÉTRICA	HIDRÁULICA	TÉRMICA	POTENCIAL	QUÍMICA		
								- Operação em Vazio; - Paradas não previstas; - Vedações; - Refratários; - Padronização	Melhorias Contramedidas Manutenção
Equipamento ligado									
LC	Unidades Hidráulicas (unidade 5000 e 2000)	Verificar nível de óleo.	X	X				Verificar possíveis vazamentos na linha.	
	Cilindros do leito	Inspecionar se há vazamentos.		X				Verificar possíveis vazamentos na linha.	
	Máquina de corte	Garantir que chama piloto fique desligada entre períodos de cortes.			X			Chama piloto não deve ficar ligada continuamente	
	Máquina de corte	Garantir vazão mínima de GN.			X			Evitar desperdício de GN durante o corte.	
	Máquina de corte	Garantir vazão mínima de Oxigênio			X			Evitar desperdício de oxigênio durante o corte.	
	Aquecedor do distribuidor	Manter apenas dois queimadores ligados (500°C), ligando quatro duas horas antes da troca.			X			Evitar desperdício de GN.	
	Refrigeração das válvulas CNM	Verificar vazamentos nos pontos de refrigeração.	X					Vazamentos constantes nas vedações.	
	Câmara de Spray	Desligar iluminação de manutenção da câmara de spray.	X					Refletores ligados durante operação normal da câmara de spray.	
	Pontos de ar comprimido	Verificar vazamentos nos pontos de ar comprimido.	X					Vazamentos constantes nas vedações.	
	Sala de operação	Desligar Iluminação interna na sala de operação, ligadas desnecessariamente.	X					Lâmpadas ligadas desnecessariamente	
	Sala de reuniões	Desligar Iluminação interna na sala de reuniões, ligadas desnecessariamente	X					Lâmpadas ligadas desnecessariamente	
	Iluminação do PTL	Desligar refletores do PTL durante o dia.	X					Lâmpadas ligadas desnecessariamente	
	Iluminação da Plataforma	Desligar Iluminação da plataforma de operação, ligadas desnecessariamente.	X					Lâmpadas ligadas desnecessariamente	
Equipamento desligado									
LC	Unidades Hidráulicas (unidade 5000 e 2000)	Desligar bombas (8 bombas)	X	X				Bombas operando a vazio (jogando óleo para tanque)	
	Máquina de corte de tarugo	Desligar chama piloto			X			Desperdício de Gás Natural	
	Máquina de corte de tarugo	Desligar sopradores de calor	X					Motores operando a vazio	
	Mesa de Rolos	Desligar mesa de rolos	X					Motores operando a vazio	
	Bombas Centrífugas	Desligar bombas (2 bombas)	X	X				Bombas operando a vazio (jogando óleo para tanque)	
	Sistema de refrigeração a água (sistema III)	Solicitar desligamento para operador UTI	X		X			Bombas operando a vazio	
	Exaustores Câmara de Spray	Desligar motores de exaustão	X					Motores operando a vazio	
	Aquecedor do distribuidor	Desligar 2 queimadores e diminuir chama			X			Desperdício de Gás Natural	
	Refrigeração foto célula carro distribuidor e carro panela	Desligar linha de ar comprimido	X					Ar comprimido ligado desnecessariamente	
	Refrigeração manipulador válvula longa	Desligar linha de ar comprimido	X					Ar comprimido ligado desnecessariamente	
	Ventiladores da plataforma	Desligar ventiladores da plataforma.	X					Ventiladores ligados desnecessariamente.	

Fonte: (Autor)

Tabela 10 – Check-list Fornos Elétricos

ÁREA	Local do Equipamento	Ação	ENERGIAS ENVOLVIDAS					PERDAS OBSERVADAS	AÇÕES	FALHA	
			ELÉTRICA	HIDRÁULICA	TÉRMICA	POTENCIAL	QUÍMICA			OK	Ñ OK
Equipamento ligado											
FEA 82	Unidades hidráulicas	Verificar pressões de óleo (supervísório).	X	X				Verificar possíveis vazamentos na linha.			
	Refrigeração à água do forno	Verificar pontos de vazamentos.	X					Vazamentos constantes nas tubulações e conexões.			
	Pontos de ar comprimido	Verificar vazamentos nos pontos de ar comprimido.	X					Vazamentos constantes nas tubulações e conexões.			
	Salas de operações.	Desligar Iluminações, ventiladores e ar condicionado das salas de operações quando ligados desnecessariamente.	X					Lâmpadas e aparelhos ligados desnecessariamente.			
	Salas de painéis elétricos, DDS, café e banheiro.	Desligar Iluminações, ventiladores e ar condicionado das salas de operações quando ligados desnecessariamente.	X					Lâmpadas e aparelhos ligados desnecessariamente.			
	Coletor de Pó	Quando o forno 82 atingir 34 KW/h (Refino) DAMPER de gas ira trabalhar em 80% de seu funcionamento, e o DAMPER da coifa ira trabalhar em 12% de seu funcionamento.	X					Economia de energia com o fechamento dos damper's.			
Equipamento desligado											
FEA 82	Unidades Hidraulicas.	Desligar motores das bombas.	X	X				Bombas operando a vazio (jogando óleo para tanque).			
FEA's	Coletor de pó.	Quando os FEA's estiverem desligados, solicitar o desligamento dos motores.	X					Motores ligados desnecessariamente.			
	Coletor de Pó	Quando os FEA's estiver parado, após 20min, automaticamente irá se fechar o DAMPER do ventilador 1 por completo, e o DAMPER do ventilador 2 ficará em 50% de seu funcionamento.	X					Economia de energia com o fechamento dos damper's.			

Fonte: (Autor)

Tabela 11 – Check-list Fornos de Indução

LOCAL	TIPO PERDA		DESCRIÇÃO PERDAS	AÇÕES	Situação	
	Energia Elétrica	Gás Natural			OK	N OK
Porão dos Fornos	x		Iluminação 24 horas por dia, no sistema de ventilação.			
	x		Ventilador de resfriamento dos transformadores			
	x		Iluminação das escadas acesso ao porão			
Pátio de Sucatas	x		Iluminação 24 horas por dia, local com portão.			
Sistema de despoeiramento e oxicorte do conversor	x		Sem presença de operadores atuando no local, iluminação ligada tempo todo.			
	x		Após fundição ou longas paradas, desligamentos do motor do sistema.			
Sistema de despoeiramento dos Fornos de Indução	x		Sem presença de operadores atuando no local, iluminação ligada tempo todo.			
	x		Após fundição ou longas paradas, desligamentos do motor do sistema.			
Oficina de caldeiraria	x		Duas luminárias, necessidade de posicionamento e			
Painel Unid Hidráulica dos Conversores	x		Iluminação 24 horas por dia sem necessidade, o local não é para permanencia de pessoas a todo tempo.			

Fonte: (Autor)

Tabela 12 – Check-list área de Forjaria

SISTEMA	EQUIPAMENTO/USO FINAL (AQUECIM. DIRETO, CALOR PROCESSO, FORÇA MOTRIZ, REFRIGERAÇÃO, ILUMINAÇÃO E OUTROS)	USO FINAL					PERDAS OBSERVADAS	CONTRAMEDIDAS
		OPER. EM VAZIO	PAR. NÃO PREVISTAS	RETRABALHO	VEL. FORA PADRÃO	AJUSTES/SETUP	CONSIDERAR: -Operação em Vazio; -Paradas não previstas; -Retrabalho; -Velocidade fora do padrão; Paradas para ajustes/setup	
Aquecimento de Lingotes	Forno F1			x		x	Falha no controle de pressao de atm	
Aquecimento de Lingotes	Forno F1			x		x	Falha no controle de ar combustao zona 1	
Aquecimento de Lingotes	Forno F2	x		x		x	Grande vazamento de ar combustao na junta de expansao do recuperador de calor	
Aquecimento de Lingotes	Forno F2	x				x	Lâmpadas fluorescentes queimadas ao redor do forno	
Aquecimento de Lingotes	Forno F2			x			Porta avermelhada na parte superior	
Aquecimento de Lingotes	Forno F2			x		x	Falha no controle de temperatura da zona 3	
Aquecimento de Lingotes	Forno F2			x			Pontos avermelhados nas laterais e porta	
Aquecimento de Lingotes	Forno F3					x	bloco do queimador está avermelhado	
Aquecimento de Lingotes	Forno F3					x	bloco do queimador está avermelhado	
Aquecimento de Lingotes	Forno F4					x	Chama verde saindo pela porta do fomo	
Forjamento	Manipulador de Lingotes	x					quebra da rotula superior dianteira	
Forjamento	Manipulador de Lingotes	x					bomba principal 2 com mau funcionamento	

Fonte: (Autor)

Tabela 13 – Check-list Laminação

PROCESSO	SITUAÇÃO			AÇÕES PROPOSTAS
	PTO. CHAVE	OK	NOK	NA
ENFORNAMENTO / DESENFORNAMENTO				
Ventilador tiragem forçada ligado em horário sazonal ou em paradas longas	Operação em vazio			
Centrais hidráulicas do forno em funcionamento com a área parada por longo período	Operação em vazio			
Vazamento de ar comprimido nos equipamentos do enformamento	Vazamento			
Vazamento de ar comprimido nos equipamentos do desenformamento	Vazamento			
COMBUSTÃO				
Percentual de enformamento a quente dentro do padrão esperado	Operação fora do padrão			
Temperatura do ar de combustão atingindo valor conforme padrão	Operação fora do padrão			
PCS fornecido acima de 9500 e PCI acima de 8600	Operação fora do padrão			
Temperatura do recuperador dentro do padrão esperado	Operação fora do padrão			
Pressão interna do forno dentro do padrão	Operação fora do padrão			
Malhas de controle(temperatura, relação ar/gas, pressão interna) otimizadas	Operação fora do padrão			
Relação estequiométrica da queima em condição ideal	Operação fora do padrão			
Perda de calor através das portas e aberturas	Vazamento			
Perda de calor através de refratário	Vazamento			
LAMINADOR				
Equipamentos auxiliares (centrais hidráulicas, ventiladores, etc.) operando sem produção.	Operação em vazio			
Motores de gaiolas ligados sem produção(para de produzir e as gaiolas continuam rodando)	Operação em vazio			
Centrais hidráulicas e ventiladores do corte a frio e enfeixamento ligadas sem estar produzindo	Operação em vazio			
Vazamento de ar em impulsioneadores e acionadores de desbaste	Vazamento			
Persuaders e snaps com vazamento de ar	Vazamento			
Vazamento de ar em impulsioneadores	Vazamento			
DECANTADOR				
Ciclo de trabalho das bombas de água limpa e água suja operando com quantidade de bombas acima do padrão	Operação abaixo do padrão			
Quando as bombas de água suja param, a água retorna indevidamente pelas retenções fazendo com que as bombas operem com maior número de ciclos	Vazamento			
Make-up (ou vinda de água de ETA) operando com frequencia acima do normal	Operação abaixo do padrão			
Caixa de água limpa operando com controle de nível e servomotor indevidamente, provocando retorno excessivo para o poço de água suja	Operação abaixo do padrão			
Decantador operando sem vazamento e sem transbordamento	Vazamento			
ENFEIXAMENTO / CORTE A FRIO				
Vzamento de ar comprimido no corte a frio / enfeixamento	Vazamento			
Ventiladores ligados sem estar operando	Operação em vazio			
Centrais hidráulicas ligadas sem estar produzindo ou produzindo com número maior de bombas	Operação em vazio			
FORMAÇÃO / ACUMULAÇÃO DE ESPIRAS				
Sopradores de ar antes dos formadores de espiras abertos com o laminador sem estar produzindo	Operação em vazio			
Vazamento de ar em impulsioneadores	Vazamento			
Vazamento de ar nos sistema de acumulação de espiras	Vazamento			
Centrais hidráulicas ligadas sem estar produzindo ou produzindo com número maior de bombas	Operação em vazio			
Ventiladores ligados sem estar operando	Operação abaixo do padrão			
ENDIREITAMENTO / DOBRAMENTO				
Vazamento de ar comprimido nas máquinas de endireitar	Vazamento			
Ventilador ligado sem a respectiva máquina estar operando	Operação em vazio			
Central hidráulica dobramento ligada sem estar produzindo	Operação em vazio			
ILUMINAÇÃO				
Iluminação do Galpão acesa sem necessidade	Desperdício			
Iluminação de salas ligadas sem uso	Desperdício			
Iluminação área externa acesa durante o dia	Desperdício			
Ar Condicionado salas ligados sem uso	Desperdício			

Fonte: (Autor)

Tabela 14 – Check-list Usinagens

SISTEMA	EQUIPAMENTO/USO FINAL (AQUECIM. DIRETO, CALOR PROCESSO, FORÇA MOTRIZ, REFRIGERAÇÃO, ILUMINAÇÃO E OUTROS)	USO FINAL				PERDAS OBSERVADAS	CONTRAMEDIDAS
		OPER. EM VAZIO	PAR. NÃO PREVISTAS	RETRABALHO	VEL. FORA PADRÃO		
						CONSIDERAR: -Operação em Vazio; -Paradas não previstas; -Retrabalho; -Velocidade fora do padrão; -Paradas para ajustes/setup	
TAMPAS DOS FORNOS A GÁS	EQUIPAMENTO FORNOS A GÁS VEDAÇÃO				X	PERDA DE ENERGIA TÉRMICA E AUMENTANDO O CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA, DEMORANDO MAIS TEMPO O CILINDRO NO FORNO	
ILUMINAÇÃO DO GALPÃO UTE	LUMINÁRIAS DO GALPÃO QUEIMADAS				X	LAMPÂDAS QUEIMADAS SEM USO GASTANDO ENERGIA ELÉTRICA	
TAMPAS DOS FORNOS ELÉTRICOS	EQUIPAMENTO FORNOS ELÉTRICOS VEDAÇÃO				X	PERDA DE ENERGIA TÉRMICA E AUMENTANDO O CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA, DEMORANDO MAIS TEMPO O CILINDRO NO FORNO	
ILUMINAÇÃO ACESSA SEM USO	TRATAMENTO TÉRMICO UTE	X				PERDA DE ENERGIA ELÉTRICA NO TRATAMENTO TÉRMICO	
ILUMINAÇÃO ACESSA EM EXCESSO	RESTAURANTE USUNAGEM	X				PERDA DE ENERGIA ELÉTRICA	
REGISTRADOR DE CONSUMO DE ENERGIA NÃO ESTÁ REGISTRANDO	FORNO 605	X				PERDA DE ENERGIA ELÉTRICA ,NÃO TENDO O CONTROLE	
ILUMINAÇÃO ACESSA SEM USO	MAQUINA 60"	X				PERDA DE ENERGIA ELÉTRICA	
ILUMINAÇÃO ACESSA SEM USO	USINAGEM TORNO SR 125	X				PERDA DE ENERGIA ELÉTRICA	
ILUMINAÇÃO ACESSA SEM USO	USINAGEM TORNO SR 150					PERDA DE ENERGIA ELÉTRICA	
ILUMINAÇÃO ACESSA SEM USO	USINAGEM TORNO SR 150 PORÃO					PERDA DE ENERGIA ELÉTRICA	
ILUMINAÇÃO ACESSA SEM USO	BANHEIRO DA AJUSTAGEM /USINAGEM	X				PERDA DE ENERGIA ELÉTRICA	

Fonte: (Autor)

Tabela 15 – Check-list Utilidades

SISTEMA	EQUIPAMENTO/USO FINAL (AQUECIM. DIRETO, CALOR PROCESSO, FORÇA MOTRIZ, REFRIGERAÇÃO, ILUMINAÇÃO E OUTROS)	USO FINAL					PERDAS OBSERVADAS	CONTRAMEDIDAS
		OPER. EM VAZIO	PAR. NÃO PREVISTAS	RETRABALHO	VEL. FORA PADRÃO	AJUSTES/SETUP		
TORRE DE RESFRIAMENTO ETA 1	BOMBA SUBMERSA BS 100 A						Parada	
	BOMBA SUBMERSA BS 100 B						Em operação	
	BOMBA SUBMERSA BS 100 C						Em operação	
	BOMBA SUBMERSA BS 100 D						Parada	
	BOMBA SUBMERSA BS 100 E						Em operação	
	BOMBA SUBMERSA BS 100 F						Em operação	
	BOMBA SUBMERSA BH 100 G						Em Manutenção	

Fonte: (Autor)

Na elaboração de um plano de ação e monitoramento, pode-se fazer uso de um check-list para garantir que a operação seja conduzida sem nenhuma dúvida por parte da chefia ou dos subordinados. Esta ferramenta pode ser aplicada a várias áreas do conhecimento, servindo como base de planejamento, como planejamento de qualidade, de aquisições, de recursos humanos, de riscos, entre outras em que se mostre necessário.

Foram estabelecidas todas as atividades a serem realizadas pela empresa para cumprimento do plano de ação, utilizando-se a ferramenta 5W1H (documento que de forma organizada identifica as ações e as responsabilidades de quem irá executar, através de um questionamento, capaz de orientar as diversas ações que deverão ser implementadas). Com a

utilização deste mecanismo, foram propostas correções para as principais causas apontadas, identificar quem seria responsável pelas ações, determinar prazos para a execução de cada ação, definir a forma de execução e monitoramento da ação, e elaborar, se necessário, ações corretivas.

O plano foi estruturado para permitir uma rápida identificação dos elementos necessários à implantação do projeto. Os elementos podem ser descritos como:

WHAT – O que será feito (etapas)

HOW – Como deverá ser realizado cada tarefa/etapa (método)

WHY – Por que deve ser executada a tarefa (justificativa)

WHERE – Onde cada etapa será executada (local)

WHEN – Quando cada uma das tarefas deverá ser executada (tempo)

WHO – Quem realizará as tarefas (responsabilidade)

Com a aplicação do 5W1H deve direcionar as ações da empresa para a eliminação das principais causas que contribuem para o desperdício de energia elétrica e, por consequência, deve extinguir outros problemas de menor importância.

A implantação e o monitoramento dessas atividades foram realizados por colaboradores da empresa divididos em várias áreas, onde os mesmos foram responsáveis pela realização de diagnósticos energéticos. Estes colaboradores fizeram, periodicamente, a análise de todas as tarefas designadas no 5W1H, verificando se elas foram realizadas. Foi ainda avaliado se as atividades e processos estabelecidos foram eficientes para eliminação dos problemas de manutenção, bem como confeccionar um relatório com os dados medidos nos controladores de fator de potência. Só a partir desta verificação é que foi possível agir sobre os dados obtidos, gerando, assim, novos planos de ação para garantir a minimização de desperdício de energia elétrica e aprimorar a política de manutenção criada.

5.2. Sistemas Motrizes

A metodologia desenvolvida ao longo do trabalho também resultou em uma padronização de conceitos de eficiência energética em sistemas motrizes, para identificação de oportunidades de redução do consumo de energia elétrica. Esta metodologia pode ser implementada em qualquer tipo de indústria que tenha sistemas motrizes.

O sistema motriz é o segundo maior consumidor de indústrias siderúrgicas e por este motivo também fez parte do trabalho de eficiência energética.

Durante o estudo foram encontradas várias configurações com tamanhos, modelos e marcas diferentes de motores.

Com o objetivo de minimizar as perdas nos sistemas motrizes já instalados na empresa foi feito inicialmente um trabalho para verificar a forma mais eficiente de racionalizar suas operações e atualizar seu complexo fabril, através da avaliação do consumo energético do parque de motores elétricos com indicação de soluções e oportunidades de melhorias a penetração no mercado de motores de indução trifásicos de alto rendimento.

O diagnóstico energético foi realizado abrangendo 22 equipamentos, onde foi verificado os casos potenciais de Eficiência Energética na área de Utilidades da empresa.

Etapas do projeto de Eficiência Energética para os motores elétricos são mostradas na figura 12 a seguir:

Figura 12 - Etapas diagnóstico energético dos motores



Fonte: (Autor)

Levantamento dos dados

É uma etapa fundamental do processo, pois todas as estimativas são baseadas nas informações e dados levantados em campo. Consistem em coletar dados de placa dos motores, as características mecânicas, de acionamentos e acoplamentos, além de medições de corrente e tensão de trabalho.

Este trabalho é facilitado quando existe um cadastro atualizado dos equipamentos e de suas modificações. De qualquer forma, uma conferência no campo é necessária.

Análise das condições operacionais

A avaliação dos equipamentos e seus regimes de trabalho são importantes para se conhecer as variações de cargas sobre os motores e outras particularidades que não são devidamente transmitidas no levantamento.

Conhecer as áreas também possibilita avaliar identificar eventuais necessidades de especialidades necessárias aos motores objetivando aumento de confiabilidade dos mesmos em função de seu ambiente e aplicação.

Definição dos casos potenciais

Análise das cargas dos motores, calculadas através do cruzamento entre as especificações dos motores e suas correntes de trabalho, levando-se em conta também os projetos e o tipo de carga acionada dos mesmos.

O motor elétrico pode ser considerado bem dimensionado quando a potência exigida na carga trabalha na faixa de 75% e 100% de sua potência nominal. Assim, após avaliações, um motor que esteja operando fora dessa faixa de carregamento é, em princípio, um candidato potencial a ser substituído por um motor melhor dimensionado.

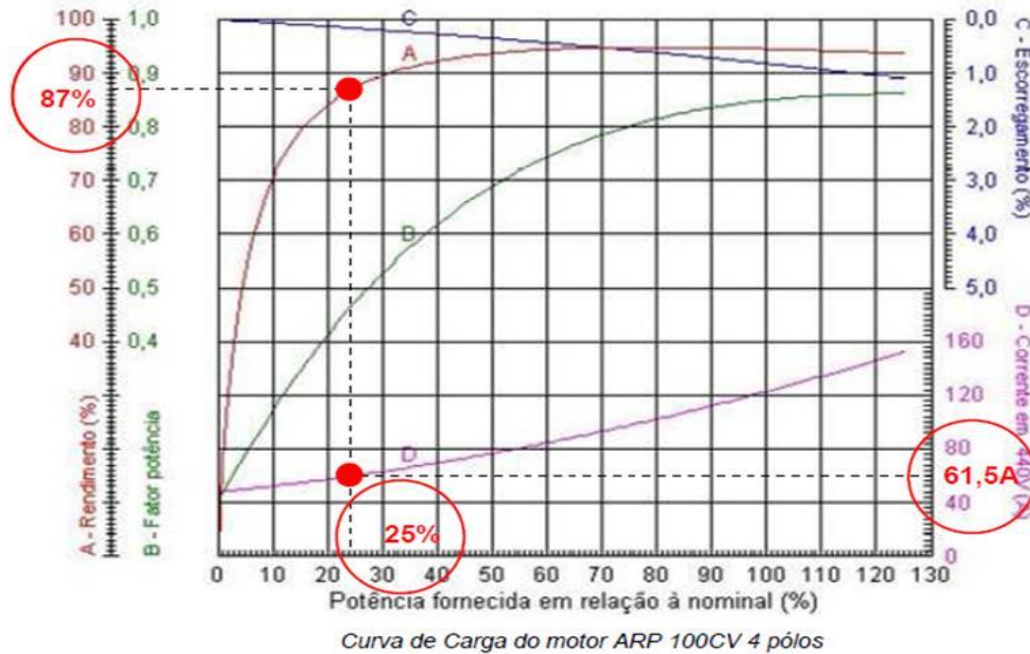
Segundo o fabricante de motores WEG, motores antigos e/ou sobredimensionados que apresentam um histórico de várias queimas têm as perdas aumentadas em média 1 a 5% de perdas por rebobinamento.

O exemplo a seguir mostra uma análise.

- Potência: 100CV
- IEC 250S/M
- 4 polos
- Fabricante: WEG
- Linha de produto: Alto Rendimento

- Corrente de trabalho: 61,5A

Figura 13 - Curva de Carga do motor 100CV 4 pólos



Fonte: WEG

Através da corrente de trabalho e dados do motor, analisa a base de dados para as informações e retorna os valores de percentuais de carga e rendimento para tal condição. Essas variáveis são então utilizadas para o cálculo de consumo de energia elétrica conforme apresenta a equação 1:

Equação 1 - Cálculo de consumo de energia elétrica

$$KW \text{ Consumido (ano)} = \frac{P_n(KW) \times \%Carga \times horas \times dias}{\eta(\%Carga)} \quad (1)$$

Fonte: (Autor)

Assim, obtêm-se as estimativas de economia de energia condizentes com as aplicações analisadas, além de indicar oportunidades com motores sobredimensionados.

Diagnóstico das condições de partida e regime.

Para os equipamentos definidos como potenciais para redimensionamento ou que possuam condições operacionais variáveis é realizada uma avaliação mais aprofundada com medições através de analisadores de energia.

Com os analisadores de energia são levantadas as condições de operação em partida e regime dos motores CA rastreados com baixa condição de carga e/ou quando há dúvidas sobre suas condições operacionais. Esse passo permite o levantamento de informações necessárias para o correto redimensionamento dos motores ou a projeção dos ganhos com a introdução da variação de velocidade.

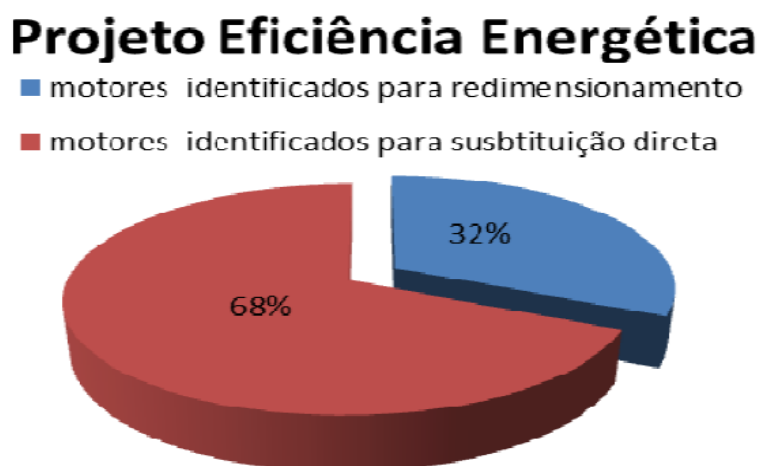
A existência de sistemas supervisórios que possibilitem o armazenamento das condições de carga dos motores e de variáveis de processo é um grande facilitador nesta etapa.

Cálculo de Eficiência Energética para análise de Retorno de Investimento

Levantadas todas as informações, é possível determinar com maior exatidão os valores de consumo de energia, inclusive com situações simuladas de motores redimensionados, permitindo análises sobre os equipamentos que ofereçam maiores economias e melhores retornos de investimento e consequentemente facilitando a tomada de decisão. Os resultados são mostrados na forma de ROI (*Return On Investment* ou Retorno Sobre o Investimento) dos equipamentos analisados, com cálculo simples do payback para todos os casos deste estudo.

Dentre as análises do diagnóstico realizado em 22 motores, obtiveram-se os resultados conforme apresenta a Figura 14.

Figura 14 - Análise dos motores



Fonte: (Autor)

Nos anexos A ao E podem-se verificar os valores das medições executados em algumas moto-bombas.

Na tabela 16 pode ser verificado o resultado da análise financeira com payback simples, calculando os investimentos e as trocas dos motores avaliados no projeto.

Tabela 16 – Análise Financeira

Custo unitário (R\$/kWh)	0,23
Consumo Anual (kWh/ano)	30556581,6
Custo Consumo Anual (R\$/ano)	7028013,768
Investimento (R\$)	R\$ 2.951.512,37
Economia (R\$/ano)	R\$ 1.935.850,61
Redução Potência Instalada (kW)	168,0
Economia (%)	27,54
Payback (Anos)	1,5

Fonte: (Autor)

Após a análise financeira foram priorizados alguns motores da figura 15, para serem feito as trocas e os demais foram colocados no plano de investimento.

Na visita realizada no local foram identificadas outras oportunidades de redução de consumo de energia elétrica como nos sistemas de ar comprimido conforme apresentado a seguir:

Uma dos principais itens levantados foi à utilização de compressores com baixa eficiência na área de Utilidades. Na tabela 17 pode-se verificar a situação anterior através dos dados medidos.

Tabela 17 – Dados dos compressores antes da troca

MODELO	FABRICANTE	VAZÃO (m³/h)	PRESSÃO (BAR)	HP	KW
COMPRESSOR 1	SSR 200	Ingersoll Rand	1.250	7	200 149
COMPRESSOR 2	SSR 200	Ingersoll Rand	1.250	7	200 149
COMPRESSOR 3	SSR 200	Ingersoll Rand	1.250	7	200 149
COMPRESSOR 4	SSR 200	Ingersoll Rand	1.250	7	200 149
COMPRESSOR 5	SSR 200	Ingersoll Rand	1.250	7	200 149
COMPRESSOR 6	SSR 200	Ingersoll Rand	1.250	7	200 149
COMPRESSOR 7	SSR 200	Ingersoll Rand	1.250	7	200 149
COMPRESSOR 8	SSR 200	Ingersoll Rand	1.250	7	200 149
CENTAC A	CENTAC C 30	Ingersoll Rand	5.000	7	700 522
CENTAC B	CENTAC C 30	Ingersoll Rand	5.000	7	700 522

VAZÃO TOTAL	20.000	m³/h
-------------	--------	------

POTÊNCIA TOTAL	2238	kW
----------------	------	----

CONSUMO ESPECIFICO	0,1119	kW/m³
--------------------	--------	-------

Fonte: (Autor)

Foi proposta a substituição dos compressores da área de Utilidades por compressores mais eficientes como pode-se ver na redução da potência total da tabela 18 que apresentam os dados dos compressores após a troca.

Tabela 18 – Dados dos compressores após a troca

MODELO	FABRICANTE	VAZÃO (m³/h)	PRESSÃO (BAR)	HP	KW
COMPRESSOR 1	SSR 200	Ingersoll Rand	1.250	7	200 149
COMPRESSOR 2	SSR 200	Ingersoll Rand	1.250	7	200 149
COMPRESSOR 3	SSR 200	Ingersoll Rand	1.250	7	200 149
COMPRESSOR 4	SSR 200	Ingersoll Rand	1.250	7	200 149
CENTAC A	CENTAC C 700 M3	Ingersoll Rand	7.500	7	850 634
CENTAC B	CENTAC C 700 M3	Ingersoll Rand	7.500	7	850 634

STAND-BY					
COMPRESSOR 5	SSR 200	Ingersoll Rand	1.250	7	200 149
COMPRESSOR 6	SSR 200	Ingersoll Rand	1.250	7	200 149
COMPRESSOR 7	SSR 200	Ingersoll Rand	1.250	7	200 149
COMPRESSOR 8	SSR 200	Ingersoll Rand	1.250	7	200 149
CENTAC C	CENTAC C 700 M3	Ingersoll Rand	7.500	7	850 634

VAZÃO TOTAL	20.000	m³/h
-------------	---------------	------

POTÊNCIA TOTAL	1865	KW
----------------	-------------	----

CONSUMO ESPECÍFICO	0,09325	KW/m³
--------------------	----------------	-------

Fonte: (Autor)

Na tabela 19 apresenta o comparativo com valores de ganhos após a substituição dos compressores na área de Utilidades por compressores mais eficientes.

Tabela 19 – Ganhos após a Substituição dos compressores na área de Utilidades

Anterior	1.007.100	KW
Atual	839.250	KW

Ganho	167.850	KW
-------	----------------	----

Ganho em R\$/mês	R\$ 28.534,50
------------------	----------------------

Ganho em R\$/ano	R\$ 342.414,00
------------------	-----------------------

Investimento aproximado	R\$ 750.000,00
Payback (anos)	2,19

Fonte: (Autor)



Muitos problemas são secundários e podem ser corrigidos com simples ajustes, limpeza, substituição de peças ou eliminação de condições adversas. Para o caso em estudo, as máquinas são novas e de qualidade. A sala de compressores possui boas condições e é coberta, mantendo ventilação, e temperaturas ideais. Porém, observa-se que a tubulação que distribui o ar comprimido da fábrica é muito extensa e apresenta grande quantidade de curvas que provocam elevadas perdas. Além disso, há uma quantidade significativa de vazamentos de ar, que contribuem ainda mais com o desperdício de energia elétrica, pois solicitam maior potência dos motores para manter a pressão desejada. Já que os parâmetros como pressão e temperatura de entrada foram considerados ideais, o único problema a ser observado está relacionado aos vazamentos.

Na área de Aciaria foi identificado que não se controlava os Dampers dos despoeiramentos dos fornos Panelas 01 e 02 conforme apresenta a figura 15.

Figura 15 - Despoeiramento do forno panela



Fonte: (Autor)

Foi proposto a instalação de Dampers na saída dos fornos panela 01 e 02 do sistema de despoeiramento e com esta melhoria obteve-se uma economia de aproximadamente R\$60.000,00 por ano e o tempo de retorno do investimento deste projeto foi 8 meses.

Outro ponto também levantado foi que a central de óleo lubrificante onde se tinha duas bombas de 40CV conforme mostra a figura 16, que ficavam ligadas 24 horas por dia sem necessidade,

Figura 16 - Bomba Central de óleo lubrificante



Fonte: (Autor)

Foi feito um estudo e definiu que a utilização de somente uma bomba na central de óleo lubrificante do Trem de laminação no lugar de duas poderia trabalhar da mesma forma sem perder a eficiência de abastecimento e com este ganho a economia em energia elétrica foi de R\$41.439,74 por ano.

Também foi identificado ponto de melhorias no sistema de ar de purga da Máquina de Escarfagem onde se faz o processo de remoção de defeitos de uma superfície do aço que se utilizava um motor de 40 HP e que ficava ligado o tempo todo (potência consumida: 29,84 kWh). A figura 17 apresenta o motor instalado.

Figura 17 - Motor Sistema de ar de purga da Máquina de Escarfagem



Fonte: (Autor)

No sistema de ar de purga foi instalado um inversor de frequência no acionamento do motor, reduzindo de maneira significativa seu consumo e mantendo-se a mesma performance do sistema (nova potência consumida: 8,9 kWh). Com esta mudança no processo obteve-se um ganho com energia elétrica de R\$ 30.329,50 por ano com tempo de retorno do investimento de 10 meses.

Foi levantando em algumas áreas, principalmente na área de laminação, que durante as paradas para manutenção preventiva das máquinas no domingo, ficavam ligados os trocadores de calor 24 horas por dia. A figura 18 apresenta o painel central dos trocadores de calor dos motores.

Figura 18 – Acionamento trocadores de calor dos motores de Laminação



Fonte: (Autor)

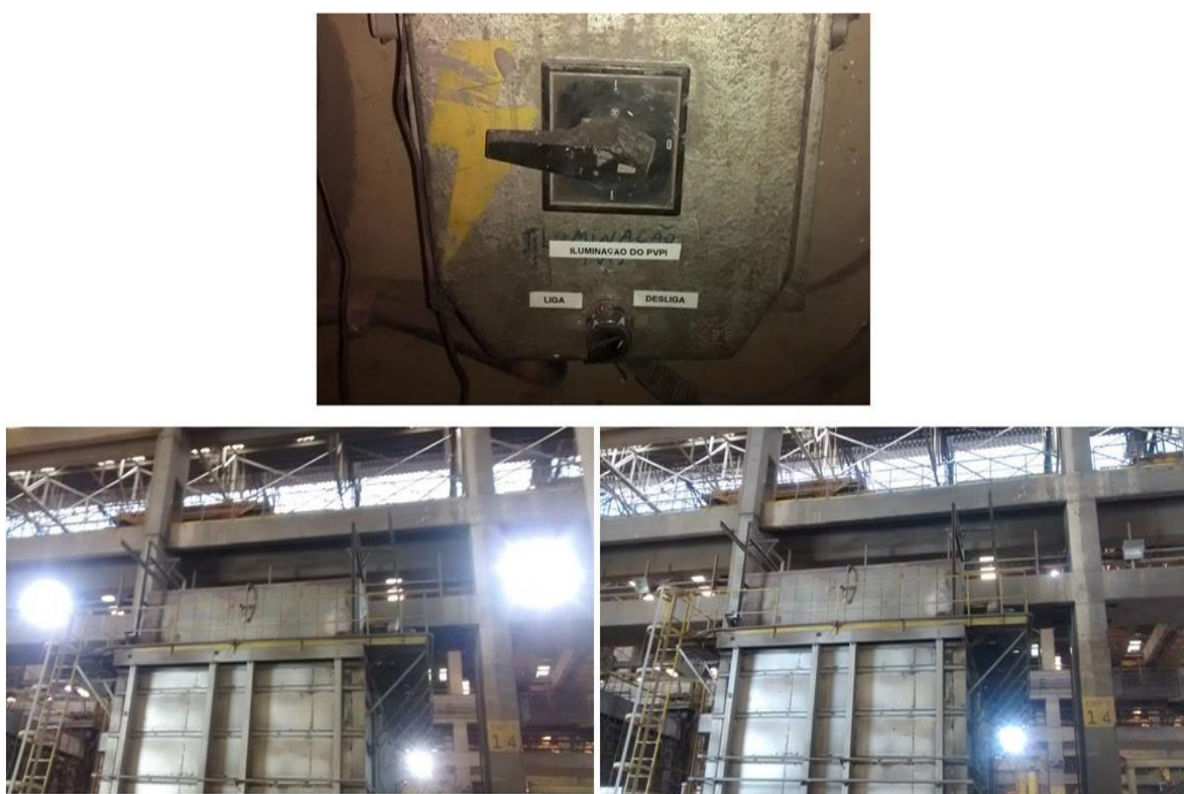
Foi revisto junto com a manutenção da área a realização do desligamento dos trocadores de calor em toda manutenção preventiva das máquinas. Sendo assim a economia em energia elétrica foi de R\$ 4.509,33 por ano.

5.3. Sistemas de Iluminações

Com base nos conceitos de eficiência energética foi realizada uma visita no local e foram identificadas muitas oportunidades de redução de consumo de energia elétrica relacionados ao sistema de iluminação conforme apresentado a seguir:

A figura 19 apresenta um sistema de iluminação da área da fundição onde tinham-se 5 refletores de 1000W ligados 24h por dia.

Figura 19 – Iluminação da área da fundição



Fonte: (Autor)

Foi verificado e estudado a necessidade de ser mantido os refletores ligados apenas durante o período da noite, assim, reduzindo em média de 12h por dia. Ganho anual em torno de R\$3.672,00 e com tempo de retorno do investimento imediato.

Outro ponto de melhoria levantando foi o Galpão do Bloco BGV da laminação onde possuía 15 Luminárias de 400W (total de 6KW) que ficavam acesas 24hs por dia, mesmo possuindo telhas translúcidas. A figura 20 apresenta o local das luminárias acesas do Galpão do Bloco BGV.

Figura 20 – Luminárias acesas no Galpão do Bloco BGV da laminação



Fonte: (Autor)

Foi analisado e proposto manter durante o período diurno as lâmpadas do teto apagadas e permanecer somente ligadas 4 luminárias sobre o Bloco BGV para tarefas dos operadores e pessoal de manutenção. Com esta ação obteve-se uma economia em energia elétrica de R\$3.280,00 por ano e com tempo de retorno do investimento imediato.

Também foi verificado que a iluminação das naves da célula de trefila de arames e temperados não se tinha um sistema automatização para religamento e desligamento das luminárias. A figura 21 apresenta o sistema automático instalado nesta área.

Figura 21 – Luminárias Trefila de arames e temperados



Fonte: (Autor)

Como ponto de melhoria relacionado a este item foi feito a instalação de um Clic (CLP) nos painéis de iluminação das naves, que possuem 120 lâmpadas de 400W. Com os Clic's instalados, as iluminações ficaram controladas durante 9 horas por dia. Com esta ação obteve-se uma economia anual em energia elétrica de R\$2.857,92 e com tempo de retorno do investimento de 14 meses.

Já na área do setor administrativo as lâmpadas ficavam ligadas durante todo o dia, mesmo em corredores onde a iluminação natural era suficiente durante o dia. A figura 22 pode-se observar o local.

Figura 22 – Sistema de Iluminação Prédio Administrativo

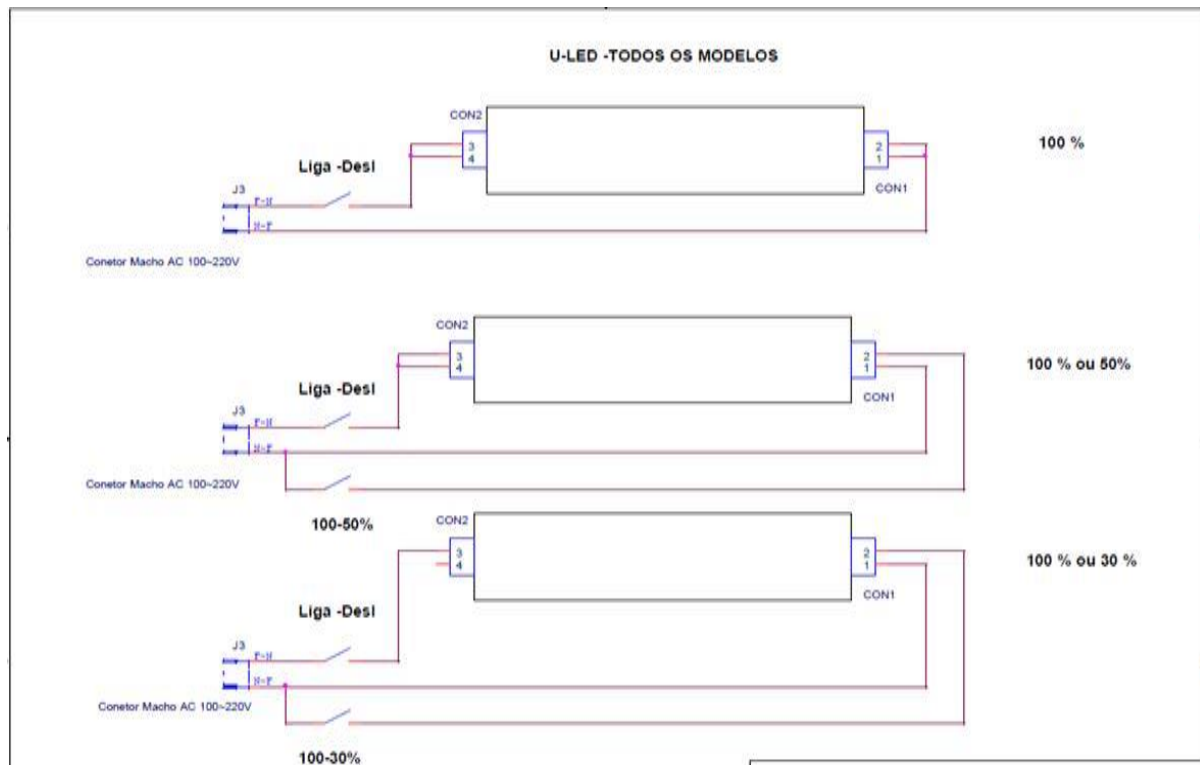


Fonte: (Autor)

Como melhoria foi realizada a substituição dos comandos das lâmpadas do corredor dos Laboratórios químico e físico colocando fotocélulas para desligamento e religamento automático das lâmpadas. Com esta ação obteve-se um ganho anual de aproximadamente R\$1.500,00 e com tempo de retorno do investimento de seis meses.

Durante os diagnósticos foram levantados pontos de melhorias na iluminação de escritórios e corredores. Visando uma melhoria foi estudado e elaborado a possibilidade de outros tipos de iluminação mais eficientes e dentre estas iluminações foi verificado um sistema de iluminação LED conforme apresenta a figura 23.

Figura 23 – Ligação das lâmpadas LED para 30%, 50% e 100% de sua capacidade



Fonte: (Autor)

Esta figura apresenta lâmpadas que não necessitam de calha, pois elas já tem o seu próprio suporte. Tem a função de trabalho com luminosidade reduzida de 30% e 50% e quando necessitar de aumento pode-se utilizar o sensor de presença para aumentar 100%.

Visando um melhor entendimento das pessoas da organização perante os trabalhos desenvolvidos foi criado algumas etiquetas com o objetivo de identificar e conscientizar os colaboradores quanto ao uso racional energia. A figura 24 apresenta as etiquetas.

Figura 24 – Etiquetas de identificação



Fonte: (Autor)

5.4. Sistemas Térmicos

Os sistemas que produzem, transportam ou utilizam energia térmica (calor ou frio) apresentam perdas de calor em decorrência dos fenômenos físicos de condução, convecção e radiação. Nas aplicações industriais mais comuns, a maior parte das perdas ocorre na condução do calor através das paredes dos equipamentos, tubulações e acessórios.

Aplica-se isolamento térmico a equipamentos, tubulações e acessórios para reduzir as perdas de calor, manter as temperaturas requeridas nos processos e para fins de segurança pessoal. Em geral, face às economias que representa, a eficiência do isolamento é um item importante na redução dos custos da energia térmica e da elétrica se for este o insumo para produção do calor. Em geral, os custos de melhoria do isolamento térmico são relativamente baixos e resultam em bom retorno econômico para os recursos investidos. A função básica do isolamento térmico é retardar o fluxo de energia térmica não desejada, seja para dentro ou para fora do equipamento considerado.

Com base nestes conceitos de eficiência energética foi realizada uma visita no local e foram identificadas muitas oportunidades de redução de consumo de gás natural e energia elétrica relacionada aos sistemas térmicos que em sua maior parte são fornos de tratamento térmicos conforme apresentado a seguir:

A figura 25 mostra as portas do Forno de barras onde não tinham nenhum tipo de objeto que evitasse a perda de Calor.

Figura 25 – Cortina para evitar perda de calor na mesa do Forno de barras

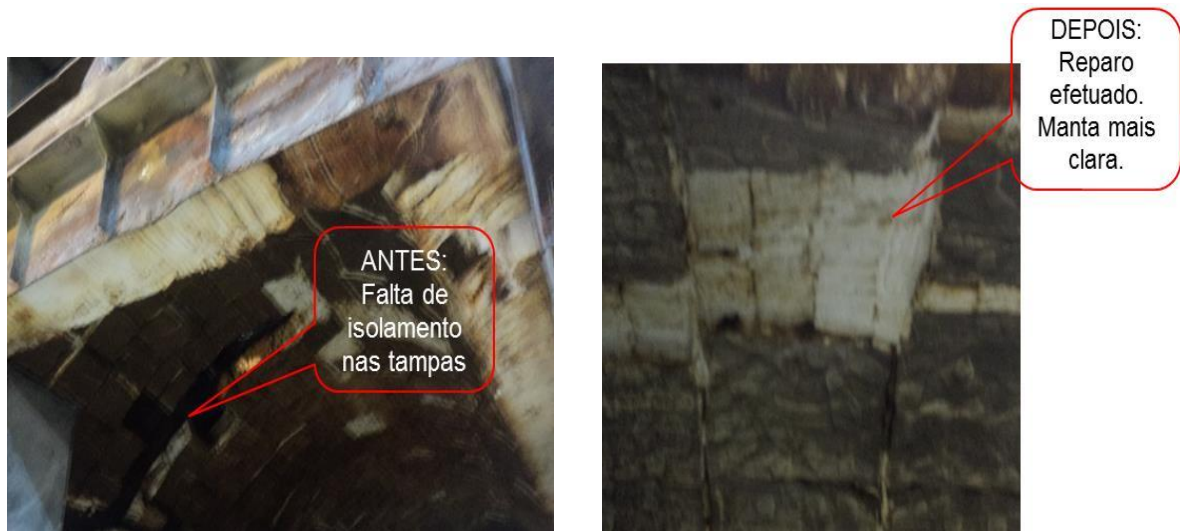


Fonte: (Autor)

Como ponto de melhoria foi instalado cortinas nas portas do forno para evitar perdas de calor. Com esta ação foi estimado um ganho anual de aproximadamente R\$3.150,00 e com tempo de retorno do investimento de 4 meses.

Durante a visita foi também verificado desperdício de energia devido a problema de isolamento das tampas dos fornos de tratamento térmico na área USP (Usinagem pesada) gerando gasto excessivo de gás natural conforme apresenta a figura 26.

Figura 26 – Isolamento do Forno de tratamento térmico

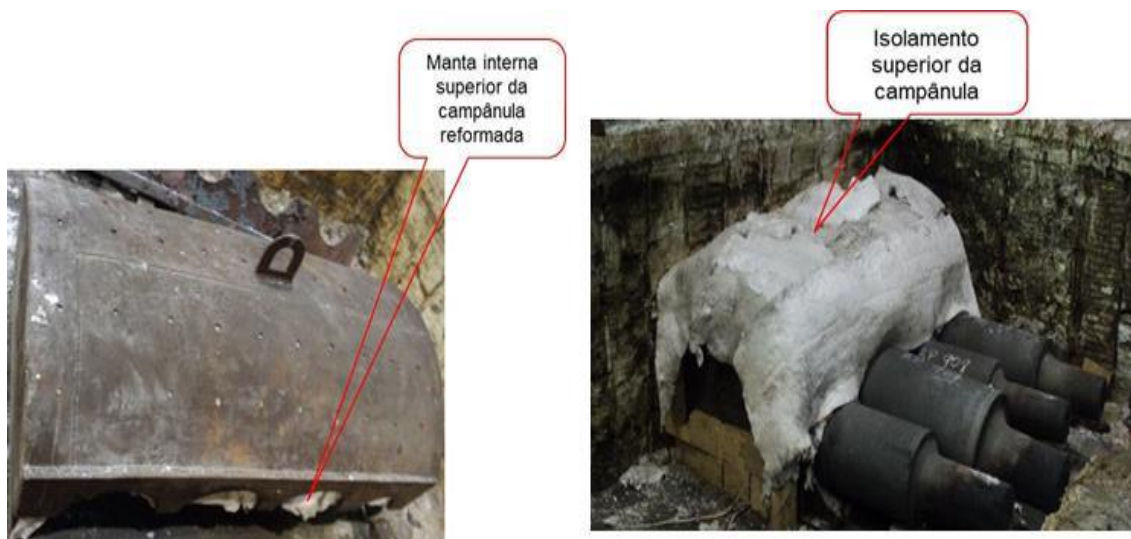


Fonte: (Autor)

Como ação de contenção destes desperdícios foi feito reparo das mantas no teto da tampa para garantir o isolamento adequado após fechamento dos fornos. Com esta ação obteve-se um ganho anual de aproximadamente R\$2.500,00 e com tempo de retorno do investimento de 6 meses.

Outro ponto de melhoria levantando foi a identificação de desperdício de energia e riscos de não qualidade devido a problema de isolamento da campânula onde são alocados os cilindros para recozimento. Conforme apresenta a figura 27.

Figura 27 – Campânula recozimento



Fonte: (Autor)

Analisando os pontos levantados na visita, a área foi identificada alguns pontos de melhorias conforme seguem:

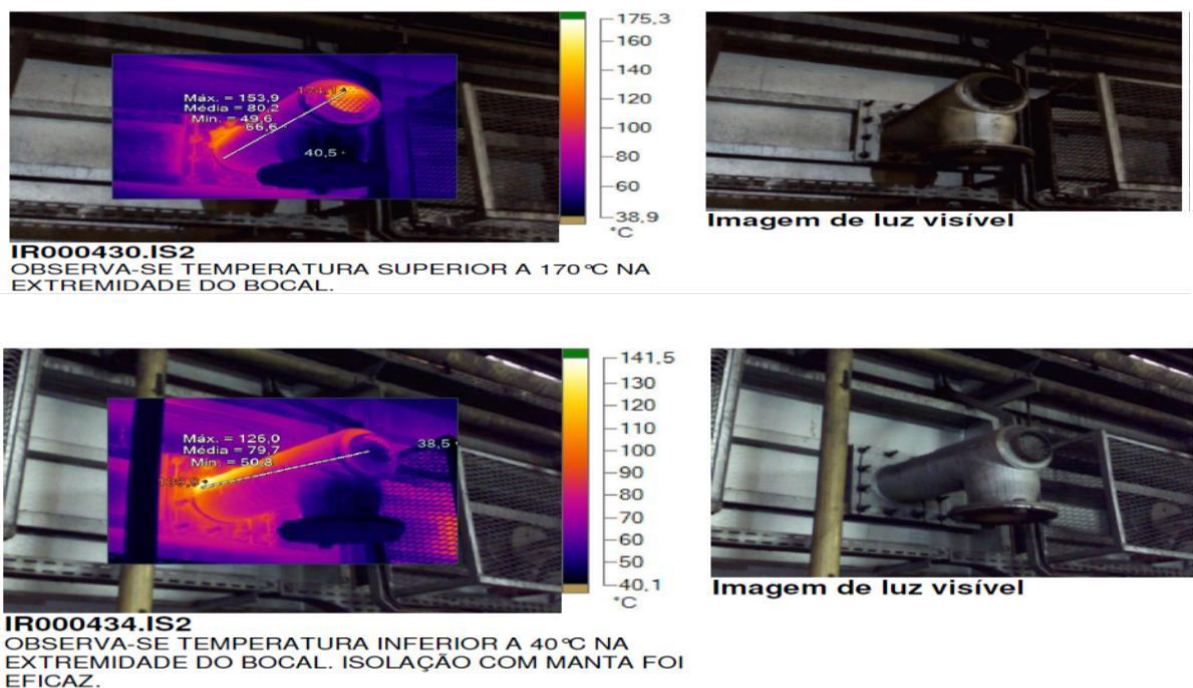
- Foi realizado o reparo das mantas internas para garantir que somente os pescoços do cilindro sejam recozidos para não interferir nas propriedades das mesas dos cilindros;
- Foi feito o isolamento da parte superior da campânula para evitar variações de temperatura com as perdas de calor;
- Foi feito o isolamento da parte lateral da campânula para evitar variações de temperatura e transferência de calor para as mesas dos cilindros.

Com estas melhorias executadas pela área de operação e manutenção obteve-se um ganho anual de aproximadamente R\$3.000,00 e com tempo de retorno do investimento de 10 meses.

Além da inspeção visual de isolamentos para verificar se o sistema esta eficiente ou não, tem-se outra técnica que está se expandindo e, já é muito utilizada nos dias atuais, que é a inspeção termográfica, que tem aplicações em inúmeros setores. Na siderurgia tem aplicação no levantamento do perfil térmico dos fundidos, durante a solidificação e na inspeção de revestimentos refratários dos fornos.

A figura 28 apresenta um exemplo de aplicação da inspeção termográfica.

Figura 28 – Inspeção termográfica pontos quentes Forno de Bobinas



Fonte: (Autor)

Para reduzir as perdas de calor, pode-se trocar o isolamento por outro com menores perdas (com menor coeficiente de condutibilidade térmica), aumentar a espessura do isolamento ou, ainda, adotar ambas as soluções simultaneamente. Sempre que possível, reduza o comprimento de tubulações, eliminando os trechos desnecessários, evitando, assim, desperdícios de energia.

A aplicabilidade do redimensionamento do isolamento térmico é fundamentalmente uma decisão econômica. A princípio, o investimento feito deverá ser compensado pela economia no consumo dos insumos energéticos (combustível ou energia elétrica). Cada situação deve ser analisada separadamente, uma vez que não há regra geral para recomendação de um tipo ou de outro de isolamento térmico.

Além de todas as principais melhorias apresentadas neste capítulo foi realizado também outros pontos que poderão ser verificados no Anexo F, ao final deste trabalho.

Diante destas metodologias implementadas a Tabela 20 apresenta o ganho total do projeto envolvendo todas as áreas da usina semi-integrada estudada nesta dissertação.

Tabela 20 - Ganhos com Melhoria de Eficiência Energética

<u>METAS e RESULTADOS DOS GANHOS PARA UNIDADE SIDERÚRGICA SEMI-INTEGRADA ESTUDADA:</u>		
ANO	META	REALIZADO
2012	US\$ 240.000	US\$ 705.080
2013	US\$ 561.800	US\$ 1.073.040
2014	US\$ 890.000	US\$ 1.045.360
Total	US\$ 1.691.800	US\$ 2.823.480

Fonte: (Autor)

6. CONCLUSÕES

Este trabalho teve como objetivo desenvolver e implementar uma metodologia para redução de consumo de energia elétrica e gás natural através de ações de eficiência energética em uma indústria siderúrgica, focando nos seus sistemas auxiliares ao processo produtivo.

Com base nas visitas feitas e na análise realizada em relação ao consumo de energia nos principais processos da indústria siderúrgica semi-integrada, foi possível realizar o diagnóstico energético de acordo com o consumo de energia da empresa em cada setor.

A implementação de métodos de coleta e análise de dados foi essencial para a realização deste trabalho. Neste caso específico, foi possível proporcionar à empresa uma visão geral dos seus desperdícios com energia elétrica e os pontos passíveis de melhoria e aprimoramento.

Observaram-se os locais onde o consumo de energia era maior do que o necessário para a realização que cada etapa do processo de produção do aço e a partir deste ponto foram propostas novas sugestões para que fosse evitado esse consumo em excesso.

As abordagens elaboradas neste estudo devem promover a introdução de novas tecnologias de controle de demanda e correção de fator de potência, remodelação da utilização de máquinas e equipamentos, introdução de procedimentos de manutenção preventiva e capacitação dos colaboradores para a realização das atividades operacionais, além de propiciar a implantação e o acompanhamento de um programa de política energética, estabelecidos para assegurar o cumprimento dos objetivos e o alcance das metas.

A auditoria energética é um elemento essencial para a conscientização, esclarecimento e envolvimento do pessoal de uma empresa com o uso racional da energia. De qualquer forma, é sempre recomendável reconhecer os limites a se atingir e um especial cuidado no estabelecimento de metas compatíveis com a disponibilidade dos recursos materiais e humanos. É preciso também ter consciência que promover a eficiência energética é um processo, uma postura sujeita a recaídas e nunca uma conversão milagrosa ou uma rápida vitória.

O ponto positivo da implantação deste programa, foram os ganhos com redução do consumo de energia chegando à US\$2.823.480,00 em um período de 3 anos. Estima-se que a proposta em questão aponte novos rumos a serem seguidos dentro da empresa no âmbito do insumo energia elétrica e gás natural, trazendo minimização dos desperdícios atualmente evidenciados. Essas ações constituem o primeiro passo a ser dado por esta empresa rumo à

Gestão Energética e, como tal, irá requerer um certo esforço dos colaboradores no que se refere à substituição de antigas rotinas de trabalho por novos procedimentos operacionais.

Nota-se que em alguns processos de iluminação as lâmpadas fluorescentes tubulares foram substituídas por lâmpadas leds, diminuindo então esse consumo de energia.

Tendo em vista as características técnicas dos motores de indução, além da escolha adequada de sua potência nominal, uma boa operação desses equipamentos pode representar grandes economias de energia elétrica, pois, como foi visto, motores operando muito abaixo de sua potência nominal apresentam baixo rendimento energético e baixo fator de potência.

Trabalhar com eficiência energética garante redução de custos operacionais e menores emissões. Mostra também que a empresa procura trabalhar seguindo os princípios de sustentabilidade; sendo que intenção final consiste na redução de energéticos mediante o uso racional de energia.

No setor de climatização foi recomendado que fosse instalado um interruptor automático para que as lâmpadas fossem desligadas automaticamente, assim quando não tivessem pessoas no local esse consumo seria evitado.

Através desta metodologia deseja-se desenvolver procedimentos de como deve ser realizado este tipo de trabalho, visto que o setor siderúrgico é um grande consumidor de energia e carente de informações de como pode-se torná-lo mais eficiente energeticamente. Com a conscientização e trabalhos voltados para eficiência energética foi elaborado um programa buscando contribuir para a melhoria de seus processos produtivos, através do melhor aproveitamento dos recursos aplicados, sem comprometer a qualidade de seus produtos, sua produtividade e a segurança de seus empregados.

A conscientização de economia de energia pôde ser analisada e implementada, visando ganhos e à transformação da energia em riqueza, através de aperfeiçoamento de equipamentos e processos. Utilizando racionalmente a energia pôde-se se tornar um diferencial competitivo, onde as empresas estarão aplicando novas formas de economizar energia e assim aplicar em novos produtos e processos.

Esta consciência pela eficiência energética interessa também as concessionárias fornecedoras, pois a eficiência aumenta a competitividade e a permanência no mercado, garantindo recursos para melhorar seus serviços e atender toda a população, além de evitar o comprometimento ao meio ambiente reduzindo a degradação pela inundação de grandes áreas das barragens, para implementação de projetos de novas usinas geradoras. Sendo assim, este trabalho apontou mecanismos que possibilitaram a economia de energia no setor industrial Siderúrgico.

A implantação de programas, projetos e atividades de conservação e uso eficiente de energia pelos diversos segmentos industriais, deve ser permanentemente estimulada, considerando-se os desafios que o setor energético vem enfrentando para atender a demanda em todas as regiões do país. Ações práticas de conservação de energia não podem ser meramente pontual, mas sim fazerem parte do cotidiano das empresas.

7. REFERÊNCIAS

ABEELLEN, C.J., HARMSSEN, R. & WORRELL, E. **Implementation of energy efficiency projects by Dutch industry**. Energy Policy, v. 63, p. 408–418, 2013.

ARAÚJO, L. A.. **Manual de siderurgia**. São Paulo: Editora Arte & Ciência, 1997.

ATLAS COPCO. **Manual de instruções do ES 130**. São Paulo: [s.n.], 2010b. 51 p.

BAJAY, S.V. **Estudo Prospectivo do Setor Siderúrgico (2025)**. Eficiência Energética na Siderurgia. Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2009. Disponível em: http://www.abmbrasil.com.br/epss/arquivos/documentos/2011_4_19_10_41_24_43153.pdf. Acesso em 30 de setembro de 2014

BEN – **Balanço Energético Nacional, 2014**, Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Energético – SPE / Ministério de Minas e Energia - MME, Distrito Federal, Brasil.

CNI – CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. **Eficiência Energética na Indústria, 2014**. Disponível em: <http://www.portaldaindustria.com.br/>. Acesso em: fevereiro de 2015.

COPEL (Paraná). **MANUAL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA INDÚSTRIA**. Superintendência Comercial de Distribuição - SDC. Curitiba: Copel, 2005.

DOMANSKI, Emerson Luiz Vilanova; LOURENÇO, Sérgio Ricardo. **Eficiência energética nos processos produtivos na indústria**. IV CBEE, Juiz de Fora - MG, 2011

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE – **Plano Nacional de Energia 2030 – Eficiência Energética**. Disponível em: http://www.epe.gov.br/mercado/Documents/SerieEstudosdeEnergia/20100809_4.pdf. 2010. Acesso em: 15 de dezembro de 2014.

ENSSLIN, S. R. **Manuais Elektro de Eficiência Energética**. Revista Contemporânea de Contabilidade, v. 7, n. 14, 2011.

FILIFE, RICARDO; FERREIRA, FIGUEIREDO. **Proposta de Ações de Eficiência Energética numa Instalação de Tratamentos Térmicos**, 2013.

GARCIA, A. G. P.; SZKLO, A. S.; SCHAEFFER, R.; MCNEIL, M. A. **Energy-efficiency standards for electric motors in Brazilian industry**. Energy Policy, v. 35, n. 6, p. 3424–3439, 2007. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0301421506004757>>. Acesso em: novembro de 2014.

GELLER, H. S. Introdução. In.: **Revolução Energética: Políticas para um Futuro Sustentável**. Rio de Janeiro: Relume Dumará, 2003. p. 15-17.

GOVERNO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. Secretaria De Estado De Planejamento E Gestão. **Política de ação: eficiência energética: projeto “auxiliando a fortalecer a governança do estado do rio de janeiro por meio do sistema de gestão por resultados” gerenciamento matricial de despesas**. Rio de Janeiro, 2007.

GUILLIOD, Sonia de Miranda; CORDEIRO, Marcos Luiz Rodrigues. **Manual do Pré-Diagnóstico Energético** - Autodiagnóstico na Área de Prédios Públicos. PROCEL – EPP, Rio de Janeiro - RJ, 2010, 53 p. Disponível em: <<http://www.eletronbras.com/elb/main.asp?TeamID=%7B60F8B9E9-77F5-4C5B-9E94-B1CC0CEF1EAB%7D>>. Acesso em: março de 2015.

IABR – INSTITUTO DO AÇO BRASIL, **Processos Siderúrgicos** <<http://www.acobrasil.org.br/site/portugues/aco/processo--fluxo.asp>> Acesso em: junho. 2015.

LAWDER, José Henrique. **Análise energética e econômica em uma agroindústria de laticínios**. Cascavel - PR, 2012. 93 p. Dissertação de Mestrado para o Programa de Pós-Graduação em Energia na Agricultura, Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Disponível

em:<http://projetos.unioeste.br/pos/media/File/energia_agricultura/pdf/Dissertacao_Jose_Lawder.pdf>. Acesso em: novembro de 2014

LEITE, F. C. **Modelamento da Eficiência Energética para o Gerenciamento Sustentável no Setor Industrial pela Medição e Verificação**. 2010.94 f.Tese (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

MARQUES, Milton César Silva, HADDAD, Jamil. **Conservação de energia eficiência energética de instalações e equipamentos**. FUPAI, Itajubá – MG, 2006, 621 p. 3. ed. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View=%7B5A08CAF0-06D1-4FFE-B335-95D83F8DFB98%7D&Team=¶ms=itemID=%7BA3930774-1821-47DC-8562-F1B07E13668C%7D;&UIPartUID=%7B05734935-6950-4E3F-A182-629352E9EB18%7D>>. Acesso em: março de 2015.

Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação – MCTI / Secretaria de Políticas e Programas de Pesquisa e Desenvolvimento SEPED/ Coordenação Geral de Mudanças Globais de Clima – CGMC. **Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil**. MCTI, 2013 Disponível em: <<http://gvces.com.br/arquivos/177/EstimativasClima.pdf>>. Acesso em: dez 2014.

MMA - Ministério do Meio Ambiente - **Eficiência Energética e conservação de energia**. Brasília, 21 de Abril de 2015. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/clima/energia/eficiencia-energetica>, Acesso em: abril de 2015.

MONACHESI, M. G. **Eficiência Energética em Sistemas de Bombeamento**. Rio de Janeiro: Eletrobrás, 2005.

PÓVOA, MARCOS CORTEZ BRITO LEITE, **Fatores De Influência Na Eficiência Energética**, 2014.

PROCEL INDÚSTRIA. **Propostas de ações de eficiência energética para o setor industrial no âmbito do PNEF**. Rio de Janeiro, 2009.

PROCEL. **Orientações Gerais Para Conservação de Energia em Prédios Públicos.** Brasília, 2001.

Relatório De Sustentabilidade 2014. Disponível em:
<http://www.acobrasil.org.br/site2015/downloads/Relatorio_Sustentabilidade_2014.pdf>.
Acesso em: Maio. 2015

ROCHA, N. R., Monteiro, M. A. **Eficiência Energética em Sistemas de Ar Comprimido.** Rio de Janeiro: Eletrobrás, 2005

SANTOS, A. M., et al. **Conservação de Energia.** 3 ed. Itajubá: 2006

SIDERURGIA NO BRASIL 2010-2025. **Subsídios para tomada de decisão.** Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. Brasília, 2010.

SIEMENS. **Soluções para a indústria:** solução siemens melhora a eficiência energética na indústria. São Paulo: Siemens, 2009.

SOUZA, A. D., GUERRA, J. C., & KRUGER, E. L. (2011). **Os programas brasileiros em eficiência energética como agentes de reposicionamento do setor elétrico.** Revista Tecnologia e Sociedade, ed 1, 2011.

WEG - **Considerações sobre redimensionamento de motores elétricos de indução.** Disponível em: < <http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-consideracoes-sobre-redimensionamento-de-motores-eletricos-de-inducao-artigo-tecnico-portugues-br.pdf>>.
Acesso em: Junho. 2015

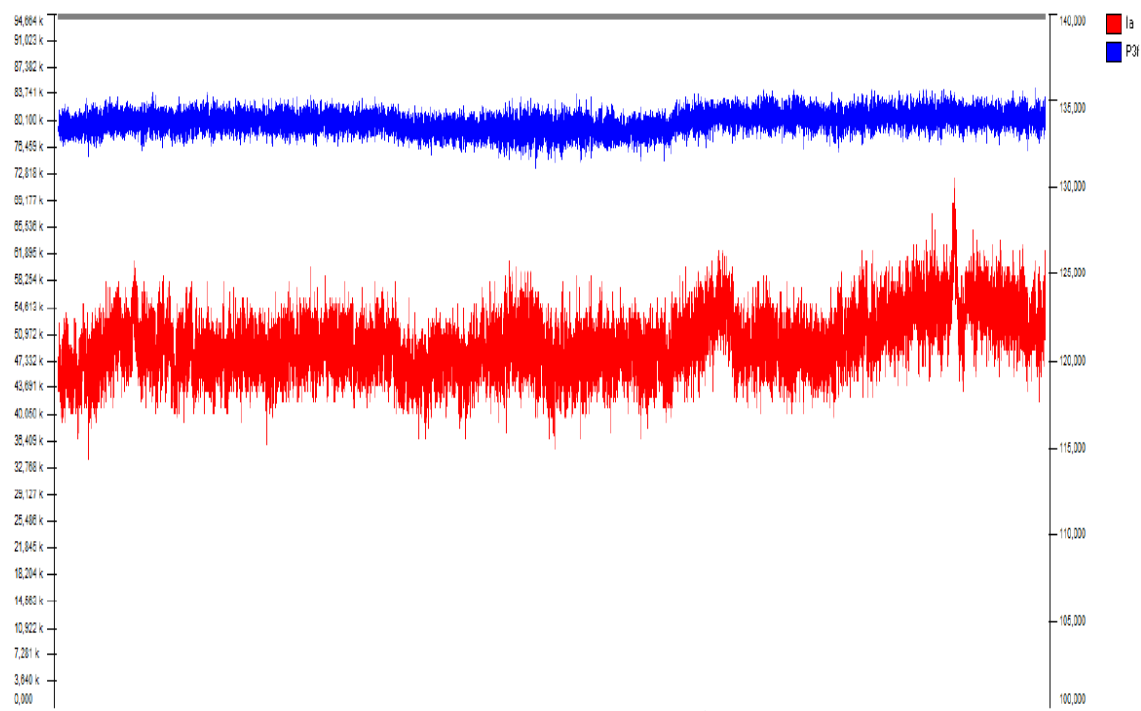
ZAPPELINI, A. B. **Análise de eficiência energética em sistema de ar comprimido.** 2008. 134 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2008.

ZHANG, Q. et al. **Utilization Secondary Energy in Integrated Iron and Steel Works for Improving Energy Utilization Efficiency.** 2010 International Conference on Digital Manufacturing & Automation, p. 887–889, 2010.

ANEXOS

ANEXO A – Análise da bomba da captação

Bomba Captação

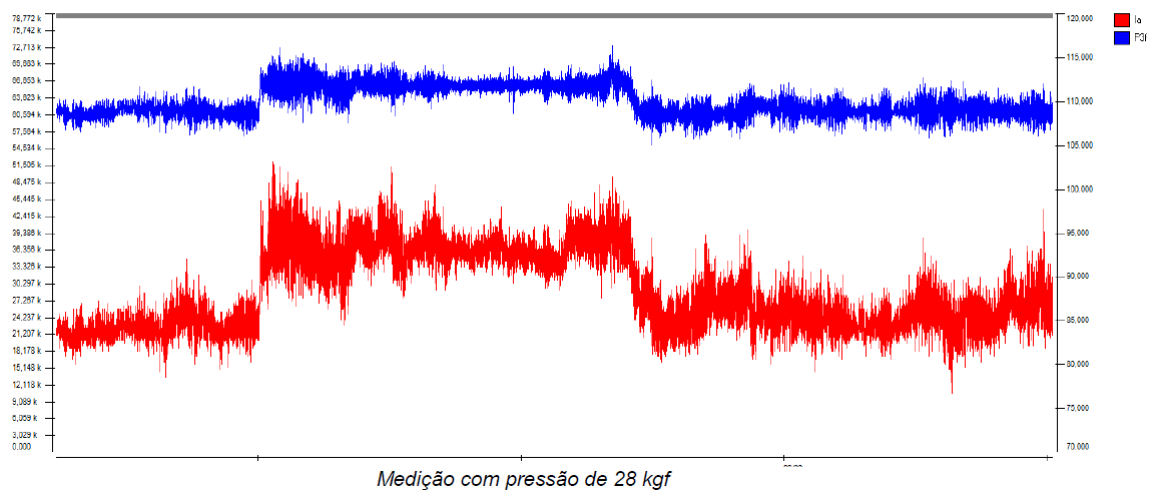


Medição com vazão de 120 m³/h

Fonte: (Autor)

ANEXO B – Análise da bomba BC300

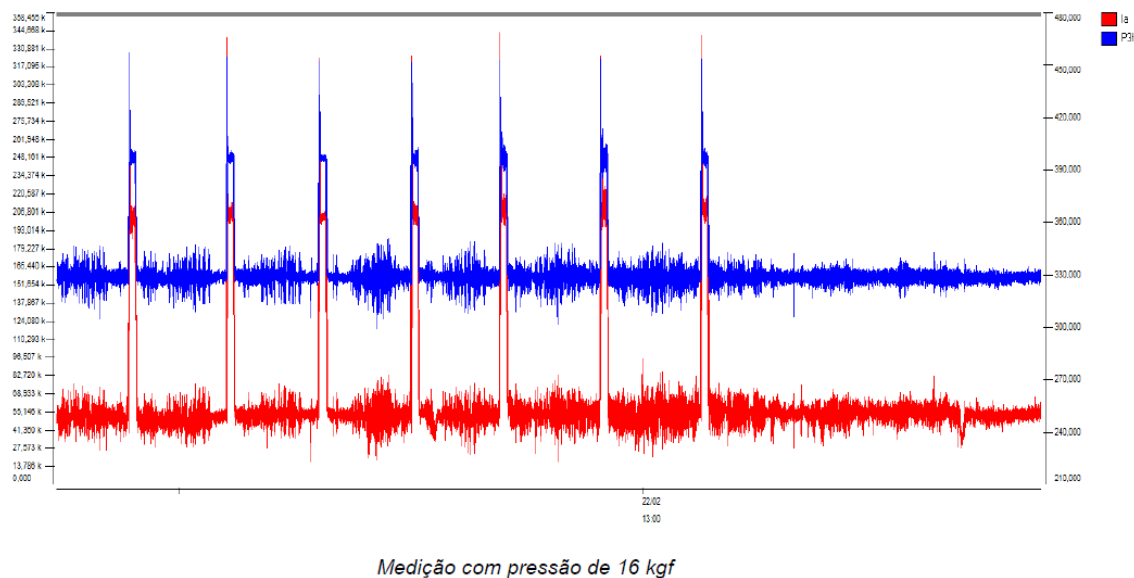
Bomba Água Caldeira -BC300



Fonte: (Autor)

ANEXO C – Análise da bomba BC59A

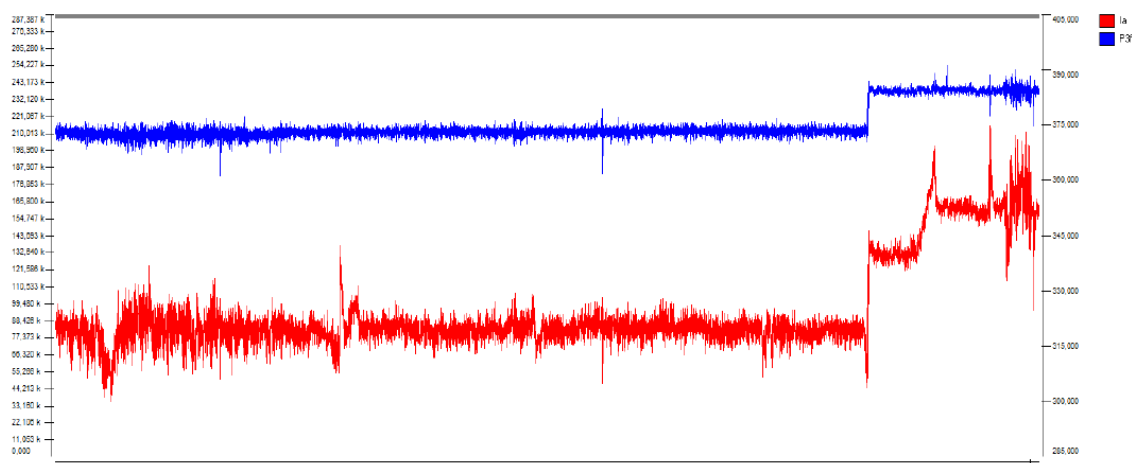
Bomba Água Fria -BC59A



Fonte: (Autor)

ANEXO D – Análise da bomba BC61B

Bomba Água Quente –BC61B

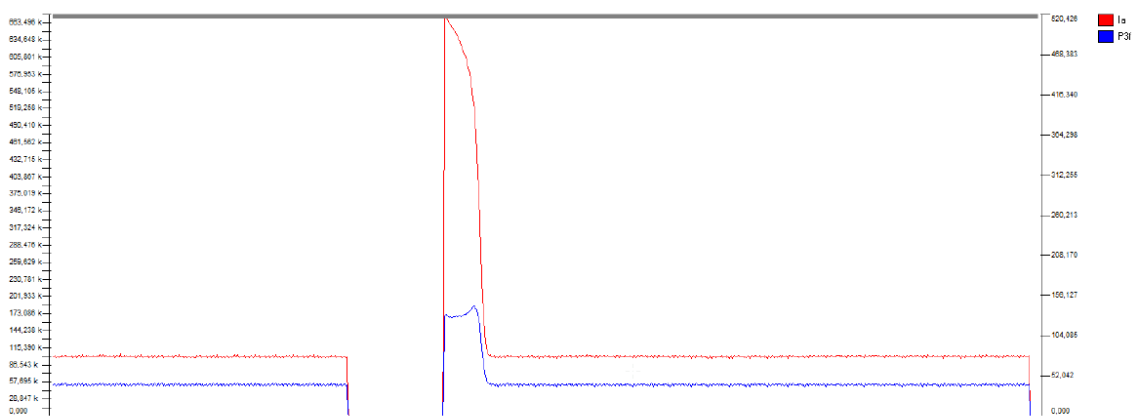


Medição com pressão de 9 kgf

Fonte: (Autor)

ANEXO E – Análise o ventilador torre ETA 1

Torres Resfriamento- ETA1



Medição com Condição mais critica do processo

Fonte: (Autor)

ANEXO F – Outras ações que trouxeram ganhos para empresa

CÉLULA	MELHORIA	GANHO ANUAL	PAYBACK (MESES)
Utilidades	Substituído motor de baixo rendimento por alto rendimento na Utilidades	R\$ 1.182,60	18
Laminação 2	Utilização de calha motorizada ao invés da Gaiola H8	R\$ 675,00	6
Utilidades	Implantado sistema para acionar motor 1/2 hora por turno, reduzindo 22,5 h/dia seu funcionamento.	R\$ 1.321,74	5
Laminação 2	Desligamento dos Motores Principais das Gaiolas do Laminador Contínuo durante as paradas	R\$ 1.404,00	Imediato
Laminação 2	Desligamento dos monitores do Supervisório da Manutenção Elétrica todo Domingo	R\$ 214,07	Imediato
Laminação 1	Substituído o refletor de 1000 Watts de vapor metálico por um projetor Led de 30 Watts	R\$ 1.444,52	2
Trefila de Barras	Substituição das Luminárias 400W da mesa de saída Schumag 3 por modelo refletor Led 30W	R\$ 1.653,01	4
FORNO DE BOBINAS	Instalado interruptor no local, permanecendo as lâmpadas apagadas na maior parte do dia, somente acesas em caso de manutenção no local.	R\$ 1.000,00	3
Fundição	Substituição de 3 refletores de 400W vapor de sódio por 2 refletores de 30W LED localizados (no próprio local de trabalho).	R\$ 1.740,00	2
Trefila de Barras	TROCA ILUMINAÇÃO MESA DE SAÍDA SCHUMAG 2 2 X 400W POR 2 X 30W.	R\$ 1.102,00	3
Trefila de Barras	SUBSTITUIÇÃO ILUMINAÇÃO EXTERNA TREFILA DE BARRAS POR MODELO LED 3 x 400W = 1200W POR 3 X 30W = 90W	R\$ 1.653,01	2
Fundição	Instalação das fotocélulas no Pátio de Sucatas da FEP	R\$ 893,52	4
Laminação 2	Instalado interruptor com comando no local, permanecendo somente 2 luminárias acesas nas duas saídas de emergências para acesso a sala. Ao adentrar a sala, pode-se religar todas as luminárias	R\$ 1.430,00	2
Laminação 1	Substituição de um refletor de 400 W por uma calha fluorescente de 4 lâmpadas (160 W) na área de abastecimento de óleo do Sistema Sack do Billet	R\$ 357,40	10
Laminação 2	Instalação de interruptor no circuito de iluminação da Sala de Controle do Forno de Bobinas	R\$ 700,00	2
Laminação 2	Substituição de 3 lâmpadas incandescentes de 100W por um sinalizador de 3 cores a LED de 6W.	R\$ 437,82	6
Alta Tensão	Substituídas 8 lâmpadas fluorescentes (432W) por 3 lâmpadas LED (48W). Instaladas no corredor de acesso ao escritório e no vestiário da Subestação Principal	R\$ 571,85	8
Laminação 2	Instalação de interruptor no escritório do Forno de Bobinas	R\$ 200,00	6
Laminação 1	Instalação de interruptor para desligamento das calhas fluorescentes que iluminam a Sala de Ar Condicionados do Billet	R\$ 1.452,00	2
Trefila de Arames	Feito as instalações de sensores de presença e lâmpadas e refletor de LED, nos corredores de circulação externo	R\$ 571,58	8
Laminação 2	Readequação das instalações elétricas e iluminação do hall entrada e sala de controle do forno de bobinas	R\$ 2.676,18	8
Laminação 1	Instalação de interruptor para desligamento das calhas fluorescentes que iluminam a Sala Elétrica do Blooming	R\$ 1.900,07	3
Laminação 1	Substituição de calhas fluorescentes por lâmpadas led no Hall de entrada da Oficina Elétrica da L1	R\$ 1.362,43	12
Portaria	Substituição de 24 lâmpadas fluorescentes 40 watts por 12 lâmpadas LED 26 watts na Portaria Principal	R\$ 851,47	12
Laminação 1	Instalação de interruptor no refletor que ilumina o filtro de óleo da caixa de pinhões do Blooming	R\$ 521,22	4
Laminação 1	Retirada de um refletor no bandejamento na área do Blooming	R\$ 595,68	Imediato
Laminação 2	Instalação de Interruptor no corredor de ar condicionado do Porão da Manutenção Elétrica	R\$ 1.659,00	6
Laminação 2	Substituição de Holofote de 400W por refletor a LED de 30W e instalação de interruptor no Elevador de Tarugos	R\$ 573,00	6
Laminação 2	Elaboração de Placas de conscientização no Leito de Resfriamento e Trem Contínuo	Gestão	Gestão
Alta Tensão	Instalação do multimedidor CCK4300 no cubículo do TR1711 na SE 7.1 - Laminador 1.	Gestão	Gestão
USP	Instalação do multimedidor CCK em 8 fornos elétricos do Tratamento Térmico.	Gestão	Gestão
Alta Tensão	Instalação do multimedidor CCK7200 no cubículo do TR195 na SE 09 ACP	Gestão	Gestão
Laminação 2	Realocação do interruptor de iluminação da área do BGV, antes o mesmo ficava próximo a COL do BGV e foi colocado no piso superior facilitando a conscientização	Gestão	Gestão
Utilidades	Avaliação de Eficiência Energética nos motores elétricos da Utilidades	Gestão	Gestão
Trefila de Barras	Avaliação de Eficiência Energética nos motores elétricos Trefila de barras	Gestão	Gestão
Aciaria	Avaliação de Eficiência Energética nos motores elétricos Aciaria	Gestão	Gestão
Laminação 1	Criado procedimento para que os plantonistas da manutenção elétrica desliguem estes ventiladores em paradas acima de 20 minutos.	Gestão	Gestão
Laminação 1	Inserido comando na IHM de operação na Cabine do Blooming para que os operadores desliguem as bombas em paradas de produção acima de 20 minutos..	Gestão	Gestão

Fonte: (Autor)