

UNESP

Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá

Guaratinguetá

2013



**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
CAMPUS DE GUARATINGUETÁ**

JOÃO PAULO SALVADOR DIAS

**ESTUDO SOBRE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM UMA INDÚSTRIA DE INJEÇÃO
PLÁSTICA**

Guaratinguetá
2013

JOÃO PAULO SALVADOR DIAS

ESTUDO SOBRE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM UMA INDÚSTRIA DE INJEÇÃO
PLÁSTICA

Trabalho de Graduação apresentado ao Conselho de Curso de Graduação em Engenharia Mecânica da Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Graduação em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Dr. Celso Eduardo Tuna

Guaratinguetá

2013

D541e	Dias, João Paulo Salvador Estudo sobre eficiência energética em uma indústria de injeção plástica / João Paulo Salvador Dias – Guaratinguetá : [s.n], 2013. 90 f : il. Bibliografia: f. 83-84 Trabalho de Graduação em Engenharia Mecânica – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2013. Orientador: Prof. Dr. Celso Eduardo Tuna 1. Energia elétrica – conservação I. Título
-------	---

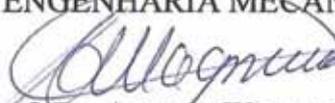
CDU 620.9

ESTUDO SOBRE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM UMA INDÚSTRIA
DE INJEÇÃO PLÁSTICA

JOÃO PAULO SALVADOR DIAS

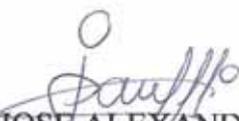
ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO
COMO PARTE DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE
GRADUADO EM ENGENHARIA MECÂNICA

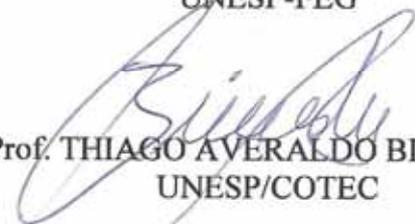
APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO
DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA


Prof. Dr. Antonio Wagner Forti
Coordenador

BANCA EXAMINADORA:


Prof. Dr. CELSO EDUARDO TUNA
Orientador/UNESP-FEG


Prof. Dr. JOSE ALEXANDRE MATELLI
UNESP-FEG


Prof. THIAGO AVERALDO BIMESTRE
UNESP/COTEC

Dezembro de 2013

DADOS CURRICULARES

João Paulo Salvador Dias

NASCIMENTO 19.09.1982 – SANTOS / SP

FILIAÇÃO João Batista Dias
Maria Aparecida Salvador Dias

2008/2013 Curso de Graduação em Engenharia Mecânica
Universidade Estadual Paulista – UNESP – *Campus* de Guaratinguetá

À todos aqueles que tornaram possível este momento, especialmente aos meus pais que desde o início me mostraram o caminho.

AGRADECIMENTOS

À Deus pelo dom da vida

Ao meu orientador *Prof. Dr. Celso Eduardo Tuna*, pela disposição e apoio.

À empresa que proporcionou as ferramentas para este estudo, juntamente com os colaboradores que prestaram estimada ajuda.

À Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá e todos os seus funcionários, pelo período inesquecível de minha vida.

Às pessoas que fazem parte da minha vida, que sempre acreditaram e me motivaram em todos os momentos.

Aos companheiros que também trilharam este caminho junto comigo.

“Sem saber que era impossível, ele foi lá e fez.”

Jean Cocteau

DIAS, J. P. S. **Estudo sobre eficiência energética em uma indústria de injeção plástica**. 2013. 85 f. Trabalho de Graduação (Graduação em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2013.

RESUMO

A finalidade deste trabalho é realizar um estudo sobre o uso de energia elétrica, identificando oportunidade através do uso racional de energia elétrica. Para tal foi necessário realizar uma análise da demanda contratada *versus* consumo. Com base em um roteiro de análise energética foram encontrados os principais consumidores e verificados os principais problemas que geram consumo excessivo de energia elétrica em uma indústria de injeção plástica. Também foi analisada a linha de pintura da mesma por possuir equipamentos que possuem processos térmicos e também consomem energia elétrica. Com base nos dados obtidos serão apresentadas propostas para eliminar o consumo desnecessário e utilizar a energia de forma racional e eficiente, e ainda, reavaliar a demanda contratada com base na nova política de fornecimento de energia e tarifação. Também foram propostas soluções termodinâmicas para reduzir o consumo com processos térmicos.

PALAVRAS CHAVE: Análise Energética, Eficiência, Conservação, Uso Racional, Tarifação.

DIAS, J. P. S. **Study on energy efficiency in a plastic injection factory**. In 2013. 85 p. Final Papers (Graduation in Mechanical Engineering) – Faculdade de Engenharia do *Campus* de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2013.

ABSTRACT

The reason of this work is perform a study about using of electrical energy to identify the opportunities through rational use of electrical energy. For that it was necessary perform an analysis of hired energy against consumption. Based in a guide of energy analysis were found the main consumers and verified the main problems, which generate excessive use of electrical energy in a plastic injection factory. It was also analyzed the painting line because there are some thermal equipment that use electrical energy. Based on the data obtained will be proposed ways to reduce the needless consumption and energy use of rationally and efficiently, in addition to re-evaluate the contracted demand based on the new policy of supplying and charging. It were also proposed thermodynamics solutions to reduce the energy consumed in thermal process.

KEY WORDS: Energy Analysis, Efficiency, Conservation, Rational Consumption, Charging.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fontes de energia no Brasil (2012)	14
Figura 2 – Triângulo de potências	19
Figura 3 – Cadeia de transformação e uso da energia	28
Figura 4 – Etiqueta de Identificação de consumo	31
Figura 5 – Rosca extrusora de máquinas de injeção.....	33
Figura 6 – Etapas do processo de injeção	34
Figura 7 – Máquina injetora completa.....	35
Figura 8 – Compressor de ar tipo parafuso de alta pressão.....	40
Figura 9 – Compressor de ar tipo parafuso de baixa pressão.....	41
Figura 10 – Máquina injetora Romi 1100.....	42
Figura 11 – Máquina injetora Husky 1650	43
Figura 12 – Máquina injetora Husky 2700	44
Figura 13 – Máquina injetora Engel 2700	45
Figura 14 – Máquina injetora Husky 3150	46
Figura 15 – Analisador de grandezas SAGA 4500	51
Figura 16 – Luxímetro digital Instruterm LD 300.....	53
Figura 17 – Custo do sistema de ar comprimido em %	55
Figura 18 – Consumo de energia do compressor de baixa pressão SSR-XF151	57
Figura 19 – Consumo de energia da máquina injetora Husky 1650.....	63
Figura 20 – Diagrama de pressão média de injeção	65
Figura 21 – Pele do para-choque dianteiro do Ford Fiesta 2013.....	66
Figura 22 – Dimensões do para-choque do Ford Fiesta 2013.....	66
Figura 23 – Consumo de energia da máquina injetora Husky 1650 (pós reprogramação)	68
Figura 24 – Dimensões, luminárias e pontos de medição do almox. de matéria prima.....	72
Figura 25 – Tabela de capacidade de refrigeração em função da área	79

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Subdivisão do grupo de consumidores de alta tensão. Fonte: PROCEL	23
Tabela 2 – Consumo de energia elétrica no Brasil por setor. Fonte: ANEEL	32
Tabela 3 – Relação dos setores com iluminação e tipo de iluminação	47
Tabela 4 – Cálculo do consumo diário do sistema de iluminação.....	48
Tabela 5 – Relação de aparelhos condicionadores de ar em operação	49
Tabela 6 – Cálculo do consumo diário dos condicionadores de ar.....	50
Tabela 7 – Registro de horas de funcionamento dos compressores (sem modificações)	58
Tabela 8 – Registro de horas de funcionamento dos compressores (com modificações).....	59
Tabela 9 – Cálculo de consumo médio anual.....	61
Tabela 10 – Cálculo de iluminância das áreas iluminadas.....	70
Tabela 11 – Índice para determinação do número de pontos a serem medidos	71
Tabela 12 – Valores medidos de iluminância no almoxarifado de matéria prima	72
Tabela 13 – Iluminância média para cada área.	73
Tabela 14 – Inventário após proposta de modificação do sistema de iluminação.....	74
Tabela 15 – Consumo diário com iluminação sem as modificações propostas	75
Tabela 16 – Consumo diário com iluminação com as modificações propostas	76
Tabela 17 – Proposta de substituição dos aparelhos condicionadores de ar	78
Tabela 18 – Resumo Global.....	80

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 CONCEITOS GERAIS	14
1.2 OBJETIVO	16
2 TERMOS TÉCNICOS, CONCEITOS E DEFINIÇÕES	17
2.1 ENERGIA	17
2.1.1 Energia elétrica ativa	17
2.1.2 Energia elétrica reativa	17
2.1.3 Demanda	18
2.1.4 Horários de ponta e horários fora de ponta	18
2.1.5 Período Úmido e Período Seco	18
2.2 FATOR DE POTÊNCIA	19
2.2.1 Principais fatores causadores de baixo fator de potência	20
2.2.1.1 Motores operando em vazio	20
2.2.1.2 Motores superdimensionados	20
2.2.1.3 Transformadores com pequenas cargas ou vazio	21
2.2.1.4 Nível de tensão acima da nominal	21
2.2.1.5 Lâmpadas de descarga	21
2.2.1.6 Quantidade de motores	21
2.2.2 Consequências de um baixo fator de potência	22
2.3 CLASSIFICAÇÃO DOS CONSUMIDORES	22
2.4 MODALIDADES TARIFÁRIAS E TARIFAÇÃO	23
2.4.1 Tarifação Convencional	24
2.4.2 Tarifação Horo-sazonal Verde	25
2.4.3 Tarifação Horo-sazonal Azul	25
2.5 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	27
2.5.1 – Conceito	27
2.5.2 Histórico da eficiência energética	29
2.6 ATIVIDADES DA PLANTA INDUSTRIAL EM ESTUDO	32
2.6.1 Indústria de injeção plástica	33

2.6.2 Pintura	35
2.6.3 Retrabalho	36
2.6.4 Montagem	37
2.6.5 Atividades administrativas	37
2.6.6 Atividades complementares	37
3 MATERIAL E METODOLOGIA	39
3.1 COMPRESSORES	39
3.1.1 Compressor de alta pressão	39
3.1.2 Compressor de baixa pressão	40
3.2 MÁQUINAS INJETORAS	41
3.2.1 Injetora de médio porte	41
3.2.1.1 Injetora Romi 1100.....	41
3.2.2 Injetoras de grande porte	42
3.2.2.1 Injetora Husky 1650	42
3.2.2.2 Injetora Husky 2700	43
3.2.2.3 Injetora Engel 2700	44
3.2.2.4 Injetora Husky 3150	45
3.3 SISTEMA DE ILUMINAÇÃO	46
3.3.1 Consumo diário da iluminação	47
3.4 CONDICIONAMENTO DE AR	48
3.4.1 Consumo diário dos condicionadores de ar	49
3.5 ANALISADOR DE GRANDEZAS SAGA 4500	51
3.6 LUXÍMETRO DIGITAL	52
3.7 METODOLOGIA	53
4 DISCUSSÕES E RESULTADOS	55
4.1 AR COMPRIMIDO	55
4.1.1 Medições e análises	56
4.1.2 Propostas	58
4.1.3 Modificações e resultados	59
4.2 MÁQUINAS INJETORAS	61
4.2.1 Medições e análises	62

4.2.2 Propostas	63
4.2.3 Modificações e resultados	67
4.3 SISTEMA DE ILUMINAÇÃO	69
4.3.1 Medições e análises	69
4.3.2 Propostas	73
4.3.3 Modificações e resultados	74
4.4 SISTEMA DE CONDICIONAMENTO DE AR	77
4.4.1 Medições e análises	77
4.4.2 Propostas	77
4.4.3 Modificações e resultados	79
4.5 RESUMO GLOBAL	79
5 CONCLUSÃO	81
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	83
7 APÊNDICE	85
7.1 APÊNDICE I	85

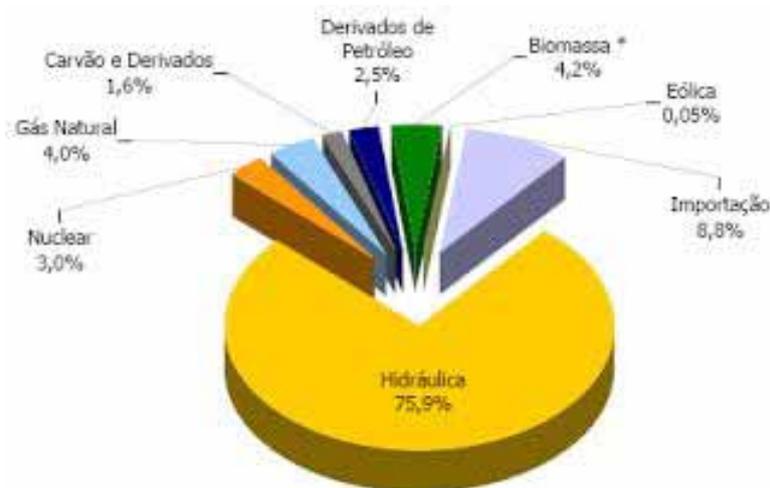
1 INTRODUÇÃO

1.1 Conceitos gerais

Em virtude do grande crescimento populacional a demanda de bens de consumo também tem aumentado significativamente, para atender esta demanda há necessidade do aumento de produção, isto reflete em criação de novas indústrias e crescimento das já existentes ao redor do globo. Todo este crescimento recai sobre um ponto extremamente importante: o consumo de energia. Toda expansão da produção requer ampliações e maiores cargas de trabalho que por sua vez aumentam a demanda de energia.

Este aumento na demanda de energia requer novos investimentos no setor de geração e fornecimento de energia, e no Brasil onde grande parte do potencial de geração é do tipo hidrelétrico, conforme Figura 1.

Figura 1 – Fontes de energia no Brasil (2012)



Nota: * Inclui lenha, bagaço de cana-de-açúcar, lixívia e outras recuperações.

Fonte: ANEEL

Entretanto, obras deste porte não se concluem na mesma velocidade que o aumento da demanda. Para reduzir o investimento e minimizar a possibilidade de ocorrer novos apagões como

ocorreram em 2001, faz-se necessário a aplicação de uma filosofia de trabalho que otimiza a utilização de energia, a qual chamamos de eficiência energética.

Através de orientações, direcionamentos, controle dos recursos humanos e ações bem definidas torna-se possível utilizar a energia de forma mais eficiente, possibilitando redução no consumo produzindo a mesma quantidade e na mesma qualidade senão melhor.

Os projetos de eficiência energética são aqueles que resultam em economia e benefícios diretos para o consumidor, com ações de combate ao desperdício de energia elétrica, modernização de instalações e processos (CAPELLI, 2013).

Conforme MAMEDE FILHO (2007), com o aumento do consumo de energia no mundo, a sociedade vem a cada dia se preocupando com as medidas de uso racional das diversas formas de energia utilizadas, notadamente a energia elétrica.

Para se realizar um estudo de eficiência energética numa instalação industrial deve-se efetuar um levantamento das características da instalação, verificar faturas, identificar os setores que consomem a maior parte da energia contratada, verificar sistemas de refrigeração, ar condicionado, etc.

Este estudo se refere a uma indústria de produção de peças plásticas para o setor automotivo, cujos processos de manufatura envolvem injeção, pintura e montagem. Sendo assim serão analisadas as demandas contratadas com base na distribuição de carga entre os setores da empresa, assim como demais sistemas de apoio a produção que apresentam possibilidade de otimização.

Para fins de confidencialidade o nome da empresa não será mencionado.

1.2 Objetivo

Realizar um estudo dos dados levantados sobre a empresa levando em consideração a filosofia da eficiência energética e tendo como base as técnicas desenvolvidas recentemente.

Verificar as possibilidades de otimização dos sistemas e equipamentos com base nas normas técnicas vigentes e propor ações que venham a reduzir o consumo sem prejuízo da produção ou da qualidade do produto.

2 TERMOS TÉCNICOS, CONCEITOS E DEFINIÇÕES

A seguir será apresentada uma breve descrição dos termos técnicos que serão utilizados para o desenvolvimento deste estudo, com seus conceitos e definições de acordo com a literatura utilizada.

2.1 Energia

De maneira simples, energia é a taxa de eletricidade consumida por um aparelho durante seu funcionamento, em grandes escalas a energia é medida em kWh (quilowatt-hora) ou MWh (megawatt-hora). Pequenos consumidores (residenciais) são cobrados apenas pela quantidade de energia consumida, enquanto que grandes consumidores (indústrias e setores comerciais) são cobrados pela quantidade consumida e pelo nível de potência requerido, pois tal fornecimento necessita de tratamentos adicionais, sistemas sofisticados de proteção, etc. Na fatura destes últimos tipos de consumidores encontramos o item **demanda** que corresponde ao consumo médio, medido em intervalos de 15 minutos durante o mês de fornecimento. Existem outras regras que definem o sistema tarifário de fornecimento, estes serão abordados mais adiante.

2.1.1 Energia elétrica ativa

É o uso da potência ativa durante qualquer intervalo de tempo, sua unidade medida é o kWh, em outras palavras é a energia consumida por um sistema que oferece resistência e permite a conversão em outra forma de energia para que realize “trabalho”. É através desta energia que a concessionária faz a cobrança do fornecimento.

2.1.2 Energia elétrica reativa

Alguns equipamentos criam campos magnéticos para que seja possível seu acionamento, isto é necessário principalmente para equipamentos industriais como: motores, transformadores, reatores, etc. A energia reativa é o tipo de energia utilizada na criação destes campos magnéticos. Este tipo de energia não realiza trabalho e tem como unidade de medida o kVAR (energia reativa

consumida durante um intervalo de tempo). E de acordo com a Resolução 414/2010 da ANEEL (art.95) o excedente reativo é cobrado quando o fator de potência medido for inferior a 0,92.

2.1.3 Demanda

A demanda é a taxa média do consumo de energia, medida em intervalos de 15 minutos, este sistema de medição segue a Resolução nº 456 da Agência Nacional de Energia Elétrica.

Existem outras formas de classificar a demanda, as mais importantes são:

Demanda Máxima: é o maior valor medido no intervalo de medições, este intervalo pode ser diário, mensal e anual.

Demanda Contratada: é a demanda de energia que deve estar disponível para o consumidor continuamente, o período de vigência e o valor é fixado em contrato com a concessionária e será cobrado independentemente do uso. A demanda contratada é expressa em kW (quilowatt).

2.1.4 Horários de ponta e horários fora de ponta

O horário de ponta é um período estipulado pela concessionária que fornece energia como horário crítico, ou seja, horário no qual a demanda atinge valores muito altos e que levariam a sobrecarga o sistema de fornecimento, este período tem duração de 3 horas diárias, exceto em sábados, domingos e feriados definidos pela concessionária (PROCEL, 2011, p. 9).

O horário fora de ponta é o período que compreende as outras 21 horas do dia, dias em que existe horário de ponta. E período de 24 horas nos dias em que não existe horário de ponta como é o caso dos sábados e domingos e os feriados definidos pela concessionária.

O horário de ponta é definido pela concessionária local.

2.1.5 Período Úmido e Período Seco

O período úmido compreende os meses de dezembro a abril, é o período com maior concentração de chuvas. E o período seco compreende os meses de maio a novembro, e devido à escassez de chuvas pode apresentar valores mais elevados.

2.2 Fator de potência

Em dispositivos elétricos, a energia pode ser estabelecida como sendo o trabalho requerido pelo dispositivo para realizar as tarefas cotidianas como fornecer luz, içar cargas, aquecimento, etc.

A energia absorvida por um equipamento depende do tempo em que o mesmo se encontra em operação, sendo assim o conceito de potência vem justamente para eliminar a dependência temporal. Sendo potência a taxa com a qual energia é fornecida ou absorvida num determinado instante de tempo.

Motores, transformadores, reatores para lâmpadas, etc. consomem energia reativa, pois necessitam criar campos eletromagnéticos para seu funcionamento. A energia acumulada nestes equipamentos que não realiza trabalho útil e que retorna para a fonte a cada ciclo de corrente é chamada de **potência reativa** e é medida em kVAr (quilovolt-ampère-reactivo).

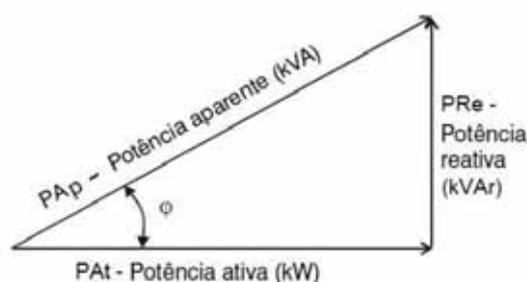
A **potência ativa** é a energia consumida pelo circuito e que é capaz de realizar trabalho útil como içar cargas, fornecer luz, etc. e é medida em kWh (quilowatt-hora).

Assim, enquanto a potência ativa é sempre consumida na execução de trabalho, a potência reativa, além de não produzir trabalho, circula entre a carga e a fonte de alimentação, ocupando um espaço no sistema elétrico que poderia ser utilizado para fornecer mais energia ativa.

A soma vetorial das potências ativa e reativa é conhecida como potência aparente, a potência aparente é a potência absorvida pela instalação, e é medida em kVA (quilovolt-ampère).

A Figura 2 ilustra a soma vetorial.

Figura 2 – Triângulo de potências



Fonte: WEG

De posse destas informações é possível definir o **fator de potência**, este é definido como a razão entre a potência ativa e a potência aparente, ou pela Figura 2, o fator de potência = $\cos(\varphi)$. Quanto maior a potência reativa, maior é a potência aparente e por consequência o fator de potência torna-se menor, resultando em maior necessidade de fornecimento de corrente ao circuito. Fatores de potência baixos indicam baixa eficiência e podem resultar num consumo desnecessário de energia. Em muitas instalações industriais, devido a quantidade de equipamentos reativos, torna-se necessário a correção do fator de potência.

2.2.1 Principais fatores causadores de baixo fator de potência

Existem vários fatores que causam baixo fator de potência, a seguir serão descritos os mais comuns na maioria das instalações industriais.

2.2.1.1 Motores operando em vazio

Os motores elétricos consomem praticamente a mesma quantidade de energia reativa, necessária à manutenção do campo magnético mesmo operando em vazio (sem carga) ou a plena carga.

Entretanto, o mesmo não acontece com a energia ativa, que é diretamente proporcional à carga mecânica solicitada no eixo do motor. Assim, quanto menor a carga mecânica solicitada, menor energia ativa consumida, conseqüentemente, menor o fator de potência.

2.2.1.2 Motores superdimensionados

É um caso particular da causa anterior, pois quanto maior o motor, maior será o campo magnético necessário para seu funcionamento, e devido a carga não ser condizente com a capacidade do motor, a potência ativa necessária é baixa enquanto que a potência reativa necessária é alta.

Uma prática comum é a substituição de motores por conta de manutenção ou reparos, e em algumas ocasiões o motor substituto possui potência maior, e ainda, a substituição que deveria ser

temporária torna-se permanente para que se evite uma nova parada, isto provoca o mesmo efeito da causa anterior.

2.2.1.3 Transformadores com pequenas cargas ou vazio

Análogo aos motores, os transformadores, quando operam em vazio ou com pequenas cargas, consomem uma quantidade de energia reativa relativamente grande, quando comparada com as energias ativas, provocando um baixo fator de potência.

Como no item 2.2.1.1, transformadores superdimensionados tem causam o mesmo efeito na rede.

2.2.1.4 Nível de tensão acima da nominal

Quando o nível de tensão ultrapassa o valor nominal, provoca aumento do consumo de energia reativa nos motores de indução, e a causa, assim como nos itens anteriores, é a diminuição do fator de potência.

2.2.1.5 Lâmpadas de descarga

As lâmpadas de descarga (fluorescentes, vapor de mercúrio, vapor de sódio, etc.) necessitam de um reator para seu funcionamento. Estes, assim como os motores e transformadores, possuem bobinas e enrolamentos que consomem energia reativa. Entretanto, quando são superdimensionados propiciam aumento do fator de potência, servindo como uma espécie de correção para a instalação.

2.2.1.6 Quantidade de motores

Em muitas ocasiões, tem-se um número elevado de máquinas acionadas por motores elétricos, e estas máquinas possuem cargas de trabalho diferentes, tornando complexo o dimensionamento dos motores de acionamento, e em algumas ocasiões para que se reduza os custo com aquisição, os motores são comprados em lotes, e por consequência com dimensionamento

incorreto para a aplicação. Sendo assim deve-se ter cuidado quando se tem um grande número de máquinas a serem acionadas.

2.2.2 Consequências de um baixo fator de potência

Existe uma série de consequências de uma baixo fator de potência, a seguir serão citados os principais e que acarretam em consumo desnecessário de energia elétrica.

Segundo a COPEL (2005), uma instalação com baixo fator de potência apresenta os seguintes inconvenientes:

- a) incremento das perdas de potência;
- b) flutuação de tensão, que pode danificar equipamentos;
- c) sobrecarga da instalação, gerando desgaste prematuro dos equipamentos;
- d) desgaste dos dispositivos de proteção;
- e) aumento do investimento com condutores e controladores sujeitos a limitação térmica de corrente;
- f) acréscimo no custo com energia elétrica.

2.3 Classificação dos consumidores

Basicamente existem dois grupos de consumidores A e B, o que define se um consumidor é do tipo A ou B é o nível de tensão requerido. Os consumidores do grupo A são aqueles que requerem altos valores de tensão e por consequência o grupo B os consumidores que requerem baixa tensão.

O grupo B requer fornecimento até 2.300 volts, e é formado por residências, lojas, oficinas, agências bancárias, etc. que em sua maioria são atendidos nas tensões de 127 ou 220 volts. O grupo B ainda se divide em B1 que engloba os consumidores residenciais, B2 que engloba os consumidores rurais, B3 que engloba as demais classes e finalmente B4 que refere-se a iluminação pública.

O grupo A é o grupo mais complexo e requer uma divisão mais apurada, pois existem vários níveis de fornecimento conforme Tabela 1.

Tabela 1 – Subdivisão do grupo de consumidores de alta tensão

Tensão de Fornecimento – Grupo A	
Subgrupo	Tensão de Fornecimento
A1	≥ 230 kV
A2	88 kV a 138 kV
A3	69 kV
A3a	30 kV a 44 kV
A4	2,3 kV a 25 kV

Fonte: PROCEL

Observação: os consumidores atendidos por redes elétricas subterrâneas são classificados no grupo A, subgrupo AS, mesmo sendo atendidos em baixa tensão.

2.4 Modalidades tarifárias e tarifação

Todos os conceitos e definições apresentados até agora são de suma importância para o entendimento da tarifação. Mesmo não sendo uma técnica de redução do consumo de energia diretamente, é importante compreender esta sistemática para avaliar a programação dos processos dentro de uma instalação industrial, pois uma programação e uma reestruturação adequada da planta industrial pode proporcionar em redução considerável de custo com energia elétrica.

Há também o fato de que se os consumidores evitarem os horários de ponta, ocorrerá diminuição de picos de tensão e de sobrecarga do sistema de fornecimento possibilitando recursos destinados a este estado de emergência serem utilizados em outras áreas, aumentando por sua vez a capacidade de fornecimento.

Dentro do grupos definidos no item anterior, o grupo B possui tarifação uniforme, ou seja, são cobrados apenas pela energia que consomem. Já os consumidores do grupo A possuem tarifação composta, pois são cobrados tanto pela demanda contratada quanto pelo consumo.

Existem três tipos de tarifação para este grupo, são elas: Tarifação Convencional, Tarifação Horo-sazonal Verde e Tarifação Horo-sazonal Azul.

2.4.1 Tarifação Convencional

Este tipo de tarifa exige um contrato específico com a concessionária no qual se define um valor único de demanda pretendida pelo consumidor (demanda contratada), independentemente da hora do dia (ponta ou fora de ponta) ou período do ano (seco ou úmido) (PROCEL, 2011, p. 11).

Os consumidores do grupo A, subgrupos A3a, A4 e AS estão enquadrados na tarifação convencional, exceto quando a demanda contratada for superior a 300 kW e desde que não haja 3 registros consecutivos ou 6 registros alternados de demanda superior a 300 kW nos últimos 11 meses (PROCEL, 2011, p. 11).

A fatura destes consumidores é composta da soma de parcelas referentes ao consumo, demanda e, caso exista, demanda ultrapassada.

A parcela de consumo é calculada multiplicando-se o consumo medido pela tarifa, já a parcela de demanda é calculada multiplicando-se a tarifa da demanda pela demanda contratada ou pela demanda medida (no caso a maior delas), caso a demanda ultrapassada não seja superior a 10% da contratada.

Em caso de ultrapassagem da demanda superior a 10% da demanda contratada, calcula-se a parcela de demanda pelo produto da tarifa de ultrapassagem e do valor da demanda medida que superou a demanda contratada. Conforme equação 1.

Equação 1 – Cálculo da Parcela de Demanda Ultrapassada

$$P_{ultrapassagem} = Tarifa\ de\ ultrapassagem \times (Demanda\ medida - Demanda\ contratada)$$

Fonte: PROCEL

Na tarifação convencional, a tarifa de ultrapassagem corresponde a três vezes a tarifa de demanda contratada.

2.4.2 Tarifação Horo-sazonal Verde

Estão enquadrados neste tipo de tarifação os consumidores do grupo A, subgrupos A3a, A4 e AS. Este modelo exige contrato específico com a concessionária e se determina a demanda pretendida pelo consumidor, independentemente da hora do dia (ponta ou fora de ponta). A RESOLUÇÃO nº 456 (2000) permite que sejam contratados dois valores diferentes de demanda, sendo um para o período seco e outro para o período úmido.

A fatura de energia elétrica desses consumidores é composta pela soma das parcelas referentes ao consumo na ponta e fora dela, pela demanda contratada e, se houver, pela tarifa de ultrapassagem.

A equação 2, descreve o método de cálculo.

Equação 2 – Cálculo da Parcela de Consumo da Tarifação Horo-sazonal Verde

$$P_{consumo} = (Tarifa\ de\ consumo\ na\ ponta \times Consumo\ medido\ na\ ponta) \\ + (Tarifa\ de\ consumo\ fora\ de\ ponta \times Consumo\ medido\ fora\ de\ ponta)$$

Fonte: PROCEL

No período seco as tarifas de consumo no horário de ponta e fora de ponta são mais elevadas que o período úmido.

A parcela de demanda é calculada da mesma forma que a tarifação convencional, e com as mesmas regras de ultrapassagem da tarifação convencional. O mesmo se aplica para a parcela de ultrapassagem.

Observação: Na Portaria Anterior (Portaria DNAEE 33/1988) exigia-se que a demanda contratada para o período úmido fosse superior a demanda contratada para o período seco. Entretanto, este requisito foi revogado.

2.4.3 Tarifação Horo-sazonal Azul

Este tipo de tarifação é mandatório para consumidores do grupo A, subgrupos A1, A2 e A3, e opcional para os consumidores dos subgrupos A3a, A4 e AS.

Da mesma forma que a tarifação horo-sazonal verde, a azul também requer contrato específico com a concessionária para definir a demanda pretendida pelo consumidor. Entretanto, neste modelo de tarifação o consumidor deve definir dois valores de demanda contratada, sendo o primeiro no horário de ponta e o outro no horário fora de ponta. E também é possível renegociar as demandas de acordo com o período (seco ou úmido).

A fatura é composta pelas mesmas parcelas que o modelo anterior, mudando apenas a forma de cálculo das parcelas.

A parcela de consumo é calculada através da soma dos produtos de cada consumo medido (na ponta e fora de ponta) pelas tarifas de ponta e fora de ponta. Conforme demonstrado na equação 3.

Equação 3 – Cálculo da Parcela de Consumo da Tarifação Horo-sazonal Azul

$$P_{consumo} = (Tarifa\ de\ consumo\ na\ ponta \times Consumo\ medido\ na\ ponta) \\ + (Tarifa\ de\ consumo\ fora\ de\ ponta \times Consumo\ medido\ fora\ de\ ponta)$$

Fonte: PROCEL

Assim como nos modelos anteriores as tarifas de ponta e fora de ponta são mais elevadas no período seco.

A parcela de demanda é calculada da mesma forma, entretanto efetuando desta vez a soma entre o produto da demanda contratada no horário de ponta pela tarifa do horário de ponta com o produto da demanda contratada no horário fora de ponta pela tarifa do horário fora de ponta. Caso haja ultrapassagem da demanda, para efeitos de cálculo da parcela de demanda o valor utilizado será o medido na ponta e fora de ponta. Desde que a ultrapassagem não supere em 5% as demandas contratadas para os subgrupos A1, A2 e A3, e 10% as demandas contratadas pelos demais subgrupos. Conforme equação 4.

Equação 4 – Cálculo da Parcela de Demanda da Tarifação Horo-sazonal Azul

$$P_{demanda} = (Tarifa\ de\ demanda\ na\ ponta \times Demanda\ contratada\ na\ ponta) \\ + (Tarifa\ de\ demanda\ fora\ de\ ponta \times Demanda\ contratada\ fora\ de\ ponta)$$

Fonte: PROCEL

Observação: As tarifas de demanda são as mesmas em qualquer período do ano.

A parcela de ultrapassagem é cobrada somente se for descumprida a regra de ultrapassagem citada anteriormente, de 5% para os subgrupos A1, A2 e A3 e 10% para os subgrupos A3a, A4 e AS. O cálculo da parcela de ultrapassagem é feito seguindo a mesma lógica dos modelos de tarifação anteriores, entretanto, levando em consideração a ultrapassagem no horário de ponta e a ultrapassagem no horário fora de ponta. A equação 5 demonstra a metodologia de cálculo.

Equação 5 – Cálculo da Parcela de Ultrapassagem da Tarifação Horo-sazonal Azul

$$P_{ultrapassagem} = [Tarifa\ de\ ultrapassagem\ na\ ponta \times (Demanda\ medida\ na\ ponta - Demanda\ contratada\ na\ ponta)] + \\ [Tarifa\ de\ ultrapassagem\ fora\ de\ ponta \times (Demanda\ medida\ fora\ de\ ponta - Demanda\ contratada\ fora\ de\ ponta)]$$

Fonte: PROCEL

As tarifas de ultrapassagem são diferenciadas por horário, sendo mais elevadas nos horários de ponta, conforme APÊNDICE I.

2.5 Eficiência Energética

2.5.1 – Conceito

O uso intensivo de um ou mais formas de energia está presente em qualquer atividade da sociedade moderna, seja em simples equipamentos ou processos complexos. As formas de energia mais importantes são processadas pela sociedade e dispostas aos consumidores, como: a gasolina,

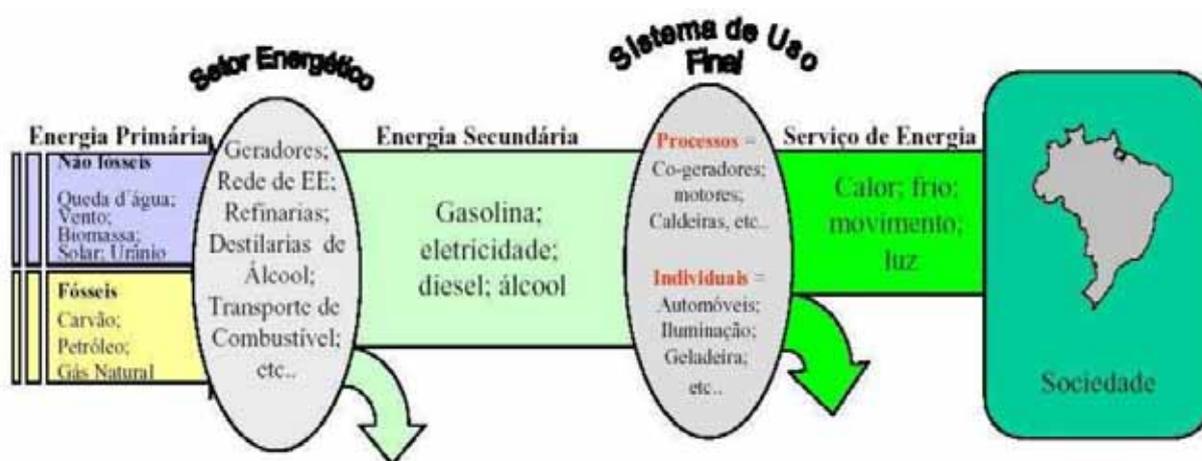
o álcool, óleo diesel, gás natural e principalmente a eletricidade. A eletricidade é em muitas ocasiões a base para obtenção de uma grande variedade de processos.

Durante o processo de transformação entre as formas de energia parte dela é perdida, acarretando num aumento de fornecimento para que se obtenha o índice requerido, esta razão entre a energia requerida e a energia fornecida chamamos rendimento e/ou eficiência.

Um exemplo típico é a lâmpada incandescente que transforma energia elétrica em luz através do aquecimento de um filamento de tungstênio. Este tipo de lâmpada possui eficiência em torno de 8%, ou seja, apenas 8% da energia elétrica disponibilizada para este fim é transformada em luz, os 92% demais são dissipados através de energia térmica.

A energia é gerada de diversas formas e em seguida transformada para que se adeque ao uso, os setores podem ser visualizados na Figura 3, onde também está indicada a perda em cada processo.

Figura 3 – Cadeia de transformação e uso da energia



Fonte: INEE

Otimizar a eficiência significa reduzir o consumo de energia necessária do setor primário para atender os demais setores, isto pode ser alcançado se durante os processos de transformação forem realizados adequadamente, assim como o uso adequado inteligente, ou seja, a redução pode e deve ocorrer em todas as etapas demonstradas na Figura 3.

Pode ainda ocorrer devido à substituição de uma forma de energia por outra no uso final conforme relatório do Instituto Nacional de Eficiência Energética – INEE (2001, 6).

A eficiência energética possui uma filosofia de consumir menor quantidade de energia sem prejuízo da quantidade e qualidade do produto final, através de diversas práticas e políticas modernas, entretanto vamos nos ater àquelas pertinentes a proposta deste estudo, que é a eficiência no uso final. Esta categoria inclui praticamente todos os empregos da eletricidade e tecnologias caloríficas existentes, como motores, iluminação, aquecimento, ventilação, condicionamento de ar, entre outros. Assim como técnicas que possam aproveitar as formas de energia presentes na natureza: solar, eólica, etc.

Segundo NOGUEIRA (2007), “a racionalização do uso da energia 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, nas perspectiva do desenvolvimento sustentável.”

2.5.2 Histórico da eficiência energética

O surgimento da preocupação com relação à eficiência energética surgiu em 1970 com a crise do petróleo. Fontes renováveis de energia e projetos de eficiência energética recebem consideráveis investimentos em inúmeros países industrializados. Contudo o custo do petróleo se estabilizou e houve um declínio nos investimentos na área de conservação de energia.

No início da década de 1990, a emissão de poluentes tornou-se uma preocupação mundial devido a variação climática global, e em 1992 na cidade do Rio de Janeiro (que 20 anos mais tarde, em 2012, deu origem a uma nova abordagem sobre o assunto, chamada de Rio +20) discutiu-se metas de redução de emissão de poluentes e firmaram-se acordos para reduzir a queima de combustíveis sem prejuízo da produção industrial e dos níveis de conforto dado pelo uso da energia.

O setor elétrico brasileiro apontou para uma política de uso racional e eficiente de energia com a implantação do Programa de Conservação de Energia Elétrica – PROCEL, da Eletrobrás. Entretanto era preciso definir a sistemática de eficiência energética.

Para melhoria de eficiência, surgiram algumas sugestões, no período de discussão do modelo do setor elétrico brasileiro, como a negociação de “blocos de energia conservada”. Tal negociação seria semelhante às realizadas com energias alternativas – eólica, solar, biomassa e pequena central hidrelétrica (PCH), que possuem parcela garantida de geração contratada através de um processo de leilão, segundo GARCIA (2008).

SZKLO e GELLER (2006, 193-194), apud GARCIA (2008, 40), elencaram quatro políticas principais para aumentar a conservação de energia no Brasil, são elas:

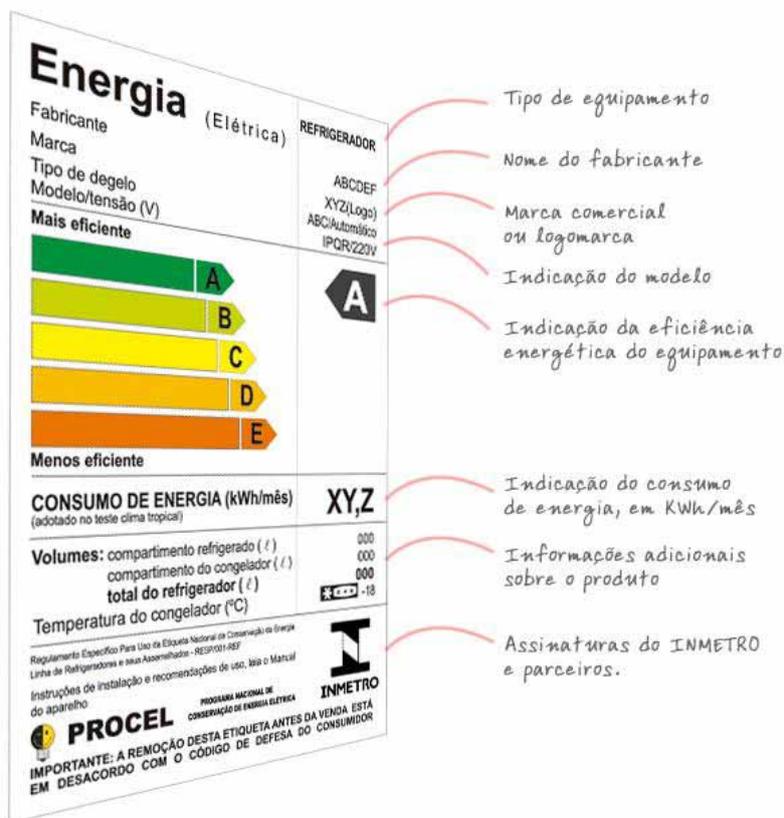
- a) Criar uma nova agência de eficiência energética;
- b) Incorporar práticas de ofertas de energia pelo lado da demanda à expansão do setor e medidas de eficiência energética como opção de planejamento;
- c) Incrementar a Lei de Eficiência Energética;
- d) Adotar códigos de energia para os novos prédios comerciais.

A oferta de energia pela demanda envolveria uma requisição de projetos (local de aplicação, medida, custo, redução estimada, vida útil e incentivo requerido), sua qualificação, implementação e posterior verificação.

Ainda no histórico da eficiência energética no Brasil, HADDAD (2009, 11) concluiu que com o PROCEL foi possível implementar medidas que trouxeram ganhos energéticos ao país. Com destaque para a substituição de lâmpadas mais eficientes na iluminação pública e nos setores comerciais e residenciais. Através das etiquetas do PROCEL e de um apoio publicitário, a aquisição de eletrodomésticos e equipamentos mais eficientes, redução de perdas no sistema de geração, transmissão e distribuição.

A ideia de etiquetagem de aparelhos nasceu nos Estados Unidos, na década de 70, muitos outros países adotaram esta política. No Brasil conhecido como Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) o programa teve apoio da Eletrobrás/PROCEL e do Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO) e à partir de 1985 alguns eletrodomésticos como ar condicionado, freezers, geladeiras, e outros aparelhos que apresentam consumo residencial considerável, passaram a exibir este tipo de identificação (Figura 4), e em 2006 esta política atingiu os aparelhos que possuíam a função *standy-by* (KONDA, 2006).

Figura 4 – Etiqueta de Identificação de consumo



Fonte: PROCEL/INMETRO

O grande avanço do programa de conservação de energia ocorreu com o Decreto 4.059/2001 que instituiu o Comitê Gestor de Indicadores e de Níveis de Eficiência Energética (CGIEE), este por sua vez elaborou regulamentações específicas para cada tipo de aparelho consumidor de energia elétrica, sendo o primeiro equipamento o motor elétrico trifásico, que representava 30% do consumo nacional e 50% do consumo do setor industrial.

Sendo que a lei nacional de eficiência energética 10.295/2001 levou a fatos importantes para a história da conservação de energia no Brasil, como:

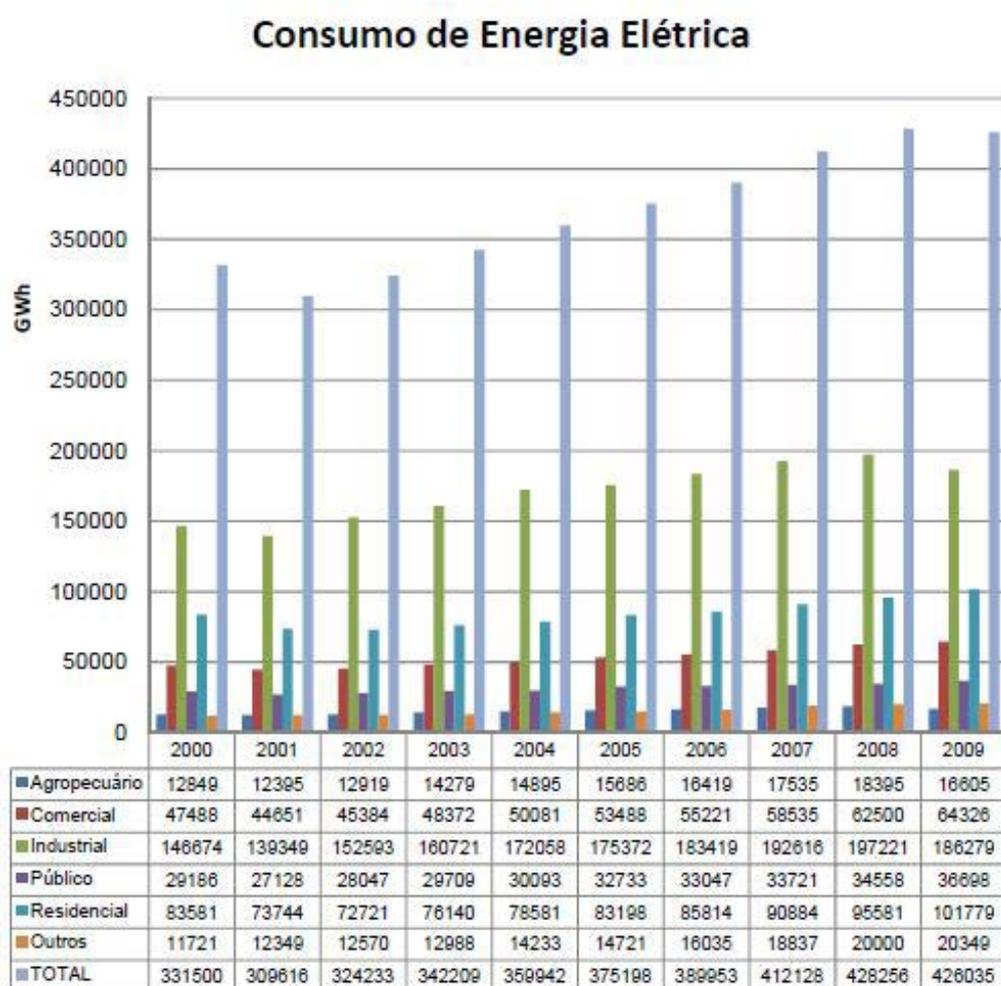
- A retirada do mercado, a médio e longo prazo, equipamentos menos eficientes energeticamente;
- Obtenção de economia de energia a longo prazo;
- Promoção do desenvolvimento tecnológico através da fabricação de equipamentos mais eficientes;

- d) Aumento da competitividade industrial no país;
- e) redução de impactos socioambientais.

2.6 Atividades da planta industrial em estudo

As atividades industriais consomem um parte considerável da energia elétrica disponível no Brasil, chegando na casa dos 46% nos anos de 2007 e 2008, dados sobre os demais anos podem ser observados na Tabela 2.

Tabela 2 – Consumo de energia elétrica no Brasil por setor



Fonte: ANEEL

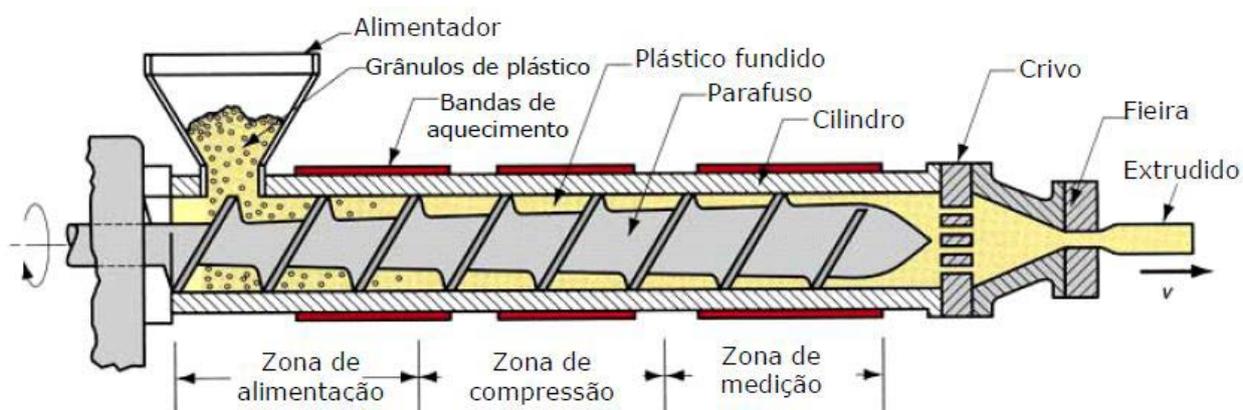
Entretanto, diferentes companhias produzem produtos diferentes e por isto possuem atividades industriais diferentes, e por isso devem ser classificadas de acordo com a demanda solicitada. No decorrer deste trabalho será definido o método de classificação e tarifação. É com base nas atividades industriais desempenhadas que serão feitas as análises de potencial redução de consumo, sendo assim, torna-se necessário um descritivo sobre as principais atividades desempenhadas pela planta industrial em estudo.

2.6.1 Indústria de injeção plástica

Existem diversos métodos de moldagem plástica, a variação desta metodologia se aplica de acordo com o produto final. Os processos mais comuns são: extrusão, moldagem por injeção, moldagem por sopro, moldagem por compressão e moldagem por transferência. No caso deste estudo, o processo de moldagem se dá por injeção, sendo assim, segue um descritivo do processo.

É um processo de manufatura utilizado para produzir partes a partir de matérias primas como os termoplásticos e os termofixos. A matéria prima é comercializada e distribuída em pó ou grãos, estes são fundidos através de um cilindro de metal aquecido chamado canhão de injeção, dentro do canhão de injeção existe uma rosca extrusora, conforme Figura 5, que faz a homogeneização do material fundido.

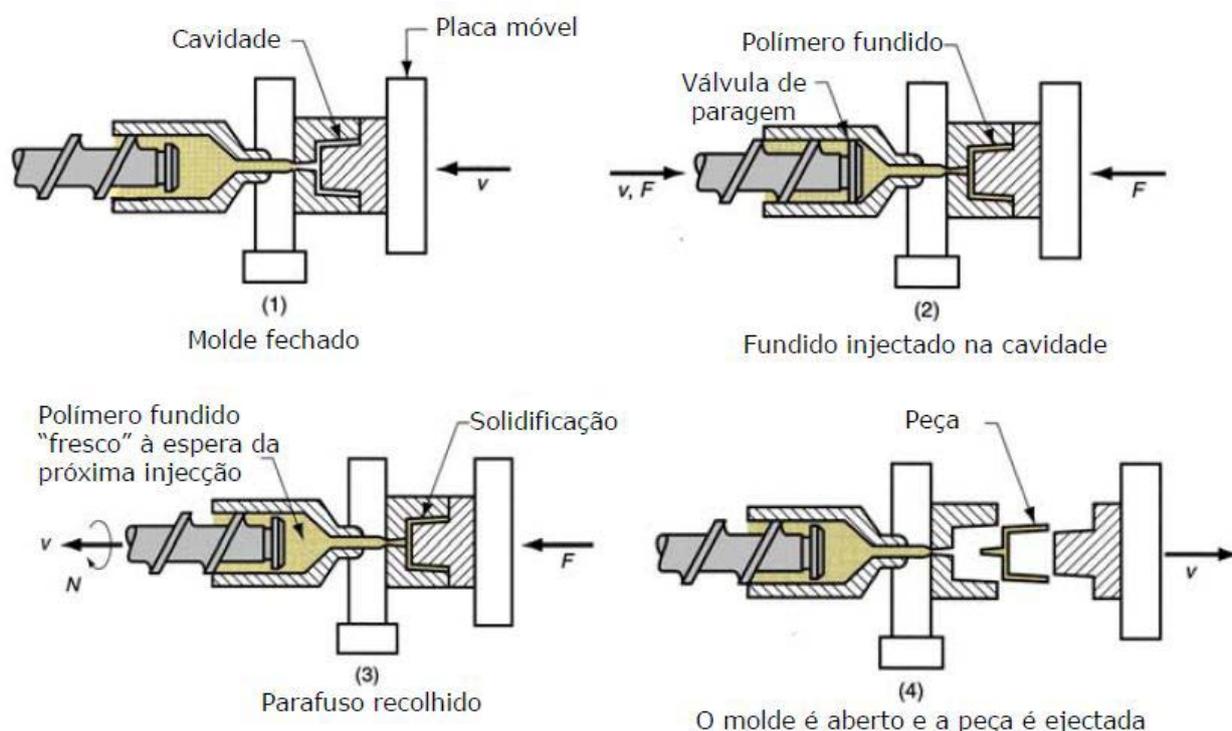
Figura 5 – Rosca extrusora de máquinas de injeção



Fonte: Universidade Técnica de Lisboa

Esta rosca extrusora nada mais é que um grande parafuso que além de homogeneizar também realiza a injeção do material fundido no molde à uma taxa constante. Dependendo do tipo de produto e das dimensões, podem existir diversos canais de injeção no mesmo molde, por onde a matéria prima fundida é empurrada pela rosca extrusora para que tome o formato do produto e em seguida resfriada para que possa ser desmoldada. A Figura 6 demonstra o ciclo completo.

Figura 6 – Etapas do processo de injeção

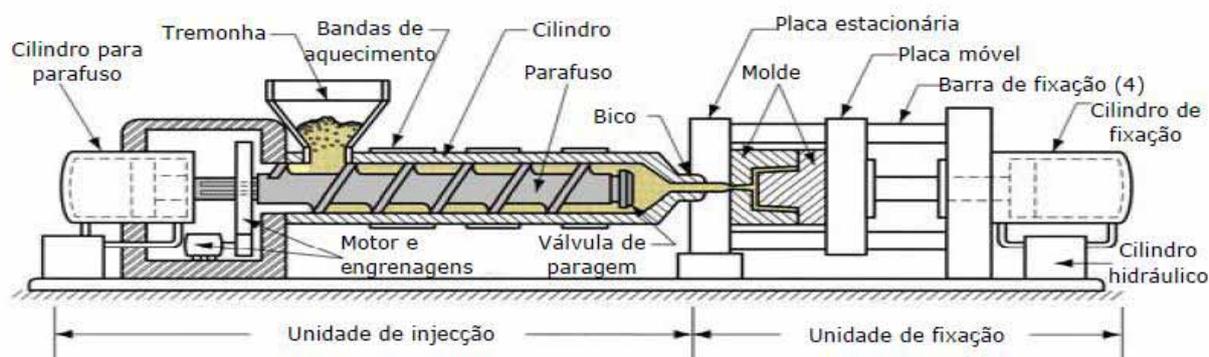


Fonte: Universidade Técnica de Lisboa

Este processo é o mais utilizado atualmente devido à rapidez e a diversidade de peças que podem ser produzidas, além da precisão que é fundamental para determinados produtos.

Neste estudo, os produtos são peças de aparência nos veículos e necessitam de uma grande precisão dimensional, para tal é importante que se tenha máquinas injetoras adequadas ao tipo de produto e ao processo. As máquinas injetoras são avaliadas de acordo com sua força de fechamento, pois os moldes possuem duas partes: uma fixa (estacionária) e outra móvel. Os principais componentes de uma máquina extrusora podem ser identificados na Figura 7.

Figura 7 – Máquina injetora completa



Fonte: Universidade Técnica de Lisboa

Estas partes são instaladas na máquina injetora que durante o processo de injeção as une. De acordo com o número de canais de injeção e do tamanho das peças a serem produzidas a pressão exercida pelo parafuso extrusor torna-se muito elevada exigindo que a força de fechamento dos moldes suporte a pressão exercida pelo material fundido afim de evitar vazamentos e rebarbas das peças.

A força de fechamento das máquinas injetoras por sua vez influenciam diretamente no consumo de energia por parte dos motores hidráulicos, sendo que uma otimização dos sistemas que a compõem torna-se essencial para promover uma redução de consumo sem alterar o desempenho.

No caso da planta em estudo, existem 7 máquinas injetoras, sendo 1 considerada de médio porte, com força de fechamento da ordem de 1100 toneladas e as demais de grande porte, 1 com força de fechamento de 1650 toneladas, 4 com força de fechamento da ordem de 2700 toneladas e as outras 1 da ordem de 3200 toneladas.

Sendo que o setor automotivo requer produção em larga escala, sendo assim, as máquinas injetoras trabalham em plena carga durante os 3 turnos de funcionamento da planta.

2.6.2 Pintura

Como foi mencionado, o setor automotivo requer uma produção em larga escala, sendo que os clientes, neste caso são as próprias montadoras, e como o próprio nome já diz, as montadoras realizam as montagens dos veículos, sendo que muitos componentes são produzidos por outros fornecedores, entretanto quem define o prazo e o tipo de entrega dos componentes é a própria montadora, pois ela coordena toda sua atividade de produção de forma que cada componente esteja disponível no momento e local exato para ser inserido no veículo. O mesmo acontece com os para-choques, que devem ser entregues prontos para serem montados no veículo de acordo com a cor e versão do veículo que está sendo montado.

Com base nestes requisitos do cliente, faz-se necessário ter uma linha de pintura para que as peças sejam entregues conforme solicitado. Na planta em estudo existe uma linha de pintura principal, onde são posicionados os mastros e encaixadas as peças a serem pintadas. Estas peças trilham um caminho passando por todos os estágios da linha de pintura, cujos principais são:

- a) Flamagem – Local onde braços robóticos fazem a dilatação dos poros na superfície da peça através de um maçarico instalado nos braços eletromecânicos.
- b) Pintura – Local onde se faz a pintura propriamente dita, a pintura pode ser realizada tanto por processo manual como automatizado.
- c) Estufa – Local onde se realiza a secagem da tinta, a temperatura da estufa gira em torno de 85°C. A estufa é um local importante a ser tratado, pois o aquecimento do ar dentro da estufa é feito através de maçaricos e resistências elétricas.
- d) Inspeção – Local onde as peças são inspecionadas afim de separar as peças com defeito de pintura, este local requer nível de iluminação especial, pois a grande maioria dos defeitos de pintura são detectados sob alto índices de luminosidade. Sendo assim, é necessário construir um túnel de luz onde os inspecionadores possam trabalhar em condições ideais de trabalho e também para terem condições de detectar os defeitos.

2.6.3 Retrabalho

Algumas peças, depois de pintadas requerem um processo adicional, ou por ocasião de defeitos ou por características específicas do produto. Para realização desta etapa da produção, são utilizados uma série de postos de trabalho com equipamento pneumático de polimento e mais 2

estufas adicionais, sendo bem menores que a estufa principal. Entretanto requer as mesmas condições climáticas da principal.

2.6.4 Montagem

A grande evolução do design e estilo dos veículos comercializados atualmente fez com que os para-choques agregassem cada vez mais peças, tanto no intuito de aumentar a segurança como é o caso dos retro-refletores, faróis de neblina e sensores de estacionamento, que são todos instalados no para-choque, quanto no intuito de embelezar o veículo, como é o caso das grades do radiador, aros dos faróis de neblina e outras peças que possuem versões cromadas. Todas estas partes devem chegar na montadora prontas para serem colocadas no veículo.

Sendo assim é necessário estabelecer uma local de montagem, estes locais tem muitos equipamentos pneumáticos como *punch machines*. Estas máquinas realizam a furação dos para-choques para instalação dos sensores de estacionamento, além disto também são empregadas parafusadeiras e outros equipamentos que também utilizam a rede pneumática. Estes postos de trabalho também devem possuir iluminação adequada de acordo com a nova norma de iluminação ABNT NBR ISO/CIE 8995-1 (2013) que substituiu a NBR-5413 (1992) em 21 de abril de 2013.

2.6.5 Atividades administrativas

As atividades administrativas são essenciais e estão presentes em todas as plantas industriais, o setor administrativo também requer investimentos como iluminação e sistema de refrigeração, e estes representam um consumo relativamente grande, pois não agregam valor ao produto.

2.6.6 Atividades complementares

Para o desempenho das atividades descritas acima são necessárias algumas atividades complementares que fazem parte do processo. Dentro de instalações industriais são largamente utilizados equipamentos pneumáticos, e isto requer um sistema de geração capaz de fornecer ar a pressões que podem realizar trabalho.

No processo de injeção, uma vez dentro do molde a matéria prima precisa ser resfriada para que possa ser extraída do molde. O fluido de trabalho é água deionizada, e quanto menor a temperatura da água de resfriamento menor o tempo de resfriamento das peças reduzindo assim o tempo de ciclo da injeção de cada peça e assim sucessivamente.

Para o sistema de resfriamento são utilizados *chillers* e torres de resfriamento. Estes equipamentos realizam ciclos térmicos afim de resfriar o fluido de trabalho que sai aquecido dos moldes completando um outro ciclo. Para movimentar o fluido de trabalho através da tubulação são utilizadas bombas de água que são movidas por motores elétricos.

Em resumo, todos estes sistemas e equipamentos consomem energia, e devem ser avaliados afim de verificar possíveis reduções de consumo sem prejuízo de performance.

3 MATERIAL E METODOLOGIA

Nesta seção está o inventário dos principais equipamentos e sistemas consumidores de energia avaliados, cujas características funcionais estão apresentadas conforme as subseções a seguir.

3.1 Compressores

Para suprir as necessidades de geração de ar comprimido, são utilizados 3 compressores, sendo 1 deles de alta pressão de trabalho e 2 de baixa pressão de trabalho.

3.1.1 Compressor de alta pressão

Ficha técnica:

Fabricante – Curtis;

Série – GS50;

Modelo – SD-R;

Tipo – Parafuso;

Tensão – 440 volts/60 Hz;

Potência – 50 HP (37 kW);

Capacidade de fornecimento – 12 bar e vazão máxima de 400 m³/h;

Opcionais – Secador integrado.

Conforme ilustrado na Figura 8.

Figura 8 – Compressor de ar tipo parafuso de alta pressão



Fonte: Curtis

3.1.2 Compressor de baixa pressão

Ficha técnica:

Fabricante – Ingersoll Rand;

Série – SSR;

Modelo – XF150 e XF151;

Tipo – Parafuso;

Tensão – 380 volts/60 Hz;

Potência – 150 ~ 160 HP (120 kW);

Capacidade de fornecimento – 7,1 bar e vazão máxima de 1250 m³/h;

Opcionais – Secador integrado.

Conforme ilustrado na Figura 9.

Figura 9 – Compressor de ar tipo parafuso de baixa pressão



Fonte: Ingersoll Rand

3.2 Máquinas injetoras

Devido à larga produção devido ao grande volume de veículos somados de cada cliente, existem 7 injetoras, sendo uma de médio e as outras de grande porte como já foi comentado anteriormente.

3.2.1 Injetora de médio porte

3.2.1.1 Injetora Romi 1100

Ficha técnica:

Fabricante – Romi

Série – Velox;

Modelo – 1100H;

Tensão – 440 volts/60 Hz;

Potência do motor – 150 cv (110 kW);

Pressão do sistema hidráulico – 175 bar;

Potência de aquecimento – 97 kW.

Conforme ilustrado na Figura 10.

Figura 10 – Máquina injetora Romi 1100



Fonte: Romi

3.2.2 Injetoras de grande porte

3.2.2.1 Injetora Husky 1650

Ficha técnica:

Fabricante – Husky

Série – CX;

Modelo – 1650;

Tensão – 440 volts/60 Hz;

Potência do motor – 225 cv (165 kW);

Pressão do sistema hidráulico – 250 bar;

Potência de aquecimento – 137 kW.

Conforme ilustrado na Figura 11.

Figura 11 – Máquina injetora Husky 1650



Fonte: Empresa em estudo

3.2.2.2 Injetora Husky 2700

Ficha técnica:

Fabricante – Husky

Série – FX;

Modelo – 2700;

Tensão – 440 volts/60 Hz;

Potência do motor – 380 cv (280 kW);

Pressão do sistema hidráulico – 330 bar;

Potência de aquecimento – 208 kW.

Conforme ilustrado na Figura 12.

Figura 12 – Máquina injetora Husky 2700



Fonte: Empresa em estudo

3.2.2.3 Injetora Engel 2700

Ficha técnica:

Fabricante – Engel

Série – Victory;

Modelo – 2700;

Tensão – 440 volts/60 Hz;

Potência do motor – 410 cv (300 kW);

Pressão do sistema hidráulico – 350 bar;

Potência de aquecimento – 220 kW.

Conforme ilustrado na Figura 13.

Figura 13 – Máquina injetora Engel 2700



Fonte: Empresa em estudo

3.2.2.4 Injetora Husky 3150

Ficha técnica:

Fabricante – Husky

Série – FX;

Modelo – 3150;

Tensão – 440 volts/60 Hz;

Potência do motor – 450 cv (330 kW);

Pressão do sistema hidráulico – 380 bar;

Potência de aquecimento – 245 kW.

Conforme ilustrado na Figura 14.

Figura 14 – Máquina injetora Husky 3150



Fonte: Empresa em estudo

3.3 Sistema de iluminação

Em toda a área fabril, existem diferentes setores que requerem iluminação, sendo que dependendo do tipo de atividade desempenhada naquele setor, o nível de iluminação requerido de acordo com a ABNT NBR ISO/CIE 8995-1 (2013) pode variar consideravelmente.

Os setores administrativos, salas de reuniões, corredores e escritórios possuem lâmpadas fluorescentes de 40 W, representando um total de 87 luminárias, sendo 32 delas de 4x40W e outras 55 de 2x40 W, totalizando 238 lâmpadas, a Tabela 3 explica a distribuição e o tipo de lâmpada utilizado.

Tabela 3 – Relação dos setores com iluminação e tipo de iluminação

Setor	Tipo de lâmpada		
	220 W HO	400 W VPS/M	40 W
Almoxarifado de materia prima	10	0	0
Local de reciclagem de matéria prima	0	4	0
Moinho	0	5	0
Local de armazenagem de gancheiras	7	0	0
Oficina de reforma de gancheira	0	4	0
Decanto de tintas	0	2	0
Estoque de para-choques	0	73	0
Administrativo	0	0	238
Expedição	0	11	0
Iluminação externa	0	36	0
Iluminação da portaria e estacionamento	0	5	0
Área externa expedição	0	10	0
Área de Silos	0	5	0
Para choque traseiro Voyage	16	0	0
Área almoxarifado para-choque traseiro Voyage	6	2	0
Sequenciamento MAF	10	6	0
Cabine de pintura	26	5	0
Setor de mascaramento	9	0	0
Para-choque traseiro Fiesta	12	0	0
Polimento e Inspeção	26	34	0
Montagem do para-choque na gancheira de pintura	0	5	0

Fonte: (DIAS, 2013)

3.3.1 Consumo diário da iluminação

Na Tabela 3 pode-se observar o consumo horário do sistema de iluminação, entretanto, nem todos os setores permanecem iluminados durante as 24 horas do dia, sendo assim, foi realizado um levantamento do horário de funcionamento de cada setor, e calculado o consumo diário com iluminação, conforme Tabela 4.

Tabela 4 – Cálculo do consumo diário do sistema de iluminação

Setor	Tipo de lâmpada			tempo de utilização de utilização/dia (h)	Potência elétrica (kW)	Consumo diário (kWh)
	220 W HO	400 W VPS/M	40 W			
Almoxarifado de materia prima	10	0	0	17h - 7h	2.20	30.80
Local de reciclagem de matéria prima	0	4	0	7h - 19h	1.60	19.20
Moinho	0	5	0	7h - 19h	2.00	24.00
Local de armazenagem de gancheiras	7	0	0	17h - 7h	1.54	21.56
Oficina de reforma de gancheira	0	4	0	7h - 19h	1.60	19.20
Decanto de tintas	0	2	0	24h	0.80	19.20
Estoque de para-choques	0	73	0	24h	29.20	700.80
Administrativo	0	0	238	7h - 17h	9.52	95.20
Expedição	0	11	0	17h - 7h	4.40	61.60
Iluminação externa	0	36	0	17h - 7h	14.40	201.60
Iluminação da portaria e estacionamento	0	5	0	17h - 7h	2.00	28.00
Área externa expedição	0	10	0	17h - 7h	4.00	56.00
Área de Silos	0	5	0	24h	2.00	48.00
Para choque traseiro Voyage	16	0	0	24h	3.52	84.48
Área almoxarifado para-choque traseiro Voyage	6	2	0	24h	2.12	50.88
Sequenciamento MAF	10	6	0	24h	4.60	110.40
Cabine de pintura	26	5	0	24h	7.72	185.28
Setor de mascaramento	9	0	0	24h	1.98	47.52
Para-choque traseiro Fiesta	12	0	0	24h	2.64	63.36
Polimento e Inspeção	26	34	0	24h	19.32	463.68
Montagem do para-choque na gancheira de pintura	0	5	0	24h	2.00	48.00
Somatório						2378.76

Fonte: (DIAS, 2013)

3.4 Condicionamento de ar

O sistema de condicionamento de ar é descentralizado, ou seja, cada sala ou setor possui uma aparelho condicionador independente, a distribuição das dependências e seus respectivos aparelhos pode ser vista na Tabela 5.

Tabela 5 – Relação de aparelhos condicionadores de ar em operação

Dados Gerais					Capacidade refrigeração			Eficiência Energética	Classes	Potência Elétrica
Item n°	Marca	Modelo	Localização	Quant	BTU/h	W	KW	W/W	A,B,C,D,E	KW
1	Electrolux	Split	Data Center	2	48000	14400	14.4	3.01	C	4.78
2	Electrolux	Split	SI Estoque TI	1	24000	7200	7.2	2.94	C	2.45
3	Springer	Split	SI TI	1	22000	6600	6.6	2.65	D	2.49
4	Komeco	Split	Manutenção	1	18000	5400	5.4	3.53	A	1.53
5	Carrier	Split	Recebimento	1	18000	5400	5.4	3.12	B	1.73
6	Carrier	Split	Sala tinta	1	90000	27000	27	3.11	B	8.67
7	Carrier	Piso	Sala de Injeção	1	10500	3150	3.15	2.66	B	1.19
8	Komeco	Split	Sala de Pintura UAP	1	18000	5400	5.4	3.53	A	1.53
9	gree	Split	Qualidade	1	36000	10800	10.8	2.48	E	4.35
10	Komeco	Split	Antena Tecnica	6	28000	8400	8.4	2.79	D	3.01
11	Komeco	Split	Sala Dir Proj Mercosul	1	24000	7200	7.2	2.48	E	2.90
12	Komeco	Split	Sala Reunião (TPM)	1	18000	5400	5.4	3.53	A	1.53
13	Komeco	Split	SI Dir Oper Mercosul	1	24000	7200	7.2	2.39	E	3.01
14	Komeco	Split	SI Dir Neg Mercosul	1	24000	7200	7.2	2.39	E	3.01
15	Komeco	Split	SI Reunião Antena	2	9000	2700	2.7	2.86	C	0.95
16	Komeco	Split	SI Reunião Engenharia	1	18000	5400	5.4	3.60	A	1.50
17	Komeco	Split	Recepção Antena	1	18000	5400	5.4	3.60	A	1.50
18	Komeco	Split	Manufatura	1	9000	2700	2.7	2.86	C	0.95
19	gree	Split	Logistica	1	36000	10800	10.8	2.48	E	4.35
20	gree	Split	Seg trabalho	1	12000	3600	3.6	3.17	B	1.14
21	Komeco	Split	Restaurante	2	36000	10800	10.8	2.11	E	5.13
22	Gree	Split	SI restaurante	1	9000	2700	2.7	2.86	C	0.95
23	Komeco	Split	Compras	1	24000	7200	7.2	2.94	C	2.45
24	LG	Split	Financeiro	2	24000	7200	7.2	2.94	C	2.45
25	LG	Split	Diretoria Financeiro	1	9000	2700	2.7	2.86	C	0.95
26	LG	Split	SI Reunião Financeiro	1	9000	2700	2.7	2.86	C	0.95
27	LG	Split	SI Dir Operações	1	9000	2700	2.7	2.86	C	0.95
28	gree	Split	RH	1	24000	7200	7.2	2.94	C	2.45
29	LG	Split	SI Reunião A Senna	1	24000	7200	7.2	2.94	C	2.45
30	LG	Split	SI Reunião Financeiro	1	9000	2700	2.7	2.86	C	0.95
31	LG	Split	Diretoria Compras	1	9000	2700	2.7	2.86	B	0.95
32	Totaline	Totaline	Corredores	1	24000	7200	7.2	2.94	C	2.45
33	Electrolux	Split	Sala Laboratorio	1	24000	7200	7.2	2.94	C	2.45
34	Carrier	38MSA040386SFF	Metrologia	1	40000	12000	12	2.34	D	5.13
35	Carrier	38MSB060386S	Metrologia	1	60000	18000	18	3.19	B	5.65
36	Springer	ACJ	SI Expedição	2	10000	3000	3	0.39	E	7.70
37	Springer	ACJ	Gerente Qualidade	1	9000	2700	2.7	0.35	E	7.70

Fonte: (DIAS, 2013)

3.4.1 Consumo diário dos condicionadores de ar

Assim como a iluminação, grande parte dos aparelhos condicionadores de ar não permanecem em funcionamento durante as 24h do dia, somente aqueles instalados em ambientes onde se exige controle climático, como é o caso do laboratório, metrologia, etc.

O tempo médio de funcionamento diário dos condicionadores que não estão instalados em ambientes com controle climático é de 6 horas. A Tabela 6 mostra o consumo diário de cada dependência.

Tabela 6 – Cálculo do consumo diário dos condicionadores de ar

Dados Gerais					Horário de utilização	Potência Elétrica	Eficiência Energética	Classes	Consumo diário
Item n°	Marca	Modelo	Localização	Quant	horas	Kw	W/W	A,B,C,D,E	KWh
1	Electrolux	Split	Data Center	2	24h	4.78	3.01	C	229.4
2	Electrolux	Split	SI Estoque TI	1	24h	2.45	2.94	C	58.8
3	Springer	Split	SI TI	1	24h	2.49	2.65	D	59.8
4	Komeco	Split	Manutenção	1	11h - 17h	1.53	3.53	A	9.2
5	Carrier	Split	Recebimento	1	11h - 17h	1.73	3.12	B	10.4
6	Carrier	Split	Sala tinta	1	24h	8.67	3.11	B	208.2
7	Carrier	Piso	Sala de Injeção	1	11h - 17h	1.19	2.66	B	7.1
8	Komeco	Split	Sala de Pintura UAP	1	24h	1.53	3.53	A	36.7
9	gree	Split	Qualidade	1	11h - 17h	4.35	2.48	E	26.1
10	Komeco	Split	Antena Tecnica	6	11h - 17h	3.01	2.79	D	108.4
11	Komeco	Split	Sala Dir Proj Mercosul	1	11h - 17h	2.90	2.48	E	17.4
12	Komeco	Split	Sala Reunião (TPM)	1	11h - 17h	1.53	3.53	A	9.2
13	Komeco	Split	SI Dir Oper Mercosul	1	11h - 17h	3.01	2.39	E	18.1
14	Komeco	Split	SI Dir Neg Mercosul	1	11h - 17h	3.01	2.39	E	18.1
15	Komeco	Split	SI Reunião Antena	2	11h - 17h	0.95	2.86	C	11.3
16	Komeco	Split	SI Reunião Engenharia	1	11h - 17h	1.50	3.60	A	9.0
17	Komeco	Split	Recepção Antena	1	24h	1.50	3.60	A	36.0
18	Komeco	Split	Manufatura	1	11h - 17h	0.95	2.86	C	5.7
19	gree	Split	Logistica	1	11h - 17h	4.35	2.48	E	26.1
20	gree	Split	Seg trabalho	1	11h - 17h	1.14	3.17	B	6.8
21	Komeco	Split	Restaurante	2	24h	5.13	2.11	E	246.2
22	Gree	Split	SI restaurante	1	24h	0.95	2.86	C	22.7
23	Komeco	Split	Compras	1	11h - 17h	2.45	2.94	C	14.7
24	LG	Split	Financeiro	2	11h - 17h	2.45	2.94	C	29.4
25	LG	Split	Diretoria Financeiro	1	11h - 17h	0.95	2.86	C	5.7
26	LG	Split	SI Reunião Financeiro	1	11h - 17h	0.95	2.86	C	5.7
27	LG	Split	SI Dir Operações	1	11h - 17h	0.95	2.86	C	5.7
28	gree	Split	RH	1	11h - 17h	2.45	2.94	C	14.7
29	LG	Split	SI Reunião A Senna	1	11h - 17h	2.45	2.94	C	14.7
30	LG	Split	SI Reunião Financeiro	1	11h - 17h	0.95	2.86	C	5.7
31	LG	Split	Diretoria Compras	1	11h - 17h	0.95	2.86	B	5.7
32	Totaline	Totaline	Corredores	1	24h	2.45	2.94	C	58.8
33	Electrolux	Split	Sala Laboratorio	1	24h	2.45	2.94	C	58.8
34	Carrier	38MSA040386SFR	Metrologia	1	24h	5.13	2.34	D	123.1
35	Carrier	38MSB060386S	Metrologia	1	24h	5.65	3.19	B	135.6
36	Springer	ACJ	SI Expedição	2	11h - 17h	7.70	0.39	E	92.4
37	Springer	ACJ	Gerente Qualidade	1	11h - 17h	7.70	0.35	E	46.2
Somatório									1797.3

Fonte: (DIAS, 2013)

3.5 Analisador de grandezas SAGA 4500

Como material para desenvolvimento deste estudo, foram utilizados os equipamentos e sistemas já descritos nas seções anteriores e em especial um analisador de grandezas elétricas modelo SAGA 4500. Este equipamento é capaz de registrar parâmetros eletrônicos trifásicos, a tecnologia digital permite processamento numérico em tempo real. A Figura 15 ilustra o aparelho em questão.

Figura 15 – Analisador de grandezas SAGA 4500



Fonte: POTENZA

O aparelho permite registrar na memória até 10 medições com data, hora de início e fim. O intervalo de registros pode ser definido pelo operador antes da medição, além disto o aparelho realiza parametrização dos dados de forma que os mesmos possam ser interpretados sem perda da realidade.

As parametrizações do medidor podem ser feitas pelos botões contidos no medidor ou através do software de análise que acompanha o conjunto. Através dele é possível fazer a filtragem dos dados para que se possa realizar as leituras corretamente para as análises.

O aparelho possui um processador de sinal digital e um microprocessador para o processamento das medições e registros. Isto permite que o aparelho desempenhe as seguintes funções:

- a) fornece os valores de potência nos quatro quadrantes (bidirecional);
- b) fornece as grandezas primárias de tensão, corrente e fator de potência;
- c) grandezas elétricas medidas: tensão máxima, média e mínima, corrente, frequência, potência ativa, potência reativa, potência aparente e fator de potência;
- d) classe de exatidão de 1%;
- e) mostrador digital de tecnologia de cristal líquido, de 64 caracteres alfanuméricos em quatro linhas, permitindo mostrar as informações de forma clara e precisa;
- f) alta compactação dos módulos eletrônicos com componentes de montagem de superfície, assegurando alta imunidade a ruídos e correntes parasitas;
- g) medição de harmônicos de potência.

3.6 Luxímetro digital

Para as análises do sistema de iluminação, foi necessário realizar medições de iluminância média (E_m), cuja definição ocorrerá no momento oportuno, para vários setores. Para esta etapa foi utilizado um luxímetro digital da marca INSTRUTERM modelo LD 300. Este instrumento possui uma célula fotovoltaica que de acordo com a intensidade da luz gera um valor de tensão, existe uma escala interna que realiza as transformações e exibe um valor numérico em lux.

Trata-se de um aparelho relativamente simples e com uma única função, conforme ilustrado na Figura 16.

Figura 16 – Luxímetro digital Instruterm LD 300



Fonte: Instruterm

3.7 Metodologia

Os dados de manuais colhidos precisam ser verificados através de medições para que se possa fazer as análises de funcionamento das máquinas e sistemas. O passo inicial foi realizar um inventário dos equipamentos e sistemas utilizados na planta industrial em estudo e verificar os maiores consumidores de energia.

Também foi observado o estado de conservação das instalações e da rede como um todo, e verificou-se que ambas estão em ótimo estado de conservação, com identificação dos painéis de controle, cabeamento, etc. Um fator contribuinte é que trata-se de uma planta relativamente nova, construída em 2001 e com início de produção em 2002.

Após realizado o inventário, foram realizadas as medições de consumo de dois grupos de equipamentos, os compressores e as máquinas injetoras. Não foi realizada medição de consumo dos sistemas de iluminação e condicionamento de ar, sendo as análises destes feitas com base nas normas e práticas vigentes para este fim.

As medições foram realizadas com um analisador de grandezas, SAGA 4500 fabricado pela POTENZA cujos dados técnicos serão apresentados na subseção seguinte. Os dados coletados pelo aparelho foram analisados com o software que acompanha o conjunto. O aparelho foi ajustado para registrar os dados a cada 2 segundos para que o volume de informações seja representativo.

Os compressores apresentaram dados muito similares entre si, assim como as máquinas injetoras, variando apenas o nível de potência solicitado devido a diferença de porte entre eles. Sendo assim serão apresentados e discutidos os dados de apenas um equipamento por grupo, ou seja, um compressor e uma máquina injetora.

4 DISCUSSÕES E RESULTADOS

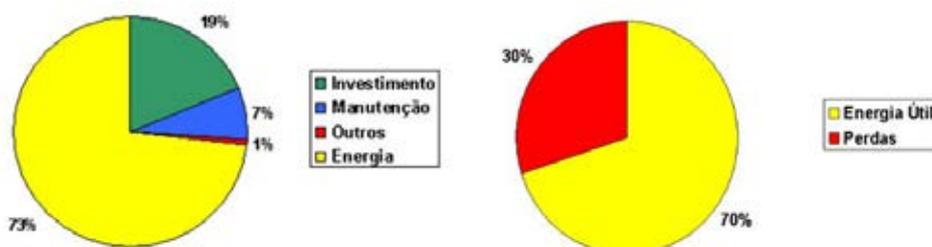
Existem muitas áreas e atividades que se analisadas detalhadamente podem ser otimizadas e apresentar redução de consumo. Entretanto, para este estudo, será feita análise das atividades realizadas nos seguintes setores: sistema de ar comprimido, máquinas injetoras, sistema de iluminação e sistema de condicionamento de ar.

4.1 Ar comprimido

O sistema de ar comprimido é essencial dentro de plantas industriais, principalmente os de baixa pressão, pois permitem acionamento de ferramentas pequenas que estão distribuídas em vários postos de trabalho.

Na maioria das instalações o consumo de energia elétrica representa 73% do custo do sistema e as perdas com vazamentos podem chegar a casa dos 30% ABRAMAN (2008). A Figura 17 ilustra a distribuição de consumo em sistemas de ar comprimido.

Figura 17 – Custo do sistema de ar comprimido em %



Fonte: ABRAMAN

Os principais componentes de um sistema de ar comprimido são: filtro de ar, compressor, secador, separador de água e o acumulador ou reservatório. A função básica do reservatório é regular a pressão de forma que não haja flutuações nos sistema. O compressor alimenta o reservatório com ar comprimido até uma determinada pressão e após atingir esta pressão o compressor fica em *stand-by*, ou seja, fica inoperante e é o reservatório que fornece ar comprimido

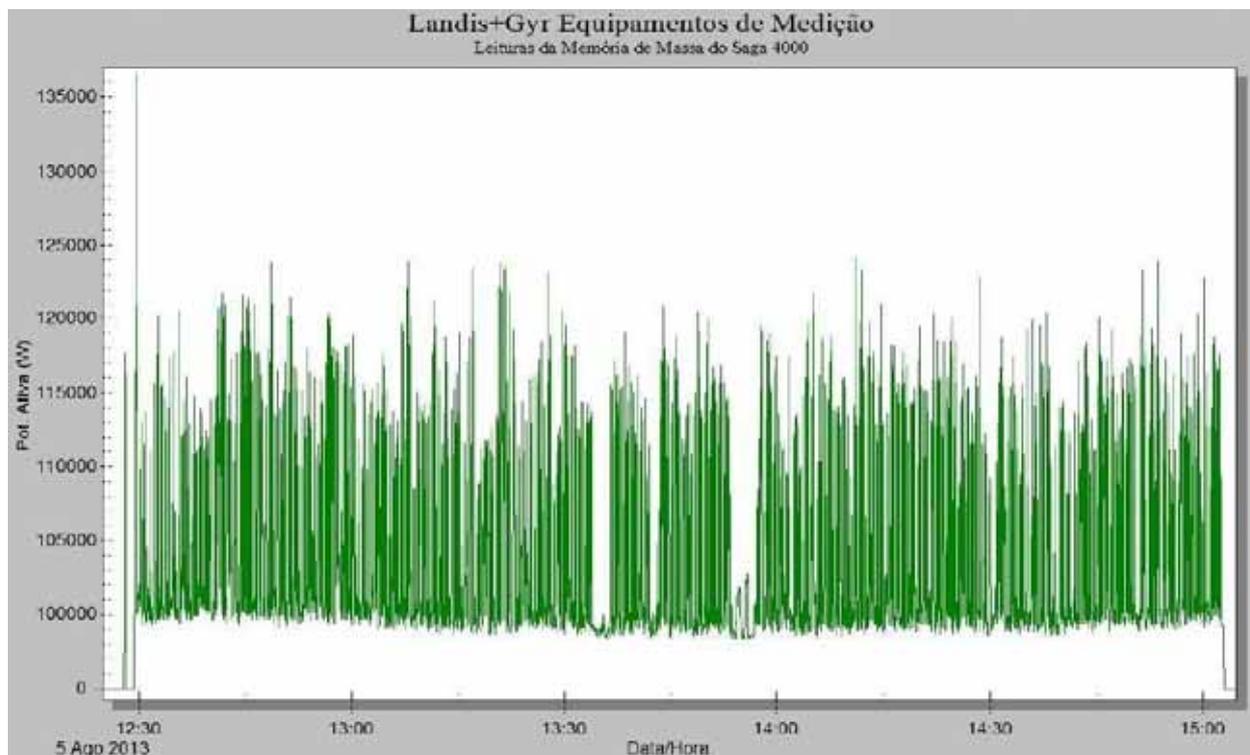
para o sistema. Quando a pressão do reservatório diminui até um nível pré-estabelecido o compressor entra em operação e o alimenta novamente elevando sua pressão interna.

Com base nestas informações, pode-se perceber que o compressor não permanece em trabalho o tempo todo, e marcadores digitais (relógios) fazem o registro de horas em que o compressor está em operação.

4.1.1 Medições e análises

Para medir a quantidade e energia consumida pelo compressor, o mesmo foi desligado por um período, instalado o analisador de grandezas e em seguida o compressor foi religado. Este procedimento foi realizado para o compressor de alta pressão e apenas um dos compressores de baixa, pois os dois estão ligados no mesmo sistema, logo ambos foram desligados e religados ao mesmo tempo, entretanto foi realizada medição em apenas um deles. Ambos os compressores (baixa pressão e alta pressão) apresentaram consumo dentro do especificado pelo manual do fabricante, a Figura 18 traz o registro de consumo.

Figura 18 – Consumo de energia do compressor de baixa pressão SSR-XF151



Fonte: Empresa em estudo

De acordo com o manual do fabricante, a potência consumida pelo aparelho é de 120 kW e de acordo com a imagem é possível verificar que a média de consumo é 110 kW, o que indica que o aparelho está funcionando corretamente, foi observado também que durante a partida houve um pico de consumo, entretanto foi logo houve normalização do mesmo. Também se verificou neste período 2 momentos em que o aparelho permaneceu em *stand-by*, estes ocorreram entre as 13:30 e 14:00 horas conforme Figura 18.

De posse destas informações, nota-se que as oportunidades de redução no consumo e/ou eficiência, estão na rede de distribuição do ar comprimido. Durante o mês de agosto foram registradas as horas de funcionamento durante 18 dias consecutivos e foram obtidos dados conforme a Tabela 7.

Tabela 7 – Registro de horas de funcionamento dos compressores (sem modificações)

Marca	Modelo	Potência (kW)	Vazão (m ³ /h)	Pressão(Bar)	Horas (18 dias)
Ingersoll Rand	SSR-XF150	120	1255	7.1	345.3
Ingersoll Rand	SSR-XF151	120	1255	7.1	341.1
Curtis	GS50/SD-R	37	414	10	386.8

Fonte: (DIAS, 2013)

Durante o período avaliado, pode-se observar que os compressores de baixa pressão funcionaram cerca de 80% do tempo e o compressor de alta pressão cerca de 90% do tempo. O sistema de alta pressão possui um compressor único, e portanto trabalha mais tempo que os compressores de baixa pressão que juntos alimentam um único sistema. A partir daí foram realizadas inspeções em toda rede de distribuição.

A rede de distribuição de alta pressão é utilizada apenas pelas máquinas injetoras e por isso possui uma rede simples, sem muitas curvas e acessórios que possam gerar perda de carga expressiva, no entanto, foram observados alguns acessórios (válvulas) com pequenos vazamentos.

A rede de distribuição de baixa pressão é largamente utilizada, pois alimenta vários postos de trabalho que utilizam equipamentos pneumáticos, sendo assim possui maior complexidade. Foram observadas curvas e caminhos desnecessários e excesso de acessórios que geram perda de carga expressiva, além disto foram encontrados pontos de vazamento.

4.1.2 Propostas

Com base nos dados colhidos, foram propostas correções em ambas a redes de distribuição de a comprimido, sendo que na rede de alta pressão havia apenas ajustes a serem feitos na maioria dos acessórios com vazamento, sendo necessário substituição de apenas 2 válvulas de engate rápido.

Já na rede de baixa pressão, foi proposto modificação de trajetos para eliminar curvas desnecessárias e também redução de acessórios, além de ajustes de algumas válvulas de engate rápido e reparos nos pontos com vazamento.

4.1.3 Modificações e resultados

Certas modificações como alteração de *layout* e trajeto precisam ser programadas, pois requerem parada do sistema, sendo assim, as propostas de modificação não foram implementadas até a conclusão deste estudo, entretanto as pequenas correções, ajustes e reparos puderam ser realizadas e foi feito um novo acompanhamento das horas de funcionamento de ambos os sistemas no mês de outubro, o período observado foi novamente de 18 dias e foram registrados os dados conforme Tabela 8.

Tabela 8 – Registro de horas de funcionamento dos compressores (com modificações)

Marca	Modelo	Potência (kW)	Vazão (m ³ /h)	Pressão(Bar)	Horas (18 dias)
Ingersoll Rand	SSR-XF150	120	1255	7.1	329.1
Ingersoll Rand	SSR-XF151	120	1255	7.1	325.7
Curtis	GS50/SD-R	37	414	10	381.4

Fonte: (DIAS, 2013)

Nota-se que houve redução de consumo em ambas rede de distribuição, cerca de 1,2% para o sistema de alta pressão e uma redução média (pois foi calculada a média de redução entre os dois compressores de baixa) de 4,6% para o sistema de baixa pressão. Obviamente a maior redução foi no sistema de baixa pressão pois foram encontrados mais pontos de vazamentos.

A redução de consumo no sistema de baixa pressão é mais significativo devido a potência requerida por cada compressor, com base nos dados apresentados estima-se uma economia de consumo acumulado de 76,3 MWh ao ano para o sistema de baixa pressão e de 3,06 MWh para o sistema de alta pressão.

Para se chegar a estes valores foram considerados 24 dias de trabalho por mês, tendo em vista que a planta não funciona aos domingos e que produz somente 2 sábados por mês, a equação 6 demonstra a metodologia utilizada.

$$E_{economizada} = \frac{qde\ de\ horas}{dias} \times \frac{qde\ de\ dias}{mês} \times \frac{qde\ de\ meses}{ano} \times n^{\circ}\ de\ compressores \\ \times\ potência\ do\ compressor \times\ porcentagem\ de\ redução$$

Equação 6 – Cálculo da energia economizada ao longo do ano

Logo, tem-se:

- Sistema de baixa pressão

$$E_{economizada} = 24 \times 24 \times 12 \times 2 \times 120 \times 0,046$$

$$P_{economizada} = 76,3 \frac{MWh}{ano}$$

- Sistema de alta pressão

$$E_{economizada} = 24 \times 24 \times 12 \times 1 \times 37 \times 0,012$$

$$E_{economizada} = 3,06 \frac{MWh}{ano}$$

Para estimar a economia anual em reais foi calculado o custo médio por kWh. Segundo a metodologia apresentada na equação 7.

$$Custo\ médio =$$

$$\frac{(Consumo\ Ponta\ úmido + Consumo\ FPonta\ ind.\ úmido + Consumo\ FPonta\ cap.\ úmido)_{tarifa\ azul} + (Consumo\ ACL\ úmido)_{tarifa\ verde}}{\sum\ todos\ os\ consumos\ acima}$$

Equação 7 – Cálculo do custo médio por kWh ao longo do ano de 2013

Este procedimento foi realizado com base nas faturas dos meses: jan./2013 – out./2013. Sendo obtido um custo médio mensal de 191,13 R\$/MWh. A Tabela 9 explica os cálculos.

Tabela 9 – Cálculo de consumo médio anual

Janeiro			Fevereiro			
	MWh	Valor da conta		MWh	Valor da conta	
Consumo Ponta Úmido	115,847	R\$ 304.059,49	Consumo Ponta Úmido	95,51	R\$ 174.878,64	
Consumo Fponta Ind. Úmido	703,174		Consumo Fponta Ind. Úmido	627,73		
Consumo Fponta Cap. Úmido	265,849		Consumo Fponta Cap. Úmido	220,573		
Somatório	1084,87		Somatório	943,813		
Média mensal [R\$/MWh]	280,27		Média mensal [R\$/MWh]	185,29		
Março			Abril			
	MWh	Valor da conta		MWh	Valor da conta	
Consumo Ponta Úmido	100,951	R\$ 212.067,65	Consumo Ponta Úmido	107,453	R\$ 188.582,51	
Consumo Fponta Ind. Úmido	674,94		Consumo Fponta Ind. Úmido	651,566		
Consumo Fponta Cap. Úmido	250,451		Consumo Fponta Cap. Úmido	235,211		
Somatório	1026,342		Somatório	994,23		
Média mensal [R\$/MWh]	206,62		Média mensal [R\$/MWh]	189,68		
Maio			Junho			
	MWh	Valor da conta		MWh	Valor da conta	
Consumo Ponta Úmido	111,841	R\$ 155.202,20	Consumo Ponta Úmido	107,14	R\$ 177.889,68	
Consumo Fponta Ind. Úmido	666,283		Consumo Fponta Ind. Úmido	635,439		
Consumo Fponta Cap. Úmido	259,163		Consumo Fponta Cap. Úmido	249,807		
Somatório	1037,287		Somatório	992,386		
Média mensal [R\$/MWh]	149,62		Média mensal [R\$/MWh]	179,25		
Julho			Agosto			
	MWh	Valor da conta		MWh	Valor da conta	
Consumo Ponta Úmido	118,866	R\$ 166.155,00	Consumo Ponta Úmido	106,361	R\$ 170.364,00	
Consumo Fponta Ind. Úmido	668,722		Consumo Fponta Ind. Úmido	640,141		
Consumo Fponta Cap. Úmido	260,619		Consumo Fponta Cap. Úmido	234,889		
Somatório	1048,207		Somatório	981,391		
Média mensal [R\$/MWh]	158,51		Média mensal [R\$/MWh]	173,59		
Setembro			Outubro			
	MWh	Valor da conta		MWh	Valor da conta	
Consumo Ponta Úmido	108,381	R\$ 211.670,00	Consumo Ponta Úmido	120,485	R\$ 204.238,00	
Consumo Fponta Ind. Úmido	713,528		Consumo Fponta Ind. Úmido	683,665		
Consumo Fponta Cap. Úmido	252,238		Consumo Fponta Cap. Úmido	262,783		
Somatório	1074,147		Somatório	1066,933		
Média mensal [R\$/MWh]	197,06		Média mensal [R\$/MWh]	191,43		
Média Geral [R\$/MWh]					191,13	

Fonte: (DIAS, 2013)

Com base nestes dados é possível estimar a economia média anual, cerca de R\$ 15.168,07 reais.

4.2 Máquinas Injetoras

Como foi apresentado na seção de inventário, existe um grande número de máquinas injetoras, sendo elas responsáveis por boa parte do consumo de energia da planta, pois a mesmas permanecem em operação durante os 3 turnos. As máquinas injetoras são relativamente novas, apresentam ótimo estado de conservação e a manutenção é realizada de acordo com o manual do fabricante.

Existem inúmeros moldes que são instalados nas máquinas injetoras para fabricação dos diversos tipos de para-choques. A seção de logística faz a programação da produção e divide os moldes entre as injetoras determinando horário de entrada, horário de saída e meta de produção. As injetoras são programadas de acordo com o ciclo de injeção da cada tipo de peça, os parâmetros de injeção são gravados na memória de máquina e inicializados quando há troca de molde. A força de fechamento requerida para cada molde depende da geometria da peça, sendo assim os moldes são distribuídos entre as injetoras de acordo com sua capacidade.

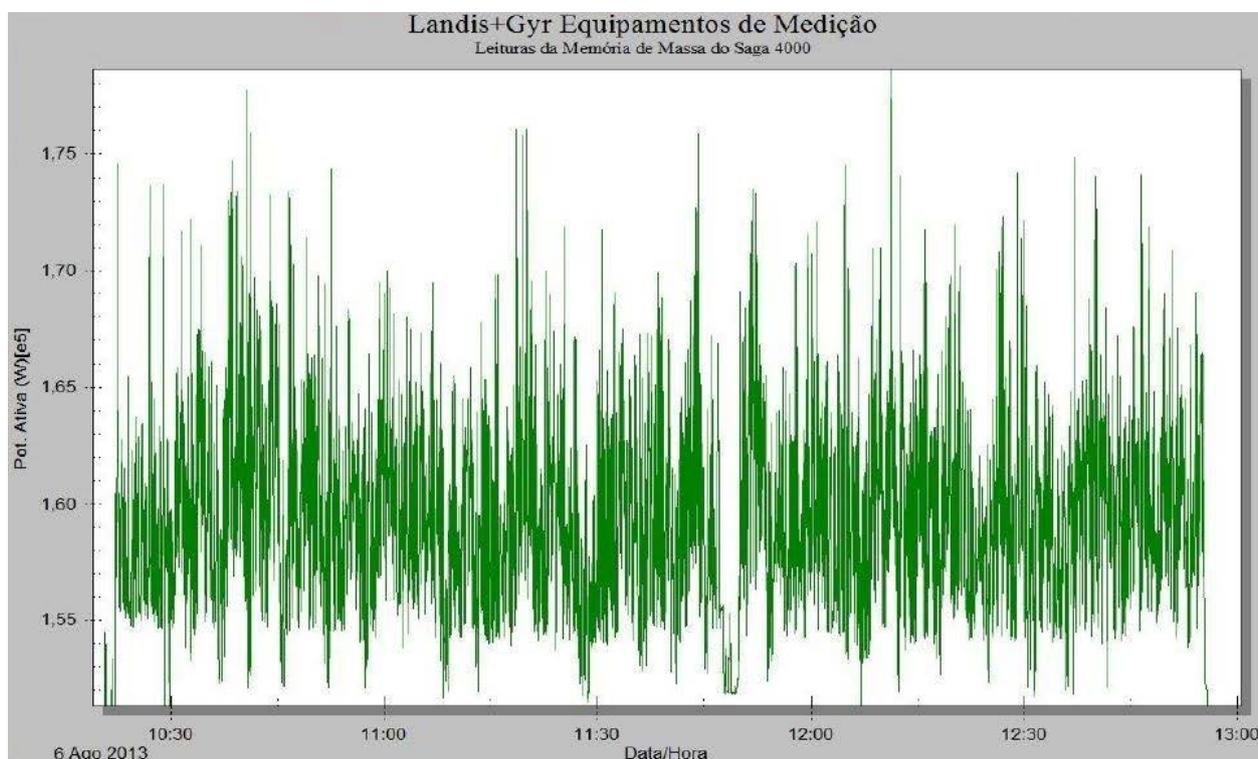
Os sistemas que compõem as máquinas injetora são um tanto quanto complexos não cabendo alterações, entretanto, foi observado que as máquinas injetoras são ajustadas para utilizar 90% de sua força de fechamento independentemente do molde que é instalado na mesma.

4.2.1 Medições e análises

Devido a produção em larga escala, não é possível medir o consumo de todas as máquinas injetoras, sendo assim está sendo utilizada a máquina injetora mais antiga para medição e avaliação dos parâmetros de funcionamento. Esta máquina foi transferida de outra planta (França), foi fabricada em 1998 e iniciou a produção na planta atual em abril de 2002. Trata-se da injetora Husky, com força de fechamento de 1650 toneladas.

O analisador de grandezas instalado permite acompanhar o consumo durante o funcionamento da mesma, a Figura 19 mostra os dados de registro.

Figura 19 – Consumo de energia da máquina injetora Husky 1650



Fonte: Empresa em estudo

De acordo com o manual do equipamento, a potência exigida para funcionamento a plena carga é de 165 kW e de acordo com o registro verifica-se que a média de consumo é 160 kW, o que indica que o equipamento está funcionando dentro da normalidade. Pode-se observar que há muitas variações dentro da faixa compreendida entre 155 kW e 170 kW, isto ocorre pelo modo de operação, pois em um único ciclo o motor é acionado para realizar a abertura e em seguida para realizar o fechamento. Entre às 11:30 e 12:00 horas houve uma pequena parada para ajuste de parâmetro e em seguida o equipamento voltou ao funcionamento normal.

4.2.2 Propostas

As máquinas injetoras são equipamentos complexos, compostas por vários sistemas e esquemas, sendo assim não há possibilidade de alterações. Entretanto foi observado que todas as injetoras estão ajustadas para utilizar 90% da força de fechamento independentemente do molde instalado. Cada peça possui uma geometria particular e como foi mencionado anteriormente, a

força de fechamento varia de acordo com a geometria da peça, área projetada, profundidade, material, etc.

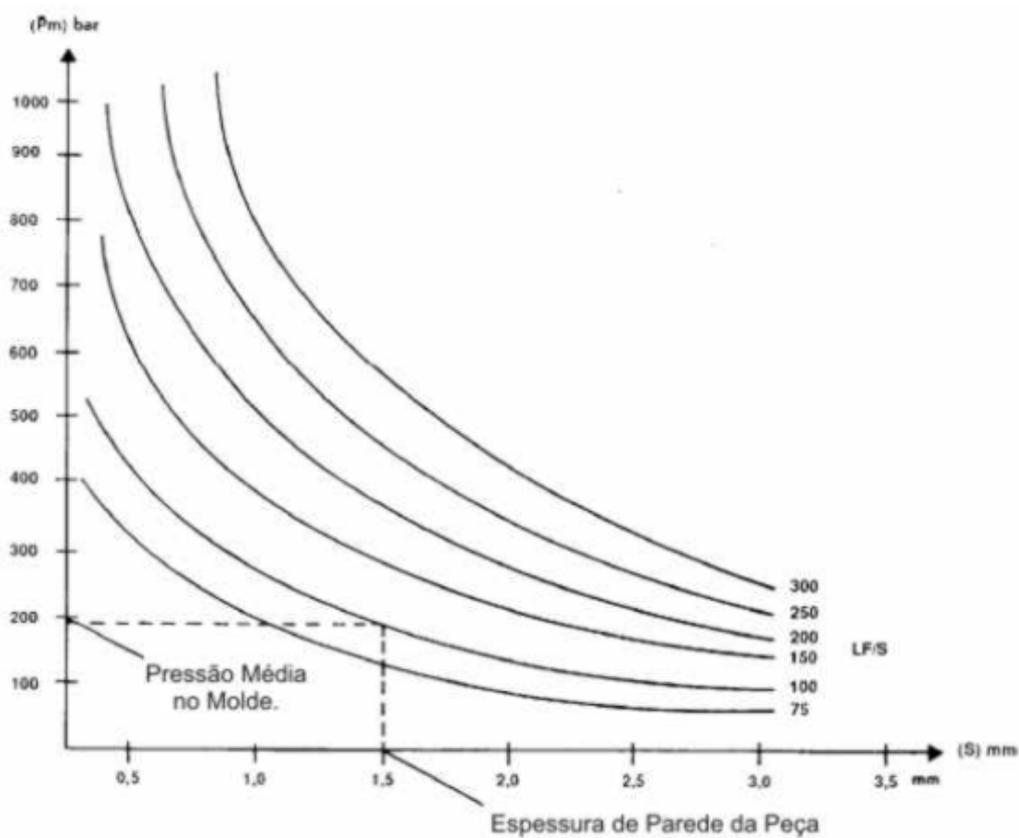
De posse desta informação foram realizados cálculos precisos sobre uma peça em particular, cujo molde pertence ao grupo de moldes que são instalados na injetora em discussão. De acordo com a fabricante de máquinas injetoras SANDRETTO, a força de fechamento exata pode ser calculada através de duas características: a área projetada da peça e da pressão média exercida pelo material durante a fase de injeção. Esta última característica pode ser avaliada de acordo com os seguintes parâmetros: tipo de material utilizado, temperatura de fundição do material, temperatura do molde, espessura da peça, percurso que o material fundido deve percorrer e grau de acabamento.

Estes parâmetros foram avaliados da seguinte forma:

- a) Percurso do fluxo (L_f) – O percurso é a distância entre o ponto central da peça e o ponto mais extremo.
- b) Relação de fluxo (S) – É a relação entre a distância encontrada no item anterior e a espessura média da peças.

Conhecido o valor desta relação a pressão média de injeção pode ser obtida no diagrama ilustrado na Figura 20.

Figura 20 – Diagrama de pressão média de injeção



Fonte: SANDRETTO

O molde utilizado para esta análise refere-se ao para-choque dianteiro do Ford Fiesta modelo 2013, ilustrado na Figura 21.

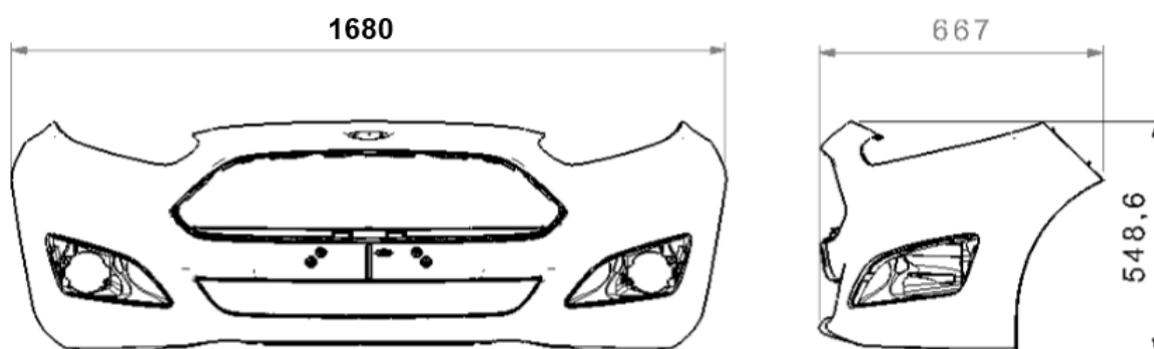
Figura 21 – Pele do para-choque dianteiro do Ford Fiesta 2013



Fonte: Empresa em estudo

As dimensões utilizadas para os cálculos estão demonstradas na Figura 22, todas as dimensões estão em milímetros.

Figura 22 – Dimensões do para-choque do Ford Fiesta 2013



Fonte: Empresa em estudo

A força de fechamento necessária pode ser encontrada através da equação 8.

$$F_f = \frac{A_p \times PM \times KM \times n^\circ \text{ de cavidades}}{1000}$$

Equação 8 – Cálculo da força de fechamento requerida pelo molde

Onde:

Ff – Força de fechamento, expressa em toneladas [ton];

Ap – Área projetada, expressa em centímetros quadrados [cm²];

PM – Pressão média de injeção, obtida através do diagrama anterior;

KM – Constante do material, para a peça em questão é o Polipropileno (KM = 0,73);

Nº de cavidades – Quantidade de peças produzidas a cada ciclo.

A relação Lf/S encontrada foi:

$$\frac{Lf}{S} = \frac{840}{3} = 280$$

A área projetada desta peça, desconsiderando os vazios possui 518318 mm² = 5183,18 cm².

O valor da pressão média avaliada de acordo com o diagrama foi de aproximadamente 270 bar, com mais 10% de margem de segurança = 297 bar.

Devido as dimensões existe somente 1 cavidade para este molde.

Sendo assim, tem-se:

$$Ff = \frac{5183,18 \times 297 \times 0,73 \times 1}{1000}$$

$$Ff = 1123 \text{ ton}$$

Este valor representa aproximadamente 70% da capacidade da máquina que é de 1650 toneladas, 20% abaixo do programado que é de aproximadamente 1485 toneladas. A proposta é reprogramar os parâmetros de injeção do molde citado ajustando a força de fechamento para 1150 toneladas e realizar uma nova medição de consumo.

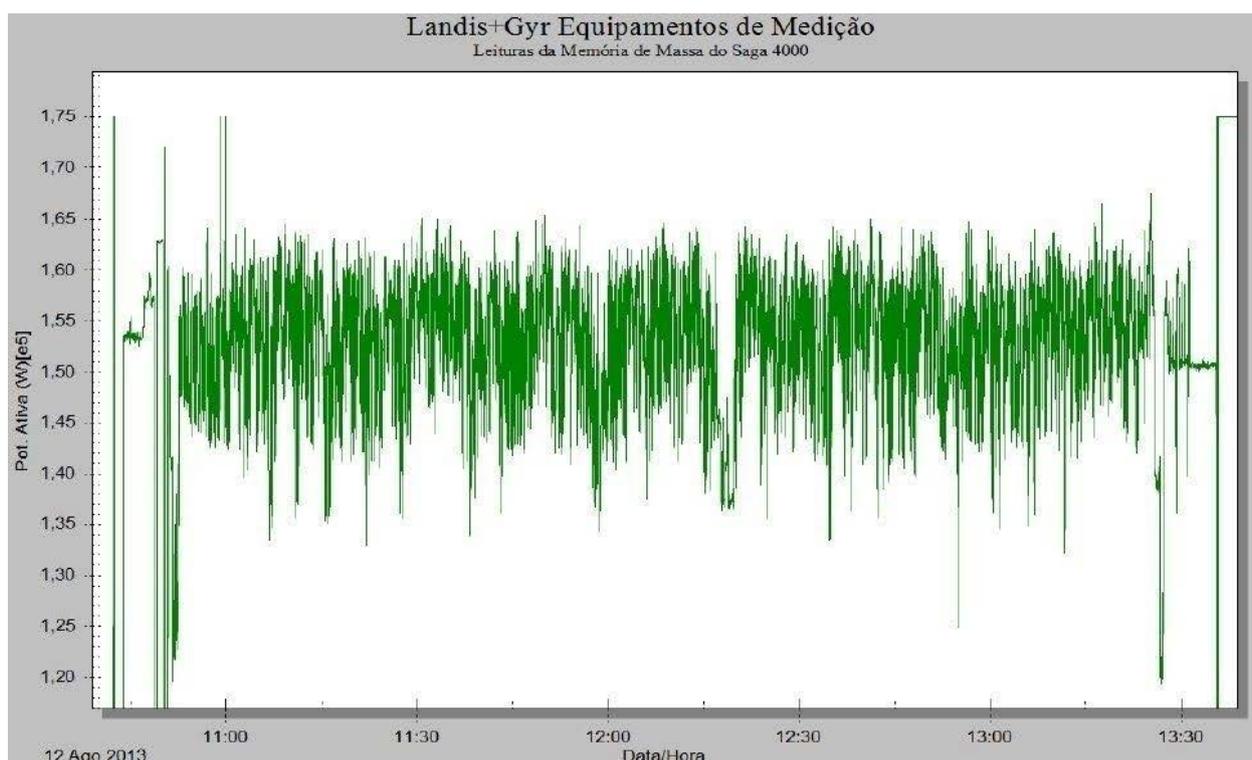
4.2.3 Modificações e resultados

Com base nas informações descritas na seção anterior, foi realizada nova programação para injeção de peças com os novos parâmetros de força de fechamento, ajustado para 1150 toneladas (aproximadamente 70%) da capacidade total.

No momento em que o molde em teste foi instalado na máquina e iniciou-se a produção as peças foram identificadas e enviadas a metrologia para verificar se havia alguma anomalia dimensional, e foi constatada uma pequena rebarba, houve então um novo ajuste para 1200 toneladas e novamente foram inspecionadas as peças. Com 1200 toneladas o resultado foi satisfatório, sendo que as características funcionais e a aparência da peça foram garantidas. Com isto foi realizada nova medição de consumo com expectativa de redução, uma vez que foi exigido uma carga menor da máquina injetora.

Na Figura 23 pode-se verificar o registro de consumo.

Figura 23 – Consumo de energia da máquina injetora Husky 1650 (pós reprogramação)



Fonte: Empresa em estudo

Apesar das oscilações, é possível notar que houve um pequeno deslocamento da linha média para um valor próximo de 155 kW, sendo que na condição anterior a linha média estava em torno dos 160 kW, obtendo uma redução de 5 kW ou de aproximadamente 3,12%.

Supondo que se possa fazer o mesmo para os outros moldes que fazem parte do grupo que se destina a esta máquina injetora, e que os dias trabalhados ao longo do ano são os mesmos conforme estimado no caso do compressor, estima-se uma economia anual de:

$$E_{economizada} = 24 \times 24 \times 12 \times 1 \times 160 \times 0,0312$$

$$E_{economizada} = 34,5 \frac{MWh}{ano}$$

Seguindo a ideia apresentada na redução de custo com a redução de consumo dos compressores, a estimativa de economia é de aproximadamente R\$ 6.766,00 reais.

Lembrando que esta economia é de apenas uma máquina injetora, podendo ser estendido o mesmo conceito para as demais, e também que esta máquina injetora é a “menor” das máquinas de grande porte existentes na planta.

4.3 Sistema de iluminação

O conceito de eficiência energética, como já mencionado, requer em algumas ocasiões substituição dos equipamentos, pois alguns tem se tornado obsoletos em relação a eficiência, e não há possibilidade de intervenção nos sistemas que compõem determinados aparelhos, como é o caso das lâmpadas que para se obter maior eficiência precisar ser substituídas.

Entretanto, no caso da iluminação, cabe ainda seguir normas que determinam níveis de luminosidade dos postos de trabalho de acordo com a atividade, e em algumas ocasiões isto pode ser vantajoso tendo vista que pode ter ocorrido um superdimensionamento no nível de luminosidade.

As revisão, análises e propostas foram realizadas com base nas normas de iluminação vigentes, ABNT NBR ISO/CIE 8995-1 (2013).

4.3.1 Medições e análises

Antes de realizar as medições é importante conhecer alguns conceitos como:

- a) Fluxo luminoso – é medido em lúmen (lm), e é fluxo luminoso dentro de um cone de 1 esferoradiano emitido por um ponto luminoso de 1 candela (em todas as direções);
- b) Candela – intensidade luminosa emitida por uma fonte em uma dada direção, cuja intensidade de radiação nesta direção é de 1/683 Watts;
- c) Iluminância – é medida em lux (lux), e é a razão entre o fluxo luminoso e a área iluminada.

Foram calculados valores de iluminância das áreas iluminadas da planta industrial em estudo, a Tabela 10 mostra os valores obtidos.

Tabela 10 – Cálculo de iluminância das áreas iluminadas

Setor	Tipo de lâmpada			Fluxo luminoso (lm)	Area (m2)	Iluminância (lux)
	220 W HO	400 W VPS/M	40 W			
Almoxarifado de materia prima	10	0	0	55000	270	203.7
Local de reciclagem de matéria prima	0	4	0	224000	1320	169.7
Moinho	0	5	0	280000	1320	212.1
Local de armazenagem de gancheiras	7	0	0	38500	228	168.9
Oficina de reforma de gancheira	0	4	0	224000	120	1866.7
Decanto de tintas	0	2	0	112000	80	1400.0
Estoque de para-choques	0	73	0	4088000	2400	1703.3
Administrativo	0	0	238	714000	2800	255.0
Expedição	0	11	0	616000	900	684.4
Iluminação externa	0	36	0	2016000	11000	183.3
Iluminação da portaria e estacionamento	0	5	0	280000	1200	233.3
Área externa expedição	0	10	0	560000	3000	186.7
Área de Silos	0	5	0	280000	100	2800.0
Para choque traseiro Voyage	16	0	0	88000	60	1466.7
Área almoxarifado para-choque traseiro Voyage	6	2	0	145000	160	906.3
Sequenciamento MAF	10	6	0	391000	60	6516.7
Cabine de pintura	26	5	0	423000	400	1057.5
Setor de mascaramento	9	0	0	49500	220	225.0
Para-choque traseiro Fiesta	12	0	0	66000	60	1100.0
Polimento e Inspeção	26	34	0	2047000	450	4548.9
Montagem do para-choque na gancheira de pintura	0	5	0	280000	1200	233.3

Fonte: (DIAS, 2013)

Entretanto, este valor não é o mesmo para todos os pontos, sendo necessário calcular o valor médio da iluminância (Em), para isto é necessário medir a iluminância em vários pontos com um luxímetro, e em seguida calcular o valor médio. Entretanto o número de pontos a serem

medidos devem ser calculados, para tal é necessário o cálculo de índice local “K”, através da equação 9.

$$K = \frac{C \times L}{H \times (C + L)}$$

Equação 9 – Cálculo do índice “K”

Onde:

C – comprimento do ambiente;

L – Largura do Ambiente;

H – Altura entre o plano de trabalho e a parte inferior da luminária.

Após calculado o índice K, o número de pontos a serem medidos pode ser obtido na Tabela 11.

Tabela 11 – Índice para determinação do número de pontos a serem medidos

Fator K	nº de pontos
$K < 1$	9
$1 \leq K < 2$	16
$2 \leq K < 3$	25
$K \geq 3$	36

Fonte: Anotações de aula

Este procedimento foi realizado para todos os ambientes, entretanto será demonstrado apenas para o almoxarifado de matéria prima.

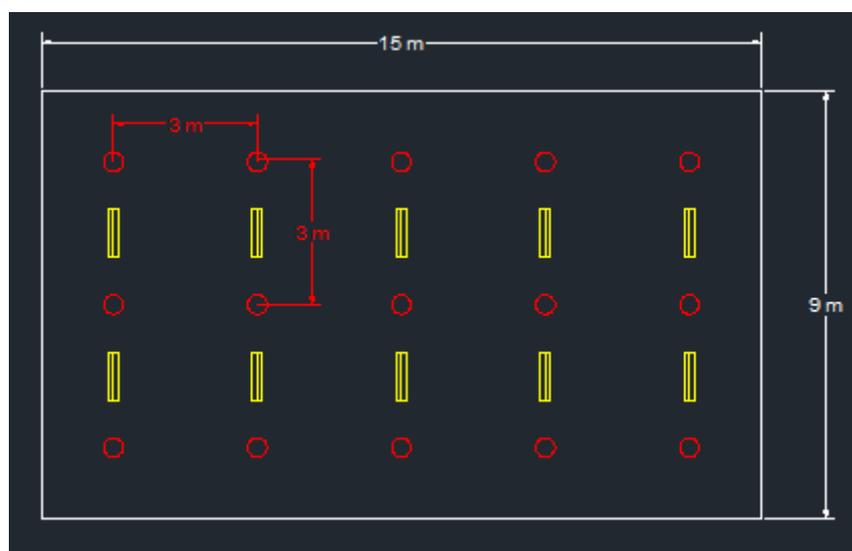
Cálculo do índice K

$$K = \frac{15 \times 9}{6 \times (15 + 9)}$$

$$K = 0,93$$

Sendo assim, há necessidade de medição de 9 pontos, conforme ilustrado na Figura 24.

Figura 24 – Dimensões, luminárias e pontos de medição do almox. de matéria prima



Fonte: (DIAS, 2013)

Foram obtidos os resultados conforme a Tabela 12.

Tabela 12 – Valores medidos de iluminância no almoxarifado de matéria prima

Nº do ponto	E medido
1	183.2
2	184.5
3	182.9
4	183.7
5	184.8
6	181.9
7	183.6
8	184.1
9	182.4
Média	183.5

Fonte: (DIAS, 2013)

Podemos observar que há uma diferença entre o valor calculado e o medido, isto se dá devido à depreciação. É importante deixar claro que este ambiente não possui janelas e as entradas de luz são como portas e portões ficam sempre fechados para evitar a entrada de umidade no local. Na Tabela 13 estão os valores médios encontrados para cada área.

Tabela 13 – Iluminância média para cada área.

Setor	Tipo de lâmpada			Fluxo luminoso (lm)	Area (m ²)	Iluminância (lux)	Iluminância média - Em (lux)
	220 W HO	400 W VPS/M	40 W				
Almoxarifado de matéria prima	10	0	0	55000	270	203.7	183.5
Local de reciclagem de matéria prima	0	4	0	224000	1320	169.7	152.9
Moinho	0	5	0	280000	1320	212.1	191.1
Local de armazenagem de gancheiras	7	0	0	38500	228	168.9	152.1
Oficina de reforma de gancheira	0	4	0	224000	120	1866.7	1681.6
Decanto de tintas	0	2	0	112000	80	1400.0	1261.2
Estoque de para-choques	0	73	0	4088000	2400	1703.3	634.7
Administrativo	0	0	238	714000	2800	255.0	229.7
Expedição	0	11	0	616000	900	684.4	616.6
Iluminação externa	0	36	0	2016000	11000	183.3	165.1
Iluminação da portaria e estacionamento	0	5	0	280000	1200	233.3	210.2
Área externa expedição	0	10	0	560000	3000	186.7	168.2
Área de Silos	0	5	0	280000	100	2800.0	2522.3
Para choque traseiro Voyage	16	0	0	88000	60	1466.7	1321.2
Área almoxarifado para-choque traseiro Voyage	6	2	0	145000	160	906.3	816.4
Sequenciamento MAF	10	6	0	391000	60	6516.7	5870.4
Cabine de pintura	26	5	0	423000	400	1057.5	952.6
Setor de mascaramento	9	0	0	49500	220	225.0	202.7
Para-choque traseiro Fiesta	12	0	0	66000	60	1100.0	990.9
Polimento e Inspeção	26	34	0	2047000	450	4548.9	1411.0
Montagem do para-choque na gancheira de pintura	0	5	0	280000	1200	233.3	210.2

Fonte: (DIAS, 2013)

4.3.2 Propostas

Com base nas normas que regulamentam a iluminância adequada para tipo de ambiente de acordo com as atividades desenvolvidas, foi proposto uma reestruturação da iluminação, e em locais onde a iluminância está muito acima do indicado, foi proposta modificação do tipo de lâmpada, no intuito de reduzir o consumo.

A Tabela 14 mostra o inventário após a proposta de modificação.

Tabela 14 – Inventário após proposta de modificação do sistema de iluminação

Setor	Tipo de lâmpada			Fluxo luminoso (lm)	Area (m ²)	Iluminância (lux)	Iluminância média - Em (lux)
	220 W HO	400 W VPS/M	40 W				
Almoxarifado de matéria prima	8	0	0	44000	270	163.0	183.5
Local de reciclagem de matéria prima	0	4	8	248000	1320	187.9	169.2
Moinho	0	8	10	478000	1320	362.1	326.2
Local de armazenagem de gancheiras	0	0	14	42000	228	184.2	165.9
Oficina de reforma de gancheira	4	0	10	52000	120	433.3	390.4
Decanto de tintas	0	0	6	18000	80	225.0	202.7
Estoque de para-choques	0	40	0	2240000	2400	933.3	634.7
Administrativo	0	15	280	1680000	2800	600.0	540.5
Expedição	0	6	0	336000	900	373.3	336.3
Iluminação externa	0	10	20	620000	11000	56.4	50.8
Iluminação da portaria e estacionamento	0	0	15	45000	1200	37.5	33.8
Área externa expedição	0	10	0	560000	3000	186.7	168.2
Área de Silos	0	0	15	45000	100	450.0	405.4
Para choque traseiro Voyage	0	2	4	124000	60	2066.7	1861.7
Área almoxarifado para-choque traseiro Voyage	6	4	10	287000	160	1793.8	1615.9
Sequenciamento MAF	0	2	4	124000	60	2066.7	1861.7
Cabine de pintura	0	10	10	590000	400	1475.0	1328.7
Setor de mascaramento	4	5	20	362000	220	1645.5	1482.3
Para-choque traseiro Fiesta	0	2	4	124000	60	2066.7	1861.7
Polimento e Inspeção	0	16	60	1076000	450	2391.1	1411.0
Montagem do para-choque na gancheira de pintura	0	10	40	680000	1200	566.7	510.5

Fonte: (DIAS, 2013)

Algumas áreas, de acordo com a ABNT NBR ISO/CIE 8995-1 (2013) não atendiam os requisitos visuais, e houve necessidade de acrescentar fontes de luz. A iluminância média para as áreas modificadas foi estimada com base na depreciação observada anteriormente.

4.3.3 Modificações e resultados

As modificações propostas na seção anterior requer investimento inicial, e dependendo do tipo de lâmpada empregada, este investimento pode ser relativamente alto, o que leva a modificações estratificadas, ou seja, realizando a modificação de apenas alguns setores por vez e de acordo com a verba disponível para este fim. Até a finalização deste estudo não foi realizada nenhuma modificação, sendo que a redução de consumo é estimada e pode-se fazer um comparativo entre as Tabelas 15 e 16.

Tabela 15 – Consumo diário com iluminação sem as modificações propostas

Setor	Tipo de lâmpada		Potência elétrica (kW)	Consumo diário (kWh)
	220 W HO	400 W VPS/M		
Almoxarifado de materia prima	10	0	2.20	30.80
Local de reciclagem de matéria prima	0	4	1.60	19.20
Moinho	0	5	2.00	24.00
Local de armazenagem de gancheiras	7	0	1.54	21.56
Oficina de reforma de gancheira	0	4	1.60	19.20
Decanto de tintas	0	2	0.80	19.20
Estoque de para-choques	0	73	29.20	700.80
Administrativo	0	0	95.20	95.20
Expedição	0	11	4.40	61.60
Iluminação externa	0	36	14.40	201.60
Iluminação da portaria e estacionamento	0	5	2.00	28.00
Área externa expedição	0	10	4.00	56.00
Área de Silos	0	5	2.00	48.00
Para choque traseiro Voyage	16	0	3.52	84.48
Área almoxarifado para-choque traseiro Voyage	6	2	2.12	50.88
Sequenciamento MAF	10	6	4.60	110.40
Cabine de pintura	26	5	7.72	185.28
Setor de mascaramento	9	0	1.98	47.52
Para-choque traseiro Fiesta	12	0	2.64	63.36
Polimento e Inspeção	26	34	19.32	463.68
Montagem do para-choque na gancheira de pintura	0	5	2.00	48.00
Somatório				2378.76

Fonte: (DIAS, 2013)

Tabela 16 – Consumo diário com iluminação com as modificações propostas

Setor	Tipo de lâmpada			Potência elétrica (kW)	Consumo diário (kWh)
	220 W HO	400 W VPS/M	40 W		
Almoxarifado de materia prima	8	0	0	1.76	24.64
Local de reciclagem de matéria prima	0	4	8	5.44	19.20
Moinho	0	8	10	8.00	38.40
Local de armazenagem de gancheiras	0	0	14	7.84	0.00
Oficina de reforma de gancheira	4	0	10	5.68	10.56
Decanto de tintas	0	0	6	5.76	0.00
Estoque de para-choques	0	40	0	16.00	384.00
Administrativo	0	15	280	118.00	172.00
Expedição	0	6	0	2.40	33.60
Iluminação externa	0	10	20	15.20	56.00
Iluminação da portaria e estacionamento	0	0	15	8.40	0.00
Área externa expedição	0	10	0	4.00	56.00
Área de Silos	0	0	15	14.40	0.00
Para choque traseiro Voyage	0	2	4	4.64	19.20
Área almoxarifado para-choque traseiro Voyage	6	4	10	12.52	70.08
Sequenciamento MAF	0	2	4	4.64	19.20
Cabine de pintura	0	10	10	13.60	96.00
Setor de mascaramento	4	5	20	22.08	69.12
Para-choque traseiro Fiesta	0	2	4	4.64	19.20
Polimento e Inspeção	0	16	60	64.00	153.60
Montagem do para-choque na gancheira de pintura	0	10	40	42.40	96.00
Somatório					1336.80

Fonte: (DIAS, 2013)

A estimativa de redução diária é de aproximadamente 1,04 MWh o que representa algo em torno de 43,8%. Sendo a redução anual de aproximadamente 300 MWh. Lâmpadas de alta performance recomendadas tem um custo muito elevado em relação as convencionais, entretanto isto pode ser justificado pela economia anual que gira em torno de R\$ 57.339,00 reais, assumindo o valor médio de consumo anual que é de R\$ 191,13.

4.4 Sistema de condicionamento de ar

As dependências que possuem aparelho de ar condicionado estão bem isoladas e as instalações dos aparelhos estão em ótimas condições. A manutenção periódica dos aparelhos é realizada por uma empresa terceirizada especializada no assunto. Entretanto, a maioria dos aparelhos possui classificação C, poucos aparelhos possuem classificação A e B.

4.4.1 Medições e análises

Não foi possível realizar medições de consumo dos aparelhos, entretanto, de acordo com a Tabela 3 pode-se avaliar o consumo dos aparelhos instalados.

4.4.2 Propostas

Não é possível alterar o sistema de funcionamento dos condicionadores de ar, a única possibilidade de redução de consumo energia é a substituição de aparelhos por aparelhos com maior eficiência, todos de classificação “A” segundo a tabela de classificação do COPEL (2005).

A Tabela 17 relaciona os aparelhos propostos para substituir os que estão em uso até a ocasião deste estudo. Não será mencionada marca e modelo em nenhuma das ocasiões, sendo proposta somente a capacidade de geração e a respectiva eficiência dos aparelhos.

Tabela 17 – Proposta de substituição dos aparelhos condicionadores de ar

Dados Gerais		Horário de utilização horas	Capacidade Refrigeração [BTU/h]		Área m2	Potência consumida W	Eficiência W/W	Classe A,B,C,D,E	Consumo diário kWh
Localização	Quant		Atual	Proposto					
Data Center	2	24h	48000	12000	26.00	1140.00	3.24	A	54.7
SI Estoque TI	1	24h	24000	9000	21.00	829.00	3.22	A	19.9
SI TI	1	24h	22000	9000	21.00	829.00	3.22	A	19.9
Manutenção	1	10h - 18h	18000	9000	21.00	829.00	3.22	A	5.0
Recebimento	1	10h - 18h	18000	9000	21.00	829.00	3.22	A	5.0
Sala tinta	1	24h	90000	24000	56.00	2414.00	2.55	E	57.9
Sala de Injeção	1	10h - 18h	10500	7000	14.00	622.00	3.39	A	3.7
Sala de Pintura UAP	1	24h	18000	9000	21.00	829.00	3.22	A	19.9
Qualidade	1	10h - 18h	36000	12000	26.00	1140.00	3.24	A	6.8
Antena Tecnica	6	10h - 18h	28000	18000	40.00	1529.00	3.31	A	55.0
Sala Dir Proj Mercosul	1	10h - 18h	24000	7000	14.00	622.00	3.39	A	3.7
Sala Reunião (TPM)	1	10h - 18h	18000	7000	14.00	622.00	3.39	A	3.7
SI Dir Oper Mercosul	1	10h - 18h	24000	7000	14.00	622.00	3.39	A	3.7
SI Dir Neg Mercosul	1	10h - 18h	24000	7000	14.00	622.00	3.39	A	3.7
SI Reunião Antena	2	10h - 18h	9000	7000	14.00	622.00	3.39	A	7.5
SI Reunião Engenharia	1	10h - 18h	18000	12000	26.00	1140.00	3.24	A	6.8
Recepção Antena	1	24h	18000	12000	22.00	1140.00	3.24	A	27.4
Manufatura	1	10h - 18h	9000	7000	14.00	622.00	3.39	A	3.7
Logistica	1	10h - 18h	36000	9000	21.00	829.00	3.22	A	5.0
Seg trabalho	1	10h - 18h	12000	7000	14.00	622.00	3.39	A	3.7
Restaurante	2	24h	36000	18000	40.00	1529.00	3.31	A	73.4
SI restaurante	1	24h	9000	7000	14.00	622.00	3.39	A	14.9
Compras	1	10h - 18h	24000	12000	26.00	1140.00	3.24	A	6.8
Financeiro	2	10h - 18h	24000	12000	26.00	1140.00	3.24	A	13.7
Diretoria Financeiro	1	10h - 18h	9000	7000	14.00	622.00	3.39	A	3.7
SI Reunião Financeiro	1	10h - 18h	9000	7000	14.00	622.00	3.39	A	3.7
SI Dir Operações	1	10h - 18h	9000	7000	14.00	622.00	3.39	A	3.7
RH	1	10h - 18h	24000	12000	26.00	1140.00	3.24	A	6.8
SI Reunião A Senna	1	10h - 18h	24000	18000	40.00	1529.00	3.31	A	9.2
SI Reunião Financeiro	1	10h - 18h	9000	7000	14.00	622.00	3.39	A	3.7
Diretoria Compras	1	10h - 18h	9000	7000	14.00	622.00	3.39	A	3.7
Corredores	1	24h	24000	12000	22.00	1140.00	3.24	A	27.4
Sala Laboratorio	1	24h	24000	12000	26.00	1140.00	3.24	A	27.4
Metrologia	1	24h	40000	30000	56.00	3448.00	2.55	E	82.8
Metrologia	1	24h	60000	30000	56.00	3448.00	2.55	E	82.8
SI Expedição	2	10h - 18h	10000	9000	21.00	829.00	3.22	A	9.9
Gerente Qualidade	1	10h - 18h	9000	9000	21.00	829.00	3.22	A	5.0
Somatório									695.6

Fonte: (DIAS, 2013)

Para fazer a nova proposta de capacidade de refrigeração em cada ambiente, estão sendo consultadas tabelas de alguns fabricantes de condicionadores de ar e foi verificado que a capacidade térmica depende do tipo de ambiente, da área e do posicionamento em relação ao sol. A Figura 25 foi calculada com base nos ambientes comerciais e é a que mais se aproxima das condições descritas na Tabela 17.

Figura 25 – Tabela de capacidade de refrigeração em função da área

Até 14 m ²	7.000 BTU/h
De 14 a 21 m ²	9.000 BTU/h
De 18 a 26 m ²	12.000 BTU/h
De 30 a 40 m ²	18.000 BTU/h
De 40 a 56 m ²	24.000 BTU/h
De 50 a 68 m ²	30.000 BTU/h

Fonte: Pikus Refrigeração e Eletricidade

4.4.3 Modificações e resultados

Até o presente momento não foi realizada nenhuma das substituições propostas, porém a estimativa de redução de consumo de energia acumulada diário é de 61,2%. Entretanto o sistema de condicionamento de ar não é utilizado durante o ano todo, tendo em vista que nas estações de outono e inverno, grande parte dos aparelhos permanece desligada.

Sendo assim, anualmente, adotando as condições como estação, horários de funcionamento e dias úteis estima-se que a redução do consumo de energia acumulada seja de aproximadamente 145 MWh/ano.

E mais uma vez pode ser estimada a economia anual com base na média de consumo anual, para o sistema de condicionamento de ar o valor estimado é de R\$ 27.713,85 reais. Vale lembrar que o investimento inicial é o mais significativo de todos os casos analisados chegando a aproximadamente R\$ 61.800,00 reais. O *payback* neste caso seria de aproximadamente 2 anos e 3 meses.

4.5 Resumo global

Diante das seções apresentadas, resume-se que a economia anual estimada de todos os sistemas e equipamentos analisados é da ordem de R\$ 106.986,85 reais, considerando custo médio mensal de R\$ 191,13 reais por megawatt ao mês.

A Tabela 18 mostra o resumo global.

Tabela 18 – Resumo Global

Sistemas/Equipamentos	Economia Estimada (R\$)
Sistema de Ar Comprimido	R\$ 15,168.07
Máquinas Injetoras	R\$ 6,766.00
Sistema de Iluminação	R\$ 57,339.00
Condicionamento de Ar	R\$ 27,713.85
Somatório	R\$ 106,986.92

Fonte: (DIAS, 2013)

5 CONCLUSÃO

A energia elétrica é de extrema importância para o ser humano, pois o ser humano se adaptou as facilidades proporcionadas pela energia elétrica. Para o setor industrial é essencial, pois a energia elétrica proporciona a realização de diversas atividades, ou melhor, de todas as atividades, pois se não atua diretamente atua indiretamente proporcionado que outros setores e sistemas possam desenvolver suas atividades.

O mundo está cercado por equipamentos eletrônicos que dependem de energia elétrica, entretanto a energia elétrica não é encontrada na natureza nesta forma, é necessário transformar outras energias em eletricidade. O processo de geração é um tanto quanto complexo e existem diversas formas de geração conhecidas, umas mais viáveis que outras, pois durante o processo de geração existem perdas.

Conforme foi mencionado no início deste estudo, a população tem crescido rapidamente, estima-se que em 2030 existam 9 bilhões de pessoas ao redor do planeta, e isto faz com que o consumo de energia cresça ainda mais. Apesar das formas alternativas de geração de energia e tecnologias que ainda não dominadas e que acredita-se que serão no futuro, é necessário dar maior ênfase no uso “inteligente” da energia e mostrar os frutos a serem colhidos no futuro. A superpopulação também gera um grande aumento nos bens de consumo, o que torna necessário aumento de produção e por consequência aumento de consumo de energia elétrica por parte das industriais.

Dentro das atividades industriais é possível encontrar diversos processos e sistemas que podem ser otimizados, no decorrer deste estudo foram demonstrados apenas uma pequena parcela do potencial de redução de consumo sem prejuízo da produção, qualidade e segurança.

Isto está comprovado neste estudo, onde se avalia o funcionamento de alguns sistemas e se observa que há uma potencial redução de consumo. Para atingir o objetivo é necessário compreender a funcionalidade e os requisitos de cada atividade, em seguida, podem ser implementadas práticas para otimizar os processos, gerando economia de energia conforme está disposto no presente caso.

O grande desafio é convencer a administração da importância e dos benefícios, pois muitas vezes para se otimizar os processos e sistemas é necessário fazer um investimento inicial, e o *payback* nem sempre é rápido o suficiente para ser utilizado como ferramenta de persuasão.

Durante as várias consultas realizadas para o desenvolvimento deste estudo, foram vistas diversas maneiras de obter redução, entretanto, deve-se dar grande importância aos meios de controle, ou seja, os indicadores. Pois esta ferramenta é capaz de indicar o consumo real. É preciso ter em mente que alguns indicadores não são precisos, e que alguns dados devem ser tratados para que os indicadores se tornem eficazes.

Através das faturas de energia elétrica não é possível acompanhar o consumo de energia, pois existem períodos em que há variação significativa da produção, sem contar os imprevistos como greves e feriados. Uma metodologia bastante eficaz para controle de consumo é calcular a quantidade de energia consumida para fabricação de cada peça, sendo possível fazer as devidas proporções, desta forma, a variação da quantidade produzida não afetará o indicador.

Acompanhando este tipo de informação ao longo dos meses é possível verificar se houve aumento ou redução de consumo, ou ainda se o mesmo está sendo mantido.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAMAN – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MANUTENÇÃO. Eficiência Energética em Sistemas de Ar Comprimido. **VIII Seminário Paranaense de Manutenção**, Curitiba, 2008.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO/CIE 8995-1 Iluminação de Ambientes de Trabalho**. 1 ed. São Paulo, Associação Brasileira de Normas Técnicas. 2013. 46 p.

ABEE – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA. **Eficiência energética**. Disponível em: <<http://www.cbee2009.ufpa.br/abee/index.php>>. Acesso em 10 set. 2013.

ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Eficiência energética**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=27>>. Acesso em 16 ago. 2013. **Resolução nº 456**, de novembro de 2000.

CAPELLI, A. **Energia Elétrica: Qualidade e Eficiência para Aplicações Industriais**. 1. ed. São Paulo: Érica Ltda., 2013. 272 p.

CGIEE – COMITÊ GESTOR DE INDICADORES DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA. **Decreto nº 4.059**, de 19 de dezembro de 2001; **Lei nº 10.295**, de 17 de outubro de 2001.

COPEL – COMPANHIA PARANAENSE DE ENERGIA (Org.). **Manual de Eficiência Energética na Indústria**. Curitiba: Companhia Paranaense de Energia, 2005. 138 p.

GARCIA, A. G. P. **Leilão de Eficiência Energética no Brasil**. 1. ed. Rio de Janeiro: Synergia, 2008. p. 40.

GELLER, H. S. **Leilão de Eficiência Energética no Brasil**. In: WORKSHOP SOBRE LEILÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO BRASIL. Rio de Janeiro, 2006.

HADDAD, J. **Possíveis Avanços para a Eficiência Energética no Brasil e como a Regulação pode contribuir para seu Aprimoramento**. Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2009. p. 22.

INEE – INSTITUTO NACIONAL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA. **A eficiência Energética e o Novo Modelo do Setor Energético**. Rio de Janeiro: Instituto Nacional de Eficiência Energética, 2001. p. 5

INMETRO – INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL. **Programa Brasileiro de Etiquetagem**. Rio de Janeiro, 2007. 114 p.

KONDA, G. **Eficiente é Conservar**. Revista Adiante, São Paulo, abril de 2006, p. 46-51.

MAMEDE FILHO, J. **Instalações Elétricas Industriais**. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2007. 930 p.

NOGUEIRA, L. A. H. **Uso Racional: A Fonte Energética Oculta**. Estudos Avançados, Universidade de São Paulo, 2007, vol. 21, n. 59. Disponível em <<http://revistas.usp.br/eav/article/view/10208/11806>>. Acesso em 02 de dezembro de 2013.

PROCEL – PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. **Manual de Tarificação de Energia Elétrica**. Rio de Janeiro, 2011, 58 p.

SANDRETTO DO BRASIL. **Estudo de Artigos Técnicos**. Cálculo de Força de Fechamento, Americana. Disponível em <<http://www.sandretto.com.br/site/estudoseprojetostecnicos.php>>. Acesso em 25 de setembro de 2013.

UTL – UNIVERSIDADE TÉCNICA DE LISBOA. **Notas de Aula nº 6**. Lisboa, 99 p.

7 APÊNDICE

7.1 Apêndice I



RESOLUÇÃO HOMOLOGATÓRIA Nº 1.641/2013

Homologação das Tarifas de Energia – TE e as Tarifas de Uso dos Sistemas de Distribuição – TUSD referentes à Bendelirante Energia S.A.
Válida a partir das Leituras do dia 23.10.2013

MODALIDADE TARIFÁRIA CONVENCIONAL - GRUPO A (QUADRO A)													
SUBGRUPO/CLASSE/SUBCLASSE	TUSD			TE				VALOR TUSD + TE					
	RS/KW	RS/MWh	RS/MWh	RS/MWh	RS/MWh	RS/MWh	RS/MWh						
A3a - (30 a 44 kV)	16,64	18,84	166,03	166,03	166,03	181,03	196,03	184,87					
A4 - (2,3 a 25 kV)	16,64	19,18	166,03	166,03	166,03	181,03	196,03	185,21					

MODALIDADE TARIFÁRIA AZUL - GRUPO A (QUADRO C)													
SUBGRUPO/CLASSE/SUBCLASSE	TUSD			PONTA				FORA DE PONTA				VALOR TUSD + TE	
	RS/KW	FORA DE PONTA	RS/MWh	TE	BANDEIRA VERDE	BANDEIRA AMARELA	BANDEIRA VERMELHA	TE	BANDEIRA VERDE	BANDEIRA AMARELA	BANDEIRA VERMELHA	PONTA	FORA DE PONTA
A1 - (230 ou MAIS) - VILARES AÇOS ANHAGUER	1,65	1,69	11,47	258,05	258,05	273,05	288,05	155,87	155,87	170,87	185,87	269,52	167,34
A2 - (88 a 138 kV)	8,71	1,97	13,28	261,25	261,25	276,25	291,25	157,81	157,81	172,81	187,81	274,53	171,09
A3a - (30 a 44 kV)	16,48	5,46	19,59	261,13	261,13	276,13	291,13	157,74	157,74	172,74	187,74	280,72	177,33
A4 - (2,3 a 25 kV)	16,48	5,46	19,94	261,13	261,13	276,13	291,13	157,74	157,74	172,74	187,74	281,07	177,68

MODALIDADE TARIFÁRIA VERDE - GRUPO A (QUADRO F)													
SUBGRUPO/CLASSE/SUBCLASSE	TUSD			PONTA				FORA DE PONTA				VALOR TUSD + TE	
	RS/MWh	FORA DE PONTA	RS/KW	TE	BANDEIRA VERDE	BANDEIRA AMARELA	BANDEIRA VERMELHA	TE	BANDEIRA VERDE	BANDEIRA AMARELA	BANDEIRA VERMELHA	PONTA	FORA DE PONTA
A3a - (30 a 44 kV)	416,82	19,44	5,41	261,13	261,13	276,13	291,13	157,74	157,74	172,74	187,74	677,95	177,18
A4 - (2,3 a 25 kV)	417,17	19,78	5,41	261,13	261,13	276,13	291,13	157,74	157,74	172,74	187,74	678,30	177,52

MODALIDADE TARIFÁRIA CONSUMIDOR LIVRE - GRUPO A							
SUBGRUPO/CLASSE/SUBCLASSE	AZUL			VERDE			
	PONTA	FORA DE PONTA	RS/MWh	PONTA	FORA DE PONTA	RS/KW	
							RS/KW
T LIVRE - A1 - VILARES AÇOS ANHAGUERA S.A	1,65	1,69	11,47	-	-	-	
T LIVRE - A2	8,71	1,97	13,28	-	-	-	
T LIVRE - A3a	16,48	5,46	19,59	416,82	19,44	5,41	
T LIVRE - A4	16,48	5,46	19,94	417,17	19,78	5,41	

MODALIDADE TARIFÁRIA FONTE INCENTIVADA - GRUPO A (QUADRO D e G)									
SUBGRUPO/CLASSE/SUBCLASSE	AZUL			VERDE					
	PONTA	FORA DE PONTA	RS/MWh	PARCELA SUJEITA AO DESCONTO	PONTA	FORA DE PONTA	RS/MWh	RS/KW	
									RS/MWh
A1 - (230 ou MAIS) - VILARES AÇOS ANHAGUERA S.A	1,65	1,69	11,47	-	-	-	-	-	
A2 - (88 a 138 kV)	8,71	1,97	13,28	-	-	-	-	-	
A3a - (30 a 44 kV)	16,48	5,46	19,59	352,76	5,41	64,07	19,44		
A4 - (2,3 a 25 kV)	16,48	5,46	19,94	352,76	5,41	64,41	19,78		

MODALIDADE TARIFÁRIA AUTOPRODUTOR / PRODUTOR INDEPENDENTE DE ENERGIA ELÉTRICA - GRUPO A (QUADRO H)							
SUBGRUPO/CLASSE/SUBCLASSE	AZUL			VERDE			
	PONTA	FORA DE PONTA	RS/MWh	PONTA	FORA DE PONTA	RS/KW	
							RS/MWh
A1 - (230 ou MAIS) - VILARES AÇOS ANHAGUERA S.A	1,65	1,69	1,23	-	-	-	
A2 - (88 a 138 kV)	8,71	1,97	3,97	-	-	-	
A3a - (30 a 44 kV)	16,48	5,46	10,53	407,83	10,44	5,41	
A4 - (2,3 a 25 kV)	16,48	5,46	10,87	408,17	10,46	5,41	

SERVIÇOS COBRÁVEIS		RS
VISTORIA DE UNIDADE CONSUMIDORA		43,35
AFERIÇÃO DE MEDIDOR		72,26
VERIFICAÇÃO DO NÍVEL DE TENSÃO		72,26
RELIÇÃO NORMAL		72,26
RELIÇÃO DE URGENCIA		144,52
SEGUNDA VIA DE FATURA		4,33
SEGUNDA VIA DE DECLARAÇÃO DE QUITAÇÃO ANUAL DE DÉBITOS		4,33
DISPONIBILIZAÇÃO DE DADOS DE MEDIÇÃO (MEMÓRIA DE MASSA)		43,35
DESLOGAMENTO PROGRAMADO		144,52
RELIÇÃO PROGRAMADA		144,52
FORNECIMENTO DE PULSOS POTÊNCIA E SINCRONISMO (GRUPO A)		43,35
COMISSIONAMENTO DE OBRA		130,04
DESLOCAMENTO OU REMOÇÃO DE POSTE		(*)
DESLOCAMENTO OU REMOÇÃO DE REDE		(*)
VISITA TÉCNICA		43,35
CUSTO ADMINISTRATIVO DE INSPEÇÃO		2.772,61

DESCONTOS (Exeto nas Tarifas de Ultrapassagem)	
RURAL	10%
ÁGUA, ESGOTO, SANFAMENTO	15%