

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ – UTFPR
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETROTÉCNICA – DAELT
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

ILSON JOSÉ DINIZ
JOÃO PAULO ENIK
RODRIGO PEREIRA DE CAMPOS

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA – ESTUDO DE CASO

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA
2015

ILSON JOSÉ DINIZ
JOÃO PAULO ENIK
RODRIGO PEREIRA DE CAMPOS

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA – ESTUDO DE CASO

Trabalho de Conclusão do Curso Superior de Tecnologia em Automação Industrial do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica – DAELT – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR.

Orientador: Professor Especialista em Engenharia Elétrica Antonio Ivan Bastos Sobrinho

CURITIBA
2015

**ILSON JOSÉ DINIZ
JOÃO PAULO ENIK
RODRIGO PEREIRA DE CAMPOS**

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA – ESTUDO DE CASO

Este Trabalho de Diplomação foi julgado e aprovado como requisito parcial para a obtenção do Título de **Tecnólogo em Automação Industrial**, do **Curso Superior de Tecnologia em Automação Industrial**, da **Universidade Tecnológica Federal do Paraná**.

Curitiba, 26 de fevereiro de 2015

Prof. José da Silva Maia, M.Sc.
Coordenador de Curso
Departamento Acadêmico de Eletrotécnica

Prof., M.Sc. Rafael Fontes Souto
Responsável pelo Trabalho de Diplomação da Tecnologia
Departamento Acadêmico de Eletrotécnica

BANCA EXAMINADORA

Prof.º Geraldo Cavalin
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.º Antonio Ivan Bastos Sobrinho
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Orientador

Prof.º Márcio Aparecido Batista, M.Sc..
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.º José da Silva Maia, M.Sc.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

RESUMO

DINIZ, Ison José; ENIK, João Paulo; CAMPOS, Rodrigo Pereira de. **Eficiência Energética – Estudo de Caso**. Projeto de Trabalho de Conclusão de Curso – Tecnologia em Automação Industrial, UTFPR – Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Este trabalho apresenta um estudo de caso realizado em uma empresa do ramo automotivo referente ao tema “Eficiência Energética”. Consiste em racionalizar o uso da energia elétrica, insumo indispensável a todos os setores da economia, resultando em diminuição no custo da fatura. Analisando a melhor forma de contratação da energia elétrica de acordo com as normas vigentes. Avaliando a correção do fator de potência através da determinação de um banco de capacitores a fim de minimizar a cobrança por baixo fator de potência. Sugere a substituição de lâmpadas de vapor metálico utilizadas no setor da oficina por módulos de LED Acrich2, tecnologia que permite a redução no consumo de energia elétrica e proporciona a diminuição da manutenção do sistema de iluminação. Verificação da eficiência das principais máquinas elétricas utilizadas na empresa como motores elétricos dos elevadores automotivos e exaustores, comparando com motores de alto rendimento e verificando a possibilidade de troca dessas máquinas. Assim como a análise do sistema de ar comprimido e do sistema de climatização. Esse estudo de caso resulta em avaliações e sugestões que geram reduções de custos, assim como na economia do recurso energético.

Palavras-chave:

Eficiência energética. Gestão da fatura de energia elétrica. Redução de custo. Uso de lâmpadas de LED.

ABSTRACT

DINIZ, Ilson José; ENIK, João Paulo; CAMPOS, Rodrigo Pereira de. **Energy Efficiency - Case Study**. Projeto de Trabalho de Conclusão de Curso – Tecnologia em Automação Industrial, UTFPR – Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

This paper presents a case study carried out in a company of the automotive line regarding the subject "Energy Efficiency". It consists of rationalize the use of the electric energy, essential input to all of the sectors of the economy, resulting in diminution in the cost of the electricity bill. Analyzing the better form of contracting of the electric energy according to the in force norms. Evaluating the correction of the factor of power through the determination of a bank of capacitors in order to minimize the charge by low power factor. It suggests the metallic vapor light bulbs substitution utilized in the sector of the office by modules of LED Acrich2, technology that permits the reduction in the consumption of electric energy and provides the reduction of the maintenance of the lighting system. Verification of the efficiency of the main electric machines utilized in the company as electric motors of the automotive elevators and exhaust fans, comparing with high-efficiency motors and verifying the possibility of change of those machines. As well as the analysis of the air compressed system and of the air conditioner system. That case study results in evaluations and suggestions that generate cost-cuttings, as well as in the economy of the energy resource.

Keywords:

Energy efficiency. Management of the electricity bill. Cost reduction. Use of LED.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Condições para enquadramento tarifário.	18
Quadro 2 - Resumo da carga instalada.....	44
Quadro 3 - Comparativo entre tecnologia de lâmpadas.	45
Quadro 4 - Comparativo Vapor Metálico x LED (Acrich2).	45
Quadro 5 - Economia com instalação de lâmpadas LED.	47
Quadro 6 - Comparativo entre rendimentos dos motores.	53
Quadro 7 - Tempo de retorno utilizando motores de alto rendimento.	54
Quadro 8 - Comparativo entre compressores do tipo pistão e parafuso de rotação variável.....	60

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Conjunto reator, capacitor e ignitor para lâmpadas de vapor metálico.	22
Figura 2 - Módulo circular.....	24
Figura 3 - Dados técnicos do módulo circular.	25
Figura 4 - Motor de indução.	26
Figura 5 - Placa de dados técnicos dos motores dos elevadores.	49
Figura 6 - Formulário para retorno do investimento em motores elétricos de alto rendimento.	51
Figura 7 - Modelo de exaustor presente na oficina.	54
Figura 8 - Compressor principal.	55
Figura 9 - Compressor reserva.....	56
Figura 10 - Secador de ar.....	56
Figura 11 - Casa dos compressores.	57
Figura 12 - Dados técnicos do compressor W96011-H.....	58
Figura 13 - Dados técnicos do compressor C P CPVR 15/13 TDF.	60

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Perdas em um motor de indução.....	27
Gráfico 2 - Rendimento nominal para motores de alto rendimento e standard, 4 polos e categoria N.....	27
Gráfico 3 - Necessidade de capacitores para correção do fator de potência para 92%.....	42
Gráfico 4 - Necessidade de capacitores para a correção do fator de potência para 95%.....	42
Gráfico 5 - Retorno do investimento em um banco de capacitores.....	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resumo tarifa verde 2013.	31
Tabela 2 - Resumo tarifa verde 2014.	31
Tabela 3 - Simulação tarifa azul 2013.	32
Tabela 4 - Simulação tarifa azul 2014.	33
Tabela 5 - Simulação tarifa convencional 2013.	33
Tabela 6 - Simulação tarifa convencional 2014.	34
Tabela 7 - Comparação de custos das modalidades tarifárias 2013.	35
Tabela 8 - Comparação de custos das modalidades tarifárias 2014.	35
Tabela 9 – Estudo da melhor demanda a ser contratada.	37
Tabela 10 - Gastos com baixo fator de potência no ano de 2013.	39
Tabela 11 - Gastos com baixo fator de potência no ano 2014.	40
Tabela 12 - Menores valores de rendimento nominal a plena carga para motores da linha alto rendimento.	50

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AC	Corrente alternada
BTU	British Thermal Unit (unidade térmica britânica)
°C	Celsius
h	Hora
hp	Horse-power
ICMS	Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
irc	Índice de reprodução de cor
kV	Quilovolt
kVAr	Quilovolt-ampère reativo
kVAr/h	Quilovolt-ampère reativo por hora
kW	Quilowatt
kW/h	Quilowatt por hora
l ou L	Litro
LED	<i>Light Emitting Diode</i> (diodo emissor de luz)
lm	Lúmen
min	Minuto
nm	Nanômetro
T.R.	Ton of Refrigeration (Tonelada de Refrigeração)
V	Volt
W	Watt

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	TEMA	12
1.1.1	Delimitação do tema.....	12
1.2	PROBLEMAS E PREMISSAS.....	12
1.2.1	Problematização	12
1.2.2	Questão do problema.....	13
1.2.3	Premissa	13
1.3	OBJETIVOS	14
1.3.1	Objetivo geral	14
1.3.2	Objetivos específicos	14
1.4	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	14
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
2.1	REGULAMENTAÇÃO DO SETOR ELÉTRICO.....	16
2.1.1	Resolução normativa 414 de 15/09/2010.....	16
2.2	ILUMINAÇÃO: HISTÓRICO E TECNOLOGIAS.....	19
2.2.1	Lâmpadas de descarga.....	20
2.2.2	Diodo emissor de luz.....	22
2.2.3	Módulo de luz de LED Acrich2.....	23
2.3	COMPARAÇÃO ENTRE MOTORES STANDARD E DE ALTO RENDIMENTO	25
2.4	EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM SISTEMAS DE AR COMPRIMIDO	28
3	PROCEDIMENTOS	30
3.1	ANÁLISE DE FATURAS	30
3.1.1	Comparação entre os sistemas tarifários	34
3.1.2	Análise da demanda ideal a ser contratada	36
3.2	ANÁLISE DO FATOR DE POTÊNCIA	38
3.3	EFICIÊNCIA ENERGÉTICA.....	44
3.3.1	Análise do sistema de iluminação.	44
3.3.1.1	Comparativo entre lâmpadas	45
3.3.1.2	Redução do consumo de energia com sistema de iluminação	46
3.3.2	Análise da eficiência de máquinas elétricas.....	48
3.3.2.1	Motores Elétricos	48
3.3.2.2	Sistema de climatização.....	52
3.3.2.3	Sistema de exaustão.....	53
3.3.2.4	Sistema de ar comprimido.....	55
3.3.2.4.1	Análise dos tipos de compressores	57
4	CONCLUSÃO	62
	REFERÊNCIAS	64
	ANEXOS	68
	Anexo 1 – Formulário de levantamento de carga.....	68
	Anexo 2 – Fatura de energia elétrica referente ao mês de agosto de 2014 da empresa estudada.....	70

1 INTRODUÇÃO

A falta de investimento em fontes de energia, em conjunto com o aumento do consumo, culminou na crise energética em 2001, quando os reservatórios das hidroelétricas ficaram com seus níveis baixos, levando o governo a intervir com medidas que incentivavam o racionamento, por exemplo, através de descontos na fatura de energia elétrica, para aqueles que conseguissem reduzir o consumo de energia, atingindo metas estipuladas, e também punindo aqueles que não conseguissem economizar.

O setor elétrico nas últimas décadas vem procurando melhorar seu modelo, realizando a reestruturação do setor; fato importante foi a instituição da Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, através da lei nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996, tendo a missão de “proporcionar condições favoráveis para que o mercado de energia elétrica se desenvolva com equilíbrio entre os agentes e em benefício da sociedade” (ANEEL).

A norma que trata das tarifas vinculadas aos consumidores finais de energia elétrica, estabelece dois grupos de consumidores: o grupo “A” e o grupo “B”, sendo o primeiro a ferramenta de estudo deste trabalho. O grupo “A” é constituído de três modalidades de fornecimento: convencional, horossazonal azul e horossazonal verde, sendo tarifada por demanda de potência e consumo de energia, conforme suas características. De acordo com o contrato feito com a concessionária de energia elétrica, assim como a melhor modalidade escolhida para o processo produtivo, obtêm-se significativas reduções no valor das faturas das unidades consumidoras.

O custo da energia, um dos fatores determinante na produção, assim como a possibilidade da oferta de energia elétrica não suprir o mercado, faz com que cada vez mais a gestão de energia se torne imprescindível nas empresas, realizando ações de eficiência energética, melhorando os processos produtivos, buscando soluções que gerem economia, e, principalmente, a utilização da energia de forma racional.

1.1 TEMA

O tema conservação de energia refere-se a melhorar a forma que a energia é utilizada, proporcionando economia com a redução de consumo, evitando os desperdícios e melhorando a eficiência energética. Os gastos com energia elétrica representam uma parcela significativa nos custos de uma empresa; assim sendo, toda redução no valor gasto com energia é bem-vinda.

1.1.1 Delimitação do tema

A finalidade deste trabalho é apresentar os resultados obtidos após estudos da forma de utilização da energia elétrica em uma empresa situada em Curitiba, contemplando a escolha da melhor opção tarifária, potência contratada da concessionária e correção do fator de potência, objetivando redução dos gastos com ações de gestão da fatura de energia elétrica, e possível melhoria da eficiência energética dos aparelhos elétricos e sua utilização.

A empresa é uma concessionária de automóveis, formada por três setores: vendas de veículos, peças e pós-venda, tendo em sua estrutura o consumo de energia elétrica para o funcionamento de aparelhos, tais como: computadores, iluminação, sistema de climatização, elevador de automóveis, máquina de solda, carregadores de bateria, exaustores, compressores de ar, entre outros.

1.2 PROBLEMAS E PREMISSAS

1.2.1 Problematização

O mercado de energia é regulado pela ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica, através de Resoluções Normativas. A Resolução Normativa vigente que rege o mercado de energia elétrica, N° 414 de 15/09/2010, apresenta algumas

modificações em relação a anterior (Nº 456 de 30/11 /2000). Algumas modificações ainda estão sendo implantadas, como por exemplo, a extinção da tarifa convencional, obrigando os consumidores nela inseridos, acima de 150 kW, a escolher uma nova modalidade tarifária até o final de 2014. As modificações nas legislações são as maiores dificuldades encontradas para a realização deste trabalho. O entendimento será essencial para realizar a gestão da fatura de energia elétrica, assim como indicar pontos de melhorias no consumo energético da empresa estudada, e, desta maneira, adotar diretrizes no sentido da redução desse insumo, gerando economia na fatura de energia elétrica e possibilitando a melhora do processo produtivo.

1.2.2 Questão do problema

Conhecer o contrato entre a empresa e a concessionária de energia elétrica, analisando se a empresa utiliza essa energia de acordo com as resoluções normativas.

Conhecer o processo produtivo da empresa, a fim de propor melhorias que resulte na conservação de energia.

Assim, analisar e definir qual a modalidade tarifária mais conveniente em termos de economia, definir a potência e o regime de eventual banco de capacitores para não incidir no adicional por baixo fator de potência, e adotar medidas para reduzir o consumo de energia elétrica, com a adoção de sistemas de iluminação mais apropriados, regime de funcionamento do sistema de refrigeração, e eventual substituição de motores de baixo rendimento e fator de potência.

1.2.3 Premissa

A partir dos conhecimentos em conservação de energia, sugere-se a otimização dos recursos energéticos, de maneira que se possa produzir de maneira eficiente, diminuindo os gastos com a fatura de energia elétrica.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo geral

Propor melhorias que resultem em eficiência energética, com o objetivo de reduzir os custos com energia elétrica, que impactam diretamente na produção.

1.3.2 Objetivos específicos

- ✓ Analisar a fatura de energia elétrica.
- ✓ Conhecer a normatização tarifária do setor elétrico.
- ✓ Verificar o fator de potência e propor a correção se for o caso.
- ✓ Estudar a viabilidade da utilização de aparelhos elétricos com melhor eficiência energética.

1.4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para elaboração deste trabalho, serão realizadas pesquisas em normas regulamentadoras, artigos técnicos e trabalhos de diplomação, visando conhecer o mercado de energia elétrica e a legislação vigente, buscando possíveis melhoras na forma de utilização de energia, possibilitando redução da fatura. Assim como a pesquisa de equipamentos elétricos com melhor rendimento.

O trabalho será desenvolvido a partir de visitas na empresa para o conhecimento da estrutura física e aparelhos existentes, coleta de documentos, como faturas de energia elétrica, relatórios de consumo ativo e reativo, e demandas, e na Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, para utilização de recursos bibliográficos, local de reunião dos componentes da equipe para discussão e elaboração do trabalho a partir dos dados coletados.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 REGULAMENTAÇÃO DO SETOR ELÉTRICO

Em dezembro de 1996, através da lei nº9427, foi criada a Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, vinculada ao Ministério de Minas e Energia – MME,

Art. 2º A Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL tem por finalidade regular e fiscalizar a produção, transmissão, distribuição e comercialização de energia elétrica, em conformidade com as políticas e diretrizes do governo federal. (BRASIL, Lei Nº 9.427 de 26 de dezembro de 1.996)

tendo como atribuição o constante no artigo 1º a seguir.

A ANEEL estabelece as condições gerais sobre o fornecimento de energia elétrica entre os distribuidores e consumidores através das resoluções normativas. A resolução normativa em vigor é a 414 de 15/09/2010, que substituiu a 456 de 29/11/2000, e traz algumas mudanças que serão apresentadas ao decorrer do trabalho.

2.1.1 Resolução normativa 414 de 15/09/2010

A resolução normativa Nº414 estabelece as disposições atualizadas e consolidadas, relativas às condições gerais de fornecimento de energia elétrica a serem observadas na prestação e utilização do serviço público de energia elétrica, tanto pelas concessionárias e permissionárias, quanto pelos consumidores.

Os consumidores são divididos em dois grupos: livres e cativos. Os consumidores livres podem comprar energia alternativamente da concessionária local ou do mercado livre; assim, o consumidor negocia diretamente com o produtor, o preço da energia. Estes pagam à concessionária somente pelo uso do sistema de distribuição. Já os cativos são aqueles que estão vinculados à concessionária que atende seu endereço, sendo os preços regulamentados pela ANEEL.

Ocorre também a divisão em grupos e subgrupos, de acordo com a tensão de fornecimento.

Grupo A: grupamento composto de unidades consumidoras com fornecimento em tensão igual ou superior a 2,3 kV, ou atendidas a partir de sistema subterrâneo de distribuição em tensão secundária, caracterizado pela tarifa binômia, e subdividido nos seguintes subgrupos:

- a) subgrupo A1 - tensão de fornecimento igual ou superior a 230 kV;
- b) subgrupo A2 - tensão de fornecimento de 88 kV a 138 kV;
- c) subgrupo A3 - tensão de fornecimento de 69 kV;
- d) subgrupo A3a - tensão de fornecimento de 30 kV a 44 kV;
- e) subgrupo A4 - tensão de fornecimento de 2,3 kV a 25 kV; e
- f) subgrupo AS - tensão de fornecimento inferior a 2,3 kV, a partir de sistema subterrâneo de distribuição.

Grupo B: grupamento composto de unidades consumidoras com fornecimento em tensão inferior a 2,3 kV, caracterizado pela tarifa monômia, e subdividido nos seguintes subgrupos:

- a) subgrupo B1 - residencial;
- b) subgrupo B2 - rural;
- c) subgrupo B3 - demais classes; e
- d) subgrupo B4 - iluminação pública.

A tarifa binômia, aplicada aos consumidores do grupo A, consiste na cobrança da energia consumida (kW/h), e também da demanda utilizada (kW). Já na tarifa monômia, somente é cobrado a energia consumida (kW/h).

Para os consumidores do grupo A, existem três modalidades tarifárias:

Tarifa convencional: a tarifa convencional é caracterizada por ser única para demanda de potência e consumo de energia;

Tarifa horossazonal: existe diferenciação das tarifas para diferentes horários, podendo ser dividida em dois grupos: verde e azul:

- tarifa horossazonal verde: é faturado um único valor para demanda, porém existe diferenciação da tarifa de energia consumida, em horário de ponta e fora de ponta; no horário de ponta, a tarifa de energia fica mais cara, visando racionalizar o consumo ao longo do dia; já no horário fora de ponta, a energia fica mais barata;

- tarifa horossazonal azul: além da tarifa de energia ser diferenciada ao longo do dia, também a demanda é diferenciada para os horários de ponta e fora de ponta.

Os consumidores devem seguir o quadro 1 para classificação da tarifa a ser aplicada.

Tensão de fornecimento	Demanda contratada	Tarifa
<69kW	<150kW	Convencional, verde ou azul
<69kW	≥150kW	Verde ou azul
≥69kW	Qualquer	Azul

Quadro 1 - Condições para enquadramento tarifário.

Fonte: Copel

A tarifa convencional possuía um limite de 300 kW de demanda máxima possível de ser contratada, durante a vigência da resolução 456/2000. Já na resolução 414/2010, este limite foi reduzido para 150 kW, com prazo de 12 meses para migração, e ainda põe fim à tarifa convencional em 2015, quando todos nela enquadrados terão que migrar para tarifa verde ou azul.

2.2 ILUMINAÇÃO: HISTÓRICO E TECNOLOGIAS

A construção da lâmpada incandescente aprimorada, em 1879, pelo norte americano Thomas Alva Edison, contribuiu de forma significativa para melhorar, entre outros, o ambiente de trabalho e os processos produtivos desde a revolução industrial. Era constituída basicamente de um filamento em um bulbo de vidro transparente, translúcido ou opaco sob a presença de vácuo ou gás inerte, evitando assim sua oxidação.

Segundo Mamede Filho (1995), fluxo luminoso *“é a potência de radiação emitida por uma fonte luminosa em todas as direções do espaço”*.

Alguns avanços, como a técnica da trifilação do tungstênio realizado em 1911, possibilitou a construção de filamento com um alto ponto de fusão, onde se permite emitir maior radiação, pois a radiação total (E) emitida é diretamente proporcional á quarta potência da temperatura (T) do radiador (lei de Stefan-Boltzmann).

$$E = \sigma T^4$$

Sendo, σ chamada de constante de Stefan-Boltzmann, e tem valor de $5,6697 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ K}^4$.

A lâmpada incandescente possui praticamente um circuito resistivo tendo seu fator de potência unitário; também como característica, apresenta ótimo índice de reprodução de cor (IRC), que é a capacidade que a lâmpada tem de reproduzir com fidelidade as cores, ideal para iluminação de locais de exposição onde se pretende evidenciar as cores. Segundo Moreira (1990) *“uma cor possui três atributos subjetivos que a caracterizam: matiz, saturação e luminância subjetiva”*.

Matiz é o que diferencia uma cor da outra; segundo Moreira (1990), *“é o atributo da sensação visual”*, ou seja, é o que determina a tonalidade da cor.

Saturação é o atributo que especifica o grau de pureza da cor, sendo que uma cor pura tem saturação de cem por cento, diminuindo quando se mistura com o branco, chegando ao branco puro com zero por cento.

“Luminância subjetiva é o atributo pelo qual um corpo parece mais ou menos luminoso que outro” - Moreira (1990). Ou seja, é o que o ser humano enxerga, e está relacionada com contraste; por exemplo: um objeto escuro (menor refletância) em

um fundo branco (maior refletância) cria um cenário com maior contraste, e pode ser observada a imagem com maior facilidade. E quando se comparam objetos com refletâncias próximas, ou seja, objetos de mesma cor, a visualização fica mais difícil, havendo a necessidade de uma maior quantidade de luz para melhor observação.

No entanto, este tipo de lâmpada é a que apresenta o pior rendimento que, segundo Mamede Filho (1995), tem *“eficiência luminosa média: 15 lm/W”*, sendo que a maior parte da energia consumida é transformada em calor. O fluxo luminoso diminui devido ao aumento da resistência do filamento, e possui vida útil baixa, se comparada com outros tipos de lâmpadas; segundo Mamede Filho (1995), *“para cada 10% de sobretensão, a sua vida útil reduz-se de 50%” - vida útil: entre 600 a 1.000 h*. Assim, esse modelo de lâmpada vem deixando de ser utilizado de modo geral, ficando cada vez mais restrito a aplicações específicas. *“Os diversos tipos de lâmpadas para aplicações específicas possuem características próprias de projeto para que melhor se adaptem a sua finalidade.”* Moreira (1990). Como exemplo, o painel de lâmpadas incandescentes para secagem de pintura em peças automotivas.

2.2.1 Lâmpadas de descarga

Nas últimas décadas outras tecnologias foram desenvolvidas, como as lâmpadas de descarga, que utilizam a condução de corrente elétrica em meio gasoso. *“As modernas lâmpadas de descarga são constituídas por um tubo contendo gases ou vapores, através dos quais se estabelece o arco elétrico. Os gases mais utilizados são o argônio, o neônio, o xenônio, o hélio ou criptônio, e os vapores de mercúrio e sódio, muitas vezes com alguns aditivos”*. - Moreira (1990). Em seu interior, a pressão pode variar; assim, podem-se classificar lâmpadas de baixa, média e alta pressão, dependendo de quantas atmosferas atinge. Dependendo dessa classificação, as lâmpadas de descarga possuem suas características construtivas.

O bulbo nas lâmpadas de baixa pressão, onde se tem fração de atmosfera, e se trabalham com baixas temperaturas, normalmente é constituído de vidro, diferentemente nas lâmpadas de alta pressão, onde se podem ter dezenas de

atmosferas, e se trabalham com temperaturas elevadas, o bulbo é constituído de quartzo ou outros tipos de materiais especiais, como cerâmica transparente, por exemplo.

Na construção dos eletrodos, são utilizados materiais como tungstênio, níquel, nióbio, e podem ser recapados com materiais que tem características de serem emissores de elétrons, como óxidos de bário ou estrôncio. Outra característica dos eletrodos nessas lâmpadas, é que trabalham com baixas temperaturas, e são ditas lâmpadas de catodo frio; em outras, onde se aquecem até ficarem incandescentes, são ditas lâmpadas de catodo quente. Os eletrodos das lâmpadas de descarga têm o desgaste acentuado na fase de ignição, ação que se deve evitar, a fim de aumentar a vida da lâmpada.

Esse tipo de lâmpada normalmente necessita de reator para estabilizar a intensidade de corrente no arco, e deve atender a normas técnicas específicas na sua característica de construção.

As lâmpadas fluorescentes trabalham com descarga de baixa pressão, possuem cátodos frios ou quentes. Emitem pouco calor, contribuindo para a climatização do ambiente e apresentam um bom rendimento e baixo consumo de energia elétrica, segundo Mamede Filho (1995): *“apresentam uma elevada eficiência luminosa, compreendida entre 40 a 80 lm/W, e vida útil entre 7.500 a 12.000 h de operação”*.

O princípio de funcionamento das lâmpadas fluorescentes é descrito por Moreira (1990): *“nas lâmpadas fluorescentes, procura-se obter o máximo de radiações ultravioleta (253,7 nm), que serão transformadas em luz visível pela camada fluorescente que recobre o bulbo.”* Esse tipo de lâmpada é muito utilizado em áreas de trabalho, como escritórios, onde gera luminância ideal ao desenvolvimento das atividades produtivas; segundo Da Costa (2006): *“grande é o efeito psicológico das luminâncias no indivíduo. Quando o homem vê, compara luminâncias. Quando compara luminâncias, pode ficar eufórico ou triste, estimulado ou abatido.”*

A definição de luminância, segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), é *“o limite da relação entre a intensidade luminosa com a qual irradia em uma direção determinada, uma superfície elementar contendo um ponto dado e a área aparente dessa superfície para uma direção considerada, quando essa área tende para zero”*.

As lâmpadas de descarga de alta pressão, muito utilizadas para iluminação em locais como barracões, iluminação de pátios e ruas, normalmente necessitam de acessórios como reatores, ignitores, capacitores (figura 1); isso eleva o consumo de energia elétrica. A corrente de partida das lâmpadas de alta pressão, dependendo do modelo, pode ser entre 20% a 90% maior que a corrente nominal, dependendo do modelo, e são sensíveis à variação de tensão; quando isso acontece, a lâmpada desliga, e é necessário esperar seu resfriamento para que seja religada.



Figura 1 - Conjunto reator, capacitor e ignitor para lâmpadas de vapor metálico.
Fonte: Autores

2.2.2 Diodo emissor de luz

A tecnologia mais recente são as lâmpadas de LED, o diodo emissor de luz (do inglês “*Light Emitting Diode*” abreviatura de LED): é feito de material semicondutor, constituído de uma junção PN, possui dois terminais, ânodo (A) e cátodo (K), que ao serem polarizados diretamente, emitem luz visível; este fenômeno é chamado de eletroluminescência. A forma da dopagem dos LED's,

assim como seu encapsulamento, variou nos últimos anos de forma que houve um grande aumento na potência de saída e no fluxo luminoso. Segundo Leludak (2013) *“a partir da década de 1990 a tecnologia utilizada para produção de LED’s com eficiência luminosa superiores a 100 lm/W passou a ser por Metalorganic Chemical Vapor Deposition (Deposição Química Vaporosa de compostos orgânicos)”*.

Assim, fabricantes de lâmpadas de LED conseguiram fazer produtos capazes de substituir as tradicionais lâmpadas de forma competitiva, pois apresentam excelente rendimento, baixo consumo de energia elétrica, longa vida útil, possuem grande variação de cores, construídas em diferentes tamanhos e formatos, são muito versáteis, o que facilita sua aplicação. Cada vez mais a tecnologia LED vem se desenvolvendo e ganhando mercado, mostrando ser a tendência da iluminação mundial para os próximos anos.

2.2.3 Módulo de luz de LED Acrich2

Desenvolvido por uma empresa asiática, a tecnologia Acrich2 constitui-se de um módulo agrupado de LED’s, e circuito integrado em uma pequena estrutura, como mostra a figura 2, produzindo uma potente lâmpada com grande emitância; Mamede Filho (1995) define emitância como sendo *“a quantidade de fluxo luminoso emitido por uma fonte superficial por unidade de área; sua unidade é expressa em lm/m²”*.

O módulo possui alto rendimento em lúmens por Watt, e fator de potência maior que 95% (figura 3).

Outra vantagem dessa tecnologia é permitir a ligação diretamente na rede de energia elétrica de corrente alternada (AC) de 127 ou 220 V, dependendo da sua construção, dispensando o uso de *driver’s*, reatores ou conversores, normalmente utilizados nas lâmpadas convencionalmente comercializadas, aumentando assim a vida útil do módulo de LED. Outro fato importante é que, por ter um tamanho reduzido, facilita sua utilização em diversos locais e adaptação em luminárias já instaladas com outro tipo de lâmpada.

A dissipação de calor é imprescindível na vida útil do LED, sendo que para o módulo de LED Acrich2, a indicação do fabricante é para que ele trabalhe no máximo com 68°C; isso permite uma durabilidade de aproximadamente 40.000 h.

Essa tecnologia também é utilizada por uma empresa fabricante desse módulo situada no município de Pinhais-PR, através de uma parceria com a empresa desenvolvedora dos módulos de LED Acrich2.

São montados módulos com uma gama variada de 4, 8, 7, 13 e 17 W de potência, possibilitando sua aplicação em diversos segmentos.



Figura 2 - Módulo circular.
Fonte: Fabricante

Parâmetro	Símbolo	Valor	Unidade
Fluxo luminoso	ψ	1300 a 3200 Kelvin 1000 a 6300 Kelvin	lm
Temperatura de cor	TC	3200/6300	K
Índice de Reprodução de Cores	IRC	>80	%
Corrente nominal	I	59 mA - 220 V 102 mA - 127 V	mA
Potência	P	13	W
Frequência	F	50/60	Hz
Ângulo de abertura	θ	120	° (graus)
Tensão (não é bivolt)	E	127 ou 220 (não é bivolt)	V

Figura 3 - Dados técnicos do módulo circular.
Fonte: Fabricante

2.3 COMPARAÇÃO ENTRE MOTORES STANDARD E DE ALTO RENDIMENTO

Os motores elétricos são, basicamente, conversores eletromecânicos que, baseado em princípios eletromagnéticos, convertem energia elétrica em energia mecânica.

Segundo Reis (2001), “os motores elétricos podem ser de corrente contínua CC, síncronos, ou de indução CA”. Os motores assíncronos de indução CA são os mais utilizados em aplicações comerciais e industriais (trifásicos) onde a prioridade é baixo custo e confiabilidade, pois combinam as vantagens da utilização de energia elétrica - baixo custo, facilidade de transporte, limpeza e simplicidade de comando - com sua construção simples, custo reduzido, grande versatilidade de adaptação às cargas dos mais diversos tipos e melhores rendimentos (Catálogo WEG).

Os motores assíncronos de indução são compostos fundamentalmente por rotor e estator.

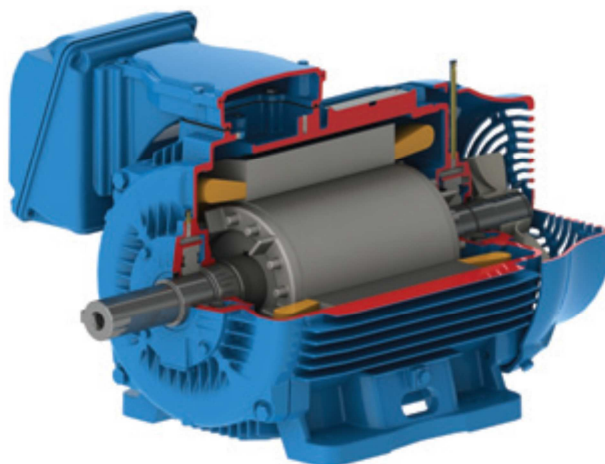


Figura 4 - Motor de indução.
Fonte: WEG.

Como pode ser visto na figura 4, o estator é formado por carcaça, enrolamentos, núcleo de chapas de aço magnético. O rotor é formado pelo eixo, núcleo de chapas de aço magnético, barras e anéis em curto-circuito. As outras partes que completam o motor são: tampa, caixa de ligações, ventilador, tampa defletora, terminais e rolamentos.

Como em toda conversão de energia, no funcionamento do motor elétrico também temos que considerar as perdas. Segundo Reis (2001), *“os motores de indução comuns têm uma eficiência de 73% para 0,75 kW e até 93% para 112 kW; as perdas em um motor ocorrem principalmente na condução de corrente elétrica, no núcleo, no atrito e aeração, e nas perdas por dispersão”*, como se pode observar no gráfico 1.

As perdas de condução elétrica se caracterizam como perdas por efeito Joule, que são as perdas nos enrolamentos em cobre ou em alumínio do rotor e do estator, pela passagem de corrente elétrica pelos mesmos.

As perdas no núcleo são constituídas pelas perdas por histerese e Foucault.

As perdas por atrito ocorrem nos rolamentos do motor, e por aeração devido ao arraste aerodinâmico provocado pela geometria do rotor e também pelo ventilador instalado na ponta do eixo.

As perdas por dispersão são todas as que não foram classificadas e normalmente aumentam com o carregamento do motor.

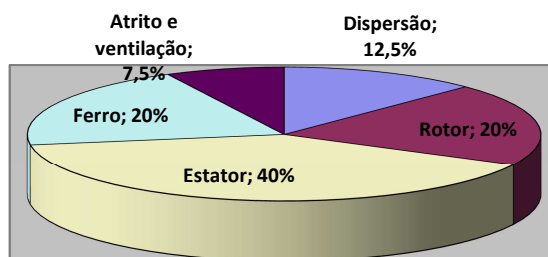


Gráfico 1 - Perdas em um motor de indução
Fonte: Adaptado do Guia Técnico Procel – Motor de alto Rendimento

A potência elétrica absorvida da rede menos as perdas resultam na potência mecânica disponível no eixo do motor. O rendimento (η) é calculado pela relação entre a potência mecânica e a potência elétrica.

$$\eta(\%) = (Potencia\ mecânica(kW)) / (Potencia\ elétrica(kW)) \times 100$$

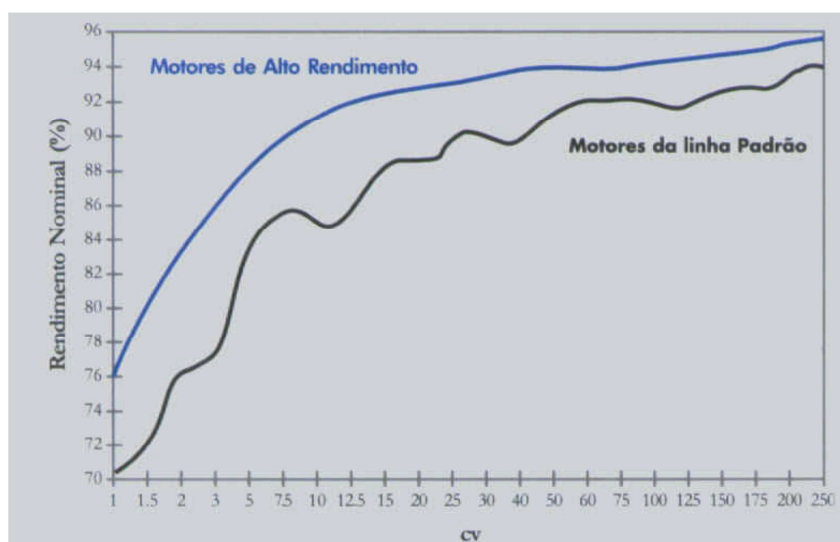


Gráfico 2 - Rendimento nominal para motores de alto rendimento e standard, 4 polos e categoria N.
Fonte: WEG.

No gráfico 2 destaca-se na curva de rendimento para motores de alto rendimento e padrão, que a maior diferença de economia está nos motores de pequeno porte, e estes motores correspondem à maior parte dos motores instalados nos setores industrial e comercial.

Segundo dados da Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica (Abinee), no setor industrial os motores elétricos são responsáveis por até 70% do

consumo de energia elétrica, tornando-se imprescindível a utilização de motores mais eficientes.

A empresa em estudo possui vários equipamentos acionados por motores elétricos; entre eles, estão os motores utilizados nos elevadores, ventiladores, exaustores, compressores e bombas de água.

A substituição dos motores elétricos antigos tipo *standard* por motores novos com maior eficiência, tem trazido ganho em eficiência energética. Segundo Sá (2010), “a adoção de motores elétricos com alto rendimento proporciona uma economia de 2% a 8% de energia elétrica”. Os motores antigos possuem rendimento inferior aos motores elétricos de alto rendimento. Para definir os motores que representam potencial economia na substituição, é necessário conhecer as características de funcionamento no regime de operação e as especificações técnicas dos equipamentos (catálogo WEG).

Os motores de alto rendimento têm perdas entre 10% e 40% menores que os motores tipos *standard* disponíveis no mercado, e devem atender à norma ABNT NBR 17094:2012, que estabelece níveis mínimos de rendimento que devem ser apresentados por motores designados como de alto rendimento pelo fabricante.

No aspecto construtivo, os motores de alto rendimento possuem mais cobre nos enrolamentos, chapas magnéticas de melhor qualidade, ventiladores otimizados, rolamentos especiais com menor coeficiente de atrito, tolerâncias mecânicas melhores, resultando na redução das perdas, elevação do rendimento e também em um custo cerca de 30% maior.

2.4 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM SISTEMAS DE AR COMPRIMIDO

Segundo Mathias (2014) é possível se obter economia de energia em um sistema de ar comprimido através de medidas, tais como a operação com compressores de ar mais eficientes, minimização de perdas de carga na rede de ar comprimido, instalação de diferentes níveis de pressão em redes separadas, instalação dos compressores mais próximos dos locais de consumo, redução de vazamentos, utilização da capacidade adequada para os reservatórios de ar comprimido, instalação de sistemas de controle e ajuste da pressão e da vazão do

ar comprimido às reais necessidades da produção. Segundo Shoepes (1992), *“adequar a ventilação na sala dos compressores, desligar saídas de ar comprimido que não estão em uso, otimizar a programação da limpeza e substituição de filtros de ar, são medidas essenciais para reduzir perda e manter o sistema de ar comprimido mais eficiente”*.

Todos os sistemas de ar comprimido têm vazamentos e são comuns perdas de até 40% de todo o ar comprimido produzido. Portanto, identificar, eliminar e reduzir os vazamentos de ar comprimido são maneiras mais simples e eficientes de economizar a energia necessária para a compressão. Válvulas, tubos, mangueiras e conexões mal vedadas, corroídas, furadas, e sem manutenção, são responsáveis por vazamentos de enormes proporções num sistema pneumático (Manual de Ar Comprimido – Metalplan). Embora na prática seja impossível eliminar totalmente os vazamentos de um sistema, estes não devem exceder 5% da capacidade instalada. Os vazamentos de ar são proporcionais ao quadrado do diâmetro do furo, e aumentam com a elevação da pressão do sistema.

De maneira geral, o percentual aceitável de vazamento se enquadra nas seguintes faixas, de acordo com a idade e a conservação do sistema de ar comprimido (ROCHA; MONTEIRO, 2005):

- instalações com até 7 anos de idade e em bom estado de conservação: não superior a 5%;
- instalações com até 7 anos e em estado precário: de 5% a 10%;
- instalações de 7 a 15 anos e em estado regular: de 10% a 15%;
- instalações de 7 a 15 anos e em estado precário: de 15% a 20%;
- instalações com mais de 15 anos e em estado precário: superior a 20%.

Diferentemente de uma ferramenta pneumática, que em média opera somente 40% a 50% do tempo, um vazamento consome ar continuamente. Um orifício, conseqüentemente, consome cerca do dobro da energia de uma ferramenta que utilize a mesma pressão de ar comprimido.

A elevação da temperatura ambiente também é um fator a se considerar, pois diminui a densidade do ar, provocando uma redução da massa aspirada pelo compressor. Em conseqüência, a eficiência do compressor fica comprometida. Admite-se que uma redução de 3°C na temperatura de admissão do ar ambiente pelo compressor, implica numa economia de energia de 1%.

3 PROCEDIMENTOS

O desenvolvimento do trabalho foi dividido em três partes. A primeira consiste em analisar as faturas de energia elétrica, onde é possível extrair informações que possibilitam definir a melhor opção tarifária, o melhor valor de demanda a ser contratado, entre outros. Na segunda é apresentada a análise do fator de potência, e a possível economia com sua correção. A terceira parte consiste em melhorias na eficiência dos equipamentos instalados na empresa, resultando em diminuição do consumo de energia elétrica.

3.1 ANÁLISE DE FATURAS

Para realização deste trabalho de conclusão de curso, foram analisadas as faturas de energia elétrica de uma concessionária de veículos instalada no município de Curitiba. A empresa possui 78 funcionários, divididos nos setores de venda de veículos, novos e usados, setor de peças, e no pós-vendas, que engloba a oficina mecânica e o setor de pintura. O horário de funcionamento é das 08 às 18 h, com exceção do setor de vendas de veículos, que encerra o expediente às 19 h.

A empresa está na modalidade tarifária horossazonal verde, e, a seguir é apresentado um resumo das faturas de 2013 e até maio de 2014 (tabelas 1 e 2). Também foram feitas simulações na modalidade convencional (tabelas 5 e 6), e horossazonal azul (tabelas 3 e 4). Os valores da demanda contratada, considerados para as simulações, são os mesmos contratados na opção tarifária atual. Para a simulação na tarifa horossazonal azul, foi utilizada o valor de demanda contratada de 100 kW.

Tabela 1 - Resumo tarifa verde 2013.

TABELA DE TARIFA VERDE - ANO: 2.013													
		Demanda (kW)				Consumo (kWh)			Fator de Carga (%)	Custo Unitário (R\$/kWh)	Custo (R\$/mês)		
		Contrato	Medida	Faturada		Excedente e Reativo	Medido	Excedente Reativo			Energia Especial Ponta	Parcial	Custo Total
				s/ ICMS	c/ ICMS								
Jan.	Fora	140	157,8	0,0	157,8	4,5	27.802	807	0,0	26,53	0,3385	9.411,40	
	Ponta		91,5										0,0
Fev.	Fora	140	141,3	0,0	141,3	5,1	24.073	467	0,0	25,66	0,2963	7.132,03	
	Ponta		65,1										0,0
Mar.	Fora	140	117,1	22,9	117,1	0,0	20.546	340	0,0	26,43	0,2625	5.392,95	
	Ponta		94,3										0,0
Abr.	Fora	140	116,1	23,9	116,1	0,0	16.780	138	0,0	21,76	0,2726	4.574,34	
	Ponta		106,7										0,0
Mai.	Fora	140	111,4	28,6	111,4	0,0	20.329	196	0,0	27,49	0,2611	5.307,53	
	Ponta		103,7										0,0
Jun.	Fora	140	72,8	67,2	72,8	0,0	16.093	19	0,0	33,29	0,2665	4.289,31	
	Ponta		63,2										0,0
Jul.	Fora	140	78,3	61,7	78,3	0,0	15.656	0	0,0	30,11	0,2646	4.142,21	
	Ponta		60,6										0,0
Ago.	Fora	140	130,3	9,7	130,3	0,0	17.647	0	0,0	20,40	0,2928	5.166,52	
	Ponta		60,8										0,0
Set.	Fora	140	101,9	38,1	101,9	0,0	17.471	0	0,0	25,81	0,2925	5.109,50	
	Ponta		64,0										0,0
Out.	Fora	140	83,0	57,0	83,0	0,0	17.483	41	0,0	31,71	0,2910	5.088,11	
	Ponta		71,2										0,0
Nov.	Fora	140	87,8	52,2	87,8	0,0	19.856	154	0,0	34,07	0,2816	5.590,84	
	Ponta		65,9										0,0
Dez.	Fora	140	121,6	18,4	121,6	0,0	21.603	204	0,0	26,75	0,2817	6.084,82	
	Ponta		64,7										0,0
Média	Fora	140	110	20	110	1	19.612	197	0	26,86	0,2835	5.607,46	
	Ponta		76										0

Fonte: Adaptado Copel.

Tabela 2 - Resumo tarifa verde 2014.

TABELA DE TARIFA VERDE - ANO: 2.014													
		Demanda (kW)				Consumo (kWh)			Fator de Carga (%)	Custo Unitário (R\$/kWh)	Custo (R\$/mês)		
		Contrato	Medida	Faturada		Excedente e Reativo	Medido	Excedente Reativo			Energia Especial Ponta	Parcial	Custo Total
				s/ ICMS	c/ ICMS								
Jan.	Fora	140	144,3	0,0	144,3	1,7	28.305	819	0,0	29,61	0,2750	7.801,52	
	Ponta		104,5										0,0
Fev.	Fora	140	172,0	0,0	172	3,3	33.180	844	0,0	29,05	0,2927	9.711,42	
	Ponta		113,2										0,0
Mar.	Fora	140	188,4	0,0	188	3,8	27.758	788	0,0	24,82	0,3021	8.384,84	
	Ponta		107,0										0,0
Abr.	Fora	140	147,4	0,0	147,4	0,0	21.532	593	0,0	22,00	0,2956	8.364,13	
	Ponta		113,0										0,0
Mai.	Fora	140	137,0	3,0	137	0,3	18.718	174	0,0	18,38	0,2998	5.012,00	
	Ponta		114,1										0,0
Jun.	Fora												
	Ponta												
Jul.	Fora												
	Ponta												
Ago.	Fora												
	Ponta												
Set.	Fora												
	Ponta												
Out.	Fora												
	Ponta												
Nov.	Fora												
	Ponta												
Dez.	Fora												
	Ponta												
Média	Fora	140	154	4	154	2	25.511	587	0	24,98	0,2930	7.454,80	
	Ponta		111										0

Fonte: Adaptado Copel

Nas tabelas 1 e 2 foram inseridos os dados das faturas de energia entregues pela concessionária de energia em uma planilha desenvolvida em Excel. Esta planilha apresenta as informações de vários meses facilitando a visualização das diferenças de consumo ao longo dos meses. Nela estão os dados de demanda contratada, demanda medida, demanda faturada com e sem ICMS (imposto sobre circulação de mercadorias e serviços) visto que sobre a demanda não utilizada não incide o referido imposto. Também apresenta a demanda e consumo reativo, destacados em vermelho. As tabelas também apresentam o fator de carga (%), dado que informa se a energia está sendo usada de forma racional, sendo a razão entre a demanda média e máxima registrada no período. Ao final mostram-se os custos unitário por kW/h e total na ponta e fora de ponta, e o custo total da fatura mensal de energia. Nas últimas duas linhas apresenta a média dos valores registrados no ano.

Nas tabelas 3 e 4 são apresentadas as simulações nas modalidades tarifárias azul e convencional.

Tabela 3 - Simulação tarifa azul 2013.

TABELA DE TARIFA AZUL - ANO: 2.013													
		Demanda (kW)					Consumo (kWh)			Fator de Carga (%)	Custo Unitário (R\$/kWh)	Custo (R\$/mês)	
		Contrato	Medida	Faturada		Excedente Reativo	Medido	Excedente Reativo	Energia Especial Ponta			Parcial	Custo Total
				s/ ICMS	c/ ICMS								
Jan.	Fora	140	157,8	0,0	157,8	4,5	27.802	807	0	45,76	0,34	9.411,40	12.380,88
	Ponta	100	91,5	8,5	91,5	0,0	942	1	0	15,60	3,15	2.969,48	
Fev.	Fora	140	141,3	0,0	141,3	5,1	24.073	467	0	25,66	0,30	7.132,03	9.191,72
	Ponta	100	65,1		65,1	0,0	840	0	0	19,54	2,45	2.059,69	
Mar.	Fora	140	117,1	22,9	117,1	0,0	20.546	340	0	26,43	0,26	5.392,95	8.627,97
	Ponta	100	94,3	5,7	94,3	0,0	1.620	9	0	26,04	2,00	3.235,02	
Abr.	Fora	140	116,1	23,9	116,1	0,0	16.780	138	0	21,76	0,27	4.574,34	8.332,66
	Ponta	100	106,6	0,0	106,6	0,0	1.461	0	0	20,77	2,57	3.758,32	
Mai.	Fora	140	111,4	28,6	111,4	0,0	20.329	196	0	27,49	0,26	5.307,53	8.747,45
	Ponta	100	103,7	0,0	103,7	0,0	1.791	0	0	26,17	1,92	3.439,91	
Jun.	Fora	140	72,8	67,2	72,8	0,0	16.093	19	0	33,29	0,27	4.289,31	7.142,50
	Ponta	100	62,2	37,8	62,2	0,0	1.295	0	0	31,56	2,20	2.853,20	
Jul.	Fora	140	78,3	61,7	78,3	0,0	15.656	0	0	30,11	0,26	4.142,21	7.064,24
	Ponta	100	69,6	30,4	69,6	0,0	1.317	0	0	28,67	2,22	2.922,03	
Ago.	Fora	140	130,3	9,7	130,3	0,0	17.647	0	0	20,40	0,29	5.166,52	8.155,44
	Ponta	100	60,8	39,2	60,8	0,0	1.710	0	0	42,61	1,75	2.988,92	
Set.	Fora	140	101,9	38,1	101,9	0,0	17.471	0	0	25,81	0,29	5.109,50	8.091,35
	Ponta	100	64,0	36,0	64,0	0,0	1.617	0	0	38,31	1,84	2.981,86	
Out.	Fora	140	83,0	57,0	83,0	0,0	17.483	41	0	31,71	0,29	5.088,11	8.178,65
	Ponta	100	71,2	28,8	71,2	0,0	1.755	0	0	37,33	1,76	3.090,54	
Nov.	Fora	140	87,8	52,2	87,8	0,0	19.856	154	0	34,07	0,28	5.590,84	8.561,18
	Ponta	100	65,9	34,1	65,9	0,0	1.535	4	0	35,28	1,94	2.970,34	
Dez.	Fora	140	121,6	18,4	121,6	0,0	21.603	204	0	26,75	0,28	6.084,82	8.859,89
	Ponta	100	64,7	35,3	64,7	0,0	1.015	0	0	23,75	2,73	2.775,07	
Média	Fora	140	110	32	110	10	19.612	197	0	26,86	0,2835	5.607,46	8.611,16
	Ponta	100	77	0	77	0	1.408	1	0	27,84	2,2115	3.003,70	

Fonte: Adaptado Copel.

Tabela 4 - Simulação tarifa azul 2014.

TABELA DE TARIFA AZUL - ANO: 2014													
		Demanda (kW)				Consumo (kWh)			Fator de Carga (%)	Custo Unitário (R\$/kWh)	Custo (R\$/mês)		
		Contrato	Medida	Faturada		Excedente Reativo	Medido	Excedente Reativo			Energia Especial Ponta	Parcial	Custo Total
				s/ ICMS	c/ ICMS								
Jan.	Fois	140	144,3	0,0	144,3	1,7	25.305	619	0	40,86	0,28	7.601,52	11.088,20
	Ponta	100	104,5	0,0	104,5	0,0	1.285	13	0	18,03	2,50	3.280,00	
Fev.	Fois	140	172,0	0,0	172,0	3,9	33.180	844	0	20,05	0,20	6.711,42	14.017,00
	Ponta	100	113,2	0,0	113,2	0,0	1.462	21	0	19,84	2,91	4.305,59	
Mar.	Fois	140	188,4	0,0	188,4	3,8	27.758	789	0	24,82	0,30	6.364,84	12.174,56
	Ponta	100	107,0	0,0	107,0	0,0	1.443	19	0	20,43	2,03	3.789,72	
Abr.	Fois	140	147,4	0,0	147,4	0,0	21.532	533	0	22,00	0,30	5.354,13	10.857,98
	Ponta	100	113,9	0,0	113,9	0,0	1.857	8	0	24,70	2,42	4.403,85	
Mai.	Fois	140	137,0	3,0	137,0	0,0	10.718	174	0	18,38	0,30	5.012,00	9.391,13
	Ponta	100	114,1	0,0	114,1	0,0	1.403	2	0	19,83	2,03	4.379,04	
Jun.	Fois												
Jul.	Fois												
Ago.	Fois												
Set.	Fois												
Out.	Fois												
Nov.	Fois												
Dez.	Fois												
Média	Fois	140	154	1	154	0	25.511	587	0	24,98	0,2930	7.454,80	11.505,78
	Ponta	100	111	0	111	0	1.512	12	0	20,73	2,6885	4.050,98	

Fonte: Adaptado Copel.

As tabelas 3 e 4 diferem das tabelas 1 e 2, pois na modalidade azul é faturada a demanda no horário de ponta. Para as simulações foi utilizada 100 kW de demanda contratada.

Tabela 5 - Simulação tarifa convencional 2013.

TABELA DE TARIFA CONVENCIONAL - ANO: 2013											
		Demanda (kW)				Consumo (kWh)		Fator de Carga (%)	Custo Unitário (R\$/kWh)	Custo Total (R\$/mês)	
		Contrato	Medida	Faturada		Excedente Reativo	Medido				Excedente Reativo
				s/ ICMS	c/ ICMS						
Jan.		140	157,8	0,0	157,8	4,5	28.744	808	24,95	0,4360	12.531,87
Fev.		140	141,3	0,0	141,3	5,1	24.913	467	24,15	0,4060	10.115,69
Mar.		140	117,1	22,9	117,1	0,0	22.166	349	25,93	0,4091	9.067,16
Abr.		140	116,1	23,9	116,1	0,0	18.241	138	21,52	0,4430	8.079,90
Mai.		140	111,4	28,6	111,4	0,0	22.120	196	27,20	0,4056	8.972,04
Jun.		140	72,8	67,2	72,8	0,0	17.388	19	32,72	0,4305	7.485,06
Jul.		140	78,3	61,7	78,3	0,0	16.973	0	29,69	0,4377	7.428,69
Ago.		140	130,3	9,7	130,3	0,0	19.357	0	20,35	0,4356	8.430,99
Set.		140	101,9	38,1	101,9	0,0	19.088	0	25,66	0,4258	8.128,06
Out.		140	83,0	57,0	83,0	0,0	19.238	41	31,75	0,4166	8.014,03
Nov.		140	87,8	52,2	87,8	0,0	21.391	158	33,37	0,4016	8.591,69
Dez.		140	121,6	18,4	121,6	0,0	22.618	204	25,48	0,4058	9.177,72
Média		140	110	32	110	1	21.020	198	28,79	0,4211	8.835,24

Fonte: Adaptado Copel.

Para as simulações na modalidade convencional, tabelas 5 e 6, foram utilizados os mesmos valores de demanda contratados na modalidade verde e azul. Os valores de consumo ponta e fora de ponta foram somados, visto que na modalidade convencional não existe esta diferenciação.

Tabela 6 - Simulação tarifa convencional 2014.

TABELA DE TARIFA CONVENCIONAL - ANO: 2.014										
	Demanda (kW)					Consumo (kWh)		Fator de Carga (%)	Custo Unitário (R\$/kWh)	Custo Total (R\$/mês)
	Contrato	Medida	Faturada		Excedente Reativo	Medido	Excedente Reativo			
			s/ ICMS	c/ ICMS						
Jan.	140	144,3	0	144	1,7	29.650	632	28,15	0,3799	11.264,70
Fev.	140	172,0	0	172	3,3	34.662	865	27,61	0,4355	15.094,54
Mar.	140	168,4	0	168	3,8	29.201	781	23,75	0,4622	13.496,49
Abr.	140	147,4	0	147	0,0	23.389	541	21,74	0,4366	10.210,89
Mai.	140	137,0	3	137	0,3	18.211	176	18,21	0,4539	8.266,20
Jun.										
Jul.										
Ago.										
Set.										
Out.										
Nov.										
Dez.										
Média	140	154	1	154	2	27.023	599	26,46	0,4336	11.666,56

Fonte: Adaptado Copel.

3.1.1 Comparação entre os sistemas tarifários

Com os valores consolidados dos custos com energia nos três sistemas de tarifação, apresentamos as comparações para a escolha da que representa o menor custo.

Tabela 7 - Comparação de custos das modalidades tarifárias 2013.

COMPARATIVO - CONVENCIONAL x AZUL x VERDE - ANO: 2013						
	Tarifa Convencional (R\$)	Tarifa Azul (R\$)	Tarifa verde (R\$)	Economia (Conv. - Azul) (R\$)	Economia (Conv. - Verde) (R\$)	Economia (Azul - Verde) (R\$)
Jan.	12.531,87	12.380,88	10.558,89	150,99	1.972,98	1.821,99
Fev.	10.115,69	9.191,72	8.079,38	923,96	2.036,31	1.112,35
Mar.	9.067,16	8.627,97	6.990,65	439,19	2.076,51	1.637,32
Abr.	8.079,90	8.332,66	6.013,59	-252,76	2.066,31	2.319,07
Mai.	8.972,04	8.747,45	7.071,87	224,59	1.900,17	1.675,58
Jun.	7.485,06	7.142,50	5.565,03	342,56	1.920,03	1.577,48
Jul.	7.428,69	7.064,24	5.439,60	364,45	1.989,09	1.624,64
Ago.	8.430,99	8.155,44	6.884,93	275,55	1.546,06	1.270,51
Set.	8.128,06	8.091,35	6.734,45	36,70	1.393,61	1.356,91
Out.	8.014,03	8.178,65	6.851,74	-164,62	1.162,29	1.326,91
Nov.	8.591,69	8.561,18	7.137,41	30,51	1.454,28	1.423,77
Dez.	9.177,72	8.859,89	7.104,81	317,84	2.072,91	1.755,08
TOTAL	106.022,88	103.333,93	84.432,33	2.688,95	21.590,55	18.901,59

Fonte: Adaptado Copel.

Tabela 8 - Comparação de custos das modalidades tarifárias 2014.

COMPARATIVO - CONVENCIONAL x AZUL x VERDE - ANO: 2014						
	Tarifa Convencional (R\$)	Tarifa Azul (R\$)	Tarifa verde (R\$)	Economia (Conv. - Azul) (R\$)	Economia (Conv. - Verde) (R\$)	Economia (Azul - Verde) (R\$)
Jan.	11.264,70	11.088,20	9.095,80	176,50	2.168,90	1.992,40
Fev.	15.094,54	14.017,00	11.205,48	1.077,54	3.889,06	2.811,52
Mar.	13.496,49	12.174,56	9.838,30	1.321,93	3.658,19	2.336,26
Abr.	10.210,89	10.857,98	8.231,95	-647,09	1.978,94	2.626,03
Mai.	8.266,20	9.391,13	6.512,85	-1.124,93	1.753,35	2.878,28
Jun.						
Jul.						
Ago.						
Set.						
Out.						
Nov.						
Dez.						
TOTAL	58.332,82	57.528,87	44.884,38	803,95	13.448,44	12.644,49

Fonte: Adaptado Copel.

Realizadas as simulações nas modalidades tarifárias, os resultados foram comparados nas tabelas 7 e 8. Constatou-se que a modalidade tarifária verde é a mais indicada para a empresa estudada. A economia optando pela tarifa verde em comparação com a convencional é de 21,32%, e em comparação com a tarifa azul, é de 19,61%. Isto se deve ao perfil de trabalho da empresa, que encerra suas atividades às 19 h, portanto trabalha apenas 1 h no horário de ponta, que começa às 18 h e encerra às 21 h, no horário normal (no de verão, das 19 às 22 h).

No caso de uma empresa que trabalha todo o horário de ponta a plena carga, poderia ocorrer da tarifa convencional ou azul ser a mais vantajosa. Muitos consumidores utilizam geração própria no horário de ponta. Assim, continuam sendo tarifados na modalidade verde. Neste caso, deve-se fazer um estudo do custo de aquisição do grupo gerador, custo de manutenção, e consumo de combustível para verificar em quanto tempo obter-se-ia o retorno do investimento.

A utilização de geração própria, no horário de ponta, não foi considerada para a empresa estudada, devido ao fato do consumo no horário de ponta ser pequeno, não justificando o investimento em um grupo gerador.

3.1.2 Análise da demanda ideal a ser contratada

Analisando o histórico de demandas medidas, nota-se uma grande diferença nos valores, dependendo da época do ano. Há um aumento nos meses de maior temperatura, quando o ar condicionado, um dos maiores consumidores de energia, funciona constantemente (a demanda faturada em fevereiro de 2014 foi 172 kW), e diminui no inverno, quando o ar condicionado é pouco utilizado (a demanda em junho de 2013 foi 72,8 kW). Na resolução normativa anterior 456/2000 era possível contratar valores diferentes de demanda a cada mês; porém, na resolução 414/2010 isto não é mais possível, sendo obrigatoriamente contratado um único valor de demanda.

Para descobrir o melhor valor de demanda a ser contratado, isto é, aquele que apresenta menores custos, foi desenvolvido um programa em Excel (tabela 9), que calcula diversos valores de demanda a ser contratada, e, como resultado, apresenta o valor de demanda ideal, que mescla o custo de demanda pago, porém não utilizado, e possíveis ultrapassagens do valor contratado, os quais geram multa.

Tabela 9 – Estudo da melhor demanda a ser contratada.

ESTUDO DE DEMANDA CONTRATADA															
Ano	Mês	Situação Atual							Situação Prevista						
		Demanda (kW)					Custos Excessivos (R\$/mês)		Demanda (kW)				Custos Excessivos (R\$/mês)		
		Medida	Contratada	Faturada	Não-Usada	Ultrap.	Não - Usada	Ultrap.	Contratada	Faturada	Não-Usada	Ultrap.	Não - Usada	Ultrap.	
2.013	jun.	72,8	140,0	140,0	67,2	0,0	554,78	0,00	140,8	140,8	68,0	0,0	561,38	0,00	
	jul.	78,3	140,0	140,0	61,7	0,0	509,37	0,00	140,8	140,8	62,5	0,0	515,98	0,00	
	ago.	130,3	140,0	140,0	9,7	0,0	80,08	0,00	140,8	140,8	10,5	0,0	86,68	0,00	
	set.	101,9	140,0	140,0	38,1	0,0	314,54	0,00	140,8	140,8	38,9	0,0	321,14	0,00	
	out.	83,0	140,0	140,0	57,0	0,0	470,57	0,00	140,8	140,8	57,8	0,0	477,17	0,00	
	nov.	87,8	140,0	140,0	52,2	0,0	430,94	0,00	140,8	140,8	53,0	0,0	437,55	0,00	
	dez.	121,6	140,0	140,0	18,4	0,0	151,90	0,00	140,8	140,8	19,2	0,0	158,51	0,00	
2.014	jan.	144,3	140,0	144,3	0,0	0,0	0,00	0,00	140,8	144,3	0,0	0,0	0,00	0,00	
	fev.	172,0	140,0	172,0	0,0	32,0	0,00	528,36	140,8	140,8	0,0	31,2	0,00	515,15	
	mar.	168,4	140,0	168,4	0,0	28,4	0,00	468,92	140,8	140,8	0,0	27,6	0,00	455,71	
	abr.	147,4	140,0	147,4	0,0	7,4	0,00	122,18	140,8	147,4	0,0	0,0	0,00	0,00	
	mai.	137,0	140,0	140,0	3,0	0,0	24,77	0,00	140,8	140,8	3,8	0,0	31,37	0,00	
TOTAL					307	68	2.536,95	1.119,46	TOTAL			314	59	2.589,78	970,86
Total Custo Excessivo (R\$/ano) :							3.656,41	Total Custo Excessivo (R\$/ano) :							3.560,64
CONCLUSÃO															
Calcular	Melhor Demanda Contratada Período Completo: 140,8 kW							Tarifas de Demanda (R\$): Fora de Ponta 8,26 Ultrapassagem 16,51 Tolerância 5%							
<i>Obs.: As tarifas de demanda já têm incluído os impostos.</i>															

Fonte: Adaptado Copel.

O valor encontrado como ideal foi de 140,8 kW; atualmente o valor contratado pela empresa analisada é de 140 kW. Isso demonstra que o valor contratado está correto, pois se tem uma faixa de tolerância para cima de 5% (resolução 414 da ANEEL), e se for diminuído, acarretará em maior custo devido a aumento das ultrapassagens da demanda. Do mesmo modo, se o valor contratado for aumentado, os custos com a demanda não utilizada subiram a ponto de superar uma possível economia resultante de não ocorrer ultrapassagem da demanda.

3.2 ANÁLISE DO FATOR DE POTÊNCIA

A maioria das cargas consome, além da energia ativa, a que realiza trabalho, e é medida em kWh, a energia reativa kVAh, que é utilizada para manter o campo magnético, do qual é necessário para seu funcionamento. Apesar de necessária, sua presença deve ser a menor possível, visto que ocupa espaço no sistema elétrico, que poderia estar sendo utilizada para transmitir energia ativa. O fator de potência é a indicação da eficiência do uso da energia; um alto fator de potência denota eficiência alta, e um baixo fator de potência denota eficiência baixa. O valor mínimo do fator de potência, que não implicará em cobrança adicional é de 0,92 indutivo no período das 06 h às 24 h, e de 0,92 capacitivo da 00 h às 06 horas (portaria 414 ANEEL). Quando o fator de potência fica abaixo do estabelecido, a distribuidora de energia fatura o adicional na conta do consumidor.

A seguir serão apresentados os gastos com o baixo fator de potência verificado nos anos de 2013 e 2014 (tabelas 10 e 11).

Tabela 10 - Gastos com baixo fator de potência no ano de 2013.

		TABELA DE MULTAS - FATOR DE POTÊNCIA - ANO: 2.013			
		EXCEDENTE REATIVO		EXCEDENTE REATIVO	
		Demanda (kW)	Consumo (kWh)	Demanda (R\$)	Consumo (R\$)
Jan.	Fora	4,5	807	47,01	199,60
	Ponta	0,0	1	0,00	0,25
Fev.	Fora	5,1	467	46,17	107,29
	Ponta	0,0	0	0,00	0,00
Mar.	Fora	0,0	340	0,00	68,65
	Ponta	0,0	9	0,00	1,82
Abr.	Fora	0,0	138	0,00	27,86
	Ponta	0,0	0	0,00	0,00
Mai.	Fora	0,0	196	0,00	39,57
	Ponta	0,0	0	0,00	0,00
Jun.	Fora	0,0	19	0,00	3,84
	Ponta	0,0	0	0,00	0,00
Jul.	Fora	0,0	0	0,00	0,00
	Ponta	0,0	0	0,00	0,00
Ago.	Fora	0,0	0	0,00	0,00
	Ponta	0,0	0	0,00	0,00
Set.	Fora	0,0	0	0,00	0,00
	Ponta	0,0	0	0,00	0,00
Out.	Fora	0,0	41	0,00	9,26
	Ponta	0,0	0	0,00	0,00
Nov.	Fora	0,0	154	0,00	34,80
	Ponta	0,0	4	0,00	4,02
Dez.	Fora	0,0	204	0,00	46,10
	Ponta	0,0	0	0,00	0,00
TOTAL	Fora	10	2.366	93,17	536,98
	Ponta	0	14	0,00	6,08
TOTAL		10	2.380,00	93,17	543,06

Fonte: Adaptado Copel.

Tabela 11 - Gastos com baixo fator de potência no ano 2014.

		TABELA DE MULTAS - FATOR DE POTÊNCIA - ANO: 2.014			
		EXCEDENTE REATIVO		EXCEDENTE REATIVO	
		Demanda (kW)	Consumo (kWh)	Demanda (R\$)	Consumo (R\$)
Jan.	Fora	1,7	619,0	14,35	139,88
	Ponta	0,0	13,0	0,00	2,94
Fev.	Fora	3,3	844,0	27,08	190,72
	Ponta	0,0	21,0	0,00	4,75
Mar.	Fora	3,8	766,0	31,12	173,09
	Ponta	0,0	14,8	0,00	3,34
Abr.	Fora	0,0	533,0	0,00	112,11
	Ponta	0,0	8,0	0,00	1,66
Mai.	Fora	0,3	174,0	2,15	36,58
	Ponta	0,0	2,0	0,00	0,40
Jun.	Fora				
	Ponta				
Jul.	Fora				
	Ponta				
Ago.	Fora				
	Ponta				
Set.	Fora				
	Ponta				
Out.	Fora				
	Ponta				
Nov.	Fora				
	Ponta				
Dez.	Fora				
	Ponta				
TOTAL	Fora	8,97	2936,00	74,70	652,38
	Ponta	0,00	58,80	0,00	13,09
TOTAL		8,97	2994,80	74,70	665,46

Fonte: Adaptado Copel.

O valor gasto com energia reativa devido ao baixo fator de potência no período analisado foi de R\$ 1.376,39. Para a correção do fator de potência, foram analisados os arquivos de medição disponibilizados na agência virtual da Copel. Estes arquivos chamados de “memória de massa” contêm os valores de demanda ativa integralizada em períodos de 15 min., e do fator de potência com medição a cada hora.

Para obter o valor de capacitores necessários para corrigir o fator de potência foi utilizada a seguinte fórmula:

$$N. C. = p * (\tan(\arcsen(fpmed)) - (\tan(\arcsen(fpdes))))$$

Onde:

-N.C. representa o valor em kVAr necessários para corrigir o fator de potência;

-p é a potência ativa medida (kW);

-fpmed é o fator de potência medido;

-fpdes é o fator de potência desejado.

Por exemplo: no dia 3 de janeiro de 2014 às 7h foram medidos 78,38 kW de demanda ativa, e o fator de potência de 0,8481. Aplicando a formula temos:

$$N. C. = 78,38 * (\tan(\arcsen(0,8481)) - (\tan(\arcsen(0,92))))$$

$$N. C. = 15,57 \text{ kVAr}$$

Neste horário são necessários 15,57 kVAr para corrigir o fator de potência para 0,92.

Os valores da memória de massa foram inseridos em uma planilha eletrônica que calcula a necessidade capacitiva ao longo do mês, e que também já informa os valores máximos necessários. Nos gráficos 3 e 4 estão representados os valores referentes à leitura do mês de janeiro de 2014, quando houve o maior consumo reativo, onde determinou-se os bancos de capacitores que deverão ser instalados para a correção do fator de potência para 92% e 95% respectivamente.

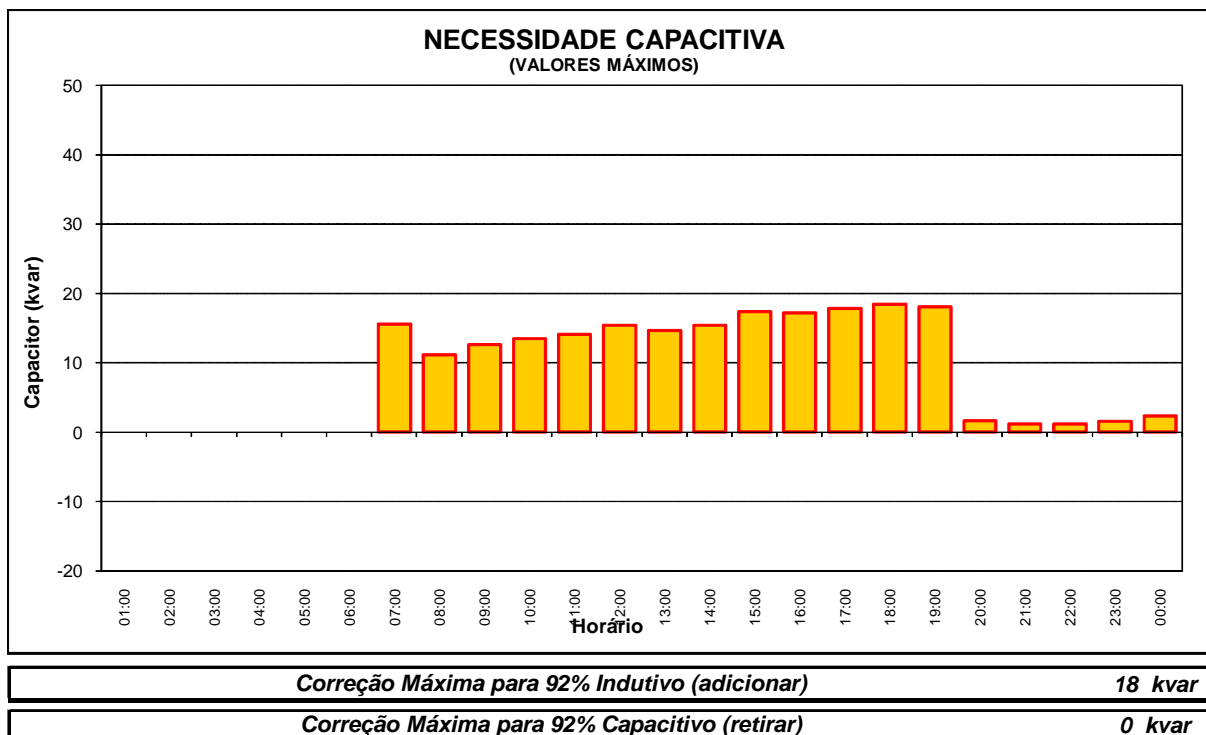


Gráfico 3 - Necessidade de capacitores para correção do fator de potência para 92%.
Fonte: Autores.

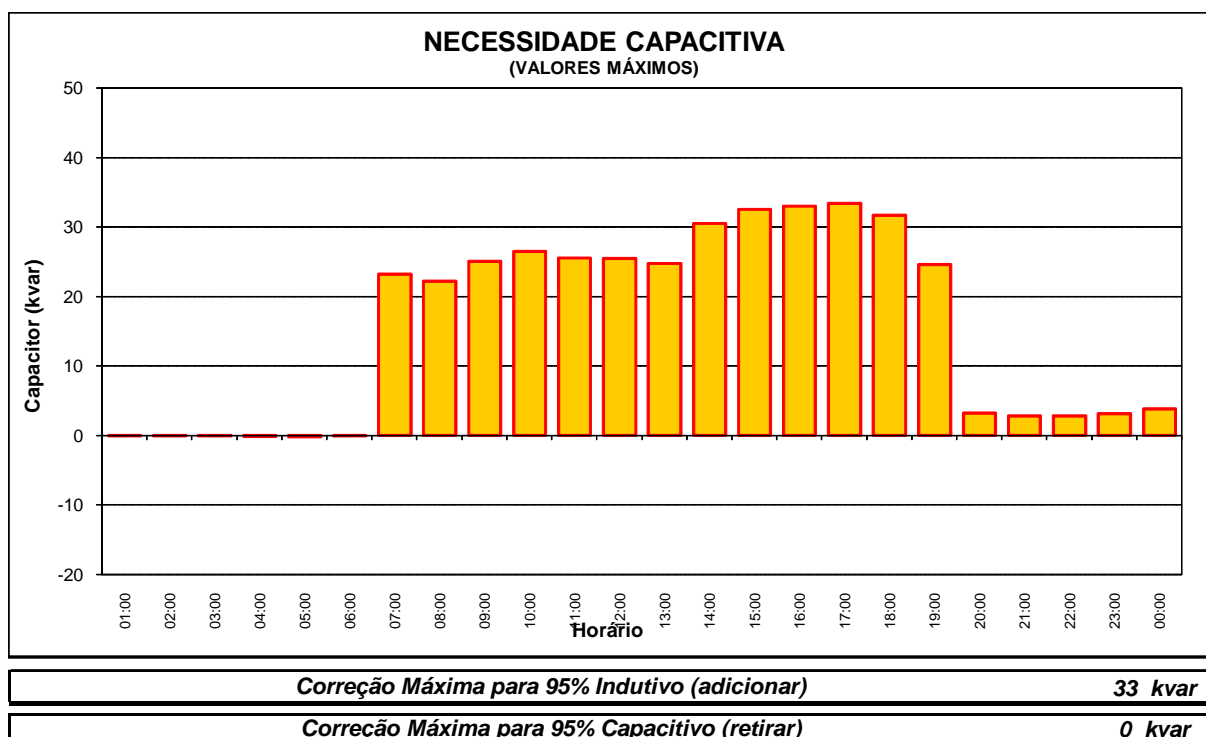


Gráfico 4 - Necessidade de capacitores para a correção do fator de potência para 95%.
Fonte: Autores.

Conclusão: para se evitar a incidência do adicional por baixo fator de potência, um banco de capacitores automático mínimo de 20 kVAr seria o necessário; ele poderá ser constituído de 4 unidades de 5 kVAr; porém possíveis oscilações no sistema podem ocorrer e o ideal é prover mais duas unidades de 5 kVAr, totalizando 30 kVAr, garantindo a não incidência do adicional no futuro; deverá ser automático composto por unidades de pequeno valor (5 kVAr), pois como o sistema de faturamento apropriado será o horossazonal verde, os capacitores deverão ser inseridos no sistema no período entre 6 e 24 h, para tornar o fator de potência superior aos 0,92 indutivo, e deverão ser retirados entre 24 e 6 h, para o sistema não ficar abaixo dos 0,92 capacitivo.

O custo de um banco de capacitores de 30 kVAr, incluindo painel, módulo de controle, contatores, disjuntor, cabos, capacitores e mão de obra de instalação foram orçados em R\$ 2.989,00. Considerando a média de consumo de reativos de janeiro de 2013 a maio de 2014, o retorno do investimento aplicando as tarifas vigentes (Resolução ANEEL 1.763 de 22 de julho de 2.014), dar-se ia em 30 meses, conforme pode ser visto no gráfico 05.

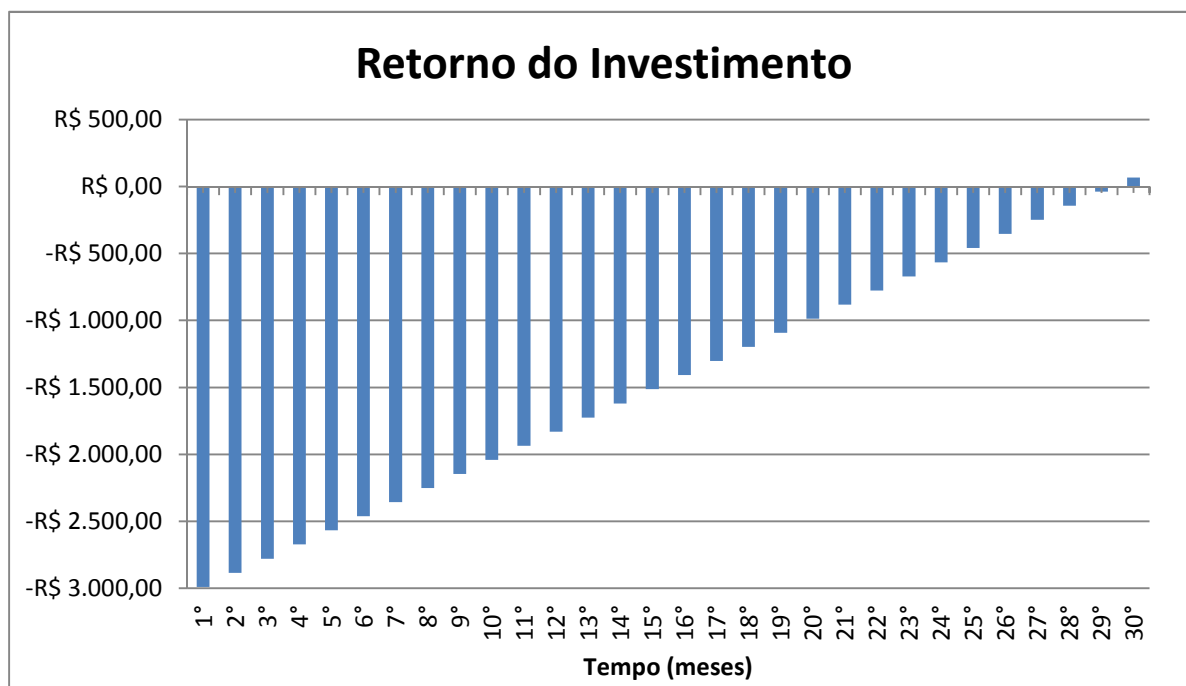


Gráfico 5 - Retorno do investimento em um banco de capacitores.
Fonte: Autores.

3.3 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Para análise da viabilidade de economia com a melhoria da eficiência energética, foi realizado um levantamento da carga instalada com valores nominais, possibilitando dividir em três tipos, conforme resumo mostrado no quadro 3. Estes foram estudados para verificar a viabilidade de alterações que resultassem em redução do consumo de energia elétrica.

Equipamento	Somatória da carga (kW)
Iluminação	40,5
Climatização	109,3
Motores	31,6

Quadro 2 - Resumo da carga instalada.

Fonte: Autores.

3.3.1 Análise do sistema de iluminação.

Através da realização do levantamento de carga da empresa, foi constatado que o sistema de iluminação consome grande quantidade de energia elétrica. Apesar da maioria dos ambientes da empresa utilizar luminárias com lâmpadas fluorescentes de baixa potência ativa que favorece a economia de energia, podemos encontrar também lâmpadas de vapor metálico de 250 W de potência.

Outro fator importante é o custo com a troca das lâmpadas de vapor metálico, que também depende da utilização de reator para seu funcionamento, o que, além de aumentar o consumo de energia elétrica, também é passível de defeito. Como as luminárias estão instaladas em local de difícil acesso devido à altura, é necessária a contratação de serviço terceirizado para reparos, como troca de lâmpadas e reatores.

3.3.1.1 Comparativo entre lâmpadas

Após pesquisa sobre os dados técnicos com valores nominais das lâmpadas, obtidos pelos fabricantes, foi montado uma tabela para facilitar a comparação entre as diferentes tecnologias construtivas das lâmpadas utilizadas na empresa, como mostram os quadros 3 e 4, considerando uma lâmpada ligada 07 h durante 22 dias.

Tecnologia	Incandescente	Fluorescente tubular	LED (Acrich2)
Potência	100 W (220 V)	20 W	13 W
Consumo	15,4 kWh/mês	3,08 kWh/mês	2 kWh/mês
Vida mediana	1000 h	7.500 h	40.000 h
Economia		80%	87%
Fluxo luminoso	1.350	1.100	1.300
Lúmem/watt	14	55	100
Índice reprodução de cor	100	66	> 80

Quadro 3 - Comparativo entre tecnologia de lâmpadas.

Fonte: Autores.

Tecnologia	Vapor Metálico	LED (6 módulos Acrich2)
Potência	250 W	78 W
Consumo	38,5 kWh/mês	12,01 kWh/mês
Vida mediana	20.000 h	40.000 h
Economia		68,8%
Fluxo luminoso	18.000	7.800
Lúmem/watt	72	100
Índice reprodução de cor	69	>80

Quadro 4 - Comparativo Vapor Metálico x LED (Acrich2).

Fonte: Autores / fabricante módulo Acrich2.

Comparando o módulo de LED Acrich2 com a lâmpada incandescente e as lâmpadas de descarga de baixa e de alta pressão, pode-se verificar que o módulo de LED possui a maior vida mediana, bom índice de reprodução de cor (IRC), e também é bastante eficiente tendo o maior índice de lúmem por Watt que é a razão entre o fluxo luminoso e a potência da lâmpada, e a menor potência (W) que é a unidade de medida contada pela unidade consumidora, o que reflete na economia de energia elétrica, principalmente quando comparada a tecnologia da lâmpada de LED com a lâmpada incandescente e a lâmpada de descarga de alta pressão.

3.3.1.2 Redução do consumo de energia com sistema de iluminação

A sugestão para reduzir o consumo de energia elétrica no sistema de iluminação e aumentar sua eficiência, seria a opção por substituir as lâmpadas de vapor metálico de alta descarga das luminárias do setor da oficina e pintura por módulos de LED Acrich2.

O quadro 5 mostra a redução no consumo de energia com a substituição das lâmpadas de alta descarga de vapor metálico por lâmpadas de LED das luminárias da oficina mecânica e setor de pintura, mencionando dados essenciais para obter os cálculos conclusivos.

Devido ao custo para instalação dos módulos de LED, não foi possível a realização de medidas obtidas na prática. Assim utilizou-se valores nominais das lâmpadas mencionados nos quadros 3 e 4, sendo que para potência unitária da lâmpada de vapor metálico houve um acréscimo de 28 W referente a perdas no reator conforme informações do fabricante, (Intral Indústria de Materiais Elétricos). Para determinar a quantidade de horas utilizada na ponta foi utilizado o calendário do ano de 2014. Para determinar a média da troca de lâmpadas por ano foi considerado a razão entre o número de lâmpadas e a vida útil das lâmpadas em anos, considerando que as lâmpadas ficam ligadas por 1.848 h ao ano.

Número de luminárias com lâmpadas vapor metálico de alta descarga no setor da oficina e pintura	31	
Horas de utilização das lâmpadas por dia	07	
Dias de utilização no mês (dias úteis)	22	
Horas de utilização no horário de ponta durante o ano	172	
Horas de utilização no horário fora da ponta durante o ano	1676	
Abaixo, valores praticados na fatura da empresa, com base referente a agosto/2014 (incluindo impostos)	(Valor unitário kWh)	
Tarifa de energia elétrica na ponta (TE)	R\$ 0,448209	
Tarifa de uso do sistema de distribuição na ponta (USD)	R\$ 0,732712	
Tarifa de energia elétrica fora da ponta (TE)	R\$ 0,267413	
Tarifa de uso do sistema de distribuição fora da ponta (USD)	R\$ 0,031668	
	Vapor metálico	Módulo LED
Vida mediana das lâmpadas em horas	20.000	40.000
Média de troca de lâmpadas por ano na oficina e pintura	2,86	1,43
Custo unitário de mão de obra para troca de lâmpada	R\$ 150,00	R\$ 150,00
Custo unitário de troca de lâmpada (peça)	R\$ 100,00	R\$ 690,00
Potência unitária (kW), (considerando lâmpada e também acessórios como reatores e fontes)	0,300	0,078
Potência (kWh) consumida no horário na ponta, em 1 ano	1.600	416
Potência (kWh) consumida no horário fora da ponta, em 1 ano	15.587	4.053
Gasto com energia no horário da ponta (TE + USD), em 1 ano	R\$1.889,48	R\$ 491,26
Gasto com energia no horário fora da ponta (TE + USD), em 1 ano	R\$ 4.661,77	R\$ 1.212,17
Gasto com manutenção e troca de lâmpadas, em 1 ano	R\$ 715,00	R\$ 1.201,20
Custo anual total com 31 luminárias (energia + manutenção)	R\$ 7.266,25	R\$ 2.904,63
Economia gerada com o uso das luminárias de LED Acrich2 em 1 ano.	R\$ 4.362,25	
Custo total para instalação de módulos de LED em 31 luminárias	R\$ 26.040,00	

Quadro 5 - Economia com instalação de lâmpadas LED.

Fonte: Autores

Após análise das informações do quadro 5, conclui-se que a economia gerada durante um ano, com a substituição das 31 lâmpadas de vapor metálico instaladas nas luminárias na oficina mecânica e setor de pintura, por módulos de LED Acrich2, é bastante satisfatória. O valor do investimento apesar de ser um valor considerável, em função do custo dos módulos de LED, seria totalmente pago em um prazo de aproximadamente 6,7 anos. Outro fator importante é a melhora da utilização do recurso energético.

3.3.2 Análise da eficiência de máquinas elétricas

No setor comercial o ar condicionado é um dos maiores consumidores de energia elétrica, sendo que a maior parcela de economia de energia nestes sistemas se deve a um dimensionamento correto durante a fase de projeto, inviabilizando qualquer alteração posterior.

As máquinas elétricas acionadas por motores elétricos são 2 compressores de ar, 15 exaustores, 13 elevadores para carros, 1 pressurizador de água, e uma bomba de água.

3.3.2.1 Motores Elétricos

A análise econômica aplicada a motores elétricos está relacionada com dois pontos de vistas diferentes: analisar viabilidade de substituição de motores sobre dimensionados por outro mais adequado, ou a substituição de motores tipos standard por outro de alto rendimento.

A adequação de motores sobredimensionados traz benefícios não somente no que se refere à economia de energia, bem como influencia na elevação do fator de potência da instalação, pois motores melhores dimensionados consomem menos reativos.

Em relação aos motores de alto rendimento, eles têm um custo inicial muito elevado, mas consomem menos energia, aumentam o fator de potência das instalações, diminuição do aquecimento e conseqüente aumento da vida útil do motor. Porém, para a escolha entre motores de alto rendimento e padrão, é necessário considerar vários fatores como economia de energia, custo de instalação, possíveis readequações nas instalações, conjugado da carga, regime de trabalho.

Motores com um número de horas de operação muito baixo, dificilmente serão trocados por motores de alto rendimento, como acontece com os elevadores para carros, exaustores, pressurizador de água e bomba de água.

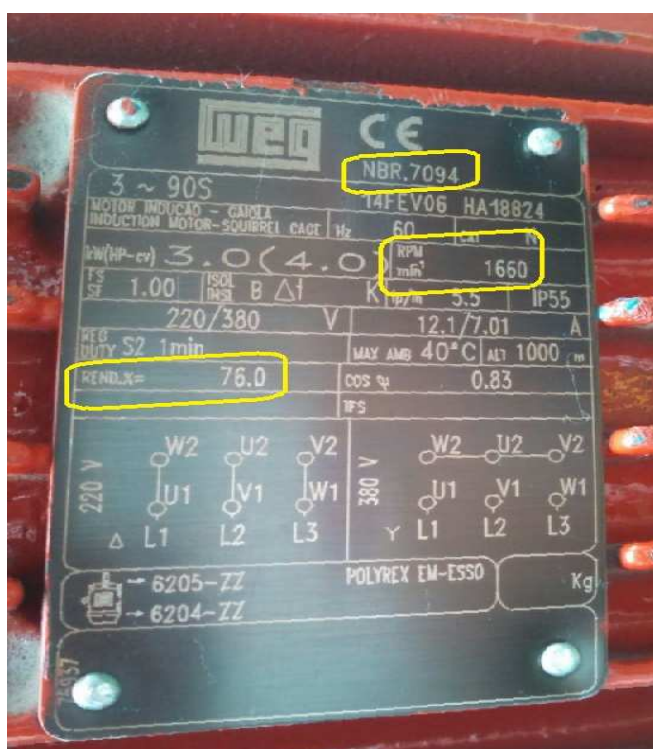


Figura 5 - Placa de dados técnicos dos motores dos elevadores.
Fonte: Autores.

Foram analisados como exemplo, os motores elétricos dos elevadores das estações de trabalho, que são acionados por motores elétricos trifásicos *standard* de 4 cv, com rendimento de 76%, como se pode observar na placa de dados técnicos dos motores desses elevadores mostrados na figura 5.

Conforme a NBR 17094 Máquinas elétricas girantes – Motores de indução – Especificação, válida a partir de 31.03.2003, um motor de alto rendimento deve atender a rendimentos nominais mínimos normalizados de acordo com tabela 12.

Tabela 12 - Menores valores de rendimento nominal a plena carga para motores da linha alto rendimento.

Potência nominal		Velocidade síncrona rpm			
kW	cv	3 600	1 800	1 200	900
		Rendimento nominal			
0,75	1,0	80,0	80,5	80,0	70,0
1,1	1,5	82,5	81,5	77,0	77,0
1,5	2,0	83,5	84,0	83,0	82,5
2,2	3,0	85,0	85,0	83,0	84,0
3,0	4,0	85,0	86,0	85,0	84,5
3,7	5,0	87,5	87,5	87,5	85,5
4,4	6,0	88,0	88,5	87,5	85,5
5,5	7,5	88,5	89,5	88,0	85,5
7,5	10,0	89,5	89,5	88,5	88,5
9,2	12,5	89,5	90,0	88,5	88,5
11,0	15,0	90,2	91,0	90,2	88,5
15,0	20,0	90,2	91,0	90,2	89,5
18,5	25,0	91,0	92,4	91,7	89,5
22,0	30,0	91,0	92,4	91,7	91,0
30,0	40,0	91,7	93,0	93,0	91,0
37,0	50,0	92,4	93,0	93,0	91,7
45,0	60,0	93,0	93,6	93,6	91,7
55,0	75,0	93,0	94,1	93,6	93,0
75,0	100,0	93,6	94,5	94,1	93,0
90,0	125,0	94,5	94,5	94,1	93,6
110	150,0	94,5	95,0	95,0	93,6
130	175,0	94,7	95,0	95,0	-
150	200,0	95,0	95,0	95,0	-
185	250,0	95,4	95,0	-	-

Fonte: NBR 17094

Utilizando um motor de alto rendimento de 4cv, com valor de rendimento nominal mínimo de 86% a 1800 rpm, podemos realizar o cálculo para determinação de tempo mínimo para pagamento do investimento da troca dos motores instalados nos elevadores de veículos utilizados na oficina nas estações de trabalho com base na fórmula da figura a 6.

Critérios para cálculo do retorno do investimento:

- 1) Motores funcionando à plena carga, ou seja, fornecendo 100% de sua potência nominal (ponto ótimo de rendimento).
- 2) Motor funcionando em regime contínuo.
- 3) Retorno (anos) =

$$\frac{\Delta C}{0,736 \times cv \times Nh \times C_{kWh} \times \left(\frac{100}{\eta\%n} - \frac{100}{\eta\%ARP} \right)}$$

Sendo:

- ΔC = diferença de custo entre motor normal e Alto Rendimento Plus
- cv = potência do motor em cv (cavalo vapor)
- Nh = número de horas de trabalho do motor em um ano
- $\eta\%n$ = rendimento do motor normal
- $\eta\%ARP$ = rendimento do motor Alto Rendimento Plus
- CkWh = custo médio do kWh.

Figura 6 - Formulário para retorno do investimento em motores elétricos de alto rendimento.

Fonte: WEG.

Considerando que os motores dos elevadores que estão instalados não teriam custo de compra, o ΔC representa apenas o preço do motor de alto rendimento, valor encontrado no mercado de R\$ 825,00. Conforme o anexo A, Formulário de levantamento de carga, os elevadores das estações de trabalho são utilizados durante 1 h diária, totalizando aproximadamente 280 horas ao ano, utilizando para efeito de cálculo o calendário de 2014. Para esse cálculo, foi empregado o preço do kW/h do horário fora de ponta atual no valor de R\$ 0,22597. Assim, concluímos que o tempo necessário para o retorno do investimento para troca dos motores elétricos dos elevadores seria de aproximadamente 29 anos.

$$\text{“Retorno(anos)} = \Delta C / 0,736 \times cv \times Nh \times C_{kWh} \times (100 \times \eta\%n^{-1} - 100 \times \eta\%ARP^{-1})\text{”}$$

$$\text{“Retorno(anos)} = 825 / 0,736 \times 4 \times 280 \times 0,22597 \times (100 \times 76^{-1} - 100 \times 86^{-1})\text{”}$$

$$\text{“Retorno(anos)} = 28,95 \text{ anos”}$$

3.3.2.2 Sistema de climatização

O sistema de climatização é isoladamente o maior consumidor de energia durante os meses mais quentes do ano, representando em média um acréscimo de 10.000 kW/h à fatura mensal, ou seja, um aumento de 58%. A concessionária possui um sistema de ar condicionado central composto de 02 unidades de 30 T.R., e 40 kW de potência cada, fabricada pela Carrier®. Estes equipamentos refrigeram a área da loja de veículos novos e seminovos, venda de peças e acessórios, recepção e escritório de pós venda. Por ser uma construção relativamente nova (2006), o modelo de ar condicionado instalado é dos mais eficientes encontrados no mercado, não sendo viável qualquer alteração visando economia. Porém são tomadas medidas visando aproveitar a eficiência do sistema. Uma delas é a manutenção constante realizada pela empresa instaladora através de contrato. As instalações atendidas pelo ar condicionado central possuem portas de abertura/fechamento automático, que evitam que o ar frio seja carregado para fora. Além disso, são realizadas campanhas internas que incentivam o uso consciente dos aparelhos elétricos, não somente do ar condicionado, mas também da iluminação por exemplo.

Um fator que influencia no alto consumo com climatização é o projeto arquitetônico. Como é uma concessionária de veículos, toda a fachada é de vidro transparente, para visualização dos modelos por quem passa em frente ao estabelecimento. Esta fachada funciona como uma estufa, exigindo mais do sistema de refrigeração. Como o conforto dos clientes é fundamental para não perder vendas, o valor gasto é justificado, e alterações como por exemplo elevar em alguns graus a temperatura para reduzir o consumo estão descartadas.

Além do ar condicionado central há mais 12 aparelhos *Springer* também da marca Carrier com capacidade de 36.000 BTU instalados em algumas salas como a da gerência, secretaria, auditório, refeitório, etc. Também para estes a campanha que incentiva o consumo consciente é válida. Incentivando que o aparelho seja desligado quando a sala não está sendo utilizada.

3.3.2.3 Sistema de exaustão

O sistema de exaustão (figura 7) visa realizar a renovação do ar, visto que há vários veículos com o motor em funcionamento nestes ambientes. Além disso, proporciona uma melhora no conforto térmico já que expulsa também o ar aquecido pela absorção da radiação solar principalmente pelo telhado. Os exaustores da oficina mecânica e setor de pintura são fabricados pela Berliner Luft, e acionados por motores Weg rendimento *standard* com potências de 7,5 cv, 5,0 cv e 3,0 cv respectivamente. Estes exaustores funcionam 10 h em todos os dias úteis. Para verificar se é vantajosa a substituição destes motores, por modelos de alto rendimento. O primeiro passo foi comparar o rendimento de cada motor, descritos no quadro 6.

Potência	Rendimento	
	Standard	Alto
3 cv	84,8	88,2
5 cv	87	89,3
7,5 cv	89,1	91,2

**Quadro 6 - Comparativo entre rendimentos dos motores.
Fonte: WEG.**

Com os dados de rendimento foram efetuados os cálculos do retorno do investimento tendo como base o funcionamento de 10 h por dia, 21 dias por mês. Os valores de aquisição dos motores foram levantados em fornecedores locais e o preço do kW/h do horário fora de ponta atual. Os comparativos estão no quadro 7.

	Rendimento	Consumo mensal (kWh)	Retorno (meses)
Motor de 3 cv (2,2 kW)	<i>Standard</i>	R\$ 123,11	51,8
	Alto	R\$ 118,37	
Motor de 5 cv (3,7 kW)	<i>Standard</i>	R\$ 201,81	62,7
	Alto	R\$ 196,62	
Motor de 7,5 cv (5,5kW)	<i>Standard</i>	R\$ 292,92	68,3
	Alto	R\$ 286,18	

Quadro 7 - Tempo de retorno utilizando motores de alto rendimento.

Fonte: Autores

Este estudo mostrou que não é viável a substituição dos motores *standard* por motores de alto rendimento devido ao tempo de retorno ser muito longo. Isso se deve aos seguintes fatores: motores de pequena potência, pouco representa no total da fatura mensal, e também ao rendimento já ser satisfatório na versão *standard*. Estas substituições são vantajosas em indústrias de processo contínuo, onde a operação é contínua 24 h por dia, 7 dias por semana. Deste modo, trabalhando também no horário de ponta e com motores de alta potência o retorno seria em poucos meses.



Figura 7 - Modelo de exaustor presente na oficina.

Fonte: Autores.

Além destes exaustores principais ainda existem outros instalados nos vestiários, no arquivo morto e no laboratório de tintas. Estes exaustores são de pequeno porte, acionados por motores de 0,5 cv e a utilização não é constante, inviabilizando o retorno do investimento para substituição por modelos de alto rendimento.

3.3.2.4 Sistema de ar comprimido

O sistema de ar comprimido instalado na empresa é constituído basicamente de dois compressores do tipo pistão, um principal, e um reserva para operar em caso de manutenção ou falha do compressor principal, além do secador de ar, e ramais de alimentação para diversas dependências da empresa, como setor de pintura, oficina mecânica e posto de lavagem de veículos.

O compressor principal (figura 8) é da Linha Industrial W by S, modelo W96011H, com 5 pistões em v, com a capacidade de armazenamento de 425 l, deslocamento de 1699 l/min; este compressor é acionado por um motor de 15 cv da WEG, e tem um regime de funcionamento intermitente controlado por um pressostato (Catálogo WAYNE Industrial).



Figura 8 - Compressor principal.
Fonte: Autores.

O compressor reserva (figura 9) fabricado pelo fabricante S, modelo MSV26 MAX, com 2 pistões em v, com a capacidade de armazenamento de 261 litros, deslocamento de 756 l/min, potência de 6 cv, somente entra em operação em caso de emergência, ou seja, em caso de indisponibilidade do compressor principal (Catálogo SCHULZ).



Figura 9 - Compressor reserva.
Fonte: Autores.

O sistema conta ainda com um secador de ar por refrigeração (figura 10); este tipo de secador é mais utilizado quando se necessita de ar comprimido seco aliado a um baixo custo de instalação e manutenção. O seu funcionamento baseia-se em resfriar o ar comprimido, e posterior remoção do condensado formado.



Figura 10 - Secador de ar.
Fonte: Autores.

A empresa possui uma rede de distribuição de ar comprimido constituída de 15 ramais consumidores, distribuídos entre a oficina e o setor de pinturas. No setor de pinturas, o ar comprimido é utilizado nas pistolas de pintura, tendo uma grande demanda quando estas atividades estão sendo realizadas. Na oficina, as ferramentas pneumáticas são utilizadas pelas 13 estações de trabalho durante o dia todo. A empresa realiza plano de manutenção preventiva rotineiramente para o sistema de ar comprimido, como troca de óleo do compressor, verificação de vazamentos no sistema, troca dos filtros e verificação de funcionamento do secador.

Na Figura 11, verifica-se que os compressores estão acondicionados em um local protegido da luz ambiente, garantindo que o ar aspirado não sofra com a incidência direta de luz.



**Figura 11 - Casa dos compressores.
Fonte: Autores.**

3.3.2.4.1 Análise dos tipos de compressores

Após conhecer o sistema de ar comprimido utilizado na empresa foi realizado um levantamento dos principais tipos construtivos de compressores e suas características, conhecendo o funcionamento de cada um, a fim de verificar qual se adéqua melhor ao sistema de ar comprimido da empresa; A seguir uma breve descrição dos tipos de compressores analisados:

✓ Compressor tipo pistão

O compressor de pistão conta com um motor elétrico, que através de polias e correia aciona, de acordo com o modelo, um conjunto de pistões. Os pistões por sua vez, estão dentro de um cilindro com duas aberturas, uma para entrada de gás a baixa pressão e outra para saída a alta pressão.

As principais características do compressor de pistão são a capacidade de compressão a altas pressões, simplicidade do sistema, e desgaste dos pistões. A figura 12, e referente aos dados técnicos do compressor tipo pistão do modelo W96011-H, fabricante W by S, equipamento que está sendo utilizado na empresa.












MODELO	W 96011-H		
Código Produto 220/380V	17013003		
Código Produto 380/660V	17013021		
Código Produto 220/380/440/760V	17013022		
 Deslocamento Teórico	60 pés ³ /min - 1699 l/min		
 RPM	710		
 Pressão de Operação	Mínima	135 lbf/pol ² - 9,3 bar	
	Máxima	175 lbf/pol ² - 12 bar	
 Unidade Compressora	Nº de Estágios	2	
	Nº de Pistões	5 em V	
 Motor	Potência	15 hp - 11,3 kW	
	Nº de Polos	4	
	Tensão (V)	220/380 ou 380/660 ou 220/380/440/760	
 Volume do Reservatório	427 L		
 Volume de Óleo	4500 ml		
 Peso Bruto	487 kg		
 Peso Líquido	395 kg		
 Larg x Alt x Comp	650 x 1680 x 1990 mm		
 Ruído	84 dB - Medido a 1 metro de distância com fundo de 65 dB		

Figura 12 - Dados técnicos do compressor W96011-H.
Fonte: Adaptado de <http://www.sobombasmg.com.br/>

✓ Compressor tipo palheta

Há no compressor tipo palheta, um rotor, com fissuras radiais, dentro de um tambor, posicionado com o eixo de rotação deslocado em relação ao centro radial do tambor. Nestas fissuras, há pequenas palhetas, que são empurradas para o exterior da fissura através da força centrífuga de acordo com a rotação do rotor. Há duas aberturas, uma para entrada e outra para saída de gás. A primeira fica na parte onde

há mais espaço entre o rotor e a parede do tambor, e a segunda fica na parte onde há menos espaço entre as duas peças. O gás entra pela primeira abertura e fica condicionado em um pequeno compartimento proporcionado por duas palhetas. Conforme o rotor se movimenta, as palhetas se ajustam na fissura, sempre mantendo contato com a parede do tambor, e o compartimento onde o gás está condicionado diminui de volume, comprimindo o gás até chegar na abertura de saída, liberando o gás comprimido.

As principais características do compressor de palheta são baixa rotação e baixo ruído, unidade compressora sem rolamentos e menor quantidade de componentes em movimento, utilização em sistema de baixa e média vazão.

✓ **Compressor tipo parafuso**

O compressor de parafuso contém dois rotores em formato de parafuso dentro de um cilindro, girando em sentidos opostos e engrenados entre si. Há, nas extremidades opostas do cilindro, com uma abertura para sucção e outra para descarga do gás. Uma vez que o gás entra pela abertura de sucção, este ocupa os espaços entre os dois parafusos. A rotação faz com que o espaço disponível para o gás seja cada vez menor, comprimindo-o até que este alcance a abertura de descarga e seja liberado.

As principais características do compressor de parafuso são a baixa temperatura do sistema e do gás comprimido, alta capacidade compressora com baixa velocidade periférica dos rotores, melhor consumo específico (kWh/m³), baixo nível de ruídos e elevada vida útil dos rolamentos.

Também se pôde constatar nesse tipo de compressor que alguns modelos funcionam em velocidades variáveis.

Segundo o fabricante C P, em seu *site* (endereço eletrônico) oficial, seu equipamento, o Compressor de Parafuso Rotativo de Velocidade Variável, possui um inversor de frequência que controla a velocidade do motor elétrico do compressor, fazendo com que varie o fluxo de ar comprimido de acordo com a demanda que está sendo utilizada no sistema instantaneamente. Através de seu módulo de controle eletrônico permite visualizar as operações, o monitoramento e também obter o ajuste da pressão de acordo com a necessidade do sistema garantindo uma variação máxima de 0,5 bar, o que resulta em menor desgaste do equipamento e uma economia de energia de até 35%.

A figura 13 é referente à ficha técnica de um compressor de ar tipo parafuso rotativo de velocidade variável modelo CPVR 15/13 TDF, fabricante C P.

Compressor Chicago Pneumatic com vazão de 15 a 55 PCM e pressão de 13 bar.
Sobre o Produto
Potência (hp - kW) = 15,0 - 11
Pressão (bar - psi) = 13 – 188
Capacidade FAD (m³/h - pcm) = 25 a 94 – 15 a 55
Conexão = 3/4"
Comprimento = 1.935 mm
Largura = 646 mm
Altura = 1.839 mm
Com secador Incorporado
Tanque: 500 litros
Filtro Coalescente incorporado
Peso = 406 Kg

Figura 13 - Dados técnicos do compressor C P CPVR 15/13 TDF.
Fonte: Adaptado de <http://www.sobombasmg.com.br/>

Conhecendo os tipos construtivos de compressores e após análise dos dados da ficha técnica de dois modelos, que atende ao sistema, e disponível no mercado nacional, foi montado o quadro 8 com as principais características relevantes ao sistema de ar comprimido utilizado na empresa em estudo.

COMPRESSOR MODELO	TIPO	POTÊNCIA	PRESSÃO DE OPERAÇÃO	DESLOCAMENTO TEÓRICO	VOLUME DO RESERVATÓRIO
W by S W96011-H	Pistão	11,3 kW	9,3 a 12 bar	1.699 litros/minuto	427 litros
C P CPVR 15/13 TDF	Parafuso	11 kW	13 bar	417 a 1.567 litros/minuto	500 litros

Quadro 8 - Comparativo entre compressores do tipo pistão e parafuso de rotação variável.
Fonte: Autores.

Como podemos comparar no quadro 8, o compressor do tipo pistão, do fabricante W by S modelo W96011-H, equipamento que atualmente está em operação no sistema de ar comprimido da empresa, e o modelo do fabricante C P modelo CPVR 15/13 TDF possui características como potência, pressão, deslocamento de ar e volume do reservatório muito próximos, porém o segundo modelo, por ter característica construtiva do tipo rotação variável com controle eletrônico, pode alterar sua velocidade de acordo com o deslocamento de ar que está sendo utilizado instantaneamente, permite uma regulação do controle da pressão de acordo com a necessidade do sistema de ar comprimido com variação máxima de 0,5 bar, de maneira constante, com isso o consumo de energia é reduzido.

No entanto o modelo CVPR 15/13 TDF, por se tratar de um equipamento tecnologicamente muito superior, é natural que seu preço seja relativamente alto se comparado, por exemplo, ao modelo W96011-H, que está sendo utilizado. Após pesquisa no mercado nacional encontramos o produto do fabricante C P CVPR15/13 TDF, no valor com desconto para pagamento a vista de R\$ 30.868,56. Considerando que durante a semana o compressor é utilizado de segunda a sexta-feira durante 8,5 h e no sábado 4 h, totalizando 2.380 h ao ano, utilizando para efeito de cálculo o calendário de 2014, sendo 172 h na ponta e 2.208 h fora da ponta, considerando os valores para o sistema tarifário horossazonal verde com valores praticados conforme a fatura da empresa de agosto de 2014 (Anexo B), mencionado no quadro 6, o compressor do fabricante W com potência nominal de 11,3 kW teve um gasto com energia no valor de R\$ 9.757,41 durante o exercício de 2014. Considerando o mesmo de horas utilizadas para o compressor do fabricante C P modelo CVPR15/13 que possui uma potência nominal de 11 kW e considerando seu funcionamento variável, que resulta em uma economia de 35%, o mesmo teria uma economia de energia no valor de R\$ 3.324,43 ao ano, dessa maneira levaria aproximadamente 09 anos para pagar o investimento.

4 CONCLUSÃO

Diante dos estudos realizados neste trabalho sobre eficiência energética, tema cada vez mais importante na sociedade contemporânea, nas atividades produtivas de forma sustentável, não somente do ponto de vista econômico mas também de maneira que gera o mínimo impacto ambiental possível, este fator beneficia toda a sociedade. Por isso, a procura por melhorias deve ser incessante, pois o aprimoramento nos processos produtivos, o desenvolvimento de novas tecnologias, o uso da energia de forma racional gerando economia, entre outros, traz provento a todos. Após o desenvolvimento do trabalho foi possível destacar alguns pontos que foram analisados como segue.

Realizada a análise das faturas de energia elétrica, de acordo com o contrato firmado entre a empresa, objeto de estudo em que foi realizado esse trabalho, e a concessionária fornecedora de energia elétrica, e comparando os sistemas tarifários disponíveis, pôde-se afirmar que a opção da contratação pela modalidade tarifária horossazonal verde e a demanda contratada é a mais viável em função do consumo de energia utilizada em seu processo produtivo, e, de acordo com resolução normativa vigente, não havendo necessidade de mudanças na contratação deste insumo.

Com relação a correção do fator de potência pôde-se constatar que é possível realizar melhorias com o incremento de um banco de capacitores, realizando a correção em função da carga instalada conforme descrito no item 3.2 - Análise do fator de potência, afim de evitar a oneração da fatura de energia elétrica em função do baixo fator de potência. A proposta é utilizar um banco de capacitores automático, disponível no mercado, para corrigir o fator indutivo durante o expediente da empresa, e corrigir o fator capacitivo durante o período em que a empresa está fechada.

Foi constatado que o sistema de iluminação da empresa utiliza em sua maioria lâmpadas de descarga de baixa pressão, do modelo fluorescente tubular, que são relativamente econômicas. No entanto, na oficina mecânica e no setor de pintura utilizam lâmpadas de vapor metálico, tecnologia que consome grande quantidade de energia para a iluminação do ambiente necessário a produção de serviços; nesse caso, a proposta é de substituir as lâmpadas das luminárias desses

setores por módulos de LED Acrich2, o que proporcionará uma economia de aproximadamente 4% no gasto anual deste insumo.

Quanto às máquinas elétricas utilizadas na empresa, como os motores dos elevadores das estações de trabalho, pôde-se determinar que o tempo para o retorno do investimento com a troca para motores de alto rendimento seria inviável. Assim como o sistema de climatização e exaustão que apesar de ser moderno, é o maior consumidor de energia, muito em função do projeto arquitetônico do imóvel que possui a fachada em vidro transparente o que prejudica o rendimento do sistema do ar condicionado, mas imprescindível no que diz respeito a visualização de seus produtos.

O estudo do sistema de ar comprimido utilizado na empresa possibilitou a análise da troca do equipamento para outro com tecnologia muito superior, e aproximadamente 35% mais econômico em comparação com o que está sendo utilizado, fato que reduz o consumo de energia, além de adequar a pressão do sistema de acordo com a necessidade, para tanto o tempo para o retorno do investimento seria de aproximadamente 9 anos.

O estudo de caso realizado nesse trabalho possibilitou desenvolver as habilidades adquiridas através do estudo das disciplinas durante o curso de Tecnologia em Automação Industrial, colocando em prática o conhecimento necessário para o desenvolvimento da atividade no mercado de trabalho, além de proporcionar um ganho não somente à empresa estudada, mas também à sociedade e sobre tudo aos participantes deste trabalho.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 17094-1:2013 – Motores de Indução.

ANEEL – Agencia Nacional de Energia Elétrica. **Resolução Normativa N° 414, de 9 de Setembro de 2010**. Estabelece as Condições Gerais de Fornecimento de Energia Elétrica de forma atualizada e consolidada. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2010414.pdf>>. Acesso em 24 de abril de 2014.

_____. **Resolução Normativa N° 1.541, de 21 de Junho de 2010**. Homologa as Tarifas de Energia - TE, as Tarifas de Uso dos Sistemas de Distribuição - TUSD, referentes à Copel Distribuição S.A - COPEL-DIS. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/reh20131541.pdf>>. Acesso em 24 de abril de 2014.

_____. **Resolução Normativa N° 1.565, de 9 de Julho de 2010**. Altera o art. 2º e substitui as Tabelas 1, 2, 8, 9 e 11 da Resolução Homologatória ANEEL 1.541 de 20.06.2013, pelos Anexos desta Resolução. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/reh20131565.pdf>>. Acesso em 24 de abril de 2014.

Balanco Energético Nacional, disponível em: < <http://www.mme.gov.br>> acesso em 10 de janeiro de 2015.

BERNARDO, Luís Miguel. **Histórias da luz e das cores** - vol. 2 – editora UP (Editora da Universidade do Porto)

Chicago Pneumatic – Fabricante de equipamentos pneumáticos. Disponível em: <http://www.chicagopneumatic.com.br/brbr/whatwedo/stationarycompressors/energy_savings/> acessado em 18 de janeiro de 2015.

_____. – Fabricante de equipamentos pneumáticos. Disponível em: <http://www.chicagopneumatic.com.br/brbr/whatwedo/stationarycompressors/energy_savings/frequencydrivencompressors.aspx> acessado em 18 de janeiro de 2015.

CompAir – Fabricante de sistema de ar comprimido. Disponível em: <http://www.compair.pt/About_Us/Compressed_Air_Explained--03The_three_types_of_compressors.aspx> acesso em 17 de janeiro de 2015.

DA COSTA, Gilberto José Corrêa. **Iluminação Econômica – Cálculo e Avaliação** – Coleção Engenharia 5 – 4 edição – Edipucrs – Porto Alegre - 2006

Fabricante detentor da tecnologia Acrich. Disponível em:
<http://www.seoulsemicon.com/_upload/Goods_Spec/Acrich2-Applicationnote.pdf>
acesso em 14 de setembro de 2014.

Fabricante do módulo Acrich2 (Pinhais – Paraná). Disponível em:
<<http://www.pulse-se.com.br/>> acesso em 31 de agosto de 2014.

FRIAS, Marcos A. da S., TINOCO, Luiz S. L. Conservação de Energia em Motores Trifásicos. **Bolsista de Valor**: Revista de divulgação do Projeto Universidade Petrobras e IF Fluminense v. 1, p. 243-247, 2010.

Guia Prático Philips Iluminação (Lâmpadas, Reatores, luminárias e LED's). Disponível em:
<http://www.lighting.philips.com.br/pwc_li/br_pt/connect/Assets/pdf/GuiaBolso_Sistema_09_final.pdf> acesso em 21 de setembro de 2014.

Guia Técnico – Motor de Alto Rendimento. Disponível em:
<http://arquivos.portaldaindustria.com.br/app/conteudo_18/2014/04/22/6281/MotordeAltoRendimento-LIV009.pdf> acesso em 20 de dezembro de 2014.

GUIMARÃES, Luciano. **A Cor Como Informação – a construção biofísica, linguística e cultural da simbologia das cores**

HORTA, Fábio José. **Eficiência Energética em Sistemas de Ar Comprimido**; Eletrobrás/Procel, 2004.

KARMOUCHE, A. P. **Análise da eficiência energética em compressores a pistão em sistemas de ar comprimido**. 2009. 95p. Dissertação. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande 2009.

LELUDAK, Jorge Assade – **Sistema Energeticamente Eficiente De Iluminação Led Assistido Por Energia Solar** - Doutorado Em Engenharia Mecânica – PUCPR – CURITIBA – 2013 – 168 páginas.

MAMEDE FILHO, João. **Instalações Elétricas industriais** - 4ª edição – lançada em 1995 no rio de janeiro RJ – editora LTC Livros Técnicos e Científicos Editora S/A – 656 páginas.

Manual de ar comprimido 4 edição 2010-Metalplan disponível em:
<<http://metalplan.com.br>> acesso em 25 de fevereiro de 2015.

Manual Técnico de Motores Elétricos. Disponível em:
<http://www.hd.ind.br/PDF/manual_TECNICO-motores.pdf> acesso em 21 de dezembro de 2014.

Manual Técnico de Reatores. Disponível em:
<<http://www.intral.com.br/produtos/detalhes/184>> acesso em 28 de fevereiro de 2015.

MATHIAS, Flavio Roberto de Carvalho. **Diagnóstico energético e gestão de energia em um planta petroquímica de primeira geração.** 2014. 164p.
Dissertação. UNICAMP, Campinas, 2014.

MOREIRA, Vinícius de Araújo - **Iluminação e Fotometria – teoria e aplicação** – 3ªedição – 1987 –São Pulo – SP – Editora Edgard Blucher Ltda. – 211 páginas

REIS, L. B.. Geração de Energia Elétrica. 2. ed. São Paulo: Tec Art Editora, 2001. 203 p.

ROCHA, N. R., MONTEIRO, M. A. G. . **Eficiência Energética em Sistemas de Ar Comprimido: manual prático.** Rio de Janeiro: Procel/Eletróbrás, 2005.

SANTIAGO, Luís Henrique Pinto. **Resolução Normativa N°414/2010: Aspectos e Mudanças Sobre a Regulamentação do Fornecimento de Energia Elétrica.** 2011. 58f. Monografia – Curso de Engenharia Elétrica. Universidade Federal Do Ceará, Fortaleza, Ceará, 2011. Disponível em:
<<http://www.dee.ufc.br/anexos/TCCs/2011.1/LU%C3%8DS%20HENRIQUE%20PINTO%20SANTIAGO.pdf>> acesso em 12 de maio de 2014.

SÁ, A. F. R - **Guia de aplicações de gestão de energia e eficiência energética** - 2ªedição - Editora Publindústria - 2010 - 462 páginas.

SCHOEPS, C.A. **Conservação de energia elétrica na indústria: faça você mesmo.** 3.ed. Rio de Janeiro: Eletrobras/Procel, 1993.

Shopping do Mecânico – Venda de equipamentos. Disponível em:
<http://www.shopdomecanico.com.br/ecommerce_site/produto_25018_7934_Compressor-de-ar-a-parafuso-CPVR-15-TDF-15cv-8-a013-Bar-Com-secador-Filtros-e-variador-velocidade-Preco-para-venda-direta-Chicago-Pneumatic> acesso em 08 de janeiro de 2015.

TONIM, Gilberto. **A gestão da Energia Elétrica na Indústria – Seu Suprimento e Uso Eficiente**. 2009. 112f. Dissertação de Mestrado – Mestrado em Engenharia. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009. Disponível em:
<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3143/tde-09042010-155930/publico/Dissertacao_Gilberto_Tonim.pdf>. Acesso em 24 de abril de 2014.

WAYNE BY SCHULZ. **Compressores**. 2007. 2p.

WEG S.A. W22-Motor elétrico trifásico. 2014. 52p.

_____. Guia de especificações de motores elétricos. 2014. 68p.

YAKSIC, Eng. Fabián. Eficiência Energética. Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica São Paulo, 2012. Disponível em:
<<http://www.abinee.org.br/informac/arquivos/efienerg.pdf>> acesso em 25 de fevereiro de 2015.

ANEXOS

Anexo 1 – Formulário de levantamento de carga

FORMULÁRIO DE LEVANTAMENTO DE CARGA							
local: escritórios / terreo							
item	aparelhos	Quantidade	Potência (W)	Potência total (W)	Tempo uso (h/dia)	Dias por mês	kWh por mês
1	lâmpadass (iluminação)	64	16	1024	8	22	180,22
2	computador	7	250	1750	8	22	308
3	fotocopiadora	2	445	890	1	22	19,58
local: escritórios / mesanino							
item	aparelhos						
1	lâmpadass (iluminação)	40	20	800	8	22	140,8
2	lâmpadass (iluminação)	14	40	560	8	22	98,56
3	lâmpadass (iluminação)	80	16	1280	8	22	225,28
4	computador	11	250	2750	8	22	484
5	fotocopiadora	2	445	890	1	22	156,64
6	aparelho de fax	1	240	240	1	22	5,28
local: oficina							
item	aparelhos						
1	lâmpadass (iluminação)	20	250	5000	10	24	1200
2	elevadores (motores elétricos)	13	2942	38246	1	24	917,904
3	computador	3	250	750	8	24	144
4	ventilador	3	270	810	8	24	155,5
5	carregador de bateria	1	3000	3000	2	22	144
6	carregador de bateria autom.	1	2000	2000	6	22	264
7	purificador de agua	1	100	100	8	30	24
8	montadora de pneu	1	1100	1100	0,5	22	12,2
9	balanceador de pneu	1	180	180	5	22	19,8
local: pintura							
item	aparelhos						
1	lâmpadass (iluminação)	11	250	2750	10	22	605
2	lâmpadass (iluminação)	4	40	160	10	22	35,2
3	lâmpadass (iluminação)	28	32	896	10	22	197,12
4	reparo funilaria (Spotter)	1		6500	0,05	10	0,325
5	solda Mig	1		7300	0,15	5	5,5
local: posto de lavagem							
item	aparelhos						
1	lâmpadass (iluminação)	66	32	2112	8	24	405,5
2	lâmpadass (iluminação)	32	110	3520	8	24	675,84
3	lâmpadass (iluminação)	3	20	60	8	24	11,52
3	refletor	7	250	1750	4	24	168
4	aspirador de pó	1	2800	2800	6	24	403
5	pressurizador de água (bomba elétrica)	2	5	7354,98	6	24	1059,12
local: sala de compressores							
item	aparelhos						
1	compressor principal	1	15	11032,5	6	24	1588,3
2	compressor reserva	1	6	4413	0	0	
3	lâmpadass (iluminação)	1	16	16	0,09	22	0,03
local: cisterna							
item	aparelhos						
1	bomba d'agua	2	0,75	1103	3	24	79,42
2	lâmpadass (iluminação)	2	16	32	0,09	22	0,03
local: estacionamento subsolo							
item	aparelhos						
1	lâmpadass (iluminação)	164	16	2624	11	29	837,06
2	lâmpadass (iluminação)	24	110	2640	11	29	842,16
local: setor de peças							
item	aparelhos						
1	lâmpadass (iluminação)	86	16	1376	8	24	264,19
2	lâmpadass (iluminação)	6	28	168	8	24	32,26
3	lâmpadass (iluminação)	13	32	416	8	24	79,87
4	lâmpadass (iluminação)	4	40	160	8	24	30,72
5	computador	5	250	1250	8	24	240

local: sala hidrante (bombeiro)							
item	aparelhos						
1	lâmpadass (iluminação)	4	16	64	0,09	22	0,03
1	bomba d'água	1	7,5	5516	0,033	30	0,17
local: refeitório							
item	aparelhos						
1	forno micro-ondas	3	1200	3600	0,5	22	39,6
2	geladeira	1	550	550	24	30	396
3	televisor	1	110	110	2	22	4,84
4	purificador de agua	1	100	100	24	30	72
5	coifa exaustora	1	350	350	0,5	29	4,9
local: loja venda de veículos							
item	aparelhos						
1	lâmpadass (iluminação)	13	250	3250	11	29	1036,75
2	lâmpadass (iluminação)	280	16	4480	11	29	1429,12
3	lâmpadass (iluminação)	4	110	440	11	29	140,36
4	lâmpadass (iluminação)	12	28	336	11	29	107,18
5	lâmpadass (iluminação)	12	20	240	11	29	76,56
6	computador	20	250	5000	11	29	1595
7	fotocopiadora	1	445	445	2	29	25,81
8	purificador de água	1	100	100	24	30	72
8	televisor	1	100	100	11	29	31,9
local: vestiarios/banheiros/corredores							
item	aparelhos						
1	lâmpadass (iluminação)	32	16	512	8	24	98,3
2	lâmpadass (iluminação)	28	20	560	2,5	24	33,6
3	chuveiro	4	6800	27200	0,5	22	298,2
						total kWh por mês	17.522,25

**Anexo 2 – Fatura de energia elétrica referente ao mês de agosto de
2014 da empresa estudada**

 COPEL <small>Copel Distribuição S.A. Rua José Izidoro Biazetto, 158 - Curitiba-PR - 81.200-240 CNPJ 04.368.898/0001-06 - IE: 90.233.073-99 IM: 423.992-4</small>	 <small>PARANÁ</small>	<small>www.copel.com</small> 0800 643 75 75
	Mês de referência Agosto/2014	Nº de Identificação <input type="text"/>
Vencimento 15/08/2014	VALOR R\$ 8.964,17	
<small>FAT-01-20141560784252-98</small>		

Valores Faturados

NOTA FISCAL/CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA Nº 000 - SÉRIE B

Emitida em 06/08/2014

Produto Descrição	Un.	Grandezas Faturadas	Valor Unitário	Valor Total	Base de Cálculo	Aliq. ICMS
ENERGIA ELETRICA TE PONTA	kWh	1519,00	0,448209	680,83	680,83	29,00
ENERGIA ELETRICA USD PONTA	kWh	1519,00	0,732712	1.112,99	1.112,99	29,00
ENERGIA ELETRICA TE F PONTA	kWh	18366,00	0,267413	4.911,31	4.911,31	29,00
ENERGIA ELETRICA USD F PONTA	kWh	18366,00	0,031668	581,62	581,62	29,00
ENERGIA REAT EXCED TE F PONTA	kWh	15,00	0,281333	4,22	4,22	29,00
DEMANDA USD	kW	97,41	8,826917	859,83	859,83	29,00
DEMANDA USD ISENTA ICMS	kW	42,59	6,146748	261,79	0,00	
DIF REAJUSTE TARIFA ENERGIA 1				498,06	498,06	29,00
DIF REAJUSTE TARIFA ENERGIA 2				6,08	0,00	0,00
CONT ILLUMIN PUBLICA MUNICIPIO				47,44		

Segunda Via

Base de Cálculo do ICMS 8.648,86	Valor ICMS 2.508,17	Valor Total da Nota Fiscal 8.964,17
Reservado ao Fisco 3AEF.B63A.976E.227E.3313		

	Copel Distribuição S.A. Rua José Izidoro Biazetto, 158 - Curitiba-PR - 81.200-240 CNPJ 04.368.898/0001-06 - IE 90.233.073-99 - IM: 423.992-4	página 1/1 	www.copel.com 0800 643 75 75
	<div style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 80px;"></div>		Mês de referência <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;">Agosto/2014</div>
		Vencimento <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;">15/08/2014</div>	VALOR <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;">R\$ 8.964,17</div>
EXTRATO DE FATURAMENTO HOROSSAZONAL - TARIFA VERDE			FAT-01-20141560784252-98 Emitida em 06/08/2014

Informações Técnicas

Comerc/Com Var De Automov, Camion Util No Mês/Ano Consumo/Use do Sistema: 08/2014
 Término Período Úmido: 04/2014
 Término Período Seco: 11/2014
 Perdas de Transformação: 2.5%

Data Provável Apresent 09/09/2014
 Data Real Leit Atual 03/08/2014
 Data Real Leit Anterior 03/07/2014
 Data Provável Prox Leitura 03/09/2014

EQUIPAMENTOS DE MEDIÇÃO			
SAG 1681HC	kW	kWh	kvarh
Medidor	002760	002760	002760
Constante	0.192	0.048	0.048
Constante Excedente Realivo kW/kWh			0.048

Grandezas e Valores para Faturamento

Produto	Leitura Anterior	Leitura Atual	Medido	Contratado	Faturado	Tarifa	Total
ENERGIA ELETRICA TE PONTA	992043	1022929	1519		1519	0,448209	680,83
ENERGIA ELETRICA USD PONTA	992043	1022929	1519		1519	0,732712	1.112,99
ENERGIA ELETRICA TE F PONTA	14327715	14701027	18366		18366	0,267413	4.911,31
ENERGIA ELETRICA USD F PONTA	14327715	14701027	18366		18366	0,031668	581,62
ENERGIA REAT EXCED TE F PONTA	221219	221526	15		15	0,281333	4,22
DEMANDA USD	478	495	97.41	140	97.41	8,826917	859,83
DEMANDA USD ISENTA ICMS					42.59	6,146748	261,79
DIF REAJUSTE TARIFA ENERGIA 1							498,06
DIF REAJUSTE TARIFA ENERGIA 2							6,08
CONSUMO	15319758	15723956	19886				
ENERGIA REAT EXC P	3104	3104	0				
ENER.REAT.INDUTIVA	5224457	5314736	4441				

Indicadores de Qualidade

Conjunto: SANTA QUITERIA

Mês: 06/2014

Tensão Contratada: 13200 volts

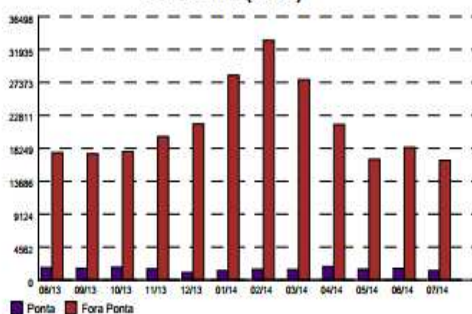
Limite Adequado de Tensão: 12280 a 13860 volts

	DIC	FIC	DMIC	EUSD (R\$)
Realizado:	0,00	0,00	0,00	
Limite Mensal:	3,35	2,17	2,49	1806,64
Limite Trimestral:	6,71	4,35		
Limite Anual:	13,43	8,71		

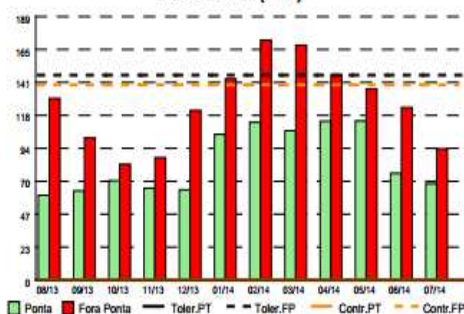
O não cumprimento dos indicadores DIC, FIC, DMIC e DICRI definidos pela ANEEL resulta em compensação financeira ao consumidor pela concessionária no faturamento. É direito do consumidor solicitar a apuração destes indicadores a qualquer tempo.

Histórico de Consumo e Pagamentos

Consumo (kWh)



Demanda (kW)



Mês/Ano	Valor da Fatura	Data de Vencimento	Data de Pagamento	Consumo Ponta	Consumo Fora Pta.	Demanda Ponta	Demanda Fora Pta.	Dem.Cont. Ponta	Dem.Cont. Fora Pta.	Dem.Tol. Ponta	Dem.Tol. Fora Pta.
08/2013	6.884,93	15/08/2013	15/08/2013	1710	17647	60.81	130.28	0	140	0	147
09/2013	6.848,61	16/09/2013	16/09/2013	1617	17471	63.96	101.94	0	140	0	147
10/2013	6.851,74	16/10/2013	16/10/2013	1755	17783	71.24	83.04	0	140	0	147
11/2013	7.137,41	18/11/2013	18/11/2013	1535	19856	65.92	87.77	0	140	0	147
12/2013	7.104,81	18/12/2013	18/12/2013	1015	21603	64.74	121.62	0	140	0	147
01/2014	9.095,80	18/01/2014	18/01/2014	1285	28365	104.5	144.25	0	140	0	147
02/2014	11.205,48	18/02/2014	18/02/2014	1482	33180	113.16	172	0	140	0	147
03/2014	9.838,30	19/03/2014	19/03/2014	1443	27758	107.05	168.46	0	140	0	147
04/2014	8.231,95	18/04/2014	18/04/2014	1857	21532	113.94	147.4	0	140	0	147
05/2014	6.512,85	18/05/2014	18/05/2014	1493	16718	114.14	136.97	0	140	0	147
06/2014	6.918,32	17/06/2014	17/06/2014	1591	18370	76.55	123.78	0	140	0	147
07/2014	6.133,76	16/07/2014	16/07/2014	1289	16567	69.07	94.07	0	140	0	147