

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE GESTÃO E ECONOMIA
MBA EM GESTÃO EMPRESARIAL

GABRIEL DE ANDRADE TORELLI

**EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM PEQUENAS INDÚSTRIAS:
ESTRATÉGIAS DE BAIXO CUSTO OBJETIVANDO AUMENTO DA
PRODUTIVIDADE**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

CURITIBA
2018

GABRIEL DE ANDRADE TORELLI

**EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM PEQUENAS INDÚSTRIAS:
ESTRATÉGIAS DE BAIXO CUSTO OBJETIVANDO AUMENTO DA
PRODUTIVIDADE**

Monografia apresentada ao Curso MBA em Gestão Empresarial, do Departamento Acadêmico de Gestão e Economia, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do certificado de Especialista em Gestão Empresarial.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Daniel Batista de Sousa

CURITIBA
2018

TERMO DE APROVAÇÃO

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM PEQUENAS INDÚSTRIAS: ESTRATÉGIAS DE BAIXO CUSTO OBJETIVANDO AUMENTO DA COMPETITIVIDADE

Esta monografia foi apresentada no dia 09 de março de 2018, como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em MBA em Gestão Empresarial – Departamento Acadêmico de Gestão e Economia – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. O candidato GABRIEL DE ANDRADE TORELLI apresentou o trabalho para a Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após a deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr. Paulo Daniel Batista de Sousa
Orientador

Prof. Dra. Luci Inês Basseto
Banca

Prof. Dra. Juliana Conceição Noschang Da Costa
Banca

Visto da coordenação:

Prof. Dr. Paulo Daniel Batista de Sousa

A folha de aprovação assinada encontra-se na coordenação do curso.

Dedico esse trabalho à minha Mãe, Maria Helena e a minha namorada Aléxia Caetano, que sempre me apoiaram nos momentos de minha vida acadêmica.

RESUMO

TORELLI, Gabriel. Eficiência energética em pequenas indústrias: Estratégias de baixo custo objetivando aumento de produtividade. 2018. 56 f. Monografia (MBA em Gestão Empresarial), Departamento Acadêmico de Gestão e Economia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2018.

O desenvolvimento humano está fortemente associado ao uso da energia. A demanda crescente do consumo, juntamente com a oportunidade de redução dos desperdícios vem atraindo a atenção dos administradores para a adoção de medidas de eficiência energética. Além de afetar a competitividade das empresas existentes, o alto custo da energia elétrica desestimula a entrada de novos investimentos no país. Dados da EPE (Empresa de Pesquisa Energética, 2017) mostram que a indústria é responsável por 33% da energia consumida no Brasil. Diante desse cenário, a gestão energética se mostra como um instrumento gerencial importante para as diretrizes de um planejamento estratégico empresarial, sendo atestada pela criação de diversos programas governamentais para a conservação e gestão de energia, como PROCEL e PROESCO regulados pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), e a NBR ISO 50.001 – Sistemas de Gestão da Energia (SGE). Dessa forma, o presente estudo teve como objetivo geral evidenciar oportunidades na minimização do custo médio da energia elétrica a partir de um baixo investimento, com uma grande aplicabilidade em pequenas e médias indústrias, pois são as que mais carecem de conhecimento e disponibilidade financeira. O estudo foi operacionalizado através da compilação de ações administrativas e técnicas de uso adequado da energia elétrica, como análise tributária e contratual, deslocamento de carga, melhoria no fator de carga, *retrofit* de ativos físicos e instalações. Com o auxílio do Planejamento estratégico, é possível destinar os recursos provenientes da economia de energia elétrica para outros setores da empresa, aumentando sua competitividade frente aos seus concorrentes.

Palavras-chave: Eficiência energética. Gestão. Produtividade. Engenharia elétrica, Gestão de ativos.

ABSTRACT

TORELLI, Gabriel. Energy efficiency in small industries: low-cost lifting strategies. 2018. 56 f. Monografia (MBA em Gestão Empresarial), Departamento Acadêmico de Gestão e Economia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2018.

Human development is strongly associated with energy use. The increasing demand for consumptions, with the opportunity for waste reduction are catching the attention of managers to the adoption of energy efficiency measures. In addition, the highest cost of energy suppresses the entry of new investments in the country. Data from the Energy Research, 2017) show that the industry is responsible for 33% of the energy consumed in Brazil. Energy management can be used as a important management tool for the guidelines of a strategic business planning, being attested by the creation of several governmental programs for the conservation and management of energy, such as PROCEL and PROESCO, regulated by the Agência Nacional de Energia Elétrica. (ANEEL), and NBR ISO 50.001 - Energy Management Systems (SGE). This study is a compilation of administrative and technical actions for the adequate use of electric energy, such as tax and contractual analysis, load shift, load factor improvement, retrofit of physical assets and facilities. With the help of strategic planning, it is possible to allocate resources from energy saving to the other sectors of the company, enhancing its competitiveness and lowering the final product price.

Keywords: Energy efficiency. Management. Productivity. Electrical engineering. Asset management.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1: CINCO FORÇAS DE PORTER.....	15
FIGURA 2: FIGURA 2: PRODUTIVIDADE DO TRABALHO: CRESCIMENTO MÉDIO POR ANO ENTRE 2002 E 2012	19
FIGURA 3: FASES DO CICLO DE VIDA CONSIDERADAS EM UM SISTEMA INTEGRADO DE GESTÃO DE ATIVOS	27
FIGURA 4: TERMOGRAFIA APLICADA À UM MOTOR (A) TOTALMENTE TERMOGRÁFICA, (B) IMAGEM SEM TERMOGRAFIA	36
FIGURA 5: TEMPERATURA DE REFERÊNCIA PARA LÂMPADAS.....	39
FIGURA 6: SISTEMA <i>PUMPGENIUS</i> WEG.....	42
FIGURA 7: EVOLUÇÃO DO CONSUMO MÉDIO DE ENERGIA ELÉTRICA DE CONDICIONADORES DE AR DE 7.500 BTU/H	43
FIGURA 8: GALPÃO ONDE SÃO FABRICADOS OS PRODUTOS DA EMPRESA.....	455
FIGURA 9: GALPÃO ONDE SÃO ARMAZENADAS AS FERRAGENS	455
FIGURA 10: LUMINÁRIAS INSTALADAS NO GALPÃO.....	466
FIGURA 11: DIFERENTES ÂNGULOS DE ABERTURA DO FEIXE LUMINOSO... ..	488
FIGURA 12: SISTEMA DE ILUMINAÇÃO TUBULAR NATURAL.....	500
FIGURA 13: COMPONENTES DO TUBO SOLAR	500

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
1.1	TEMA.....	10
1.2	DELIMITAÇÃO DA PESQUISA	10
1.3	PROBLEMA.....	11
1.4	JUSTIFICATIVA.....	11
1.5	OBJETIVOS.....	13
1.5.1	Objetivo geral.....	13
1.6	EMBASAMENTO TEÓRICO.....	13
1.7	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	13
1.8	ESTRUTURA DO TRABALHO	13
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
2.1	COMPETITIVIDADE E ESTRATÉGIA EMPRESARIAL.....	15
2.2	PRODUTIVIDADE	17
2.3	TARIFAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA.....	19
2.3.1	Estrutura tarifária grupo A.....	20
2.3.2	Estrutura tarifária grupo B.....	20
2.3.3	Modalidades tarifárias.....	21
2.3.4	Encargos e tributos.....	22
2.4	EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	23
2.5	GESTÃO DE ATIVOS FÍSICOS	27
3	ESTRATÉGIAS DE BAIXO CUSTO PARA GESTÃO ENERGÉTICA	30
3.1	ANÁLISE DA DEMANDA CONTRATADA	30
3.2	MUDANÇA DE TARIFA E GERAÇÃO NA HORA DE PONTA	30
3.3	CRÉDITOS DE IMPOSTOS	32
3.4	ANÁLISE DO FATOR DE CARGA	33
3.5	CORREÇÃO DO FATOR DE POTÊNCIA	34
3.6	DIAGNÓSTICO POR TERMOGRAFIA.....	35
3.7	AVALIAÇÃO DE SISTEMAS	37
3.7.1	Iluminação	37
3.7.2	Motores elétricos	39

3.7.3	Bombeamento de água.....	41
3.7.4	Ar condicionado	42
4	ESTUDO DE CASO.....	444
4.1	DESCRIÇÃO DA EMPRESA	444
4.2	APLICAÇÃO DAS ESTRATÉGIAS	466
4.2.1	Substituição das lâmpadas	466
4.2.2	Substituição das luminárias	4949
4.2.3	Avaliação dos condutores elétricos e quadros de distribuição.....	4949
4.2.4	Troca das telhas translúcidas por iluminação tubular	4949
5	CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS.....	5252
5.1	CONCLUSÃO	522
5.2	TRABALHOS FUTUROS.....	533
	REFERÊNCIAS.....	544
	ANEXO A – Fatura de energia da empresa utilizada para o estudo de caso ...	577

1 INTRODUÇÃO

1.1 TEMA

Se manter em um mercado competitivo tem sido um grande desafio das organizações, e para isso é fundamental desenvolver esforços visando a utilização eficiente dos recursos envolvidos no processo produtivo (matéria prima, recursos humanos, energia e outros). Deve-se destacar também a valorização da imagem e da visão estratégica da empresa. Nos dias atuais, o mercado mostra uma tendência por produtos de empresas comprometidas com ações de proteção ao meio ambiente e sustentabilidade.

Uma empresa ineficiente energeticamente tem maiores custos fixos que quando não reduzem a rentabilidade do negócio, acabam sendo repassados ao consumidor. Aliado a esses aspectos, a procura por produtos variados e diversificados que atendam as expectativas e anseios dos diferentes tipos de clientes implicam em um maior esforço das indústrias em elevar a produtividade e baixar os custos. Essa situação pode levar a falência do negócio ou perda de competitividade.

O tema visa contribuir para estudos de competitividade por meio da redução dos custos de produção provenientes de ações relacionadas com consumo de energia elétrica, introduzindo informações básicas para compressão do tema eficiência energética, por meio de uma compilação de estratégias de gestão energética voltadas para pequenas e médias indústrias. Será apresentando também um pequeno estudo de caso para exemplificar a aplicação dos conceitos estudados.

1.2 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

O estudo de caso apresentado se limitará à uma empresa situada na cidade de Matinhos-PR, onde o fornecimento de energia elétrica é feito pela Companhia Paranaense de Energia (COPEL), através de um ramal de baixa tensão. A empresa em questão foi escolhida pelo seu porte reduzido e fácil acesso aos dados e documentos administrativos necessários para a análise.

1.3 PROBLEMA

A partir do tema apresentado, a pesquisa tem objetivo de responder a seguinte questão: **É possível utilizar ações de eficiência energética em pequenas e médias indústrias como instrumento para redução dos custos de produção, e consequentemente, aumentar a sua competitividade?**

Essa problemática é de interesse dos administradores e do poder público, uma vez que a indústria é responsável por 33% da energia consumida no Brasil segundo a EPE (Empresa de Pesquisa Energética, 2017), a qual vem criando e aplicando programas visando uso eficiente da energia. Tais programas serão apresentados posteriormente neste trabalho. A Tabela 1 mostra o consumo de energia elétrica por setor segundo o Balanço Energético Nacional 2017.

Tabela 1– Balanço Energético Nacional: uso da energia no Brasil

Consumo	Uso Energético
Indústrias	33,0%
Transportes	32,4%
Residências	9,7%
Setor Energético	10,3%
Agropecuária	4,0%
Serviços	4,9%

Fonte: EPE, 2017.

1.4 JUSTIFICATIVA

Segundo projeções do Ministério de Minas e Energia (MME, 2001), em 2025 o Brasil terá uma taxa de crescimento da Oferta Interna de Energia na ordem de 2,42 % ao ano, enquanto a demanda mundial projeta uma taxa de 1,8 % ao ano. Caso essas projeções se confirmem, o Brasil precisaria de investimentos maiores no setor de energia.

Logo, ao economizar energia, adia-se a necessidade de construção de novas usinas geradoras e sistemas elétricos associados, disponibilizando recursos para outras áreas e contribuindo para a preservação da natureza (MARQUES; HADDAD; MARTINS, 2007).

Iniciativas como o Plano Nacional de Energia 2030 (PNE, 2030) foram criadas pelo MME como um primeiro estudo na esfera de governo com a visão de planejamento integrado de energia baseado na elaboração de cenários. O plano possui uma meta de economia de 10 % no consumo final de energia elétrica até 2030, a ser alcançada mediante o incremento da eficiência dos sistemas energéticos.

Porém, novos eventos impactaram o setor energético, como, por exemplo, a crescente dificuldade de aproveitamento hidroelétrico na matriz nacional, o forte ganho de competitividade obtido pela energia eólica no Brasil, o evento de Fukushima \AZ\ e seu impacto no setor nuclear, o *shale-gas* nos EUA, o prolongamento da crise econômica mundial de 2008, a crescente preocupação com as mudanças climáticas, entre outros (EPE, 2014). Tais eventos levaram a criação do PNE 2050, que traça novos cenários com o intuito de antecipar tendências que geram oportunidades ou ameaças, as quais necessitam de um posicionamento estratégico de longo prazo.

Projetos de eficiência energética na indústria são alternativas para resolução de problemas que envolvem aumento da demanda, e conseqüentemente elevação dos custos de produção. Mesmo sendo um aspecto relevante, poucas indústrias possuem um sistema de gestão de energia ou mesmo alguma gestão sobre os aspectos relacionados ao consumo energético.

A otimização do uso de energia elétrica representa uma alternativa para redução nos custos de produção, e a simples mudança de procedimentos e hábitos podem ser responsáveis por significativas economias (MONTEIRO & ROCHA, 2005). Promover melhorias na eficiência de sistemas energéticos requer utilizar o conhecimento de uma forma aplicada, empregando conceitos da engenharia, da economia e da administração (NOGUEIRA, 2006).

Ainda há poucas indústrias no Brasil que possuem programas de eficiência energética e sistemas de gestão da energia bem estruturados e operando continuamente. Busca-se por meio desse trabalho difundir o conhecimento sobre gestão energética, disponibilizando estratégias de fácil compreensão e aplicabilidade em pequenas e médias indústrias, onde esse conjunto de técnicas aparentemente são desconhecidas pela maioria dos gestores.

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 Objetivo geral

Introduzir conceitos como estratégia empresarial, produtividade e gestão energética, possibilitando que o administrador conheça e aplique técnicas de baixo custo a fim de se obter maior produtividade, otimizando a utilização da energia elétrica em indústrias de pequeno e médio porte.

1.6 EMBASAMENTO TEÓRICO

Em relação aos temas de gestão energética e análise de viabilidade, foi utilizada como principal referência teórica a publicação Gerenciamento de Energia: ações administrativas e técnicas de uso adequado da energia elétrica (BARROS; BORELLI; GEDRA, 2012).

Quanto ao tema eficiência energética, a obra Instalações Elétricas Industriais (MAMEDE, 2010) serviu como referência principal acerca dos conceitos que envolvem engenharia elétrica. Outras referências relevantes para esse estudo estarão devidamente citadas ao longo do texto.

1.7 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A metodologia utilizada para análise da fatura de energia do consumidor industrial é baseada na proposta de BARROS, BORELLI E GEDRA (2012), sendo um estudo de caso. O Estudo de Caso tem como objetivo a compreensão e planejamento da intervenção, destacando-se pela possibilidade de integração de diferentes técnicas e campos do conhecimento (PEREIRA; GODOY; TERÇARIOL, 2008).

As conclusões do estudo serão baseadas nos achados e conceitos apresentados e discutidos no referencial teórico.

1.8 ESTRUTURA DO TRABALHO

A divisão do trabalho dar-se-á da seguinte forma:

Seção 1 - Introdução: serão apresentados o tema, as delimitações da pesquisa, o problema e os objetivos, a justificativa, e a estrutura geral do trabalho.

Seção 2 – Fundamentação Teórica: será apresentado todo o suporte teórico necessário para o entendimento do tema abordado, dando destaque para a importância da Eficiência Energética no cenário brasileiro e como ela se relaciona com conceitos como Estratégia Empresarial e Gestão de Ativos, além de outros assuntos relacionados à proposta da pesquisa.

Seção 3 – Estratégias de Baixo Custo para Gestão Energética: serão apresentadas as técnicas de gestão energética com foco em baixo custo e aumento de produtividade, como análise tributária e contratual, deslocamento de carga, melhoria no fator de carga e *retrofit* de ativos operacionais e instalações. Uma introdução à ABNT NBR ISO 50001 - Sistemas de Gestão da Energia também foi apresentada nesta seção.

Seção 4 – Estudo de caso: verificação dos resultados após a aplicação de algumas estratégias em uma indústria de pequeno porte com objetivo de redução da fatura de energia elétrica.

Seção 5 – Conclusão: nesta seção se encontram as análises e interpretações dos resultados, com sugestões para continuidade do trabalho.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 COMPETITIVIDADE E ESTRATÉGIA EMPRESARIAL

Competitividade pode ser entendida como a capacidade de uma determinada economia, setor econômico, conjunto articulado ou complexo de atividades produtivas e comerciais ligadas a uma produção, de concorrer com produções de outras em determinados espaços físicos e econômicos, pela satisfação da demanda destes (PEREZ, 1988). A busca por vantagens competitivas deve estar na essência da formulação estratégica de qualquer empresa. Tal competição não ocorre apenas em relação aos concorrentes, mas em toda a cadeia de relações da empresa (ambientes externos e internos).

Para Porter (1979), existem cinco forças sobre as organizações que determinam a sua competitividade (Figura 1). As empresas podem analisar essas forças a fim de identificar pontos fortes e fracos, verificando ameaças e oportunidades existentes no ambiente, para então formular uma estratégia competitiva.

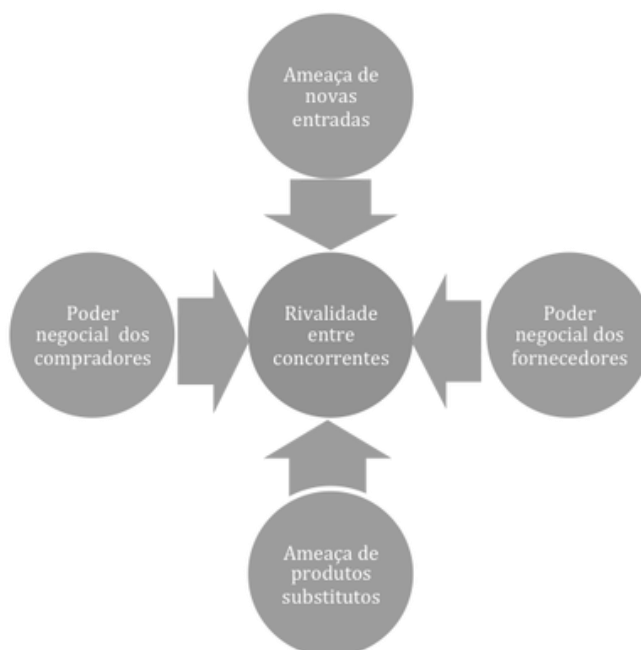


Figura 1: Cinco forças de Porter

Fonte: Porter, 1979.

De forma sintética, as cinco forças de Porter podem ser definidas como:

- a) Ameaça de Novas Entradas: diz respeito ao grau de competitividade do mercado, ou o limite das empresas em entrar no mesmo setor e concorrer por clientes. Quanto maior for a possibilidade de entrada de novas empresas em um dado setor, menor é a sua atratividade. Por outro lado, existem duas expectativas dos entrantes em relação às barreiras: existência já consolidada de barreiras de entrada e a ameaça de retaliação dos competidores já estabelecidos
- b) Ameaça de Produtos Substitutos: principal variável que define preço no mercado e ativa a concorrência. No entanto, a qualidade dos produtos ou serviços será a estratégia que determinará a opção final do consumidor. Quanto maior for a pressão dos produtos substitutos, menor é a atratividade de um dado setor.
- c) Poder Negocial dos Fornecedores: exerce ameaça ao desempenho das empresas por meio da elevação dos preços ou redução da qualidade de bens e serviços. Fornecedores com alto poder de negociação afetam negativamente a rentabilidade de um dado setor, pois podem impor preços, condições de pagamento, prazos de entrega e qualidade dos produtos.
- d) Poder Negocial dos Compradores: quanto maior o poder de negociação dos consumidores, menor será a atratividade de um setor, pois estes podem forçar as empresas a reduzir preços, aumentar a qualidade dos produtos e serviços, além de barganhar melhores condições de pagamento.
- e) Rivalidade entre Concorrentes: força central dos cinco elementos determinados por Porter, sendo o mais significativo deles, pois com todos se relaciona. Quanto maior for a rivalidade maior será a possibilidade de concorrência de preços, disputas publicitárias, investimentos em qualidade etc. Não se trata

necessariamente de quem vende um mesmo produto ou serviço, mas de outros fatores, como por exemplo público alvo ao qual se dedicam.

Zaccarelli (2000) define estratégia como um guia para decisões sobre interações com oponentes, de reações imprevisíveis, compreendendo duas partes: ações e reações envolvendo aspectos do negócio, e preparação para obter vantagem nas interações. A estratégia é um jogo competitivo em que a empresa se depara sempre com o problema de mudança de uma situação considerada insatisfatória, para uma condição melhor e desejável. Percebe-se então que uma empresa altamente competitiva é produto de uma estratégia bem elaborada. A elaboração de um plano aumenta a probabilidade de que, no futuro, a sua empresa esteja no lugar certo na hora certa (TIFFANY *et al.*, 1999).

O Brasil é um dos países cuja indústria mais perdeu competitividade na última década, segundo um estudo da consultoria *Boston Consulting Group (BCG)*, sendo classificado como o 4º com o maior custo de produção, atrás apenas de Austrália, Suíça e França (BCG, 2014). Além disso, fatores como falta de mão-de-obra qualificada, baixo investimento, infraestrutura inadequada, burocracia, juntamente com o aumento com custos de energia contribuem para a formação desse cenário. Segundo a Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro (FIRJAN), houve um aumento real de 48,2% no custo com energia para a indústria brasileira entre os anos de 2013 a 2016 (FIRJAN, 2016).

É fundamental para a indústria conhecer as áreas onde ocorrem perdas de energia e suas causas, para então priorizar investimentos em eficiência energética por meio de um planejamento estratégico baseado em redução dos custos operacionais e melhoria da competitividade. Desse modo, a gestão energética industrial pode ser vista em um conceito mais amplo, visando redução de desperdícios, sustentabilidade ambiental, economia de custos referentes a energia e uma parcela adicional que é o aumento de produtividade, com consequente aumento de competitividade através do uso sustentável da energia.

2.2 PRODUTIVIDADE

A produtividade nas empresas vem se tornando cada vez mais importante em um ambiente de crescente globalização dos negócios. Sem controle dessa variável,

difícilmente uma empresa será bem-sucedida ou até mesmo sobreviver no mercado. Produtividade pode ser definida como a eficiência com a qual os insumos são transformados em produção (LONGENECKER *et al.*, 1997), tornando possível avaliar a capacidade de um sistema para elaborar produtos, e o nível de aproveitamento dos recursos. Uma melhor produtividade resulta em maior rentabilidade para a empresa.

Nesse sentido, ela se utiliza de métodos de trabalho e processos de produção, objetivando melhorias com o menor custo possível e maior qualidade. Melhorar a produtividade é colher benefícios sem incorrer em custos. É combinar de uma forma tal os recursos envolvidos que daí resulte um aumento do *output* (quantidade de produtos ou serviços produzidos) resultante sem acréscimo de *inputs* (quantidade de recursos utilizados) (SOUSA, 1990). Logo, podemos representar a produtividade da seguinte maneira:

$$Produtividade = \frac{output}{input} \quad (1)$$

Então, a produtividade pode ser aumentada através da variação da quantidade de produção e da quantidade de recursos utilizados. (GAITHER, 1988) define quatro formas para o incremento da produtividade:

1. Aumentar a produção e não alterar a quantidade de recursos utilizados;
2. Reduzir a quantidade de recursos enquanto a mesma produção é realizada;
3. Aumentar a quantidade de recursos utilizados e aumentar ainda mais a produção;
4. Reduzir a quantidade de produção e reduzir ainda mais a quantidade de recursos utilizados.

A produtividade acaba sendo influenciada, fundamentalmente, pelo custo do trabalho (um dos fatores mais utilizados no cálculo da produtividade), pelo volume de capital utilizado, e pelos métodos de trabalho e a gestão, pelo nível de qualidade dos produtos e pelo uso intensivo da tecnologia (NIGRO, 2005).

No caso do Brasil, que atualmente atravessa uma grande crise econômica e política, o setor produtivo encara dificuldades para aumentar a sua eficiência, possuindo problemas como baixa qualificação do trabalhador, elevada e complexa carga tributária, excesso de burocracia e baixa qualidade de infraestrutura. Quando

comparada com outros 11 países concorrentes, a taxa de produtividade por hora trabalhada por ano no Brasil foi de 0,6 % (Figura 3), apresentando uma retração no crescimento entre os anos de 2002 e 2012 segundo dados da Confederação Nacional da Indústria (CNI, 2015). A Coreia do Sul aparece no outro extremo com uma alta de 6,7 % a cada ano. Nos Estados Unidos o aumento foi de 4,4 %. No Brasil o crescimento acumulado entre 2002 e 2012 foi de 6,6 %.

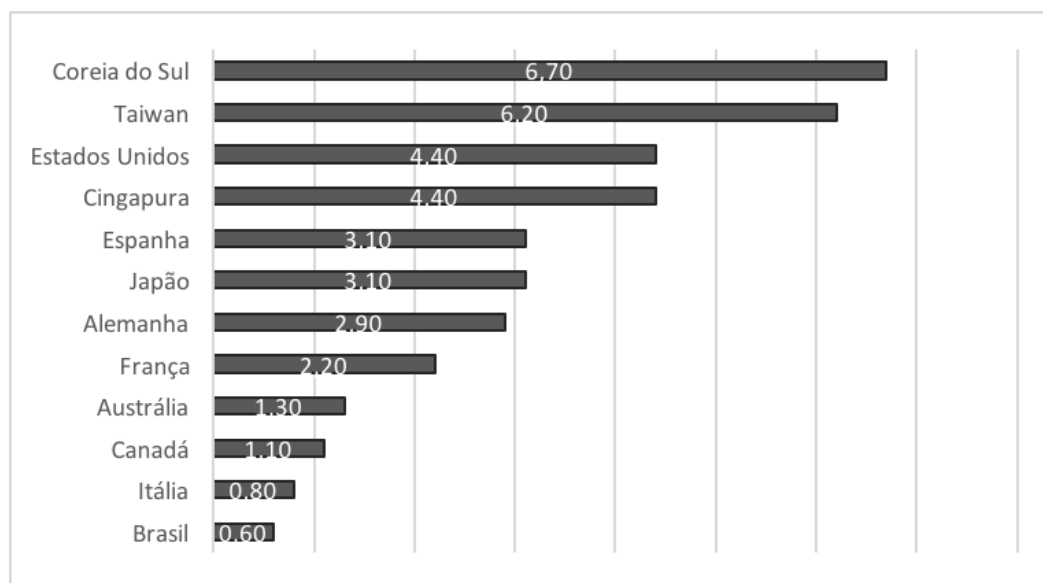


Figura 2: Figura 2: Produtividade do Trabalho: Crescimento médio por ano entre 2002 e 2012

Fonte: Agência de Notícias CNI, 2015.

A constante preocupação dos gestores em oferecer produtos de forma competitiva, atendendo consumidores cada vez mais exigentes, culmina na busca por estratégias que elevem a produtividade na indústria. Notoriamente, um sistema produtivo com desperdícios e uso ineficiente de energia compromete o alcance de uma estrutura de custos racionalizada e uma posição competitiva dentro do mercado (WU, 2009).

2.3 TARIFAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

O setor de energia elétrica brasileiro atual pode ser organizado através de quatro segmentos: geração, transmissão, distribuição e comercialização. Para efeito de aplicação das tarifas de energia elétrica, os consumidores são identificados por classes e subclasses de consumo, previstas na resolução nº 414/2010 da ANEEL. Essa resolução define todos os termos e parâmetros envolvidos nas faturas de energia,

as modalidades de faturamento, a divisão dos consumidores em classes e faixas em função da tensão de fornecimento, instruções para novas ligações, emissão de faturas de energia, entre outros.

A estrutura tarifária pode ser definida como sendo o conjunto de tarifas aplicáveis aos componentes de consumo de energia elétrica e/ou demanda de potência, de acordo com a modalidade de fornecimento. No Brasil, as tarifas de energia elétrica estão divididas em dois grupos de consumidores: “Grupo A” e “Grupo B”. O agrupamento é definido, principalmente, em função do nível de tensão em que são atendidos e também, como consequência, em função da demanda (kW) (MME, 2011).

Entender como são organizados esses agrupamentos é de fundamental importância para um planejamento energético eficiente, uma vez que é possível avaliar se os contratos de fornecimento estão adequados, permitindo ações que reduzam custos associados ao faturamento de energia elétrica. Algumas destas ações serão apresentadas na Seção 3.

2.3.1 Estrutura tarifária grupo A

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:

- Subgrupo A1 – tensão de fornecimento igual ou superior a 230 kV;
- Subgrupo A2 – tensão de fornecimento de 88 kV a 138 kV;
- Subgrupo A3 – tensão de fornecimento de 69 kV;
- Subgrupo A3a – tensão de fornecimento de 30 kV a 44 kV;
- Subgrupo A4 – tensão de fornecimento de 2,3 kV a 25 kV;
- Subgrupo AS – tensão de fornecimento inferior a 2,3 kV, a partir de sistema subterrâneo de distribuição.

2.3.2 Estrutura tarifária grupo B

Consumidores com fornecimento em tensão inferior a 2,3 kV. A tarifa aplicada a este grupo é a monômia.

- B-1 - Residencial;
- B-1- Residencial Baixa Renda;
- B-2 - Rural;
- B-2 - Cooperativa de utilização rural;
- B-2 - Serviço público de irrigação;
- B-3 - Demais classes;
- B-4 - Iluminação Pública.

2.3.3 Modalidades tarifárias

As modalidades tarifárias são um conjunto de tarifas aplicáveis aos componentes de consumo de energia elétrica e demanda de potência ativas, sendo classificadas pela COPEL como:

- a) Tarifa Monômnia: Tarifa de fornecimento de energia elétrica constituída por preços aplicáveis unicamente ao consumo de energia elétrica ativa (baixa tensão).
- b) Tarifa Binômnia: Conjunto de tarifas de fornecimento constituído por preços aplicáveis ao consumo de energia elétrica ativa e à demanda faturável (alta tensão). A estrutura tarifária binômnia está dividida em convencional e horária, no que diz respeito aos componentes de energia e demanda, bem como a relatividade de preços nos diversos horários.
- c) Tarifa Convencional: Estrutura caracterizada pela aplicação de tarifas de consumo de energia elétrica e/ou demanda de potência, independentemente das horas de utilização do dia e dos períodos do ano, e aplicada aos consumidores atendidos em tensão inferior a 69 kV com demanda contratada inferior a 150kW.
- d) Tarifa Horária: As tarifas horárias, por sua vez, estão divididas em VERDE e AZUL. Tais tarifas têm preços diferenciados em relação às horas do dia (ponta e fora de ponta), ficando a definição dos horários à cargo da distribuidora, no caso da COPEL, são de 2^a a 6^a feira das 18h às 21h (das 19h às 22h no Horário

de Verão). São considerados exceções os sábados, domingos, terça-feira de carnaval, sexta-feira da Paixão, "Corpus Christi" e demais feriados definidos por lei federal.

Tarifa Horária Verde: Destinada aos consumidores com baixo fator de carga no horário de ponta, com capacidade limitada de modulação neste mesmo horário. A tarifa verde é composta por tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica, de acordo com as horas de utilização do dia e por uma única tarifa de demanda de potência em qualquer horário de utilização. Composta de: demanda única, independente de posto horário, consumo na ponta e consumo fora da ponta.

Tarifa Horária Azul: Destinada a consumidores que têm alto fator de carga no horário de ponta, com capacidade de modulação de carga neste horário. A tarifa azul é composta por tarifas diferenciadas, de acordo com as horas de utilização do dia, sendo composta por: Demanda na ponta, Demanda fora da ponta, consumo na ponta, consumo fora da ponta. A tarifa azul está disponível a todos os consumidores ligados em alta-tensão, sendo obrigatória a sua aplicação a todos os consumidores dos níveis A-1, A-2 e A-3, e opcional aos demais níveis.

Consumidores que são atendidos na baixa tensão podem reduzir seu custo com energia elétrica e usufruir de uma energia de melhor qualidade se possuírem carga instalada superior a 75 kW na unidade consumidora. A migração do Grupo B para o Grupo A requer estudo com profissional especializado, implicando além da análise tarifária, investimentos em subestação, entre outros.

2.3.4 Encargos e tributos

a) Encargos Federais

A alíquota média dos tributos PIS (Programas de Integração Social) e COFINS (Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social) passou a variar com o volume de créditos apurados mensalmente pelas concessionárias e com o PIS e a COFINS pagos sobre custos e despesas no mesmo período, tais como a energia adquirida para a revenda ao consumidor.

b) Tributo Estadual

O tributo estadual ICMS (Imposto sobre a Circulação de Mercadoria e Serviços), é regulamentado pelo código tributário de cada estado, ou seja, estabelecido em lei pelas casas legislativas. Por esta razão são variáveis. As alíquotas de ICMS a serem aplicadas são as seguintes:

- Classe Residencial: consumo mensal de até 150 kWh = 12 % (doze por cento) sobre a base de cálculo do ICMS. Consumo mensal acima de 150 kWh = 12 % (doze por cento) sobre a base de cálculo do ICMS para consumo até 150 kWh e 25 % (vinte e cinco por cento) sobre o excedente.
- Classe Rural: consumo mensal até 500 kWh = 12 % (doze por cento) sobre a base de cálculo do ICMS. Consumo mensal acima de 500 kWh = 12 % (doze por cento) sobre a base de cálculo do ICMS para consumo até 500 kWh e 25 % (vinte e cinco por cento) sobre o excedente.
- Demais Classes: 25% (vinte e cinco por cento) sobre a base de cálculo do ICMS.

c) Tributo Municipal

A CIP (Contribuição para Custeio do serviço de Iluminação Pública), prevista no artigo 149-A da Constituição Federal de 1988 estabelece, entre as competências dos municípios, dispor, conforme lei específica aprovada pela Câmara Municipal, a forma de cobrança e a base de cálculo da CIP, atribuindo ao poder Público Municipal toda e qualquer responsabilidade pelos serviços de projeto, implantação, expansão, operação e manutenção das instalações de iluminação pública.

2.4 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

O objetivo de toda política energética deve ser contribuir para o desenvolvimento sustentável da sociedade. De todas as opções de políticas

energéticas, o desenvolvimento de fontes de energia renováveis e a adoção da eficiência energética são, sem dúvida, os instrumentos mais afinados aos critérios do desenvolvimento sustentável (OECD, 2000). Eficiência energética é uma atividade que busca melhorar o uso das fontes de energia, de maneira a se obter o melhor desempenho na produção de um serviço com o menor gasto de energia. Como exemplo de ação, está a modernização de equipamentos e processos no sentido de reduzirem seu consumo.

O Brasil desenvolveu políticas públicas para eficiência energética. A motivação se deu em virtude das consequências ambientais da industrialização, elevado consumo energético e esgotamento dos recursos naturais (MENKES, 2004). Porém os fatores principais que incentivam o país a estabelecer programas de eficiência energética são de ordem econômica (redução de custos) e segurança energética (garantia de fornecimento). A crise de energia no ano de 2001 também pode ser considerada um agente motivacional para criação destas políticas. Dois grandes programas voltados à implantação de medidas de eficiência energética foram desenvolvidos, são eles:

- Programa de Eficiência Energética (ANEEL): Combate ao desperdício de energia elétrica nas distribuidoras, desde as fontes dos recursos, até o utilizador final.
- PROCEL (ELETROBRÁS): Combate ao desperdício de energia elétrica em edificações, equipamentos indústrias, saneamento ambiental, prédios públicos, iluminação pública, sinalização semáfora, abrangendo programas educativos.

O Selo PROCEL foi instituído em 1993, sendo conferido de forma anual para equipamentos que possuem os melhores índices de eficiência energética, separados em categorias, de acordo com os resultados dos ensaios do Programa Brasileiro de Etiquetagem – PBE.

Atualmente, o Plano Nacional de Energia (PNE 2030) definiu para 2030 uma meta de economia de 10% no consumo final de energia elétrica, a ser alcançada mediante o incremento da eficiência dos sistemas energéticos. Com esse objetivo, o Ministério de Minas e Energia (MME) vem elaborando o Plano Nacional de Eficiência Energética (PNEf), que deverá nortear essas atividades e constituir uma referência

fundamental para o desenvolvimento da eficiência energética no País. Entre as contribuições do PNE 2030, destacam-se, principalmente (EPE, 2014):

- Explicitar, dentro do planejamento energético integrado nacional, o papel da eficiência energética na expansão de longo prazo do setor energético brasileiro, mediante a indicação de metas de eficiência energética;
- Contribuir para estimular novos estudos na área;
- Indicar a necessidade de se estabelecer bases de dados aplicáveis à eficiência energética no Brasil, que permitam consolidar informações sobre o tema, monitorar o progresso de indicadores de eficiência energética e alimentar a análise de impacto de políticas relacionadas ao assunto.

Quando se deseja realizar um estudo de eficiência energética em ambientes industriais se faz necessário atuar nos diferentes tipos de carga, investigando seu potencial desperdício, além de viabilizar ações que podem resultar em racionalização de energia, com a finalidade de se obter melhor aproveitamento das instalações e equipamentos elétricos, redução do consumo energético e consequente aumento da produtividade, sem afetar a segurança das instalações. Essas ações podem ser implementadas nos segmentos de consumo a seguir enumerados (MAMEDE, 2010):

- Iluminação;
- Condutores elétricos;
- Fator de potência;
- Motores elétricos;
- Consumo de água;
- Climatização;
- Ventilação natural;
- Refrigeração;
- Aquecimento de água;
- Elevadores e escadas rolantes;
- Ar comprimido;
- Carregamento de transformadores;
- Instalação elétrica;
- Administração do consumo de energia elétrica;
- Controle da demanda.

Não faz parte do escopo desta pesquisa propor medidas para todos os segmentos supracitados, mas selecionar os mais relevantes para pequenas e médias indústrias. Um estudo desenvolvido pela Confederação Nacional da Indústria (CNI, 2009) observou algumas tendências setoriais nos focos dos projetos de eficiência energética desenvolvidos, tais como:

- Alimentos e bebidas: inversores de frequência em túnel de resfriamento; substituição de fornos em padarias; uso de compressores com tecnologia *Variable Speed Drive* (VSD);
- Têxtil: efficientização de laboratórios;
- Siderurgia integrada: projetos de cogeração;
- Metalurgia: uso de compressores VSD;
- Automotivo: uso de compressores VSD e válvulas com controle de fluxo automático;
- Papel e celulose: bombeamento com inversores e recuperação de calor;
- Mineração de metálicos: modificações nos ciclones do processo e uso de inversores em correias transportadoras;
- Fundição: potencial de recuperação de calor para outros fins.

O estudo também aponta predominância de projetos para economia de eletricidade. Como exemplo, 19% das ações envolvem troca de motores, 20% envolvem melhorias em sistemas de iluminação e 8% envolvem melhorias em sistemas de ar comprimido. Ações que envolvem otimização de processos térmicos aconteceram com frequência bem menor, apenas 6%, apesar dos resultados expressivos como no caso de cogeração em siderurgia.

A melhoria da eficiência energética reduz a necessidade de aumentar a capacidade geradora e novos investimentos, conseqüentemente liberando recursos para investimento em medidas de proteção ambiental, de segurança e melhoria nas fontes geradoras já existentes, em tecnologias limpas, entre outras. A seguir serão apresentadas estratégias para gestão energética, as quais foram selecionadas visando baixo custo de implementação em pequenas e médias indústrias.

2.5 GESTÃO DE ATIVOS FÍSICOS

Uma prática adotada pelas empresas para evitar o aumento de custo de seus produtos é rever seus processos para reduzir o consumo de energia. O gerenciamento de ativos é fundamental para priorizar investimentos e concentrar esforços nos ativos mais críticos que sustentam os processos da organização, integrando o planejamento estratégico, engenharia, manutenção, e a análise e estudos de confiabilidade, procurando melhorar a eficiência dos equipamentos industriais durante seu ciclo de vida (Figura 3).

Dessa forma, as informações sobre os ativos podem ser utilizadas como uma variável de indicação de desempenho relacionado com a eficiência energética. A gestão de ativos representa uma mudança cultural no planejamento estratégico das empresas que adicionam à tradicional visão sobre produtos e clientes à visão dos ativos e do valor que estes são capazes de gerar ao negócio (ZAMPOLLI, 2016).

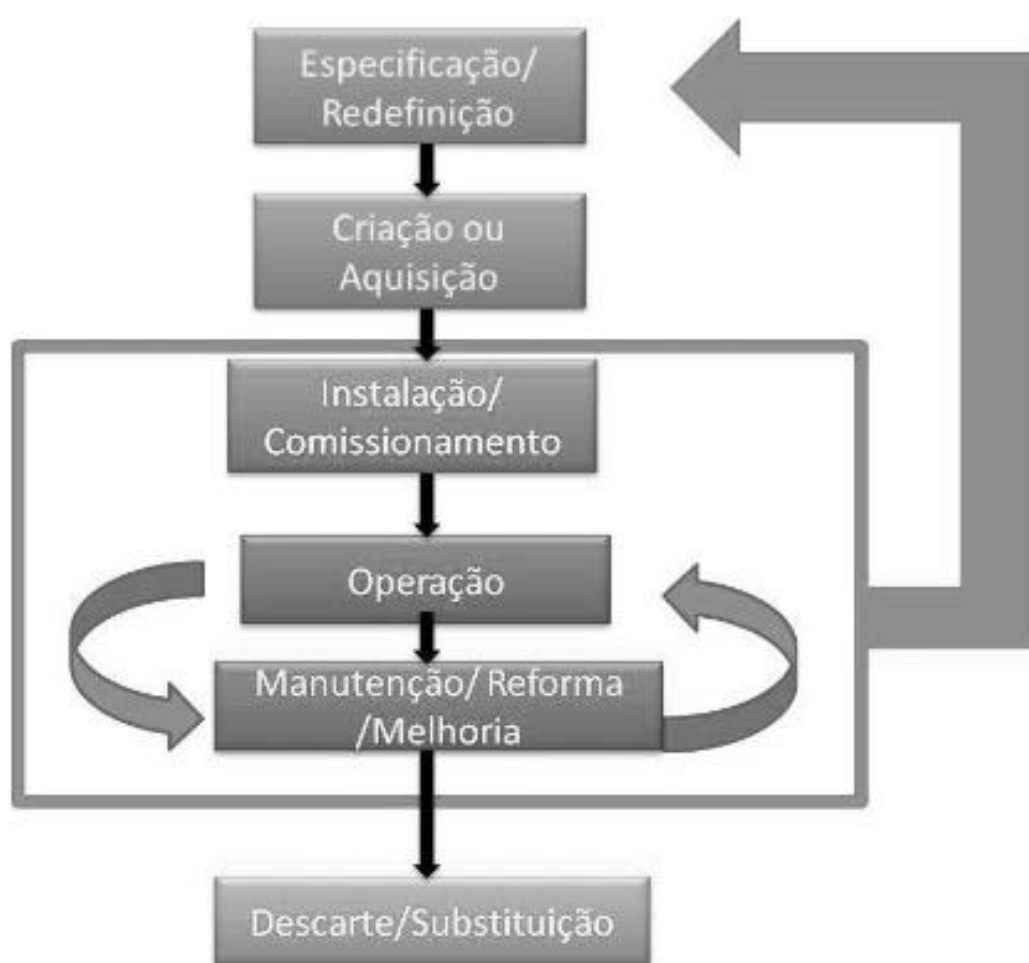


Figura 3: Fases do ciclo de vida consideradas em um sistema integrado de gestão de ativos

Fonte: PROCOBRE, 2011.

Geralmente as empresas desconhecem todos seus ativos, possuindo apenas o controle contábil, sendo que para uma gestão eficiente de negócios, a mesma deve estar familiarizada com seus ativos físicos para maximizar sua utilização e valor. A criação de uma base ou inventário é fundamental para administração dos ativos, pois com o tempo, novos bens passam a integrar o patrimônio da empresa, assim como outros são descartados. Sem essa base para controle, os ativos da empresa são utilizados de forma intuitiva pelos colaboradores, fazendo com que eles tenham uma vida útil menor e demandem manutenção com mais frequência, o que faz elevar os custos.

Com o objetivo de aperfeiçoar os sistemas de gestão de ativos físicos das empresas em um plano internacional, o *Publicly Available Specification 55* (PAS 55) foi elaborado. Trata-se de um procedimento que possui 28 pontos de boas práticas com foco nos ativos físicos, sendo publicado pelo *Global Forum on Maintenance & Asset Management* (GFMAM), contando com a participação das mais importantes associações de gestão de ativos do mundo, incluindo a Associação Brasileira de Manutenção e gestão de ativos (ABRAMAN). A utilização desta especificação permite uma linguagem comum sobre gestão de ativos para todas as áreas da empresa desde os gestores, técnicos, reguladores, acionistas, prestadores de serviços e clientes (FECHA, 2012).

Com a crescente utilização da PAS 55, surgiu a necessidade de criação de um padrão internacional para gestão de ativos. A NBR ISO 55.000 é um conjunto de normas de padronização internacional em vigor desde janeiro de 2014. É correto afirmar que ela seguiu as principais diretrizes já estabelecidas pelos 28 pontos da PAS 55 e já se encontra traduzida para mais de dez idiomas, incluindo português brasileiro. Segundo NBR ISO 55.000, a gestão de ativos é baseada nos seguintes fundamentos:

- Valor: ativos existem para fornecer valor para a organização e as partes interessadas;
- Alinhamento: a gestão de ativos traduz os objetivos organizacionais em decisões técnicas e financeiras, planos e atividades;
- Liderança: liderança e comprometimento de todos os níveis gerenciais são essenciais para estabelecer com sucesso, operar e melhorar a gestão de ativos na organização;

- Garantia: a gestão de ativos garante que os ativos cumprirão com os propósitos requeridos.

Resultados de uma estratégia de gestão de ativos eficaz não envolvem apenas economia de dinheiro, mas também segurança, continuidade do serviço minimizando o tempo de inatividade, melhora na eficiência otimizando o desempenho dos equipamentos mais antigos e ampliando sua vida útil a custos ótimos. Diagnosticar e compreender onde estão os ativos deficientes da empresa é um passo fundamental para colocar um plano de eficiência energética em prática.

3 ESTRATÉGIAS DE BAIXO CUSTO PARA GESTÃO ENERGÉTICA

3.1 ANÁLISE DA DEMANDA CONTRATADA

Além do consumo pago referente à energia elétrica realmente consumida, a demanda remunera a disponibilidade do sistema, que precisa estar preparado para suportar a demanda contratada, mesmo que por um pequeno intervalo de tempo. O artigo 13 da Resolução ANEEL nº 414/2010 estabelece que a demanda contratada deverá ter o valor mínimo de 30 kW, mesmo que o medidor registre um valor menor que o contratado. Ultrapassando o valor contratado em mais de 5% implica em cobrança de multa pelo excesso, em que a tarifa aplicada será duas vezes o valor da demanda vigente.

Esse valor poderá ser revisado, havendo carência de 90 dias para os consumidores pertencentes ao subgrupo A4, ou 180 dias para os consumidores pertencentes aos demais subgrupos, sendo que no caso de aumento, o mesmo é realizado de forma imediata, desde que a distribuidora disponha potência em seu sistema para atendimento.

Além de verificação dos padrões de consumo e demanda nos segmentos horários, deverá ser analisado se a unidade consumidora possui um planejamento de expansão ou redução que poderá provocar alterações no perfil de consumo. Sempre que as características de consumo da instalação sofrerem modificações, sejam elas causadas por mudanças nos hábitos de uso, na potência instalada de algum de seus usos finais ou por alteração de sua matriz energética deve ser reanalisado o contrato vigente da fatura de energia elétrica para uma melhor contratação dos serviços a distribuidora de energia elétrica (FERRO, 2006).

3.2 MUDANÇA DE TARIFA E GERAÇÃO NA HORA DE PONTA

Como apresentado no item 2.3, as estruturas tarifárias possuem diferentes valores e formas de cobrança. Primeiramente deve-se analisar se a unidade consumidora é passível de mudança. Se o valor da demanda contratada for menor que 300 kW e a tensão de fornecimento inferior a 69 kV, a unidade consumidora poderá ser enquadrada nos três tipos de tarifas (convencional, azul ou verde). Para

valores inferiores a 69 kV e demanda maior ou igual a 300 kW, a unidade consumidora poderá ser enquadrada nas estruturas azul ou verde. Para consumidores com tensão de fornecimento acima de 69 kV, a tarifa azul é aplicada de forma obrigatória, não sendo possível mudança de estrutura.

De maneira sintética, a tarifa convencional é indicada para unidades consumidoras comerciais e condomínios residenciais, onde o período de maior utilização da energia elétrica ocorre no horário de ponta.

Já a tarifa Horária Verde é mais indicada para a unidade consumidora que consegue paralisar suas atividades no período denominado ponta. A tarifa Horária Azul é normalmente recomendada às unidades consumidoras industriais que não podem paralisar suas atividades no horário de ponta, apresentando um consumo significativo de energia elétrica nesse período.

A mudança de estrutura deve ser precedida de simulações considerando as opções disponíveis para o consumidor em questão, sendo comparadas com a fatura atual e avaliando se é conveniente a mudança ou não. Como o escopo desse estudo abrange somente pequenas e médias indústrias, a análise se limita as tarifas convencional e verde.

No caso de enquadramento na tarifa verde, a instalação de um grupo gerador a diesel para fornecimento de energia (geração independente) nos horários de ponta se mostra como alternativa viável para redução da fatura energética de muitas empresas, resultando em economia com a vantagem de eliminação das perdas de produção causadas por falta de energia.

Os custos associados à geração de energia por meio de um grupo gerador a diesel podem ser descritos como: o custo de aquisição do grupo gerador, o diesel e o óleo lubrificante consumidos pelo motor, a substituição de filtros de óleo/ar e inspeções periódicas. Sendo a substituição do óleo lubrificante, assim como a substituição dos filtros e a realização das inspeções em função da quantidade de horas de operação (MAHMOUD, 2006). Outros custos devem ser levados em consideração pelo gestor, como a necessidade de adequações civis (casa de máquinas, isolamento acústico, tanque de combustível), além de disponibilização de espaço físico para instalação do grupo gerador.

3.3 CRÉDITOS DE IMPOSTOS

Empresas que possuem processos de industrialização que utilizam energia elétrica para a transformação de bens e produção e que não optaram pelo recolhimento simplificado de impostos são passíveis de creditar impostos destacados nas notas fiscais de energia elétrica. Para o benefício, as mesmas devem providenciar um Laudo Técnico emitido por um perito para quantificar a Energia Industrial consumida, sendo que não é passível de crédito o consumo de energia relacionado às áreas de administração e vendas. Genericamente pode-se definir que a Energia Industrial, é a energia diretamente necessária a fabricação do produto final, isto é, a energia consumida e agregada ao produto.

A Lei Complementar 102/2000 restringiu a utilização do crédito de ICMS à 3 hipóteses (LUNELLI, 2011):

- a) Quando for objeto de operação de saída de energia elétrica;
- b) Quando consumida no processo de industrialização;
- c) Quando seu consumo resultar em operação de saída ou prestação para o exterior, na proporção destas sobre as saídas ou prestações totais.

Além do ICMS estadual, também é possível creditar os impostos PIS e COFINS incidentes nas faturas de energia elétrica. Para fins de apuração de créditos de contribuição para o PIS/PASEP e COFINS, nos termos dos incisos II do art. 3º da Lei nº 10.637, de 2002 e II do art. 3º da Lei nº 10.833, de 2003, consideram-se insumos os bens e serviços adquiridos de pessoas jurídicas, utilizados na prestação de serviços e na produção ou fabricação de bens ou produtos destinados à venda. No caso de bens, para que estes possam ser considerados insumos, é necessário que sejam consumidos ou sofram desgaste, dano ou perda de propriedades físicas ou químicas em função da ação diretamente exercida sobre o serviço que está sendo prestado ou sobre o bem ou produto que está sendo fabricado (BATISTA, 2013).

Realizando o laudo técnico para legitimar o crédito de ICMS, PIS e COFINS, em conformidade com as exigências legais, o faturamento da parte industrializante da empresa torna-se isenta destes impostos.

3.4 ANÁLISE DO FATOR DE CARGA

Segundo a resolução normativa nº 414 de 9 de setembro de 2010 da ANEEL, o fator de carga é definido como sendo a razão entre a demanda média e a demanda máxima da unidade consumidora ocorridas no mesmo intervalo de tempo especificado. O resultado é um índice adimensional, variando entre 0 e 1, sendo que quanto mais próximo de 1, melhor o fator de carga da instalação (BARROS, BORELLI & GEDRA, 2012). Caso a tarifa analisada seja do tipo Convencional, o fator de carga é calculado conforme a equação abaixo:

$$FC = \frac{\text{Consumo de Energia Ativa (kWh)}}{\text{Demanda máxima (kW)} * \text{quantidade de horas}} \quad (2)$$

Caso a tarifa do cliente seja horária, existirão dois fatores de carga, um para o horário de ponta (Equação 3) e outro para o horário fora de ponta (Equação 4):

$$FC = \frac{\text{Consumo de Energia Ativa (kWh)}}{\text{Demanda máx. na ponta (kW)} * \text{quantidade de horas na ponta}} \quad (3)$$

$$FC = \frac{\text{Consumo de Energia Ativa (kWh)}}{\text{Demanda máx. fora da ponta (kW)} * \text{quantidade de horas fora da ponta}} \quad (4)$$

Sua análise permite ajustes na demanda contratada, podendo reduzir custos na fatura de energia elétrica. A mesma deve ser feita de maneira cuidadosa, pois o remanejamento das cargas durante o dia pode onerar a operação da empresa, inviabilizando sua aplicação.

Para essa análise são necessários os dados de demanda da unidade consumidora durante um determinado período de tempo, que podem ser solicitados à concessionária, ou medidos através da instalação de um analisador de energia, com memória interna, específico para essa função. Esse equipamento pode ser instalado no quadro geral de distribuição ou na saída do transformador da instalação (caso possua). A análise consiste em identificar o momento em que ocorrem os picos de demanda (data e hora), e quais equipamentos são responsáveis por esses picos através de uma série temporal.

Uma vez identificados, seu acionamento é remanejado para outros momentos do dia, a fim de se obter uma curva de demanda mais uniforme, e que não ultrapasse o valor da demanda contratada.

Como exemplo da ocorrência de picos de demanda podem ser citados a partida simultânea de motores de elevada capacidade e acionamento de iluminação composta por grande número de lâmpadas de descarga (vapor de sódio, vapor de mercúrio, etc.). Relés de tempo ou temporizadores automáticos podem ser programados para acionamento dessas cargas em períodos específicos do dia, ou de forma sequencial em um determinado momento, evitando picos de demanda.

Basicamente, a análise do fator de carga tem o objetivo de prover um melhor controle das cargas elétricas durante um período através de três condições:

- 1) Identificar os horários de maior demanda da unidade consumidora;
- 2) Identificar as cargas que contribuem para a maior demanda da unidade;
- 3) Identificar cargas que podem ser desligadas nos horários de maior demanda ou ter seu funcionamento remanejado para outros horários.

3.5 CORREÇÃO DO FATOR DE POTÊNCIA

A energia elétrica necessária para o funcionamento de equipamentos como motores, transformadores e fornos é formada por duas componentes: a energia ativa e a energia reativa. A energia ativa, medida em kWh, é a energia que realmente executa trabalho, no caso dos motores é a energia responsável pelo movimento de rotação. A energia reativa, medida em kVArh, é a componente da energia elétrica que não realiza trabalho, mas é consumida pelos equipamentos com a finalidade de formar os campos eletromagnéticos necessários para o funcionamento. A composição destas duas formas de energia resulta na energia aparente ou total.

O Fator de Potência é uma relação entre a energia ativa e a energia aparente ou total, ou seja:

$$FP = \frac{\text{Energia Ativa}}{\text{Energia aparente ou total}} \quad (5)$$

A energia reativa que exceder o fator de potência limite de 0,92 terá uma multa cobrada na fatura de energia elétrica, sendo essa cobrança exclusiva para consumidores do Grupo A. Segundo a COPEL (2014), as principais causas do baixo valor de potência são:

- Transformadores operando a vazio ou subcarregados durante longos períodos de tempo
- Motores operando em regime de baixo carregamento
- Utilização de grande número de motores de pequena potência
- Instalação de lâmpadas de descarga (fluorescentes, de vapor de mercúrio e de vapor de sódio)
- Capacitores ligados nas instalações das unidades consumidoras horossazonais no período da madrugada

Apesar de necessária, a utilização de energia reativa indutiva deve ser limitada ao mínimo possível, por não realizar trabalho efetivo, servindo apenas para magnetizar as bobinas dos equipamentos. O excesso de energia reativa exige condutores de maior seção e transformadores de maior capacidade. A esse excesso estão associadas ainda perdas por aquecimento e quedas de tensão, fazendo do fator de potência um motivo de preocupação não só das grandes indústrias, mas também das menores, mesmo não acarretando em acréscimo no valor da fatura de energia elétrica.

O método normalmente utilizado para correção do fator de potência é o dimensionamento e instalação de um banco de capacitores próximo as cargas, na entrada de baixa tensão, na entrada de alta tensão (pouco usual) ou de forma mista, dependendo do caso. Esse banco de capacitores fornece energia reativa que é consumida pelas cargas indutivas, responsáveis pela diminuição do fator de potência. Para cada situação deve ser estudada qual a melhor alternativa. Em geral, no caso de motores, a opção é instalar o capacitor próximo da carga, mas cada problema exige um estudo individual e tem uma solução própria.

3.6 DIAGNÓSTICO POR TERMOGRAFIA

O dimensionamento adequado de condutores elétricos pode reduzir perdas e aumentar a eficiência de equipamentos. Condutores subdimensionados para a real

carga instalada além de implicarem em redução de eficiência energética, representam risco de choque elétrico, incêndio e possível perda de patrimônio.

Outro problema comum envolvendo condutores elétricos são emendas e conexões. Toda conexão elétrica possui uma resistência elétrica de contato que apresenta perdas ôhmicas com a passagem da corrente elétrica, as quais podem ser representativas em relação ao consumo de energia elétrica de uma indústria. As conexões mais comumente encontradas em sistemas de distribuição de energia elétrica na indústria são as por pressão. Logo, a pressão que se aplica em um conector é de fundamental importância para se ter uma boa conexão. Uma pressão insuficiente eleva a resistência de contato, aumentando as perdas ôhmicas.

Uma das formas de se identificar esse tipo de perda com baixo custo é utilizando imagens termográficas (Figura 5). Os termovisores podem identificar sobreaquecimento (pontos quentes) em painéis elétricos, condutores, motores e transformadores estendendo a visão humana através do espectro infravermelho. Todas essas avaliações podem se feitas à distância, sem contato físico com a instalação.

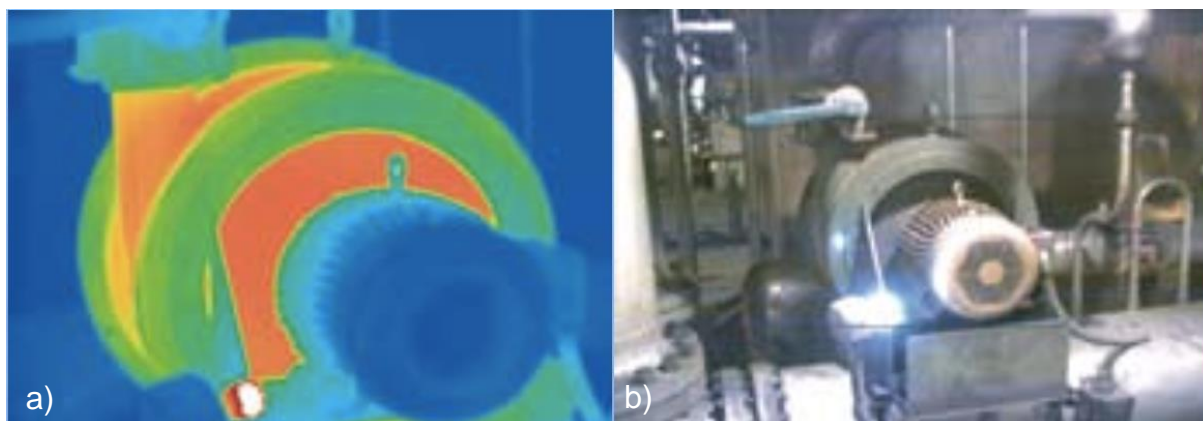


Figura 4: Termografia aplicada a um motor (a) totalmente termográfica, (b) imagem sem termografia

Fonte: FLUKE, 2007.

Este equipamento é aplicável à manutenção preditiva em diversos setores, como eletroeletrônica, engenharia, mecânica, construção civil, segurança do trabalho, etc. A equipe de manutenção, atuando de forma preditiva poderá realizar medições com a máquina em operação (redução do tempo de parada), com objetivo de detectar anormalidades incipientes, que possam ser corrigidas antecipadamente para garantir

o funcionamento, sem que se efetive uma falha, ou que ela se propague (NÓBREGA, 2011).

3.7 AVALIAÇÃO DE SISTEMAS

3.7.1 Iluminação

No ramo industrial, a energia consumida pela iluminação é em média, de 2% a 8% da do total da instalação, sendo uma das principais fontes de desperdício devido a diversidade de pontos de consumo, uso generalizado e frequente emprego de aparelhos de baixa eficiência (MAMEDE, 2010). Algumas medidas de curto prazo podem ser aplicadas para reduzir o desperdício:

- Utilizar lâmpadas com fluxo luminoso e temperatura de cor adequada para cada tipo de ambiente;
- Utilizar telhas translúcidas (zenital) em galpões industriais onde não existe necessidade de forro;
- Evitar a utilização de refratores opacos, como globos, que elevam o índice de absorção dos raios luminosos;
- Utilização de luminárias com corpo espelhado ao invés de corpo esmaltado;
- Utilizar sempre que possível temporizador, sensor de presença e/ou fotocélula para acionamento automático da iluminação;
- Sempre que possível deve-se utilizar lâmpadas com maior potência nominal em vez de várias lâmpadas de menor potência nominal, pois quanto maior for sua potência, maior será seu rendimento;
- Evitar o uso de lâmpadas incandescente, e se for o caso, utilizar lâmpadas de bulbo transparente ao invés de bulbo fosco (leitoso);
- Instalação de lâmpadas LED por possuírem uma relação fluxo luminoso x potência consumida melhor quando comparadas com as lâmpadas incandescentes, fluorescentes ou halógenas, além de maior vida útil;
- As luminárias devem ser instaladas abaixo das vigas do teto dos ambientes;

- Reduzir a iluminação ornamental utilizada em vitrines e placas luminosas.
- Evite pintar os tetos e paredes com cores escuras as quais exigem lâmpadas de maior potência para a iluminação do ambiente;
- Utilizar reatores eletrônicos o invés de reatores eletromagnéticos, por serem mais eficientes;
- Executar limpeza do corpo das luminárias e lâmpadas com frequência compatível com o nível de poluição do ambiente que a iluminação está instalada;
- Lâmpadas com diâmetro reduzido proporcionam um ganho quando instaladas em luminárias, pois o diâmetro menor reduz a sombra da própria lâmpada sobre a luz refletida pela luminária, emitindo para baixo parte da luz que a lâmpada produz.

Critérios a serem observados para aquisição de lâmpadas:

- 1) Temperatura de Cor: uma lâmpada com temperatura de cor mais baixa emite uma luz mais amarelada (3000 K), já uma temperatura de cor próxima a 5000 K apresenta tonalidades mais próximas do branco, e temperaturas acima de 6500 K emite uma luz de cor azulada (Figura 5).
- 2) Eficiência Luminosa (η): relação entre o fluxo luminoso (lúmens) emitido pela lâmpada e a potência consumida (watts).
- 3) Índice de Reprodução de Cor (IRC): escala de 0 a 100 utilizada para medir a fidelidade de cor que a iluminação reproduz nos objetos. Quanto mais próximo de 100 %, maior a fidelidade e precisão das cores.
- 4) Intensidade Luminosa (cd): É a quantidade de luz emitida por uma fonte luminosa em uma determinada direção, expressa em candela.
- 5) Fluxo Luminoso (lm): É a quantidade de luz emitida por uma lâmpada em todas as direções, expressa em Lúmen.
- 6) Iluminância (lx): É o fluxo luminoso que incide em uma área, ou seja, a quantidade de luz que chega a um ponto, expressa em Lux.

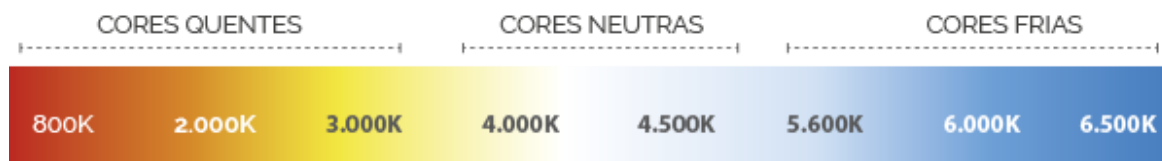


Figura 5: Temperatura de referência para lâmpadas

Fonte: Newline Iluminação.

Para o correto dimensionamento da iluminação, se faz necessário a elaboração de um projeto luminotécnico, que é o estudo da iluminação artificial com a finalidade de conciliar a função de cada ambiente, seja interno ou externo, proporcionando funcionalidade e economia de energia elétrica, uma vez que o uso exagerado ou incorreto de lâmpadas significa gastos extras e desperdícios de energia.

Projetos de *retrofit* podem ser aplicados em sistemas de iluminação existentes, visando a substituição de lâmpadas, reatores e luminárias, considerando a relação custo/benefício. O investimento e o tempo de retorno devem ser compatíveis, quantificando as economias obtidas com as alterações, afim de orientar a tomada de decisão. O projeto deve especificar um sistema que produza resultado igual ou melhor em termos de iluminação, porém de maneira mais eficiente.

3.7.2 Motores elétricos

Motores elétricos em uma instalação industrial consomem, em média, 75 % da energia demandada (MAMEDE, 2010), chamando a atenção de gerentes de produção e financeiros motivados pelo potencial desperdício de energia. Esses desperdícios podem ser causados pelos motivos abaixo:

- Troca de motores defeituosos por motores de maior capacidade devido a indisponibilidade de motores com as mesmas características para reposição;
- Suposição que motores subdimensionados tem maior vida útil;
- Falta de conhecimento sobre a carga que será acionada e demais características operacionais;
- Falta de inversor de frequência em motores de indução que operam com carga variável durante longos períodos de tempo;
- Condições de operação e manutenção inadequadas;

Para motores de indução trifásicos de até 100 kW, encontrados no mercado, pode-se concluir que (COPEL, 2014):

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

Logo, potências nominais muito superiores à realmente necessária resultam em redução do fator de potência da instalação elétrica da indústria e maiores perdas nas redes de distribuição de energia e nos transformadores, com possibilidade de cobrança de multa, como explanado anteriormente no item 3.5. Sempre que possível deve-se escolher o motor de modo que seu carregamento seja no mínimo superior a 50 %, dando preferência a que ele seja maior que 75 %.

Outro ponto importante que o gestor deve considerar são as paradas de manutenção ou o reparo das máquinas. Deve-se estipular cronogramas de manutenção para evitar que a mesma seja feita somente quando a produção permite, ou quando as condições de funcionamento se tornam precárias, inviabilizando a sua operação.

Quando o motor opera em tensão inferior à nominal ocorre uma acentuada redução do conjugado motor produzido, bem como aquecimento nos enrolamentos, desperdiçando energia. Caso a tensão aplicada esteja acima da nominal, além de prejudicar o funcionamento do motor. Variações de tensão devem ser investigadas, caso essa variação seja medida na entrada de baixa tensão, e a mesma estiver abaixo dos limites estipulados pela ANEEL (consultar fatura de energia elétrica), a concessionária deverá ser comunicada. Caso essa queda aconteça nos terminais do motor, as causas podem ser decorrentes de quedas excessivas nos cabos alimentadores do motor devido à uma falha de dimensionamento.

3.7.3 Bombeamento de água

Em sistemas de bombeamento de água deve-se observar que quanto maior for a altura manométrica, maior deve ser a potência da bomba. O excesso de curvas e turbulência no sistema hidráulico podem acarretar em perda de carga nas tubulações. Mamede (2010) sugere algumas medidas para reduzir desperdícios em sistemas de bombeamento de água:

- Verificar se o conjunto motor-bomba está adequado às necessidades da indústria;
- Utilizar motor de alto rendimento;
- Verificar se as pás rotóricas apresentam alto índice de corrosão;
- Verificar se há vibração no funcionamento do motor;
- Manter os filtros do sistema hidráulico sempre limpos;
- Evitar o consumo desnecessário de água;
- Verificar se há válvulas de bloqueio na tubulação e se esta está parcialmente fechada;
- Verificar se há a possibilidade de reduzir o número de acessórios existentes na tubulação;
- Verificar se a tubulação está com o diâmetro adequado, para evitar perdas hidráulicas e, conseqüentemente, o consumo de energia elétrica;
- Eliminar (se existir) o sistema de entrada intencional de ar na tubulação como recurso para reduzir a vazão;
- Eliminar (se existir) a redução concêntrica da tubulação, evitando o turbilhonamento do fluxo de água na entrada da bomba, reduzindo o rendimento.

Para sistemas onde se utiliza mais de uma bomba pode-se adotar inversores com tecnologia *Multipump* (Figura 6). Esta é uma solução de excelente custo-benefício, permitindo que um único inversor de frequência controle até cinco bombas via partida direta, *soft-starter* ou outros métodos de partida.

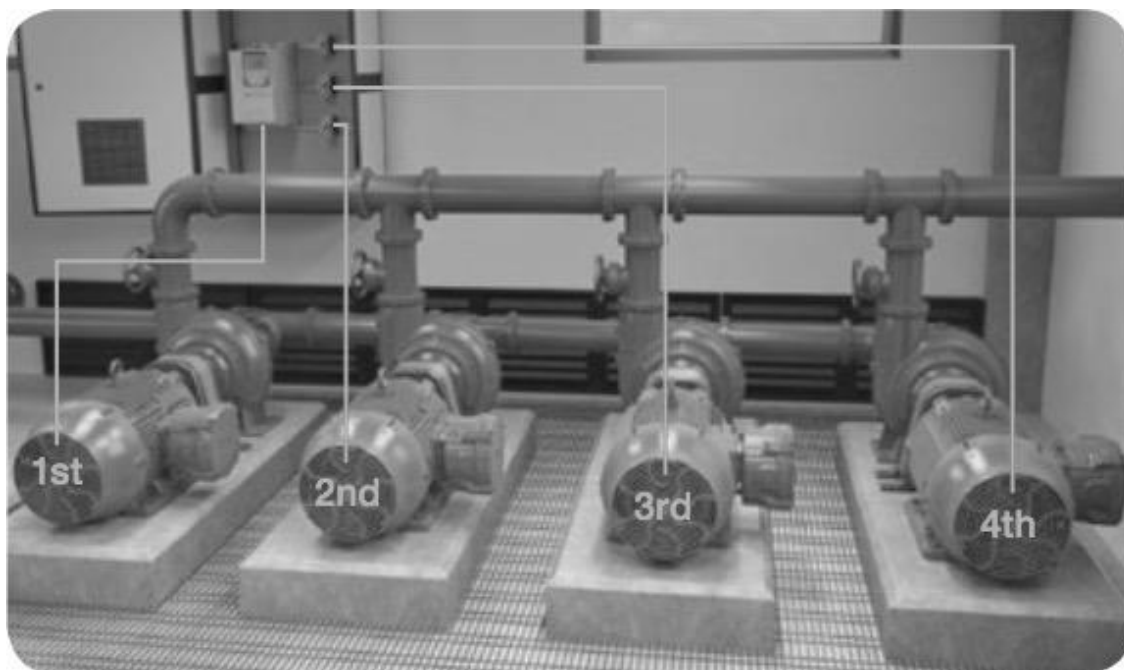


Figura 6: Sistema *Pumpgenius* WEG

Fonte: Catálogo WEG, 2016.

O usuário pode selecionar se as bombas partirão em sequências pré-determinadas ou em revezamento para obtenção de um desgaste uniforme de todas as bombas, já que a lógica monitora o tempo de operação de cada bomba e, com base nisso, seleciona qual deve ser ligada ou desligada.

3.7.4 Ar condicionado

Deve-se estipular rotinas de limpeza dos trocadores de calor, verificação dos filtros e instrumentação. Em sistemas que utilizem dutos de ventilação, deve-se verificar periodicamente a existência de vazamentos de ar. É importante evitar que áreas climatizadas fiquem expostas ao sol, para evitar o aumento da carga térmica, utilizando cortinas, persianas e películas de proteção solar nas janelas.

O ajuste adequado /dos parâmetros do ar condicionado também é importante para evitar desperdícios. Resfriar um ambiente em uma temperatura mais baixa que a real necessidade requer um consumo de energia desnecessário. Para referência de temperatura, a norma ABNT NBR 16401 (Instalações de ar condicionado - Sistemas centrais e unitários), especifica os parâmetros do ambiente interno que proporcionam conforto térmico aos ocupantes de recintos providos de ar condicionado. Esta norma estipula os parâmetros ambientais suscetíveis de produzir sensação aceitável de conforto térmico em 80% ou mais das pessoas.

a) Parâmetros de conforto para Verão

Temperatura operativa e umidade relativa dentro da zona delimitada por:

- 22,5 °C a 25,5 °C e umidade relativa de 65 %.
- 23,0 °C a 26,0 °C e umidade relativa de 35 %.

b) Parâmetros de conforto para Inverno

Temperatura operativa e umidade relativa dentro da zona delimitada por:

- 21,0 °C a 23,0 °C e umidade relativa de 60 %.
- 21,5 °C a 24,0 °C e umidade relativa de 30 %.

O gestor deve considerar a substituição de equipamentos antigos por novos modelos. Devido à atualização tecnológica e programas como o PROCEL, os novos equipamentos consomem menos energia elétrica para produzir a mesma capacidade frigorígena, ou seja, possuem uma maior eficiência energética. A Figura 7 apresenta a evolução do consumo médio de energia elétrica de condicionadores de ar do tipo janela de 7.500 BTU/h, integrante do PBE.

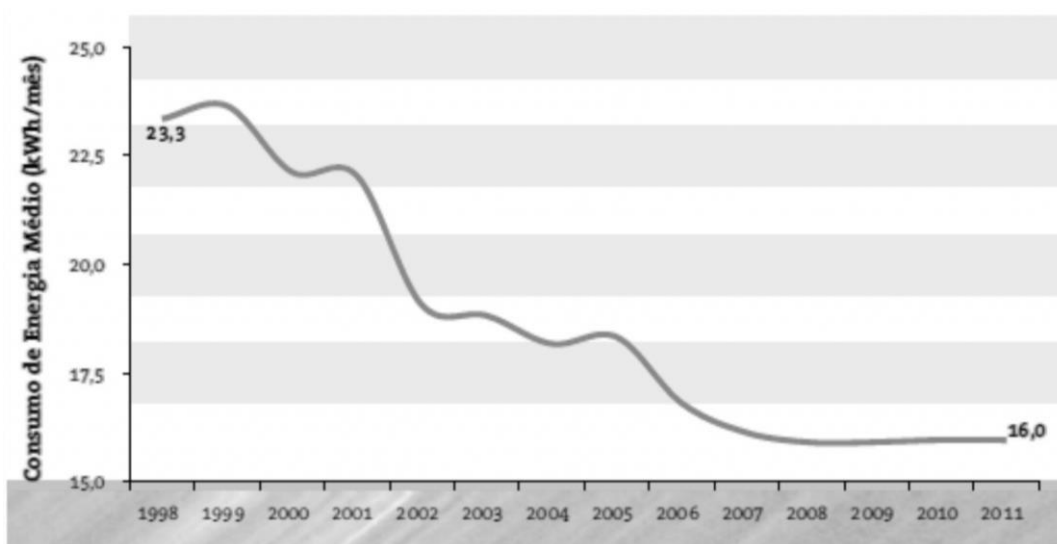


Figura 7: Evolução do consumo médio de energia elétrica de condicionadores de ar de 7.500 BTU/h

Fonte: ELEKTRO, 2012.

Pode ser observado que, em 13 anos, houve uma redução de mais de 31% no consumo desses equipamentos, decorrente do desenvolvimento tecnológico estimulado (em parte) pelo selo PROCEL Eletrobrás.

4 ESTUDO DE CASO

4.1 DESCRIÇÃO DA EMPRESA

As estratégias sugeridas nesse trabalho variam sua aplicação conforme tamanho e ramo de atividade da empresa. Para a avaliação técnica e econômica foi realizado um levantamento prévio de informações referentes às características da empresa, como estrutura física, produtos comercializados e consumo de energia. As estratégias adotadas para esse caso visam melhorias no fator de carga e redução das perdas provenientes de problemas nas instalações elétricas.

A empresa objeto do estudo atua no ramo de ferragens para construção civil, com horário de funcionamento das 7h30 às 17h45, exceto nas segundas-feiras, no qual o período se estende até às 18h, não havendo expediente aos sábados e domingos.

Os principais produtos comercializados pela empresa são: arrames, pregos, vergalhões, malhas, treliças e sapatas armadas, no qual a empresa faz o corte e dobra destas ferragens, conforme projetos específicos, facilitando sua utilização no setor de construção civil. Sua divisão organizacional é constituída dos setores administrativo, produção, vendas e marketing, possuindo um total de 12 funcionários.

Abaixo estão os dados da unidade consumidora, conforme faturas contidas nos anexos. Por se tratar de uma unidade consumidora de baixa tensão (não possui cobrança de energia reativa), somente será apresentada a energia ativa consumida (kWh).

- Fornecimento: Trifásico 127/220V;
- Estrutura Tarifária: Grupo B;
- Tarifa Monômia;
- Fator de potência: 69,8;
- Tributos: PIS, COFINS, ICMS.

Tabela 4 - Histórico de Consumo (período de 6 meses)

Mês	06/16	07/16	08/16	09/16	10/16	11/16
Consumo (kWh)	1901	1841	1808	1402	1530	1628

Fonte: Faturas do cliente

Nos galpões onde são fabricados e armazenados os produtos da empresa (Figuras 8 e 9), a iluminação é composta por lâmpadas fluorescentes tubulares (32 W), e lâmpadas fluorescentes compactas de alta potência (110 W), instaladas à uma altura de 5,50 metros em relação ao piso. Percebe-se também a utilização de telhas translúcidas para melhor aproveitamento da luz natural.



Figura 8: Galpão onde são fabricados os produtos da empresa

Fonte: Autor.



Figura 9: Galpão onde são armazenadas as ferragens

Fonte: Autor

As luminárias instaladas nos galpões não possuem corpo espelhado, não sendo adequadas para esse tipo de ambiente (Figura 10), além de estarem danificadas, o que também contribui para a redução da sua eficiência.



Figura 10: Luminárias instaladas no galpão

Fonte: Autor

4.2 APLICAÇÃO DAS ESTRATÉGIAS

4.2.1 Substituição das lâmpadas

A partir dos dados dos fabricantes, do custo para aquisição de cada lâmpada, custo da energia e dados da empresa, foi possível montar uma planilha (Tabela 5) que possibilita avaliar a economia e o retorno do investimento feito ao substituir as lâmpadas fluorescentes compactas de alta potência (LFC) por lâmpadas LED apenas no galpão principal da empresa, considerando o valor do kWh da COPEL R\$ 0,44 (ANEEL Nº 2.255/2017).

Tabela 5 – Análise de Custos e Retorno do Investimento

QUANTIDADE DE LÂMPADAS	10
DADOS LED	
Potência (W)	62
Fator de potência	0,90
Potência aparente (kVAr)	68,89
Investimento por lâmpada (R\$)	180,00
Vida útil (h)	25000
DADOS LFC	
Potência (W)	110
Fator de potência	0,85
Potência aparente (kVAr)	129,41
Investimento por lâmpada (R\$)	80,00
Vida útil (h)	6000
DADOS UTILIZAÇÃO	
Horas de uso por dia (h)	10
Dias de uso (d)	20
Custo kW/h COPEL (R\$)	0,44
Vida útil LED em utilização (anos)	10,42
Vida útil LFC em utilização (anos)	2,50
CUSTO MENSAL	
Custo mensal LED (R\$)	60,62
Custo mensal LFC (R\$)	113,88
ECONOMIA MENSAL COM LED (R\$)	
	53,26
ECONOMIA DURANTE A VIDA ÚTIL LED (R\$)	
	6.657,52
TEMPO DE RETORNO DO INVESTIMENTO (MESES)	
	33,80

Fonte: Autor

Analisando a Tabela 5 pode-se constatar que o investimento na lâmpada LED possui um tempo para retorno satisfatório (aproximadamente 2 anos e 8 meses) quando comparada com a lâmpada fluorescente compacta, sendo um investimento reembolsável ainda na vida útil da lâmpada.

A Tabela 6 demonstra que caso o valor gasto com a aquisição das lâmpadas LED fosse aplicado em um investimento de baixo risco como a poupança durante 120 meses (que é a vida útil desta lâmpada), o valor de R\$ 1.800,00 (referente as 10 unidades) ao final chegaria a um montante de R\$ 3.275,00, não superando os ganhos provenientes da adoção da estratégia, que são de R\$ 6.657,52, o que torna a mesma viável do ponto de vista econômico.

Tabela 6 – Simulação de investimento na poupança

Período da aplicação (meses)	120
Taxa de rendimento anual (%)	6,0
Taxa de rendimento mensal (%)	0,5
Valor aplicado (R\$)	1.800,00
Valor total obtido ao final do período (R\$)	3.275,00

Fonte: Autoria própria

Além da elevada vida útil, a lâmpada LED possui uma melhor eficiência luminosa devido ao seu ângulo de abertura (120°), como ilustra a Figura 11. Esse ângulo contribui para que a maior parte da luz seja direcionada para baixo, favorecendo a iluminação de grandes áreas, conforme discutido anteriormente no item 3.7.1.

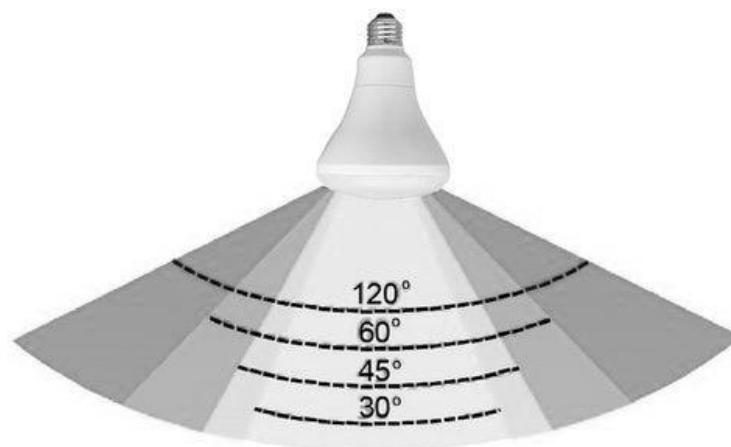


Figura 11: Diferentes ângulos de abertura do feixe luminoso

Fonte: Autor.

No exemplo foi utilizado um modelo de lâmpada com vida útil de 25.000 horas, sendo que no mercado é possível encontrar lâmpadas LED com até 35.000 horas, o que diminuiria ainda mais o tempo de retorno do investimento. Deve-se mencionar que a simples troca por lâmpadas LED de baixa qualidade (baixo fator de potência, baixa vida útil e baixa eficiência luminosa) não traduzem uma redução da conta de energia elétrica, o que poderia inviabilizar o investimento.

4.2.2 Substituição das luminárias

As luminárias utilizadas no galpão não foram projetadas visando eficiência luminosa, pois a luz gerada pelas lâmpadas não é refletida para baixo, além de não proteger as lâmpadas da ação de insetos, umidade e da maresia. Pode-se adotar luminárias prismáticas com cúpula em poliestireno e lente de fechamento reta em acrílico, uma vez que lâmpada possua o ângulo do feixe luminoso de 120°.

4.2.3 Avaliação dos condutores elétricos e quadros de distribuição

Para verificação qualitativa acerca das características de conservação de energia em quadros elétricos, fez-se uma inspeção termográfica através de uma câmera marca modelo FLUKE VT02 nos principais quadros. Foi possível identificar a temperatura nos diferentes elementos como barramentos, cabos, disjuntores, contadores, entre outros.

Apesar das possíveis perdas de energia serem mínimas nesse sistema em comparação com os outros, essa análise foi importante para identificar pontos que podem causar danos em equipamentos e risco de incêndio. É importante ressaltar ainda que a maior parte dos problemas encontrados na verificação está nas conexões, sendo a equipe de manutenção orientada a realizar o reaperto das conexões de todos os componentes analisados, retirando também emendas e substituindo por condutores novos.

4.2.4 Troca das telhas translúcidas por iluminação tubular

Visando maior aproveitamento da luz natural, as telhas translúcidas instaladas do galpão poderão ser substituídas por tubos de iluminação solar. Esse tipo de iluminação foi projetado especificamente para espaços grandes e com pé direito alto, como aeroportos, centros de convenções, armazéns, fábricas e centros de distribuição. Um exemplo de ambiente onde foi utilizado esse sistema de iluminação pode ser visto na Figura 12.



Figura 12: Sistema de iluminação tubular natural

Fonte: TÉCHNE, 2011.

Os tubos possibilitam variar a temperatura e intensidade da luz, apresentando grande vantagem quando comparado com telhas translúcidas ou claraboias, além de filtram a passagem dos raios infravermelhos, iluminando o ambiente sem causar desconforto térmico.

Seu funcionamento se dá através de um processo onde a luz captada pela lente passa por dutos (Figura 13), chegando até a 15 m de distância sem perdas significativas, mesmo realizando curvas de 90°, tornando possível a iluminação de áreas que não estão imediatamente abaixo dos tubos.

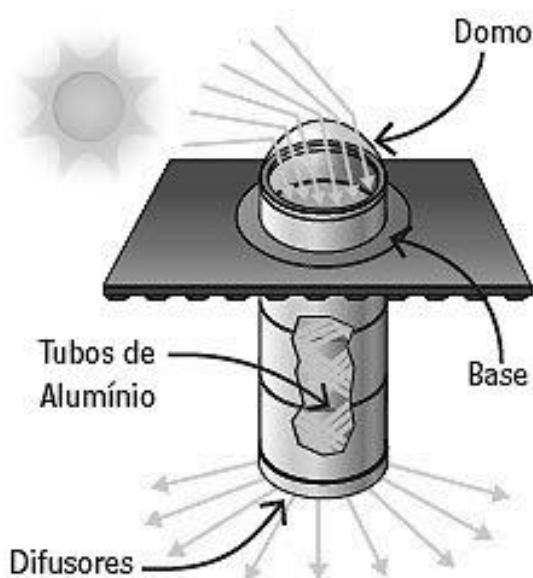


Figura 13: Componentes do tubo solar

Fonte: TÉCHNE, 2011.

Esse sistema também poderá ser utilizado não apenas no galpão, mas também nos ambientes administrativos através de difusores, semelhantes as luminárias convencionais, em a harmonia do ambiente de trabalho em questão. A instalação do sistema tubular propiciaria deixar de acender a iluminação artificial, acarretando em redução no consumo de energia elétrica e também aumentando a vida útil das lâmpadas instaladas no local, mesmo com a movimentação solar durante o dia.

5 CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

5.1 CONCLUSÃO

As estratégias compiladas no Capítulo 3 mostram que é possível utilizar ações de eficiência energética em pequenas e médias indústrias, como instrumento para redução dos custos de produção. Essa redução é observada através de uma relação entre produção (*output*) e consumo de energia elétrica (*input*), onde essas duas variáveis se comportam de maneira inversamente proporcional, ou seja, quanto maiores as perdas de energia, mais baixa é a produtividade, impactando na competitividade da empresa

Pesquisas na área de Eficiência Energética devem, além de possibilitar o desenvolvimento de novas técnicas e tecnologias, entender o perfil energético das empresas, identificando falhas na contratação e no uso da energia elétrica, promovendo êxito econômico através de estratégias corretivas.

Como contribuição, neste trabalho foi desenvolvido um breve estudo de caso utilizando uma pequena indústria de corte e dobra de ferro. Abaixo estão agrupadas as sugestões para o estudo de caso apresentado:

- Substituição das lâmpadas;
- Substituição das luminárias;
- Avaliação dos condutores elétricos e quadros de distribuição;
- Troca das telhas translúcidas por iluminação tubular.

Empresas de pequeno porte como a utilizada no estudo são geralmente atendidas em baixa tensão (Grupo B), o que reduz as oportunidades de economia que envolvam tarifação, não sendo possível medidas como adoção de tarifa horária, por esse motivo, as estratégias utilizadas focam em melhorias no fator de carga e redução das perdas provenientes de problemas nas instalações elétricas, sendo todas de simples implementação. Foi apresentado um cálculo de viabilidade econômica referente a troca das lâmpadas fluorescentes utilizadas no galpão, demonstrando que o retorno do investimento dessa estratégia acontece em curto prazo (aproximadamente 2 anos e 8 meses).

Finalmente, fica evidente a aplicação da engenharia elétrica como ferramenta imprescindível à gestão empresarial, por proporcionar aos administradores a segurança necessária para que inovem e tomem melhores decisões baseadas em estudos, como por exemplo, os que envolvam eficiência energética, viabilizando investimentos que garantam a competitividade e crescimento dentro do mercado.

5.2 TRABALHOS FUTUROS

Pode-se citar as seguintes temáticas com o intuito de dar continuidade ao trabalho:

- Análise com dados reais da empresa utilizada no estudo após implementação das estratégias, relacionando produtividade (kg) com energia consumida (kWh);
- Desenvolver uma metodologia para diagnóstico energético completo voltado para pequenas e médias empresas;
- Adaptar esse estudo para utilização em indústrias de outros segmentos que possuam alto consumo de energia em seu processo produtivo, como por exemplo siderúrgicas, farmacêuticas, alimentícias e etc.

REFERÊNCIAS

ABNT NBR 16401 (2008). **Instalações de ar Condicionado**. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. **Resolução Homologadora Nº 2.255**, 2017. Disponível em <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/audiencia/arquivo/2016/090/resultado/anexo_int_13_sic306201700_reh_cde2017_processo4897201610.pdf> Acesso em: 31 out. 2017.

BARROS, B.; BORELLI, R.; GEDRA, R. **Gerenciamento de Energia**: ações administrativas e técnicas de uso adequado da energia elétrica. Editora Érica, 2012.

BATISTA, O. **Redução do custo da energia elétrica em ambientes industriais por meio de uma estratégia de baixo custo em gestão energética**. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

COMPANHIA PARANAENSE DE ENERGIA - COPEL. **Guia Fator de Potência**, 2014. Disponível em <[http://www.copel.com/hpcopel/root/sitearquivos2.nsf/arquivos/fator_de_potencia/\\$FILE/fator_potencia.pdf](http://www.copel.com/hpcopel/root/sitearquivos2.nsf/arquivos/fator_de_potencia/$FILE/fator_potencia.pdf)> Acesso em: 12 out. 2017.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. **Eficiência Energética Na Indústria**: o que foi feito no Brasil, oportunidade de redução de custos e experiência internacional. Disponível em <http://arquivos.portaldaindustria.com.br/app/conteudo_24/2012/09/05/220/20121126132514523849i.pdf>. Acesso em: 30 set. 2017.

ELEKTRO. **Eficiência Energética**: Fundamentos e Aplicações. 1º ed. São Paulo, 2012. Disponível em: <https://www.elektro.com.br/Media/Default/DocGalleries/Eficientiza%C3%A7%C3%A3o%20Energ%C3%A9tica/Livro_Eficiencia_Energetica.pdf> Acesso em: 14 abr. 2018.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balço Energético Nacional**, 2017. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br>> Acesso em: 21 ago. 2017.

FECHA, J. **Aplicação da PAS 55 ao Departamento de Operação e Manutenção da Operadora da Rede Elétrica de Distribuição**. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2012.

FERRO, R. M. **Análise Tarifária com Base nas Faturas de Energia Elétrica do Grupo A**. UFES, Departamento de Engenharia Elétrica, 2006.

FLUKE, **Folder de apresentação dos termovisores Ti40 & Ti50**. Disponível em: <www.setautomacao.com.br/cat_PDF/prod_365/Ti40&Ti50%20port.pdf>. Acesso em: 15 out. 2017.

LUNELLI, R. L. **Crédito de ICMS sobre energia elétrica**. Disponível em: <<http://www.portaltributario.com.br/artigos/creditoicmsenergia.htm>>. Acesso em: 12 out. 2017.

MAHMOUD, M.; IBRIK, H. **Techno-economic feasibility of energy supply of remote villages in palestine by pv-systems, diesel generators and electric grid, renewable and sustainable energy reviews 10**, p. 128-138, 2006.

MAMEDE, J. **Instalações elétricas industriais**. 8ed. LTC, Rio de Janeiro, 2010.

MARQUES, S.; HADDAD, J.; MARTINS, S. **Eficiência energética: teoria & prática**. Itajubá: FUPAI, 2007.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Manual de tarifação da energia elétrica**. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/documents/10584/1985241/Manual%20de%20Tarif%20En%20EI%20-%20Procel_EPP%20-%20Agosto-2011.pdf>. Acesso em: 18 set. 2017.

MONTEIRO, G.; ROCHA, R. **Guia Técnico: gestão energética**. Rio de Janeiro: Eletrobrás, 2005.

NEWLINE ILUMINAÇÃO, **Você sabe o que é temperature de cor?** Disponível em: <<http://www.newline.ind.br/voce-sabe-o-que-e-temperatura-de-cor/>> Acesso em: 10 abr. 2018.

NIGRO, I. S. C. **Refletindo sobre produtividade**. XII SIMPEP - Simpósio de Engenharia de Produção. Bauru, 2005.

NÓBREGA, P. **Compressores: manutenção de compressores alternativos e centrífugos**. Rio de Janeiro: Synergia, IBP, 2011.

NOGUEIRA, H. **Conservação de energia: energia e fundamentos**. FUPAI, 2006.

PEREIRA, L.; GODOY, D.; TERÇARIOL, D. Estudo de Caso como Procedimento de Pesquisa Científica: Reflexão a partir da Clínica Fonoaudiologia. **Psicol. Reflex. Crit.**, Porto Alegre, v. 22, n. 3, p. 422-429, 2009.

PORTER, M. **How Competitive Forces Shape Strategy**. Harvard Business Review, 1979. Disponível em: <<https://hbr.org/1979/03/how-competitive-forces-shape-strategy>> Acesso em: 21 ago. 2017.

PROCOBRE. **Melhores práticas de gerenciamento de ativos no setor elétrico da América Latina**, 2011. Disponível em: <<http://procobre.org/media-center/pt-br/component/jdownloads/send/2-publicacoes/57-gerenciamento-de-ativos-no-setor-eletrico-da-america-latina.html>>. Acesso em: 15 out. 2017.

REVISTA TÉCNICA, R. L. **Sistema de iluminação natural tubular**. Edição 168, março 2011. Disponível em: <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/168/artigo286811-2.aspx>>. Acesso em: 15 nov. 2017.




SISTEMA FIRJAN. **Quanto custa a energia elétrica para a pequena e média indústria no Brasil?** Disponível em: <<http://www.firjan.com.br/publicacoes/publicacoes-de-economia/quanto-custa-a-energia-eletrica.htm>>. Acesso em: 29 jan. 2018.

WEG. **Catálogo Automação Pump Genius**. Disponível em: <<http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-pump-genius-50060253-catalogo-portugues-br.pdf>>. Acesso em: 15 out. 2017.

ZACCARELLI, S. B. **Estratégia e sucesso nas empresas**. São Paulo: Saraiva, 2000.

ZAMPOLLI, M. **Entrevista para o portal Leonardo Energy**. Leonardo Energy, 2016. Disponível em: <<http://leonardo-energy.org.br/noticias/entrevista-eng-marisa-zampolli/>>. Acesso em: 15 out. 2017.

ANEXO A – Fatura de energia da empresa utilizada para o estudo de caso

www.copel.com
0800 51 00 116
 Unidade Consumidora
86161326
Vencimento
18/06/2017
Valor a Pagar
R\$ 1.185,62

Responsável pela manutenção da iluminação pública - Município 4139716168
Reaviso de Vencimento

Informações Técnicas
 No Medidor: 0290469733 TRF ASIC 0 / 0290469733 TRF ASIC 0 Mes Referência: 05/2017
 Leitura Anterior: 26/04/2017 7608 Leitura Atual: 26/05/2017 7891 Medida: 29 dias 1703 kWh Constante de Multiplicação: 1,00 Total Faturado: 1703 kWh Consumo Médio/Dia: 58,72 kWh Apresentação: 26/05/2017
 Próxima Leitura Prevista: 26/06/2017 INDUST/FABR DE ARLET DE CIMENTO P CONSTR

Indicadores de Qualidade (p. 17, 74, 2)
 Conjunto: MATR8869 Mes: 05/2017 Tensão Contratada: 127 / 220 volts
 Realizado Mensal: 0,10 h 1,00 0,10 h EUSD (R\$): 353,56 Limite faixa adequada de Tensão: 117 - 133 / 202 - 231 volts
 Limite Mensal: 4,69 h 3,17 2,52 h
 Limite Trimestral: 9,19 h 6,36
 Limite Anual: 18,38 h 12,70


Declaração Anual de Quitação de Débitos
 Em atendimento a Lei nº 007/2003 a Copel Distribuição S.A. declara, pela presente, que as faturas de energia elétrica desta unidade consumidora e de sua responsabilidade, verificadas em 2016, encontram-se devidamente quitadas. Esta declaração substitui os comprovantes de pagamento das faturas verificadas em 2016, salvo aqueles contestados judicialmente e ou derivados de prorrogações não faturadas.

Valores Faturados
 NOTA FISCAL CONTRA DE ENERGIA ELETRICA no. 4169894 Serie B Emitida em 26/05/2017

Produto	Un	Consumo	Unitario	Valor Total	Base de Calculo	Aliq. ICMS
01 ENERGIA ELETRICA CONSUMO	kWh	1703	0,628837	1.070,91	1.070,91	29,00%
02 ENERGIA CONS. B VERMELHA	kWh		78,51	78,51	78,51	29,00%
03 CONT. ILLUMIN. PUBLICA MUNICIPI			36,20	36,20		
Base de Calculo do ICMS: 1.149,42 Valor ICMS: 333,33 Valor Total da Nota Fiscal: 1.185,62						

 Composição dos Valores:
 Energia: 424,28
 Distribuição: 224,76
 Transmissão: 16,68
 Tributos: 491,42
 Encargos: 62,27
 TOTAL: 1.149,42
 Reservado ao Fisco: 80/F.8595.9376.D057.E053.CD06.7E8E.9211
 INCLUSO NA FATURA PIS R\$ 12,14 E COFINS R\$ 55,96 CONFORME RES ANEEL 130/2005 FATOR DE POTENCIA - 70,79
 A qualquer tempo pode ser solicitado o cancelamento de valores não relacionados a prestação do serviço de energia elétrica, como convênios e doações.
 A PARTIR DE 01/05/2017 - PIS/PASEP 1,07% e COFINS 4,93%.
 Períodos Band Tarif. Vermelha 27/04-26/05

Vencimento: 18/06/2017 **Valor a pagar: R\$ 1.185,62**
 Controle: 01-20174784351133-13 Número de identificação: 86161326 Mes: 05/2017 FS (17.74.2)

83600000114 85620111000 9 00101020174 5 88878872952 1


www.copel.com
 0800 51 00 116
 Unidade Consumidora
86161326
Vencimento
18/05/2017
Valor a Pagar
R\$ 1.006,24

Responsável pela manutenção da iluminação pública - Município 4139716168
Reaviso de Vencimento

No. Medidor: 0290469733 TRF ASIC 0 / 0290469733 TRF ASIC 0 Mes Referência: 04/2017
 Leitura Anterior: 27/03/2017 7608 Leitura Atual: 25/04/2017 7891 Medida: 30 dias 1583 kWh Constante de Multiplicação: 1,00 Total Faturado: 1583 kWh Consumo Médio/Dia: 52,77 kWh Apresentação: 25/04/2017
 Próxima Leitura Prevista: 25/05/2017 INDUST/FABR DE ARLET DE CIMENTO P CONSTR

Conjunto: MATR8869 Indicações de Qualidade Contratada: 127/220 volts
 Realizado Mensal: 0,80 h 1,00 0,80 h EUSD (R\$): 346,39 Limite faixa adequada de Tensão: 117 - 133 / 202 - 231 volts
 Limite Mensal: 4,69 h 3,17 2,52 h
 Limite Trimestral: 9,19 h 6,36
 Limite Anual: 18,38 h 12,70

Historico de Consumo e Pagamento Media 3 meses: 1776 kWh

MES	03/07	02/07	01/07	12/16	11/16	10/16	09/16	08/16	07/16	06/16	05/16	04/16
CONS	1860	1817	1851	1366	1628	1630	1402	1908	1841	1801	1846	2284
PGTO	1804	2003	1702	1801	1312	1711	1810	1909	1360	1807	1706	1905

NOTA FISCAL CONTRA DE ENERGIA ELETRICA no. 4135956 Serie B Emitida em 26/04/2017

Produto	Un	Consumo	Unitario	Valor Total	Base de Calculo	Aliq. ICMS
01 ENERGIA ELETRICA CONSUMO	kWh	1583	0,569116	900,91	900,91	29,00%
02 ENERGIA CONS. B AMARELA	kWh		6,42	6,42	6,42	29,00%
03 ENERGIA CONS. B VERMELHA	kWh		62,71	62,71	62,71	29,00%
04 CONT. ILLUMIN. PUBLICA MUNICIPI			36,20	36,20		
Base de Calculo do ICMS: 970,04 Valor ICMS: 281,31 Valor Total da Nota Fiscal: 1.006,24						

 Composição dos Valores:
 Energia: 335,62
 Distribuição: 209,92
 Transmissão: 15,51
 Tributos: 333,52
 Encargos: 78,47
 TOTAL: 970,04
 Reservado ao Fisco: C4A9.9520.E0BB.2939.65BD.EC9F.EF20.90A7
 INCLUSO NA FATURA PIS R\$ 9,30 E COFINS R\$ 42,91 CONFORME RES ANEEL 130/2005 FATOR DE POTENCIA - 68,96
 REH ANEEL 22/4/17, DE 1o A 30 DE ABRIL A TARIFA REDUZIRA R\$ 0,05008/KWH. REVERTENDO A PREVISÃO DO ENCARGO DE ENERGIA DE RESERVA (EER) USINA ANGRA III O EFEITO NA FATURA SERA DE ACORDO COM SEU CICLO DE LEITURA E FATURAMENTO. INFORMAÇÕES EM WWW.ANEEL.GOV.BR OU NOS CANAIS CONVENCIONAIS DE COMUNICACAO. A PEDIDO, PODEM CANCELAR VALORES DIVERSOS DOS SERVIÇOS DE ENERGIA, EX DOACOES Períodos Band Tarif. Amarela 28/03-31/03 Vermelha 01/04-26/04

Vencimento: 18/05/2017 **Valor a pagar: R\$ 1.006,24**
 Controle: 01-20174784351133-13 Número de identificação: 86161326 Mes: 04/2017 FS (17.74.1)

8369000010 7 06240111000 2 00101020174 5 78435113313 6
