

# ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA VISANDO EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE UMA EMPRESA DE MÉDIO PORTE DO POLO INDUSTRIAL

DANIEL, SILVA. LARISSA, ROGRIGUES. DANIEL, GUZMAN. ISRAEL, GONDRES.

*Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade do Estado do Amazonas  
Caixa Postal 1200, (92)3878-4301, Manaus, Amazonas*

*E-mails: dass.eng@uea.edu.br, lcbr.eng@uea.edu.br, dguzman210@gmail.com,  
igondrest@gmail.com*

**Abstract**— This paper aims to presents a technical and economic feasibility study for an energy system of a company of the industrial polo. It uses concepts about energy efficiency, electrical billing, and electricity supply, energy efficiency in industrial lighting system, industrial climate control and economic analysis in energy efficiency. In addition, the methodology used is presented which shows in detail the materials used survey of installed loads and the stages of execution of the study. To summarize, the technical results show a reduction of 15% in electric energy consumption in combination with LED replacement and a reduction of chillers for the cooling system, joined the economic results through the analysis of the Net Present Value and Capital Return Time.

**Keywords**— Energy efficiency, economic viability, climate system, lighting system, energy consumption.

**Resumo**— Este artigo tem o objetivo de apresentar um estudo de viabilidade técnica e econômica para o sistema energético de uma empresa do polo industrial. Utiliza para isto conceitos sobre eficiência energética, fatura de energia elétrica, fornecimento de energia elétrica, eficiência energética em sistemas de iluminação industrial, climatização industrial e análise econômica em projetos de eficiência energética. Também, é apresentada a metodologia utilizada que mostra com detalhes os materiais utilizados, levantamento de cargas instaladas e as etapas de execução do estudo. Em suma, são descritos os resultados técnicos que foram a redução de 15% do consumo de energia elétrica em combinação com a substituição de lâmpadas a LED e redução de um resfriador para o sistema de climatização, juntos com os resultados econômicos através da análise dos métodos do Valor Presente Líquido e do Tempo de Retorno de Capital.

**Palavras-chave**— Eficiência energética, viabilidade econômica, consumo de energia, sistema de climatização, sistema de iluminação.

## 1 Introdução

Em tempos onde o aquecimento global e as mudanças climáticas são preocupações, tanto da população quanto do governo, é relevante o envolvimento da eficiência energética nas indústrias, visto que as fontes de energias, de maioria renovável, estão cada vez mais escassas. Cerca de 64% da geração de energia elétrica no Brasil é proveniente de fonte hidráulica (EPE,2017).

Tendo em vista que a eficiência energética é o uso racional da energia elétrica, pode-se relacionar a quantidade de energia disponibilizada para utilização pela quantidade de energia convertida em algum trabalho. Independente do ponto de vista da cadeia de energia, a diminuição do consumo primário para produzir um determinado serviço de energia é causada pela melhoria da eficiência energética (Lima, 2014). Com isso, realizar e implementar estudos em eficiência energética nas indústrias ainda é a melhor forma de reduzir o consumo energético e seu custo, além de garantir o melhor aproveitamento dessa energia na fabricação de produtos com preços mais competitivos.

Nesta pesquisa propõe-se a resolver à redução do custo de energia elétrica proveniente do alto consumo dos elementos que compõem a matriz elétrica por meio de um estudo técnico e econômico do

sistema energético de uma empresa do polo industrial. Muitas estratégias para eficiência energética são aplicadas no ramo industrial em diferentes países (Abdlaziz et al., 2011). Estratégias mais eficientes envolve um programa de gerenciamento de energia que inclui auditoria energética, a conscientização e o treinamento de pessoal (Sola, 2015).

A proposta deste artigo é realizar estudo técnico e econômico no sistema energético de uma empresa do polo industrial. Com isso objetiva-se propor reduções de custos melhorando o uso racional da energia elétrica. O estudo tem caráter comparativo, do atual sistema convencional de cargas com o que será proposto. O objetivo é comparar os itens da fatura de energia elétrica de acordo com o comportamento histórico de consumo da mesma, além de verificar se existem demanda de ultrapassagem e outras características que podem influenciar num custo maior de energia elétrica.

Para isso, será apresentado um estudo técnico-econômico por meio de avaliação financeira através dos métodos Valor Presente Líquido (VPL) e Tempo de Retorno de Capital (TRC) considerando o consumo estimado atual e o da proposta sugerida para implantação.

## 2 Metodologia

Foram realizadas pesquisas bibliográficas referentes à eficiência energética, normas internacionais como a ISO 50.001 – Sistema de Gestão de Energia (International Organization for Standardization, 2011), instalações elétricas industriais, guias e manuais técnicos de equipamentos energeticamente, medição de energia elétrica, analisador de energia, conceito de faturamento de energia elétrica e cargas que compõe o sistema elétrico em indústrias, tais como: iluminação e climatização.

As normas referentes utilizadas para eficiência energética são os requisitos para o estabelecimento, implementação, manutenção e melhora do sistema de energia pretendido, já que o objetivo da empresa é que a partir de uma abordagem ordenada haja melhora constante do seu desempenho energético, abrangendo eficiência, uso e consumo energético (Pereira, 2015).

O gestor energético, designado por empresas, tem a função de coletar dados e analisar o consumo de energia, organizar programas e planos para melhoria de eficiência energética, preparar relatórios mensais ou anuais sobre os objetivos alcançados que são estabelecidos por lei sobre eficiência energética do uso de energia (Stamenic, 2016)

Para o sucesso de um Programa de Gestão de Energia, o mesmo precisa ter o engajamento da direção superior da empresa e de todo o seu grupo funcional. Precisa haver objetivos que a empresa irá buscar cumprir e assim, a resistência inicial do programa do pode ser vencida. As metas para se atingir tais objetivos, devem ser realistas e podem ser definidas com base de comparações disponíveis, na forma de históricos da própria empresa ou planta, ou de outras que tenham semelhanças, ou ainda arbitrariamente (Silva, 2013).

Em seguida foram selecionados em um estudo de eficiência energética, sendo elas: levantamento da carga instalada na empresa, análise das tarifas de energia elétrica, coleta de dados referentes ao consumo do local. Além da análise das características do sistema e propostas para o uso eficiente da energia elétrica por meio do VPL e o TRC que mostram a projeção e a redução do consumo de energia elétrica caso as propostas sejam implantadas.

### 2.1 Levantamentos das Cargas Instaladas

Dados e documentos necessários como lista de motores, instalações de ar comprimido, dados da produção, energia mensal e contas de consumo são coletados por meio de uma visita a fábrica (Boharb et al, 2015).

Para a execução do estudo sobre eficiência energética de uma empresa faz-se necessário o levantamento de cargas elétricas instaladas para conhecer que tipos de equipamentos, quantidade de horas e a faixa de horários que são utilizadas, além da potência consumida de cada equipamento visto que, com o

levantamento desses dados, permite determinar a parcela referente a cada tipo de carga.

A partir desta análise é possível identificar todos os problemas constantes na fatura de energia elétrica para em seguida propor soluções.

### 2.2 Análise da Fatura de Energia Elétrica

A análise da fatura de energia elétrica pode indicar em quais meses há maior consumo de energia elétrica no local de estudo, além de se verificar quais fatores estão causando custos adicionais devidas às penalizações previstas na legislação que trata da composição e cobrança da tarifa de energia elétrica.

Para analisar a fatura de energia de um local verifica-se primeiramente a existência de penalizações com consumo de energia reativa. Em seguida deve-se verificar se a demanda contratada está adequada para a demanda medida do mês de análise e também se está adequada observando o histórico de demanda medida nos últimos 12 meses. E por último, faz-se simulações com diferentes formas de tarifação para determinar se a tarifária está adequada ou se há necessidade de mudança.

Realizando dessa forma a análise é possível identificar todos os problemas que podem conter uma fatura de energia elétrica para propor soluções.

### 2.3 Coleta de Dados

A etapa seguinte se dá pelo recolhimento de dados dos parâmetros elétricos dos principais segmentos que compõe o sistema elétrico da empresa. Para esse estudo abordou-se os segmentos de iluminação e climatização da empresa.

A coleta de dados do segmento de iluminação inicia-se pelo recolhimento de dados do fluxo luminoso das lâmpadas utilizadas no sistema de iluminação em funcionamento de determinada área escolhida para a análise. Para o recolhimento desses dados é recomendado o uso de um luxímetro digital. O luxímetro é um aparelho que efetua medições de iluminâncias em ambientes com iluminação natural ou artificial em tempo real que converte a luz em corrente elétrica do sistema de iluminação.

O sistema de iluminação composto pela luz, é uma carga apreciável, e um conjunto ineficiente de lâmpadas e luminárias, logo o uso eficiente da energia do produto resultará em economia de energia, ou seja, capitais (Arya et al, 2016).

Cada ambiente tem um determinado nível de iluminação a ser adequado para a realização de determinada tarefa (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2013). Para realizar a medição desse fluxo luminoso é necessário seguir critérios estabelecidos na norma brasileira regulamentadora NBR ISO/CIE 8995-1 da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) que determina as distâncias entre os pontos de medição de iluminância. Essas medições de distância são feitas com uma trena métrica que é um instrumento utilizado para medir distâncias e que

possui em sua escala as unidades de medidas em milímetros, centímetros e metros.

Depois de realizada as medições, os dados medidos são comparados com os especificados na NBR ISO/CIE 8995-1 da ABNT para certificação que a quantidade de LUX exigido para cada local está de acordo com o especificado em norma (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2013).

Posteriormente, analisa-se a quantidade de lux para outros tipos de lâmpadas que forem apresentadas como proposta para aumento da eficiência energética do sistema de iluminação para se certificar de que atendem o que pede a NBR ISO/CIE 8995-1 e que são adequadas e recomendadas para a utilização em determinado ambiente (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2013).

Para coletar o consumo de potência real de cada segmento, faz-se necessária a utilização do alicate wattímetro e de um wattímetro comum para medir a potência consumida de cada equipamento que compõe o segmento de iluminação e climatização, permitindo que se projete através de cálculos o consumo mensal de energia elétrica de cada equipamento.

Para que seja acompanhado mensalmente o comportamento das cargas que constituem no sistema elétrico da empresa faz-se necessário instalar, em pontos estratégicos, medidores de energia para que seja possível verificar o comportamento das cargas e comparar com o faturamento de energia, para que posteriormente se consiga tomar ações específicas para cada tipo de carga.

#### *2.4 Análise das Características do Sistema e Propostas para Eficiência Energética*

Nesta etapa é feita a análise das características do sistema elétrico da indústria, como quanto cada segmento do sistema consome de energia elétrica, se os equipamentos que compõe cada segmento do sistema elétrico são eficientes, se esses equipamentos são bem utilizados e a partir dessa análise podem-se elaborar propostas para aumentar a eficiência energética da edificação e estipular através de cálculos técnicos quanto que cada proposta vai trazer de redução no consumo de energia elétrica e assim realizar análise econômica.

#### *2.5 Análise para Viabilidade Econômica*

Após todas as etapas de levantamento, análise e coleta aponta-se um cenário padrão para a análise da viabilidade econômica do sistema energético em questão. Somente após a análise de cada alternativa e dos seus custos, pode-se indicar a melhor escolha para investimento.

Os dados referentes à análise de investimento consideram impreterivelmente a vida útil do equipamento e a redução anual de custos.

### **3 Implementação**

A empresa industrial do estudo dispõe de um galpão, área administrativa, refeitório, banheiros, área externa, laboratórios e corredores. Algumas áreas em específico ficaram de fora do estudo devido a necessidade de um maior investimento de tempo e recursos para uma cobertura total da área.

O horário de funcionamento da empresa consiste de dois turnos: o 1º turno de 7h as 17:00h e o 2º turno de 17:00h as 2:30h.

A primeira etapa do projeto foi a criação de um comitê de eficiência energética onde foram discutidas, em reuniões mensais, algumas propostas de melhoria. E onde abre oportunidade de todas as áreas entrarem em concordância e mostrem algum possível impacto para suas áreas. Vale ressaltar a importância da participação que a alta gestão como: diretor geral da planta, gerente financeiro de controladoria, gerentes de produção, de engenharia, de qualidade e de manutenção.

Uma das primeiras ações definida pelo comitê foi o levantamento da carga instalada na empresa, com foco em todos os segmentos: iluminação, climatização, ar comprimido, motores elétricos e máquinas elétricas e restaurantes. Esse levantamento realizado em periodicamente num período três meses para identificar quais processos consomem mais energia.

Para a obtenção dos dados foi verificado em cada setor, para o segmento de iluminação, os tipos de lâmpadas utilizados no sistema, o tipo de reator para lâmpadas fluorescentes tubulares, quantidade de cada lâmpada e reator, bem como sua respectiva potência nominal e as horas de utilização por semana nos horários de ponta e fora de ponta. Foi considerado 5% para a potência dos reatores em relação a potência das luminárias visto que na coleta de dados não foi possível encontrar nos dados de placa.

O sistema de climatização instalado na empresa é utilizado tanto para conforto dos trabalhadores, quanto para a manutenção de temperaturas baixas, conforme a necessidade de algumas máquinas do processo. A água gelada utilizada na refrigeração é produzida por meio de resfriadores com três compressores do tipo parafuso, utilizando HFC-134A como fluido refrigerante. São utilizadas três bombas de água gelada (do tipo *on-off*), sendo uma delas reserva, cujos motores não possuem variadores de frequência. Em alguns pontos foi observado que o isolamento térmico dos dutos do ar condicionado encontra-se deteriorado, porém está prevista sua troca. Sistemas com compressores são usados na maioria dos processos, portanto, é importante que eles tenham uma eficiência otimizada. Nesses sistemas, uma redução de custo leva ao aumento da eficiência energética e impulsiona a competitividade do mercado (Galvão et al, 2013).

No segmento de climatização foi verificado o tipo de equipamento, o fabricante, a classe do aparelho, quantidade de aparelhos, potência nominal que são basicamente resfriadores de água, onde sua prin-

principal vantagem é o controle de temperatura e da umidade relativa.

Apesar de a fábrica ter o horário de funcionamento definido, utilizou-se o tempo de uso dos equipamentos em horas por semana devido às linhas de processo (setores) específicas ficarem paradas alguns dias da semana.

Nesse estudo os valores de potência dos equipamentos são os valores de potência nominais que correspondem a valores reais de potência, já que para obtenção dos valores reais dos equipamentos seria necessária uma maior disponibilidade de tempo, equipamentos e pessoas para a realização das medições.

Para anotar os dados obtidos durante o levantamento de cargas foi necessária a utilização de tabelas elaboradas de acordo com as características elétricas da empresa. A partir dos dados de potência dos equipamentos ou de valores padrões específicos em manuais dividiu-se a carga em 5 grupos:

- Iluminação: luminárias fluorescentes HO 2x 100W, 2x32W, 2x28w ;
- Refrigeração: 3 Refrigeradores de 18,5 kW;
- Máquinas;
- Compressores;
- Restaurante.

A análise mostrou que as máquinas são a maior parcela na composição tarifária (48%), seguido pelos resfriadores que correspondem a 30%, enquanto os compressores, iluminação e restaurante correspondem, 11%, 9% e 1%, respectivamente (figura 1).

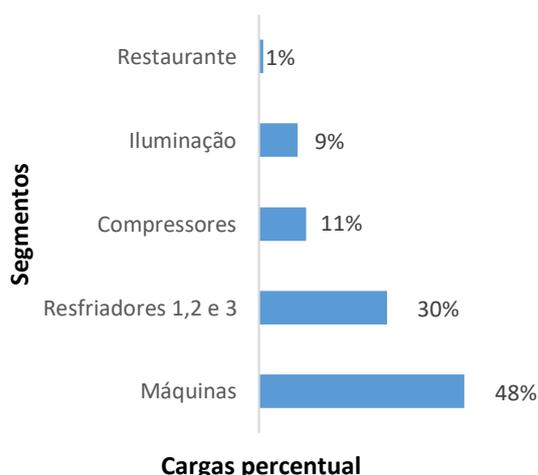


Figura 1. Distribuição da Carga Instalada.

A segunda etapa do projeto foi a realização da análise tarifária da empresa. Para o estudo utilizou-se as faturas de energia elétrica do período de um ano e usou-se como a fatura base a do mês de agosto de 2016. De acordo com as faturas de energia a empresa enquadra-se no subgrupo A4 de consumidores de energia elétrica tipo industrial, tensão de

fornecimento 13,8kV, modalidade tarifária horo sazonal azul.

Primeiramente trata-se de analisar os gastos com consumo de reativo da fatura de energia elétrica. Pois a correção de fator de potência é uma das medidas de custo mais baixas para redução de despesa com energia elétrica, na análise das faturas foi observado que não houve a cobrança de reativo durante o período de 12 meses.

Em seguida foi feita a análise de demanda das faturas de energia elétrica, a partir disso é possível determinar se atualmente a demanda contratada é a mais adequada para as necessidades da empresa ou se é necessária uma revisão no contrato com a concessionária de energia estabelecendo um valor de demanda tal que nos próximos 12 meses se pague o mínimo possível na parcela da fatura referente a demanda. A tabela 1 apresenta o histórico de demanda faturada fora de ponta, demanda contratada fora de ponta, demanda faturada de ponta e demanda contratada de ponta permitida sem penalizações do período de 12 meses.

Tabela 1. Demanda Mensal.

Mês	Demanda Contratada		Demanda Faturada	
	Fora de Ponta(kW)	Ponta(kW)	Fora de Ponta(kW)	Ponta(kW)
Fev	1604	1300	1614	1226
Mar	1604	1300	1545	1225
Abr	1604	1300	1478	1017
Mai	1604	1300	1491	1027
Jun	1604	1300	1472	978
Jul	1604	1300	1451	954
Ago	1604	1300	1408	995
Set	1604	1300	1425	904
Out	1604	1300	1604	1302
Nov	1604	1300	1394	936
Dez	1604	1300	1388	999
Jan	1604	1300	1381	1010

Observou-se que o consumo registrado na faturado nesse período não ultrapassou a demanda contratada tanto no horário de ponta quanto no horário fora de ponta, considerando os 10% de tolerância que a concessionária disponibiliza.

Os valores praticados pela concessionária para cobrança de demanda são os determinados pela resolução 2.182 da ANEEL que diz que o valor do kW de demanda, para o subgrupo A4 na modalidade tarifária horo-sazonal azul (tabela 2), que é de R\$ 18,39 para ponta e R\$ 8,25 para fora de ponta (Agência Nacional de Energia Elétrica, 2015).

Tabela 2. Tarifas de Energia Elétrica.

Modalidade Tarifária	Faturado	Ponta	Fora de ponta
Horo-sazonal Azul	Consumo(kW/h)	R\$0,59981	R\$0,399533
	Demanda(kW)	R\$18,3964	R\$8,259719

Realizado o levantamento de carga e a análise das faturas, foram analisados os sistemas de iluminação e de climatização da edificação. A partir dos dados obtidos no levantamento de carga estabe-

leceu-se a situação atual do sistema de iluminação da empresa. Atualmente 55,75% do sistema de iluminação da empresa é composto por lâmpadas fluorescentes tubulares tipo HO a partir do levantamento de cargas calculado que isso representa um consumo de 48.384 kW/mês, essas lâmpadas comparadas com lâmpadas tubulares LED (*Light Emitter Diode*) comercializadas atualmente se mostram 25% menos eficientes. A proposta apresentada para aumentar a eficiência energética do segmento de iluminação é a substituição das lâmpadas fluorescentes tubulares utilizadas no sistema por lâmpadas tubulares LED, mas para isso não deve levado em consideração apenas os valores de potência específicos, deve-se verificar as condições de iluminância que cada lâmpada oferece para o local de aplicação.

Para isso foram feitos ensaios em uma área de montagem da empresa para verificação de iluminância que cada tipo de lâmpada oferece. Nos ensaios foram utilizadas lâmpadas tubulares fluorescentes de 100W e lâmpadas LED de 18W do tipo leitosa e do tipo cristal. Importante ressaltar a que se deve levar em consideração o fator de potência da lâmpada a LED. Com a instalação de lâmpadas com alto fator de potência o reativo vai diminuir, diminuindo as chances de se enquadrar fora do fator de potência permitido, que é de no mínimo 0,92.

A NBR ISO/CIE 8995-1 determina que cada ambiente tem um nível de iluminação a ser adequado para a realização de determinada tarefa e determina os critérios para realizar a medição de iluminância (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2013). Porém para esse estudo não foi seguido o que determina a norma, pois é necessária que todas as lâmpadas do local analisado sejam LED e a empresa não possui no momento um local com essas características, com isso a análise se baseou de acordo com a NBR 5413 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1992).

Para a análise do sistema de climatização foi verificado a possibilidade de realizar uma mudança de *layout* na planta do galpão, visto que se utiliza para refrigerar 3 resfriadores (161.280 kWh). Desta forma, com a mudança de *layout* pôde reorganizar o posicionamento de máquinas e equipamentos mais próximos uns dos outros, posicionar linhas de produção mais próximas sem necessidade de retirar máquinas e equipamentos.

#### 4 Análise de Resultados

O levantamento de carga instalada realizado permitiu determinar a potência instalada de cada grupo do sistema (iluminação, climatização e outros) e tornou possível calcular quanto os segmentos de iluminação e climatização consomem de energia elétrica por mês, dessa forma estabeleceu-se o panorama atual de cada segmento e pode-se determinar conforme a figura 2 a parcela que representa os aspectos mais relevantes de cada segmento na fatura de

energia elétrica do mês base utilizada no estudo, que foi o mês de agosto.

Conforme pode ser visto pelo diagrama de Pareto (figura 2), a maior relevância na parcela na composição tarifaria é de máquinas com consumo de 258.048 kWh equivalente a 48%, onde as melhorias e ideias são voltadas para tornar o consumo na corrente de partida o menor possível. As *soft starters* são dispositivos eletrônicos composto de pontes de tiristores (SCRs) acionadas por uma placa eletrônica, a fim de controlar a tensão de partida de motor elétrico trifásico, protegem as máquinas e instalações ao reduzir o torque inicial de partida e limitando a corrente de partida dos motores trifásicos de indução através da perfeita otimização de seus ajustes.

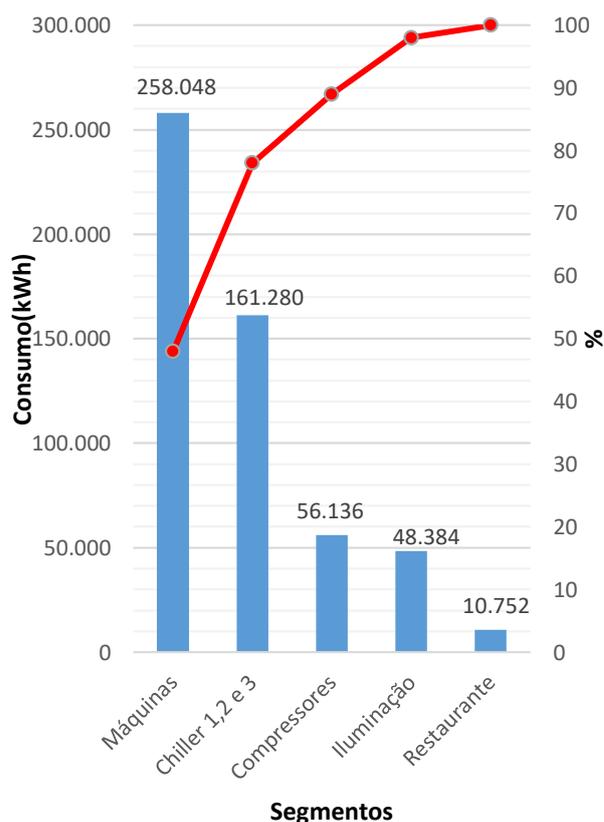


Figura 2: Consumo em kWh de cada segmento.

Como os recursos de pessoas e instrumentos são reduzidos o foco da análise está voltado a segunda parcela com maior consumo de energia que são os resfriadores com 30% (161.280 kWh), em seguida os compressores com 11% do consumo com 59.136 kWh que são responsáveis pelo ar comprimido e por último o setor de iluminação responsável pela parcela de 9% com 48.384 kWh de consumo. A partir deste panorama foi possível analisar as dificuldades de cada segmento e apresentar propostas para redução do consumo de energia elétrica. Para alguns pontos do processo foi feito uma análise junto ao planejamento de produção e verificado a possibilidade de desligar algumas máquinas em alguns dias (fim de semana e entre turnos, principalmente entre o segun-

do turno e primeiro turno). Esse ponto pode ser verificado e se houver possibilidade traz uma redução principalmente quando se faz abrangência para iluminação e climatização, onde já foi visto no gráfico acima são parcelas significativas no consumo de energia.

Foi estudado a oportunidade de redução de 1100 m<sup>2</sup> da área da fábrica, que trouxe resultados satisfatórios de diminuição do consumo de energia através dos resfriadores, da iluminação e dos vazamentos de ar comprimido visto que diminuiu o n° de pontos. Outras ações como aumento da temperatura ambiente de 22°C para 26°C, onde foi levado em consideração de acordo com a norma NBR IEC 60898 que informa a calibração e testes de disjuntores deve ser acima de 28°C (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1998). Desta forma, tornando a mudança dentro do tolerável, além do desligamento de equipamentos elétricos e resfriadores ao fim de semana e desligamento de máquinas entre o 2º turno e 1º turno.

O consumo com climatização no galpão da fábrica é 161.280 kWh/mês, correspondendo a 30% do consumo total da fábrica. Com a redução de área do galpão, foi possível permitir apenas dois resfriadores funcionando, na qual mantiveram a temperatura desejada de 26°C, resultado uma redução de 59.277,66 kWh/mês e uma economia mensal de R\$ 23.688,66 na fatura de energia.

Com os dados obtidos no levantamento de carga instalada foi possível projetar o quanto os três resfriadores consomem por mês com energia elétrica e o valor faturado com esse consumo. O valor calculado foi de R\$ 71.061,70 por mês, considerando horário de ponta e fora de ponta.

Tendo em vista que os três resfriadores são de mesma potência, pode-se chegar ao cálculo de quanto os três juntos consomem de energia. Logo pode-se verificar que desligando um resfriador, a empresa economiza de energia 59.277,66 kWh.

Com a substituição das lâmpadas tubulares fluorescentes pelas lâmpadas tubulares LED, obtêm-se uma redução de 32.326 kWh por mês e uma economia mensal de R\$ 14.161,49 na fatura de energia mostrando que tecnicamente é viável fazer as substituições das lâmpadas do sistema, ficando a critério dos resultados da análise econômica estabelecer se o investimento deve ou não ser realizado.

Com os dados obtidos no levantamento de carga instalada foi possível projetar o quanto as lâmpadas tubulares fluorescentes consomem por mês com energia elétrica e o valor faturado com esse consumo. O valor calculado foi de R\$ 21.470,89 por mês.

Para o cálculo das lâmpadas LED utilizou-se o valor equivalente de Watts entre as lâmpadas LED e tubulares fluorescentes como pode-se verificar pela tabela 3 (HTL, 2015).

Tabela 3. Conversão entre lâmpadas tubular convencional e LED.

Lâmpada Tubular T8			
Comprimento	LED	Convencional Fluorescente	Economia Energia
600 mm	9W	20W+6W(reator)	65%
1200 mm	18W	40W+12W(reator)	65%
2400 mm	38W	110W+33W(reator)	73%

O valor faturado com consumo de energia que foi cálculo para as lâmpadas LED é de R\$ 7.309,40 por mês.

A economia com a substituição das lâmpadas tubulares fluorescentes pelas LED será de: R\$ 21.470,89 – R\$ 7.309,40 = R\$ 14.161,49 por mês. Por ano a economia anual é de R\$ 169.937,88.

Para a substituição das lâmpadas é necessária a compra de 834 unidades de lâmpadas tubulares LED leitosa de 38W, 151 lâmpadas de 9 W e 288 lâmpadas de 18W. Os três tipos de lâmpadas LED possuem o valor unitário de R\$ 40,00, R\$ 9,00 e R\$ 18,00, respectivamente.

No valor do investimento inicial não foi adicionado valor de mão de obra, pois para a realização do serviço não seria necessário a contratação de um electricista terceirizado tendo em vista que a empresa possui os mesmos no seu quadro de funcionários.

As lâmpadas LED indicadas na proposta possuem vida útil de 20.000 horas, como as lâmpadas a serem substituídas ficam ligadas em média 19,5 horas por dia em 264 dias do ano, em um ano as lâmpadas ficam ligadas 5.148 horas. Portanto a durabilidade dessas lâmpadas no sistema será de aproximadamente 4 anos (tabela 4).

$$VPL = FC_1 + \frac{(FC_2)}{(1+TD)^{j+1}} + \dots + \frac{(FC_n)}{(1+TD)^{j+1}} \quad (1)$$

Conforme a equação 1, FC, o fluxo de caixa, TD, taxa de desconto e j, mês do fluxo de caixa. Desta forma, com todos os dados necessários calculou-se o VPL que seria R\$ 115.006,43 a partir da equação 1, em que o valor de TD é de 14% conforme valor atual da tabela SELIC. Esse valor é quanto se lucraria em 4 anos, mas a partir do primeiro ano o lucro obtido compensaria o valor investimento e geraria um saldo de R\$ 6.733,21.

$$TRC = \frac{K}{G} \quad (2)$$

Pela equação 2, K, o ganho inicial, e G, ganho no período. Por fim, por meio da equação 2, calculou-se o tempo de retorno de capital que foi de 2,81 meses.

A tabela 4 apresenta os resultados dos cálculos econômicos para tomar a decisão de fazer ou não o investimento.

Tabela 4. Cálculo Econômico para Iluminação.

Investimento Inicial	R\$39.903,00
Economia Mensal	R\$14.161,49
Vida Útil	4 anos
VPL	R\$115.006,43
TRC (payback)	3 meses

Segundo a tabela 4, os cálculos econômicos o VPL é positivo a partir do primeiro ano com um lucro de R\$ 6.733,21 apresentando um valor total para os 4 anos de cálculo o lucro de R\$ 115.006,43. O TRC (*payback*) é menor que a vida útil das lâmpadas. Logo, é atrativo realizar o investimento. Todos os indicativos econômicos utilizados nesse estudo apontam que o investimento deve ser feito.

A análise das faturas de energia elétrica mostra, no comparativo entre os meses do ano de antecessor e o posterior uma redução do consumo (figura 3).

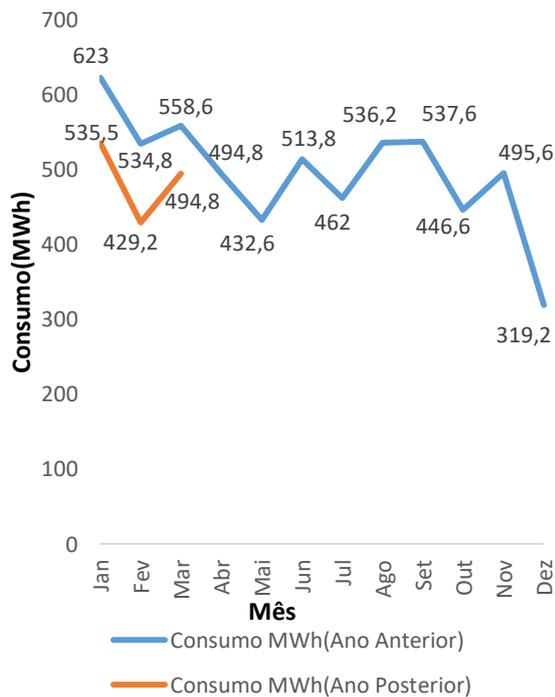


Figura 3. Consumo Mensal (kWh) no Período de 15 Meses.

## 5 Conclusão

De acordo com a metodologia descrita, verificou-se que é possível determinar as principais características das cargas e parâmetros elétricos que são levados em conta na análise da eficiência energética em empresas e por meio da análise do sistema elétrico que essas cargas compõem é possível identificar e apresentar propostas que tornem o local de trabalho mais eficiente, também através da análise das faturas e dos registros de doze meses de medições feitas pela concessionária, identificar problemas com penalizações tarifárias e propor soluções a esses problemas.

Através do levantamento de dados e da análise da fatura comparou-se os dados e identificou-se quais equipamentos de cada segmento torna o sistema elétrico menos eficiente, apresentando como propostas a substituição desses equipamentos por outro mais eficiente energeticamente, demonstrando, através dos cálculos de avaliação técnica e econômica, a viabilidade ou não de investimento nessas propostas.

A proposta de substituição das lâmpadas tubulares fluorescentes por lâmpadas tubulares Led do sistema de iluminação mostrou-se viável técnica e economicamente reduzindo o consumo de energia em 32.326 kWh por mês e uma economia de R\$ 14.161,49 mensais, que por ano seriam de R\$ 169.937,00.

A proposta da redução de um resfriador do sistema de climatização mostrou-se viável tecnicamente e economicamente reduzindo o consumo de energia em 59.277,66 kWh por mês e uma economia de 23.688,66 mensais, que durante 1 ano seria de R\$28.4263,92 por ano. Ao todo, os resultados obtidos nesse estudo, podem representar uma redução de 109.923,93 kWh por ano com consumo de energia elétrica e uma economia anual de R\$ 454.200,92 com pagamento de fatura de energia elétrica.

Por fim, o comitê de eficiência energética precisa realizar ações de conscientização tanto para os colaboradores que trabalham em máquinas e equipamentos, quanto os gerentes da fábrica pois os incentivos e mudanças precisam continuar até que se tenha uma gestão energética mais eficiente.

## Referências Bibliográficas

- Abdelaziz, E. A.; Saidur, R; Mekhilef, S. A review on energy saving strategies in industrial sector. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 15, pp 150-168. Janeiro 2011.
- Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL. Resolução Homologatória N°2.182. Brasília: ANEEL, 2015.
- Arya, A; Jyoti; Bhuvaneswari, P; Bhuvaneswari, N; Kumar, A. Review on Industrial Audit and Energy Saving Recommendation in Aluminium Industry. *International Conference on Control, Instrumentation, Communication and Computational Technologies – ICCICCT*, 2016.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. NBR 5413: Iluminação Interna. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. NBR ISO/ CIE 8995-1: Iluminação em Ambientes de Trabalho. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. NBR IEC 60898: Disjuntores para Proteção de Sobrecorrentes para Instalações Doméstica e Similares. Rio de Janeiro: ABNT, 1998.
- Boharb, A; Allouhi, A; Jamil, A; Mourad, A; Benbassou, A; Kouksou, T. Analysis of the

- Electrical Energy Consumption and Energy Audit of Interior Lighting for na Industrial Site im Morocco. 3rd International Renewable and Sustainable Energy Conference – IRSEC, 2015.
- Empresa de Pesquisa Energética- EPE. Balanço Energético Nacional 2017, ano base 2016. Rio de Janeiro: EPE, 2017.
- Galvão, J; Moreira, L; Leitão, S; Silva, E; Neto, M. Sustainable Energy fot Plastic Industry Plant. 4th International Youth Conference on Energy – IYCR, 2013.
- HTL – Instalações e Manutenção Elétrica. Tabela de Lâmpada LED x Lâmpada Fluorescente. São Paulo: HTL, 2015.
- International Organization for Standardization - ISO. 50.001 Sistema de Gestão de Energia, 2011. Rio de Janeiro: ISO, 2011.
- Lima, A. K C. A Eficiência Energética em uma Indústria de Eletrônicos do Polo Industrial de Manaus: Desafios de Implementação e Novas Possibilidades. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos da Amazônia, UFAM;Pp-30.2014.
- Pereira, R. S. Potencial para Eficiência Energética em Segmentos do Polo Industrial de Manaus/AM. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos da Amazônia, UFAM;Pp-102.2015.
- Programa Nacional de Conservação de Energia – PROCEL. Manual de Iluminação Eficiente. Rio de Janeiro: Eletrobrás, 2002.
- Programa Nacional de Conservação de Energia - PROCEL. Eficiência Energética em Sistema de Refrigeração Industrial e Comercial. Rio de Janeiro: Eletrobrás, 2005.
- Silva, R. P. B; ROSSI, L. A. Análise do Uso da Energia Elétrica em Instalações Elétricas do Segmento de Alimentos e Bebidas. Revista Brasileira de Energia Volume 18. No 18. 92, 2º; Pp 35-49. Semestre 2012.
- Sola, A. V. H. Melhoria de Eficiência Energética em Sistemas Motrizes Industriais. Associação Brasileira de Engenharia de Produção(ABEPRO). Production, v.25, n. 3, pp498-509. Jul/Set 2015.
- StameniĆ, M; Tanesic, N; Simonovic, T; Nikolic, A. Energy Management System for Eenergy Efficiency Improvement in th Industrial Sector of the Republic of Serbia. 4th International Symposium on Enviromental Friendly Energies and Applications - EFEA. 2016.