



**EFICIÊNCIA ENERGÉTICA APLICADA EM SISTEMAS DE AR COMPRIMIDO E LUMINOTÉCNICA**  
*ENERGY EFFICIENCY APPLIED IN COMPRESSED AIR AND LUMINOTECHNICAL SYSTEMS*

Matheus Teles de Oliveira<sup>1</sup>

Nicolas Dreyfus de Castro<sup>1</sup>

Annete Silva Faesarella<sup>2</sup>

Universidade São Francisco – Campus Itatiba

[telesdeoliveiram@gmail.com](mailto:telesdeoliveiram@gmail.com) | [ni\\_dreyfus@hotmail.com](mailto:ni_dreyfus@hotmail.com) |

[annete.faesarella@usf.edu.br](mailto:annete.faesarella@usf.edu.br)

<sup>1</sup>Alunos do Curso de Engenharia Elétrica

<sup>2</sup>Professora Orientadora

**RESUMO.** O presente artigo descreve duas avaliações de eficiência energética, uma em um sistema de iluminação de um supermercado localizado no Município de Itapeva – Minas Gerais, e a outra, em um sistema de ar comprimido de uma indústria de embalagens de alumínio localizada em Pouso Alegre - Minas Gerais. Atualmente o consumo de energia elétrica para iluminação no segmento comercial representa uma média de 44% do consumo total de energia deste setor. Já a energia destinada à alimentação da força motriz na indústria se apresenta como 51% do consumo total do segmento (incluindo o sistema de ar comprimido). Estes fatos motivaram a elaboração dos estudos de caso aqui apresentados. Utilizou-se para a elaboração do artigo técnicas de eficiência energética em luminotécnica e sistemas de ar comprimido. Para a elaboração dos estudos de caso foram coletados dados técnicos das luminárias projetadas, *layout* do setor comercial, dados arquitetônicos, dados dos conjuntos motor-compressor, consumo de energia do sistema e processos da planta industrial. Depois de implementadas as técnicas de eficiência energética nos dois estudos de casos foram elaboradas análises indicativas da viabilidade econômica da implementação de tecnologias mais eficientes.

**PALAVRAS-CHAVE:** eficiência energética, sustentabilidade, economia de energia, eficiência luminotécnica.

**ABSTRACT.** This article describes two energy efficiency assessments, one in a lighting system of a supermarket located in the municipality of Itapeva - Minas Gerais, and the other in a compressed air system of an aluminum packaging industry located in Pouso Alegre - Minas Gerais. Currently the consumption of electricity for lighting in the commercial segment represents an average of 44% of the total energy consumption of this sector. On the other, energy intended to power the driving force in the industry is 51% of the total consumption of the segment (including the compressed air system). These facts motivated the preparation of the case studies presented here. Energy efficiency techniques in luminotechnics and compressed air systems were used for the preparation of the article. For the preparation of the case studies, technical data were collected from the projected luminaires, layout of the commercial sector, architectural data, data from the engine-compressor sets, power consumption of the system and processes of the industrial plant. After implementing the energy efficiency techniques in the two case studies, analyses were elaborated indicating the economic viability of the implementation of more efficient technologies.

**KEYWORDS:** energy efficiency, sustainability, energy saving, lighting efficiency.

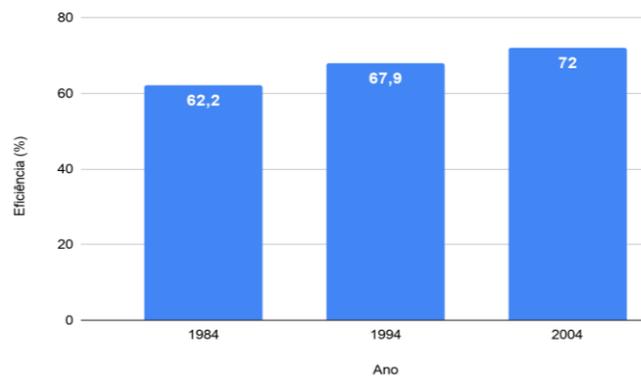
## INTRODUÇÃO

A eficiência energética (EE) vem se tornando um ponto recorrente nas discussões sobre demanda energética e transições energéticas em nível global, sendo considerada como um importante recurso energético para que as metas de sustentabilidade sejam atingidas e para o desenvolvimento econômico e social de todos os países (ONU, 2015). Além de auxiliar na economia de energia e redução das emissões de gases de efeito estufa, a eficiência energética traz benefícios como segurança energética, preços de energia, impactos macroeconômicos, entre outros (IEA, 2018). A aplicação de técnicas de eficiência energética é uma das alternativas mais rentáveis em curto prazo, visto que na indústria o consumo de energia elétrica é um dos custos que mais impactam no processo de produção.

No Brasil a preocupação mais acentuada com a EE surgiu com os choques do petróleo de 1973-74 e 1979-81 que trouxeram a percepção de escassez deste recurso energético e forçaram a alta dos preços dos energéticos, abrindo espaço para uma série de ações voltadas à conservação e maior eficiência no uso dos seus derivados. Nessa época, começou a corrida para a diversificação da matriz energética visando uma maior segurança no atendimento à demanda de energia. (MME, 2011).

Devido à baixa eficiência energética do maior mercado consumidor de energia elétrica brasileiro, as indústrias segundo relatório do balanço energético nacional mostrado na figura 1 abaixo, acabam gerando desperdícios de recursos naturais, conseqüentemente elevando seus custos de operação. A EE trabalha com energia já existente evitando investimentos em geração e transmissão de energia.

**Figura 1** - Evolução da Eficiência Energética na Indústria (%) (Fonte: EPE, 2019)



Este trabalho tem por objetivo explorar técnicas de EE dirigida aos consumidores industriais que buscam reduzir o consumo de energia elétrica, relacionadas a sistemas motrizes que representam 51% do consumo de uma indústria, conseqüentemente reduzindo o consumo de energia elétrica e despesas com energia elétrica. Propor medidas de eficiência energética e melhorias para o desempenho energético.

Para esse trabalho foi realizada uma revisão bibliográfica dos últimos dez anos, abrangendo os seguintes temas: eficiência energética luminotécnica e motriz, além de serem utilizados um estudo de caso comercial de eficiência luminotécnica e outro estudo de caso de eficiência na geração de ar comprimido na indústria.

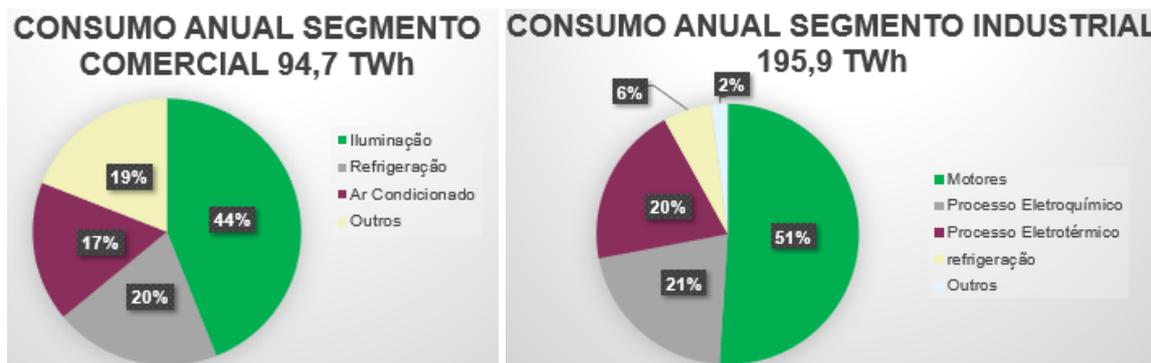
O primeiro capítulo apresenta a introdução, contextualizando o tema, já no subsequente é apresentado o referencial teórico sobre eficiência energética na indústria e seu estado da arte, o terceiro capítulo apresenta a metodologia utilizada, no quarto capítulo é exposto os resultados obtidos, o quinto capítulo apresenta a conclusão, por fim o sexto capítulo apresenta as referências bibliográficas usadas para compor a pesquisa.

## REFERENCIAL TEÓRICO

O consumo de energia para iluminação está em torno de 19% do total produzido no mundo, representando 24% do consumo no setor residencial e 44% no setor de comércio e serviços (MME, 2007). Uma grande parte das instalações de iluminação ainda utiliza tecnologias pouco econômicas como lâmpadas de baixa eficiência, dimensionamento incondizentes com a norma NBR ISSO/CIE 8995-1:2013, pouco aproveitamento da iluminação natural, o que torna viável o investimento em sistemas de iluminação mais eficientes, para contribuir com a redução do consumo de energia de maneira significativa. Um fator importante que deve ser considerado é que a disponibilidade de iluminação natural coincide com o horário de funcionamento do setor comercial.

Diferente do comércio e das residências, na indústria os motores respondem pela maior parte do consumo representado 51%, seguido por processo eletroquímico, processo eletrotérmico e iluminação, conforme demonstrado na figura 2. A força motriz é usada em bombas, ventiladores, compressores de ar, refrigeração, manuseio de equipamentos para transporte e adequação de produto ou material e processamento: equipamentos que modificam o produto ou material processado. (BARROS et al., 2015).

**Figura 2** – Matriz de Consumo de energia elétrica na industrial e comercial (Fonte: Adaptado EPE, 2019)



A seguir será apresentado o conceito de eficiência energética, apresentado o cenário internacional e nacional como enfoque nos programas nacionais, e finalmente as técnicas de eficiência energética motriz e luminotécnica.

### *Eficiência Energética*

É definido a eficiência energética segundo Moreira et al (2017):

Toda e qualquer ação que promova a redução do consumo de energia, mantendo-se o mesmo nível de serviço prestado, pode-se afirmar que as ações para o aumento da eficiência energética promovem aumentos na razão entre o nível de energia produzida e o nível de energia consumida.

Qualquer atividade em uma sociedade moderna só é possível com o uso intensivo de uma ou mais formas de energia. A energia é usada em aparelhos simples (lâmpadas e motores elétricos) ou em sistemas mais complexos que encerram diversos outros equipamentos (geladeira, automóvel, computador). Estes equipamentos e sistemas transformam formas de energia. Uma parte dela sempre é perdida para o meio ambiente durante esse processo. Identificar o uso final decorrente da energia é importante para gerenciar a eficiência, a partir

dessa correlação é pensado em tornar o processo mais eficiente, também é considerado a criação de indicadores. Por exemplo: uma lâmpada transforma a eletricidade em luz e calor. Como o objetivo da lâmpada é iluminar, uma medida da sua eficiência é obtida dividindo a energia da luz pela energia elétrica usada pela lâmpada. Outra fonte de desperdício deriva do uso inadequado dos aparelhos e sistemas. Uma lâmpada acesa em uma sala sem ninguém também é um desperdício, pois a luz não serve ao seu propósito de iluminação. (INEE, 2021).

### *Cenário Internacional De Eficiência Energética*

Para tratar dos assuntos relacionados à Eficiência Energética mundialmente foi criada a Agência Internacional de Energia, uma organização intergovernamental independente criada em Paris em novembro de 1973 após a crise do petróleo de 1973 e tem amplo poder sobre segurança energética e outras questões. Atualmente, a Agência Internacional de Energia desempenha um papel importante em todas as questões internacionais de cooperação energética, como fornecimento de energia, políticas de longo prazo, eficiência energética, etc. E um de seus programas é o Programa de Colaboração Tecnológica de Gestão Do Lado da Demanda, iniciado em 1993, e seu principal campo é a criação e promoção de ferramentas e informações sobre gestão do lado da demanda e eficiência energética. O Programa de Colaboração Tecnológica de gestão do lado da demanda lançou vinte e cinco tarefas, desde sua criação. (Fonte: IEA, 2018).

### *Cenário Nacional De Eficiência Energética*

O Brasil é o quinto maior emissor de gases de efeito-estufa, depois da China, Estados Unidos, Rússia e Índia. Contando-se a União Europeia passa a ser o sexto, informa a “Análise das emissões brasileiras de gases de efeito estufa e suas implicações para as metas de clima do Brasil”, com dados de 1970 a 2019. Em contrapartida, o Brasil é o terceiro com maior capacidade para reduzir as emissões. Para isso, o Brasil vem avançando com medidas, leis, normas e incentivos para impulsionar a eficiência Energética no território nacional. Atualmente, no Brasil existem programas, normas e leis destinados à eficiência energética, o MME é o órgão governamental responsável por tratar de EE. As primeiras iniciativas de eficiência energética no Brasil datam da década de 70 como reação à crise do petróleo (MME, 2007).

### *Motivações Para Eficiência Energética*

Redução de custos e aumento de competitividade, para consumidores e redução de investimentos em Geração, Transmissão e Distribuição (MME, 2007). Impactos socioambientais positivos, evita a emissão de gases de efeito estufa.

A conservação pode ser vista como uma fonte alternativa de suprimento das necessidades de energia, pois cada GW, ou kWh economizado permite evitar a construção da capacidade adicional de produção de energia, outra vantagem da conservação é ser a única “fonte” de energia que não gera, de modo geral, impactos ambientais negativos, pois, ao contrário, evita a implantação de novos empreendimentos pelo lado da oferta, que produzem tais impactos. O uso mais eficiente da energia na indústria e no setor de serviços traz, quase sempre, benefícios adicionais para as empresas, em termos de economia de tempo e matéria-prima, e aperfeiçoamento do produto final, contribuindo para a elevação da produtividade global da economia, (USP, 2018).

## *Potencial De Eficiência Energética No Brasil*

De acordo com o PNE 2030, Eficiência Energética o Brasil tem grande potencial de EE, assim como consequência grande potencial de economia com energia elétrica. Os setores com os maiores potenciais de eficiência energética são, industrial, comercial, Iluminação pública, saneamento estima ABESCO. Somando o potencial de economia do setor industrial com o setor comercial, os dois atingem 14,8 TWh de economia em energia e potencial de economia em caixas de R \$1,90 Bilhões de Reais, fonte (MME, 2007).

No segmento Comercial, mais de 60% do consumo de energia elétrica é destinado a Iluminação e Refrigeração conforme figura 2, portanto, projetos orientados a essas instalações terão grandes impactos e serão bem aceitos pelo mercado assim como o fato de estar ajudando o Brasil a atingir o PNE 2030.

No segmento Industrial, mais de 70% do consumo de energia elétrica é destinado a Motores e Processos Eletroquímicos conforme figura 2, portanto, projetos orientados a essas instalações terão grandes impactos e serão bem aceitos pelo mercado assim como o fato de estar ajudando o Brasil a atingir o PNE 2030.

Porém, cada descoberta e projetos orientados a Eficiência Energética comprovando sua eficiência tem grande importância e relevância para ajudar o Brasil a atingir as metas estabelecidas no PNE 2030.

### *Sistemas de Ar Comprimido*

Nas indústrias, o ar comprimido é muito empregado nas máquinas operatrizes, em motores pneumáticos, equipamentos de movimentação e transporte de materiais, ferramentas manuais, em sistemas de comando, controle, regulação, instrumentação e na automação de processos, segundo SANTOS, A.H.M. et al (2006).

Para a elaboração do estudo é importante mostrar conceitos do funcionamento dos compressores tipo parafuso e tipo centrífugo. Os compressores em geral e especialmente os compressores de ar possuem parâmetros específicos que os caracterizam, os mais relevantes são, de acordo com Filho, G.E.F. F. Bombas, Ventiladores e Compressores – Fundamentos (2015).

### *Vazão volumétrica padronizada*

É um parâmetro particularmente utilizado para compressores de ar. É a vazão volumétrica de ar comprimido liberada no ponto de descarga referente às condições padrão de pressão e temperatura. Em inglês é denominado FAD – *Free Air Delivery*. Se as condições de admissão do ar variarem, isto é, pressão e temperatura, a potência teórica requerida se altera. A Norma ABNT ISO 1217/2012 – Compressores de Deslocamento Positivo: Ensaio de Aceitação define como condições padrão para o ar:  $p = 0,1 \text{ MPa}$  ( $105 \text{ N/m}^2$ );  $T_a = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ ; UR (umidade relativa do ar) = 0% e volume específico =  $0,83 \text{ m}^3/\text{kg}$ . A vazão volumétrica para as condições padrão é indicada como “normal”  $\text{m}^3/\text{s}$  [ $\text{Nm}^3/\text{s}$ ]. A vazão volumétrica real de ar comprimido é o fluxo volumétrico liberado na descarga, referente às condições de temperatura, pressão e umidade existentes no ponto de admissão. (FILHO, 2015)

### *Consumo específico*

A maioria dos compressores é acionada por motores elétricos. Um ponto relevante é determinar quanto custa comprimir um gás até uma pressão desejada. A energia elétrica é obtida pelo produto da potência absorvida da rede (kW) pelo tempo de operação do motor em horas.

A unidade de energia elétrica é medida em (kWh). Um compressor produz uma vazão volumétrica ( $m^3/h$ ) durante certo tempo (h). Portanto, durante esse tempo “t” ele comprimiu um volume ( $m^3$ ). Então, nesse intervalo de tempo houve um consumo de energia elétrica (kWh) para comprimir um volume ( $m^3$ ) de gás. A relação entre a energia elétrica e o volume comprimido é definida como consumo específico do compressor ( $kWh/m^3$ ). (FILHO, 2015)

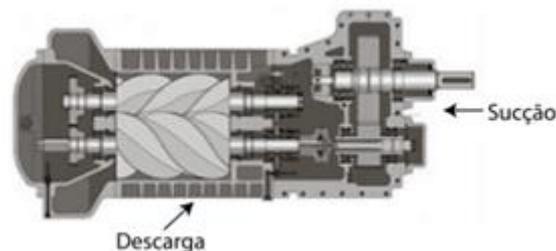
### *Tipos de compressores de Ar comprimido*

A máquina de fluido é o equipamento que promove a troca de energia entre um sistema mecânico e um fluido, transformando energia mecânica em energia de fluido ou energia de fluido em energia mecânica. Com o avanço dos meios de produção, as máquinas de fluidos foram incorporadas ao processo produtivo, incorporada no sistema de automação e consequentemente aumentando a capacidade de produção. A partir desse fato, houve uma abrangência em sua utilização e, atualmente, são empregadas em diversos setores de produção, Indústrias químicas, Indústrias alimentícias, Indústrias automotivas, Indústrias de alimentos e bebidas, fabricação em geral. As máquinas de fluidos atualmente são uma das componentes principais do sistema de produção. Assim, as máquinas de fluido estão presentes em diversas áreas tecnológicas, tornando-se necessário o seu entendimento e a preocupação com a eficiência energética destas.

### *Compressor rotativo de parafuso*

Esse tipo de compressor contém dois rotores paralelos que giram em sentido contrário. Essas engrenagens estão montadas em rolamentos para mantê-las fixadas na carcaça, conforme a representação da Figura 3.

**Figura 3** – Compressor do Tipo Parafuso (Fonte: FERRAZ et al, 2008).

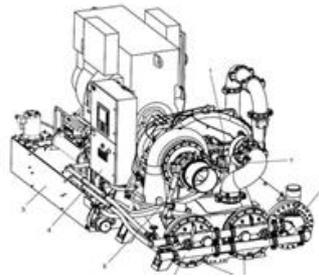


A conexão do compressor com o sistema se faz por meio das aberturas de sucção e descarga. O gás penetra pela abertura de sucção e ocupa os intervalos entre os filetes dos rotores. A partir do momento em que ocorre o encaixe entre os dois rotores, formando um filete, o gás nele contido fica encerrado entre o rotor e as paredes da carcaça. Então, a rotação faz com que o filete se desloque para a frente, reduzindo o espaço disponível para o gás, provocando a sua compressão. A próxima fase é a abertura da descarga, fazendo com que o gás seja liberado (FERRAZ et al, 2008).

### *Compressores centrífugos*

Nesse tipo de compressor representado na figura 4 não existe injeção de lubrificante no processo de compressão. Os componentes mecânicos sofrem lubrificação do tipo forçada, isto é, existe uma bomba para a circulação do óleo em alta pressão. O resfriamento do ar é feito após a descarga – *aftercoolers*, ou entre estágios – *intercoolers*, se o compressor for de múltiplos estágios. (FILHO, 2015).

**Figura 4** – Compressor centrífugo (Fonte: INGERSOLL RAND, 2020)



### *Sistemas de Iluminação*

No ramo industrial, a energia elétrica consumida com iluminação artificial representa cerca de 5,8% do consumo total das instalações no Brasil. (BARROS et al., 2015) Com isso, a norma NBR ISSO/CIE 8995-1:2013 define os níveis de iluminância mínimos para a iluminação artificial para os locais onde se realizam as atividades de comércio, ensino, esporte, indústria etc. A iluminância é definida como sendo o fluxo luminoso incidente por unidade de área iluminada, ou ainda, em um ponto de uma superfície, a densidade superficial de fluxo luminoso recebido. A unidade de medida usual é o lux, definido como sendo a iluminância de uma superfície plana, de área igual a 1 m<sup>2</sup>, que recebe, na direção perpendicular, um fluxo luminoso igual a 1 lm, uniformemente distribuído.

O procedimento adequado para aplicar a eficiência energética nos sistemas de iluminação é considerar 3 fatores: preço x durabilidade e eficiência. Com isso, é possível determinar a lucratividade com a durabilidade e eficiência do sistema luminotécnico. Junto com a norma técnica NBR ISSO/CIE 8995-1:2013 é possível determinar a quantidade mínima de energia utilizada para iluminar a área desejada.

### Métodos para reduzir o consumo de energia Elétrica com Iluminação

- Quando a obra está em fase de projeto, integrar aos ambientes a entrada de luz natural com o acionamento, controle e dimerização da iluminação artificial, visando ao máximo a economia de energia elétrica e o bem-estar e praticidade dos colaboradores e gestores.
- Projetar um sistema no qual um conjunto de sensores seja instalado junto às luminárias, detectando a variação nos níveis de luz fazendo com que ocorra uma resposta automática nas luminárias aumentando ou diminuindo sua intensidade conforme a necessidade do ambiente. Todas as simulações de iluminação devem atender a norma ABNT NBR ISSO/CIE 8995-1:2013.
- Determinar sempre que possível a troca de luminárias existentes por luminárias com alto rendimento, e alto fator de potências, também com baixas distorções harmônicas.
- Em áreas externas utilizar células fotoelétricas ou dispositivo de tempo na iluminação externa.
- Cálculo de iluminância correta para cada ambiente.

### *Iluminância*

“É o limite da razão do fluxo luminoso recebido pela superfície em torno de um ponto considerado para a área da superfície quando esta tende para zero”. A iluminância é conhecida também como nível de iluminação. É expressa em lux, que corresponde ao fluxo luminoso incidente numa determinada superfície por área, dado pela equação 1 mostrado abaixo. Assim,

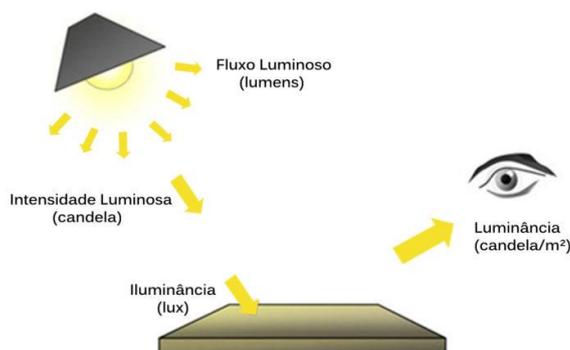
se uma superfície plana de 1 m<sup>2</sup> é iluminada perpendicularmente por uma fonte de luz cujo fluxo luminoso é de 1 lúmen, apresenta a iluminância de 1 lux. (FILHO, 2017)

$$E = \frac{F}{S} (\text{lux}) \quad \text{Equação 1: Iluminância}$$

Sendo: F - Fluxo luminoso, em lúmens; S - área da superfície iluminada em m<sup>2</sup>.

Abaixo na figura 5 é resumido quatro conceitos da iluminação.

**Figura 5** - Conceitos de iluminação (Fonte: GRADO ILUMINAÇÃO, 2021)



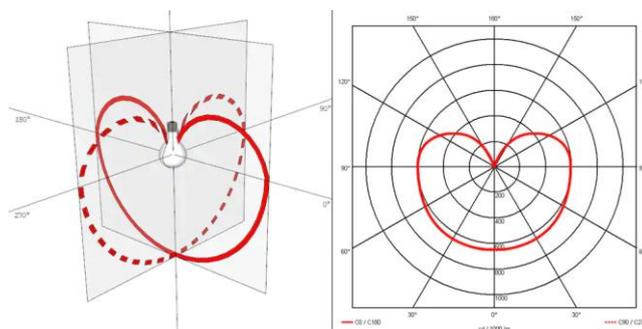
### *Eficiência Luminosa*

É a relação entre o fluxo luminoso emitido por uma fonte luminosa e a potência em watts consumida por esta. Para a escolha da luminária a ser utilizada deve ser levado em consideração sua eficiência luminosa. O valor de eficiência luminosa declarado pelo PROCEL é de 110 lm/W.

### *Curva Fotométrica*

Curva fotométrica ou forma de distribuição da luz dada pela luminância, é a distribuição da intensidade luminosa de tal forma que é possível interpretar de forma gráfica qual a curva ou desenho da luz emitida, por exemplo na figura 6, no gráfico 3D a linha contínua (vista frontal) e linha pontilhada (vista lateral), acabam se sobrepondo na curva fotométrica.

**Figura 6** – Simulação com gráfico 3D e sua curva fotométrica (Fonte: DM LIGHTS, 2015)



### *Temperatura de cor*

A reprodução de cor das luminárias é importante tanto para o desempenho visual quanto para a sensação de conforto e bem-estar que as cores do ambiente, dos objetos e da pele humana sejam reproduzidas natural e corretamente, e de modo que façam com que as pessoas tenham uma aparência atrativa e saudável. (NBR 8995-1, 2013).

A escolha de temperatura adequada leva em consideração o público-alvo e a imagem que o comércio deseja transmitir a seus clientes. Em relação à clientes varejistas fatores sensoriais são determinantes para decisão de compra, no setor supermercadista a percepção visual é extremamente importante, sendo ela uma grande aliada nas vendas. Para o setor de supermercados o índice de reprodução de cor (IRC) mínimo é de 80.

## **METODOLOGIA**

A seguir são apresentadas as metodologias de eficiência energética usadas para força motriz e luminotécnica.

### *Metodologia de Eficiência Energética Ar Comprimido*

#### *Estudo de caso*

O presente capítulo traz o estudo de caso de Ação de Eficiência Energética em um sistema de compressores de ar de uma indústria localizada no Sul de Minas Gerais.

O trabalho, visa elaborar um estudo comparativo da substituição dos compressores existentes por novos, atuando diretamente no consumo específico [kWh/m<sup>3</sup>], ou seja, a instalação de compressores de menor consumo de energia elétrica [kWh] para comprimir um volume de gás [m<sup>3</sup>]. Com isso é possível se obter a diminuição da demanda contratada de energia elétrica e reduzir o consumo da empresa.

#### *Descrição do sistema de Ar comprimido da empresa*

A figura 7 apresenta o esquema simplificado do sistema de ar comprimido, o cenário real estudado trata-se de uma empresa cuja linha de produção é soluções de embalagem de alumínio para bebidas, cuidados pessoais e produtos domésticos. A linha de produção da empresa é composta de sistemas pneumáticos, todos alimentados por compressores de ar. Os compressores da empresa encontram-se em paralelo com o sistema de distribuição de ar comprimido, devido a esse fato, toda a linha de ar comprimido está sob uma mesma pressão.

**Figura 7** – Esquema simplificado do arranjo dos compressores existentes (Fonte: Próprio autor)



Atualmente a empresa possui 3 setores, denominados setor A, B e C. Os compressores existentes 01, 02 e 03, são do tipo parafuso, com Potência de 400 HP, tensão de alimentação de 460V trifásico, Potência exigida da rede elétrica 330kVA. Atualmente todos os compressores estão ligados em um mesmo transformador a óleo de 2MVA tensão primária de 13,8kV e tensão secundária de 460V. Devido as redes serem extensas estas funcionam como reservatório de ar comprimido tendo capacidade de suportar variações de demanda pneumática.

#### *Método aplicado*

O estudo realizado compreende o período de maio a setembro de 2021, as etapas para elaboração do estudo de Eficiência Energética seguem conforme a tabela 1, Estudo técnico e simulação da necessidade de ar comprimido da empresa, estudo técnico da eficiência dos compressores, estudo e simulação da utilização de outro modelo de compressor, resultados e discussões. A empresa estudada trata-se de uma multinacional com grande relevância no mercado brasileiro, possui sede nos estados de São Paulo, Minas e na capital federal Brasília. As implementações de eficiência energética na empresa vêm sendo realizadas, testadas e melhoradas desde 2015.

**Tabela 1** – Etapas de desenvolvimento do Projeto (Fonte: Próprio autor)

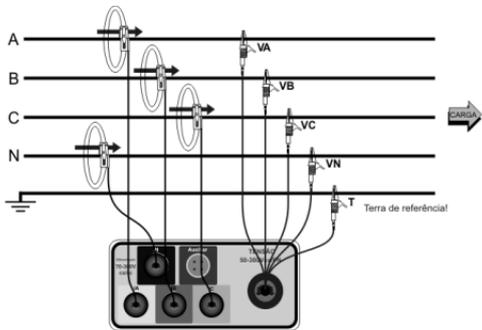
| 1ª ETAPA  | 2ª ETAPA   | 3ª ETAPA  | 4ª ETAPA                 |
|---|--|---|--------------------------|
| Estudo Técnico da Necessidade de ar comprimido da empresa | Levantamento do consumo específico do sistema de ar existente. | Estudo Técnico da Viabilidade de um novo modelo de compressor | Resultados e Discussões. |

#### *Estudo Técnico do consumo de Energia Elétrica gasto com cada compressor*

Para obter as medições de consumo (kW/h) e demanda máxima (kW) de cada compressor, foi instalado o analisador de energia modelo RE 7000 do fabricante Embrasul em cada compressor, as medições foram realizadas em intervalos de 7 dias. Os dados apresentados

na tabela 2 são do mês de junho de 2021. Para análise e obtenção dos dados da linha de ar comprimido, foi utilizada a análise de energia e dados do compressor existente. Os dados de consumo específico de cada compressor são apresentados na tabela 3

**Tabela 2 – Medições Compressores existentes (Fonte: Próprio autor)**

| <b>Medições Compressor 01</b>   | <b>Medições compressor 02</b>             |               |       |      |               |         |       |         |   |         |               |       |      |               |          |       |          |
|---|---|---------------|-------|------|---------------|---------|-------|---------|---|---------|---------------|-------|------|---------------|----------|-------|----------|
| <p>EMBRSUL BPNHT N.S:70000033 V.S.2,00 ANL 2,53 (1 segundo)</p> <p><b>RELATÓRIO SEMANAL (Integração = 1 segundo)</b></p> <p><b>Intervalo considerado:</b><br/>Domingo 06/06/2021 16:34:50,00 até domingo 13/06/2021 14:46:01,00</p> <p><b>Faixas de horário estabelecidas no software</b><br/>Intervalo - Fora de ponta: 06:00 - 18:00 21:00 - 24:00<br/>Intervalo - Ponta: 18:00 - 21:00</p> <p>Semana: DOM 06/06/2021 a DOM 13/06/2021</p> <table border="1"> <tr><td>Horário</td><td>Consumo [kWh]</td></tr> <tr><td>Ponta</td><td>5,06</td></tr> <tr><td>Fora de ponta</td><td>36,41 k</td></tr> <tr><td>Total</td><td>41,47 k</td></tr> </table> <p><b>Demanda máximas</b><br/>Potência Ativa [kW]<br/>289,409</p> | Horário                                   | Consumo [kWh] | Ponta | 5,06 | Fora de ponta | 36,41 k | Total | 41,47 k | <p>EMBRSUL BPNHT N.S:70000033 V.S.2,00 ANL 2,53 (1 segundo)</p> <p><b>RELATÓRIO SEMANAL (Integração = 1 segundo)</b></p> <p><b>Intervalo considerado:</b><br/>Domingo 13/06/2021 15:34:50,00 até domingo 20/06/2021 12:45:01,00</p> <p><b>Faixas de horário estabelecidas no software</b><br/>Intervalo - Fora de ponta: 06:00 - 18:00 21:00 - 24:00<br/>Intervalo - Ponta: 18:00 - 21:00</p> <p>Semana: DOM 06/06/2021 a DOM 13/06/2021</p> <table border="1"> <tr><td>Horário</td><td>Consumo [kWh]</td></tr> <tr><td>Ponta</td><td>4,63</td></tr> <tr><td>Fora de ponta</td><td>35,245 k</td></tr> <tr><td>Total</td><td>39,875 k</td></tr> </table> <p><b>Demanda máximas</b><br/>Potência Ativa [kW]<br/>265,265</p> | Horário | Consumo [kWh] | Ponta | 4,63 | Fora de ponta | 35,245 k | Total | 39,875 k |
| Horário   | Consumo [kWh]                             |               |       |      |               |         |       |         |   |         |               |       |      |               |          |       |          |
| Ponta   | 5,06                                      |               |       |      |               |         |       |         |   |         |               |       |      |               |          |       |          |
| Fora de ponta   | 36,41 k                                   |               |       |      |               |         |       |         |   |         |               |       |      |               |          |       |          |
| Total   | 41,47 k                                   |               |       |      |               |         |       |         |   |         |               |       |      |               |          |       |          |
| Horário   | Consumo [kWh]                             |               |       |      |               |         |       |         |   |         |               |       |      |               |          |       |          |
| Ponta   | 4,63                                      |               |       |      |               |         |       |         |   |         |               |       |      |               |          |       |          |
| Fora de ponta   | 35,245 k                                  |               |       |      |               |         |       |         |   |         |               |       |      |               |          |       |          |
| Total   | 39,875 k                                  |               |       |      |               |         |       |         |   |         |               |       |      |               |          |       |          |
| <b>Medições Compressor 03</b>   | <b>Método de instalação do analisador</b> |               |       |      |               |         |       |         |   |         |               |       |      |               |          |       |          |
| <p>EMBRSUL BPNHT N.S:70000033 V.S.2,00 ANL 2,53 (1 segundo)</p> <p><b>RELATÓRIO SEMANAL (Integração = 1 segundo)</b></p> <p><b>Intervalo considerado:</b><br/>Domingo 20/06/2021 12:55:51,00 até domingo 27/06/2021 12:35:01,00</p> <p><b>Faixas de horário estabelecidas no software</b><br/>Intervalo - Fora de ponta: 06:00 - 18:00 21:00 - 24:00<br/>Intervalo - Ponta: 18:00 - 21:00</p> <p>Semana: DOM 06/06/2021 a DOM 13/06/2021</p> <table border="1"> <tr><td>Horário</td><td>Consumo [kWh]</td></tr> <tr><td>Ponta</td><td>5,16</td></tr> <tr><td>Fora de ponta</td><td>37,20 k</td></tr> <tr><td>Total</td><td>42,36 k</td></tr> </table> <p><b>Demanda máximas</b><br/>Potência Ativa [kW]<br/>295,302</p> | Horário                                   | Consumo [kWh] | Ponta | 5,16 | Fora de ponta | 37,20 k | Total | 42,36 k |    |         |               |       |      |               |          |       |          |
| Horário   | Consumo [kWh]                             |               |       |      |               |         |       |         |   |         |               |       |      |               |          |       |          |
| Ponta   | 5,16                                      |               |       |      |               |         |       |         |   |         |               |       |      |               |          |       |          |
| Fora de ponta   | 37,20 k                                   |               |       |      |               |         |       |         |   |         |               |       |      |               |          |       |          |
| Total   | 42,36 k                                   |               |       |      |               |         |       |         |   |         |               |       |      |               |          |       |          |

**Tabela 3 – Medições Compressores existentes obtidos através das medições com o analisador (Fonte: Próprio autor)**

| <b>DADOS COMPRESSORES EXISTENTE</b>                         |                           |                           |                           |
|---|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
|   | <b>Compressor 01</b>      | <b>Compressor 02</b>      | <b>Compressor 03</b>      |
| <b>Consumo Específico kWh/m<sup>3</sup></b>                 | 0,1195 kWh/m <sup>3</sup> | 0,1205 kWh/m <sup>3</sup> | 0,1185 kWh/m <sup>3</sup> |
| <b>Vazão m<sup>3</sup>/h</b>                                | 2.421,75                  | 2.201,32                  | 2.517,30                  |
| <b>Consumo Específico médio da planta kWh/m<sup>3</sup></b> | 0,1195 Kwh/m <sup>3</sup> |                           |                           |
| <b>Vazão m<sup>3</sup>/h total da Planta</b>                | 7.140,37 m <sup>3</sup>   |                           |                           |
| <b>Consumo total kW/h da Planta</b>                         | 849,96                    |                           |                           |

### *Estudo Técnico da viabilidade de um Novo compressor*

Para a elaboração do estudo de viabilidade técnica de um novo compressor de ar comprimido, foram utilizados *handbooks* de fabricantes, simulações, reuniões com grupo de engenharias de fabricantes de compressores específicos. Dentre os fabricantes de compressores, o que obteve o melhor resultado em relação ao consumo específico foi o modelo *The Turbo-Air NX5000 Centrifugal Compressor* da empresa *Ingersoll Rand*, conforme demonstrado na tabela 4.

**Tabela 4** - Especificações da Futura Instalação (Fonte: Próprio autor)

| GERAÇÃO TOTAL COMPRESSOR PROJETADO    |                        |            |                           |               |                           |
|---------------------------------------|------------------------|------------|---------------------------|---------------|---------------------------|
| Descrição                             | Modelo do Compressor   | Tensão (V) | Consumo (kWh)             | Potência (HP) | Vazão (m <sup>3</sup> /h) |
| Compressor 1                          | Tipo Centrífugo NX5000 | 4600       | 596,80                    | 800           | 7.894,17                  |
| Consumo específico kWh/m <sup>3</sup> |                        |            | 0,0756 kWh/m <sup>3</sup> |               |                           |

A tabela 5 a seguir apresenta o comparativo entre uma coleta de dados realizada no mês de junho de 2021 da instalação atual e a previsão de uma nova instalação utilizando os dados das tabelas 2, 3 e 4.

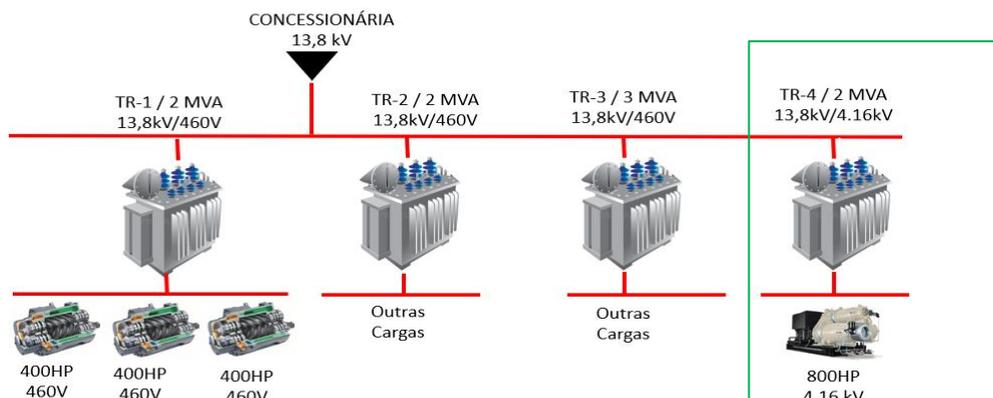
**Tabela 5** - Comparação entre a instalação existente e projetada (Fonte: Próprio autor)

| Descrição                                | Instalação Atual | Instalação projetada |
|--|------------------|----------------------|
| Consumo Específico (kWh/m <sup>3</sup> ) | 0,1195           | 0,0756               |
| Consumo Médio (m <sup>3</sup> /h)        | 7.140,37         | 7.140,37             |
| Horas Trabalhadas Mês (h)                | 690              | 690                  |
| Consumo semanal kW/mês                   | 588.759,20       | 372.470,26           |

*Materiais e equipamentos necessários para implementação do Novo compressor*

O cenário atual de fornecimento de energia da empresa é exibido conforme figura 8. A entrada de energia em média tensão é de 13,8 kV, devido ao fato do novo compressor ser alimentado em média tensão 4,16 kV, deverá ser projetado um novo transformador em 4,16 kV, assim como um novo cubículo de proteção. Para isso, foi projetado o transformador 4 destacado na figura 8.

**Figura 8** – Sistema de Distribuição Elétrica da empresa em estudo. (Fonte: Próprio autor)



### Metodologia de Eficiência Energética Luminotécnica no Setor Comercial

O método escolhido previamente para elaboração do projeto foi a abordagem da eficiência luminotécnica, pois em sua maioria é considerada nas fases iniciais dos novos projetos comerciais. Entretanto, as edificações existentes possuem grande potencial e oportunidade de redução de consumo e tarifas de demandas de energia. A eficácia de aplicar a EE no início do projeto é superior ao existente devido ao fato da flexibilidade para mudanças em relação a *layout* e as características arquitetônicas podem ser discutidas entre os membros ativos do projeto.

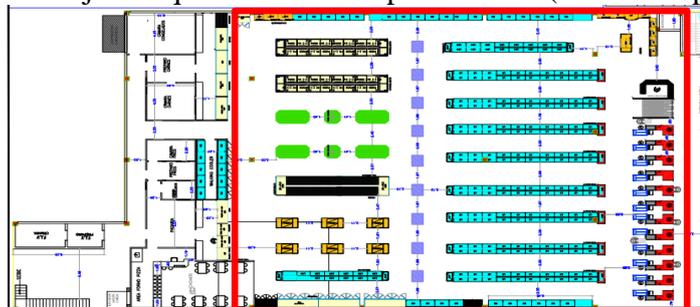
A eficiência energética no sistema de iluminação é aplicada através de um conjunto composto de lâmpadas, luminárias, acionamentos de circuitos, cores, reflectâncias de superfície de acabamento e utilização de iluminação natural.

Neste contexto, este trabalho elabora um projeto luminotécnico a ser instalado em um supermercado com área de 2.960 m<sup>2</sup> situado na cidade de Itapeva-MG. Para a elaboração do projeto foram utilizadas as normas NBR 5382:1985 e NBR ISSO/CIE 8995-1:2013, foi avaliado o fluxo luminoso destinado às respectivas áreas, economia e conforto visual. Para a implementação da eficiência Energética, foram utilizados métodos de acionamento de luminárias de forma a economizar energia, ou seja, em um dia de boa iluminação natural é possível acionar 50% da iluminação. Para analisar a Iluminância nas duas opções de acionamento, foi simulado o sistema proposto no *software DIALux evo* em sua versão 5.9.2.52160, um *software* de mercado gratuito e de fácil acesso.

#### Obtenção do projeto arquitetônico e seu respectivo Layout

Primeiramente, para elaboração do projeto elétrico e cálculos de iluminância é necessário dispor do projeto arquitetônico e interpretá-lo, bem como realizar o levantamento do tipo de revestimento, posicionamento e quantidade de iluminação natural, cor e tipo de piso. A Figura 9 apresenta o projeto arquitetônico utilizado, a área utilizada para o estudo está destacada em vermelho, a tabela 6 apresenta as especificações do empreendimento.

**Figura 9** – Projeto arquitetônico do supermercado (Fonte: Próprio autor)



**Tabela 6** - especificações do empreendimento (Fonte: Próprio autor)

|                                 |   |
|---------------------------------|---|
| Área em m <sup>2</sup> do salão | 1960m <sup>2</sup>                                    |
| Tipo do Piso                    | Epóxi   |
| Cor do Piso                     | branco  |
| Dispõe de Iluminação natural?   | Sim, iluminação natural tipo domos no centro do salão |

### *Determinação da iluminância recomendada para comércio tipo supermercado*

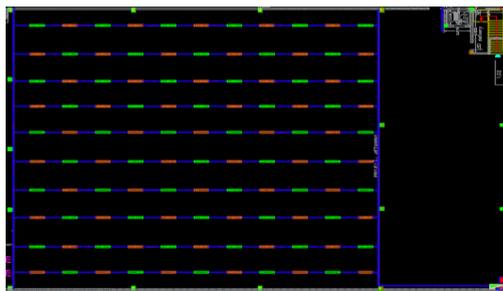
Os valores de iluminância mantidas sobre a área da tarefa no plano de referência pode ser horizontal, vertical ou inclinado. A iluminância mínima para varejista, áreas de vendas é de 500 lux dados na Seção 5 da norma NBR 8995-1:2013, independentemente da idade e condições da instalação.

### *Dimensionamento E Simulação Do Estudo Luminotécnico*

O salão do supermercado é composto de gôndolas e prateleiras, essa iluminação tem por finalidade destacar os produtos aos clientes e guiar os consumidores. A iluminação deve exibir as informações dos produtos com clareza. Para isso, as luminárias deverão ser posicionadas no centro do corredor conforme disposição mostrada na figura 9 com uma iluminância mínima de 500 lux.

Como requisito mínimo para escolha da luminária foi estabelecido temperatura de cor 4000 K, durabilidade mínima de 40.000 h, eficácia luminária inicial de 110 lm/W, logo a luminária escolhida foi a da fabricante *Philips*, modelo *Maxos LED 41 W*, temperatura de cor 4000 K, durabilidade 50.000 h, Fluxo luminoso 6600 lm, eficácia luminária inicial de 161 lm/W (Fonte: *PHILIPS*, 2021). O projeto é mostrado na figura 10.

**Figura 10** – (a) Projeto elétrico do salão elaborado no software *Autocad* (Fonte: Próprio autor); (b) Disposição de luminárias entre gôndolas (Fonte: *OSRAM*, 2021)



(a)



(b)

Os acionamentos das luminárias foram divididos em dois circuitos, acionamentos (A) cor laranja, acionamento (B) cor verde. Podendo ser acionado somente (A) 49 luminárias, somente (B) 49 luminárias ou (A e B) juntos 98 luminárias.

## **RESULTADOS OBTIDOS**

### *Resultados e Discussões Motriz*

A substituição dos compressores resultou numa economia de 37% no consumo de energia da empresa utilizada pelos compressores em estudo, os resultados obtidos estão descritos a seguir.

### *Viabilidade Econômica Motriz*

O benefício financeiro da substituição do sistema de geração de ar comprimido está diretamente relacionado com a tarifa de energia cobrada pela concessionária de energia do consumidor. O estudo de caso considerado desenvolve processos produtivos durante 24 horas

diárias, a opção tarifária é horária azul subgrupo A4 (2,3 a 25 kV). As tarifas de demanda por horária sazonal azul (R\$/kW) é de 33,68 no horário de ponta e 16,66 no horário Fora de Ponta (FP), e a Energia (R\$/kWh) no horário de ponta 0,52484 e horário fora de ponta 0,35314, os horários de ponta encontram-se entre 18h até as 21h. Na tabela 7 são apresentados os custos com os compressores antigos e na tabela 8 os custos com os novos compressores.

**Tabela 7** – Custos mensais da energia com os compressores antigos (Fonte: Próprio autor).

|                 | <b>Consumo FP</b>     | <b>Consumo Ponta</b> | <b>Demanda Ponta</b> | <b>Demanda FP</b> |
|-----------------|-----------------------|----------------------|----------------------|-------------------|
| Consumo kWh mês | 511.964,40            | 76.794,60            | 895,2                | 895,2             |
| Tarifas         | R\$ 0,52484           | R\$ 0,35314          | R\$ 33,68            | R\$16,66          |
| Custos          | R\$ 268.699,39        | R\$ 27.119,24        | R\$ 30.150,33        | R\$ 14.914,03     |
| <b>Total</b>    | <b>R\$ 340.882,29</b> |                      |                      |                   |

**Tabela 8** – Custos mensais da energia com os novos compressores (Fonte: Próprio autor).

|                 | <b>Consumo FP</b>    | <b>Consumo Ponta</b> | <b>Demanda Ponta</b> | <b>Demanda FP</b> |
|-----------------|----------------------|----------------------|----------------------|-------------------|
| Consumo kWh mês | 323.886,9            | 48.582,90            | 596,8                | 596,8             |
| Tarifas         | R\$0,52484           | R\$0,35314           | R\$33,68             | R\$16,66          |
| Custos          | R\$169.988,80        | R\$ 17.156,56        | R\$20.100,22         | R\$9.942,68       |
| <b>Total</b>    | <b>R\$217.188,26</b> |                      |                      |                   |

A economia mensal na tarifa de Energia que a implementação do novo sistema de compressores será de R\$124.694,02. Adicionalmente, com a nova instalação é possível um ganho ambiental, pois o sistema deixará de emitir anualmente 232.035,80 kg de CO<sub>2</sub>, segundo dados do MCTIC (Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações) de 2020.

Para realização do estudo de viabilidade financeira dos sistemas a serem implementados, foi realizado um orçamento inicial dos investimentos associados e previstas as receitas esperadas pelo prazo de vida útil estimada dos projetos, considerando-se as tecnologias utilizadas. Para a estimativa dos investimentos de implantação deste sistema foram realizadas cotações junto a fornecedores e fabricantes, considerando-se os dados quantitativos e especificações técnicas dos equipamentos principais apresentados neste artigo. Em seguida foram estimados os custos de operação e manutenção dos sistemas. Na tabela 9 é apresentado um resumo dos investimentos previstos.

**Tabela 9** - Demonstrativo dos investimentos do projeto (Fonte: Próprio autor).

| Descrição             | Marca                 | Modelo             | Quantidade | Unidade | Preço Unitário  | Total                  |
|-----------------------|-----------------------|--------------------|------------|---------|-----------------|------------------------|
| Compressor centrífugo | <i>Ingersoll Rand</i> | <i>NX5000</i>      | 1          | Peça    | R\$2.500.000,00 | R\$2.500.000,00        |
| Transformador 2MVA    | <i>WEG</i>            | A óleo             | 1          | peça    | R\$237.000,00   | R\$237.000,00          |
| Cubículos de MT       | <i>Gimi</i>           | <i>Piccolo</i>     | 1          | Peça    | R\$ 65.240,64   | R\$ 65.240,64          |
| Cubículo de MT        | <i>Gimi</i>           | <i>New Piccolo</i> | 1          | Peça    | R\$176.260,00   | R\$176.260,00          |
| Cabos de MT 8,7/15kV  | <i>Conduspar</i>      | 240mm <sup>2</sup> | 200        | metros  | R\$ 300,00      | R\$ 60.000,00          |
| Infraestrutura        | <i>Dispan</i>         | Leitos             | 100        | metros  | R\$ 150.000,00  | R\$ 150.000,00         |
| Mão de Obra           | Empreiteira           |                    | 1          |         | R\$ 85.000,00   | R\$ 85.000,00          |
|                       |                       |                    |            |         | <b>Total</b>    | <b>R\$3.273.500,00</b> |

Após deduzir o investimento necessário, chegou-se ao fluxo de caixa livre do projeto. Considerando o investimento inicial de R\$3.273.500,00 (em dólar US\$573.121,84) e a economia anual de R\$1.420.626,48 (em dólar US\$248.722,18), foram calculados o fluxo de caixa e saldo, conforme tabela 10.

**Tabela 10** - Fluxo de caixa do projeto (Fonte: Próprio autor).

| Ano  | Fluxo de Caixa    | Saldo             | Fluxo Descontado  | Saldo Descontado  |
|------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 2021 | -R\$ 3.273.500,00 | -R\$ 3.273.500,00 | -R\$ 3.273.500,00 | -R\$ 3.273.500,00 |
| 2022 | R\$ 1.420.626,48  | -R\$ 1.852.873,52 | R\$ 1.352.977,60  | -R\$ 1.920.522,40 |
| 2023 | R\$ 1.420.626,48  | -R\$ 432.247,04   | R\$ 1.288.550,10  | -R\$ 631.972,30   |
| 2024 | R\$ 1.420.626,48  | R\$ 988.379,44    | R\$ 1.227.190,57  | R\$ 595.218,26    |
| 2025 | R\$ 1.420.626,48  | R\$ 2.409.005,92  | R\$ 1.168.752,92  | R\$ 1.763.971,18  |
| 2026 | R\$ 1.420.626,48  | R\$ 3.829.632,40  | R\$ 1.113.098,02  | R\$ 2.877.069,20  |

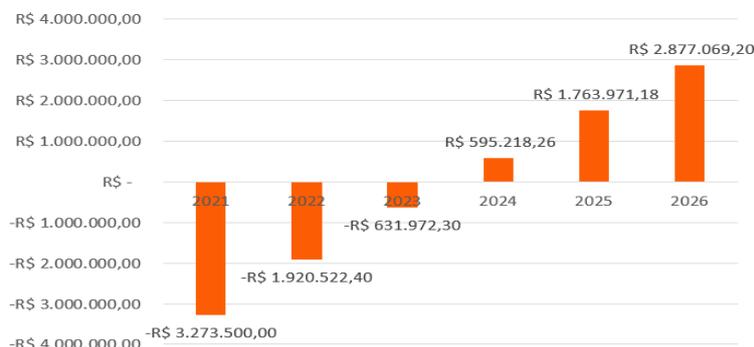
A partir do cálculo de fluxo de caixa elaborou-se os indicadores de viabilidade, TIR (Taxa Interna de retorno), VPL (Valor Presente Líquido), IL (Índice de Lucratividade), *Payback* Simples e *Payback* descontado, com um período de análise de cinco anos, de 2021 a 2026, considerando a taxa mínima de atratividade (TMA) de 10% a.a., usada geralmente para análise desses tipos de investimento. A tabela 11 apresenta os índices calculados.

**Tabela 11** - Índices financeiros calculados (Fonte: Próprio autor)

|   |                  |
|---|------------------|
| <b>Taxa de Desconto (%)</b>             | 5,00%            |
| <b>VPL (R\$)</b>                        | R\$ 2.877.069,20 |
| <b>TIR (%)</b>                          | 32,95%           |
| <b>IL (%)</b>                           | 1,88             |
| <b><i>Payback</i> Simples (Anos)</b>    | 2,3              |
| <b><i>Payback</i> Descontado (Anos)</b> | 2,42             |

A seguir a figura 11 mostra a evolução do fluxo descontado do projeto.

**Figura 11** - Evolução do Fluxo Descontado ao longo do tempo (Fonte: Próprio autor).

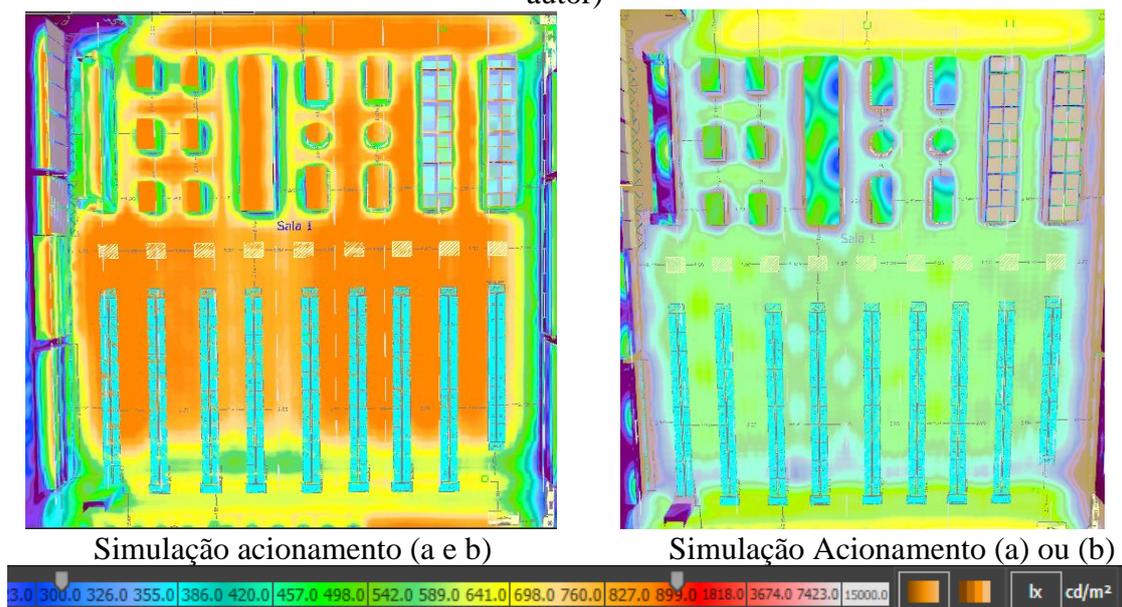


### Resultados e Discussões Iluminação

A princípio, o objetivo do projeto foi dimensionar adequadamente todo o sistema de iluminação do supermercado primando pela eficiência energética. Isso foi atingido pelo estudo comparativo das lâmpadas mais adequadas para esse fim, com a setorização e automação da iluminação.

Abaixo é na figura 11 está a simulação e a tabela 12 apresenta os resultados da simulação.

**Figura 11** – Simulação do estudo luminotécnico feito no software *DIALux* (Fonte: Próprio autor)



**Tabela 12** - Resultados da Simulação do setor gôndolas (Fonte: Próprio autor)

| Acionamentos | Nº de luminárias | Iluminância | Potência Total |
|--------------|------------------|-------------|----------------|
| (A) ou (B)   | 49               | 510         | 2.000 (W)      |
| (A e B)      | 98               | 830         | 4.000 (W)      |

*Viabilidade Econômica do sistema Luminotécnico*

Na tabela 13 é apresentada o consumo de eletricidade em duas situações, primeira situação todas as luminárias acionadas durante todo o período de funcionamento do comércio, segunda situação no período em que a iluminação natural é maior compreendendo os horários das 09:00 às 17:00 utiliza-se 50% da iluminação projetada, e após reduzir a iluminação natural aciona todas as luminárias do comércio.

**Tabela 13** – Comparativo do consumo de energia do sistema luminotécnico (Fonte: Próprio autor)

| Situações  | Nº de luminárias Das 09:00 às 17:00 | Nº de luminárias Das 17:00 às 21:00 | Consumo anual (kWh) | Custo anual (R\$) |
|------------|-------------------------------------|-------------------------------------|---------------------|-------------------|
| Situação 1 | 98                                  | 98                                  | 17280               | 15.641,85         |
| Situação 2 | 49                                  | 98                                  | 10584               | 9.580,63          |

Analisando a eficiência energética proposta de fácil implementação, baixo investimento, rápido retorno e principalmente alta flexibilidade para adaptar a iluminação dependo das características da iluminação natural e da movimentação no supermercado. Considerando o custo do kWh de R\$0,9052 incluindo os impostos foi gerado uma economia anual de R\$6.061,22 representando uma redução do 39% do custo com iluminação utilizando a configuração da situação 2.

## CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como objetivo enfatizar o benefício do uso da EE a curto prazo demonstrando dois estudos de casos distintos, um no comércio e outro na indústria.

Foi analisado um projeto luminotécnico voltado para uma alta eficiência energética usando luminárias eficientes e com dimerização integradas reduzindo custos onde não há uma necessidade de tal iluminação ou em horários específicos de baixa movimentação levando em conta o objetivo do estabelecimento de atrair clientes, criar um ambiente favorável para compra e estadia no local isso foi demonstrado na metodologia. Nos resultados obtidos foi simulado o supermercado com diferentes situações de iluminação e calculados os custos envolvidos gerando uma economia anual de USD\$1.086,24.

Também foi feito um estudo de caso voltado para indústria destinado a força motriz (incluindo sistemas de compressores), na metodologia foi descrito o estudo preliminar do consumo da instalação que era utilizada e realizado um cálculo de consumo de uma instalação usando compressores mais eficientes do tipo centrífugo substituindo os do tipo parafuso, levando em conta a necessidade de ser executado uma nova instalação elétrica para acomodar os novos compressores. Nos resultados obtidos foram calculados os consumos de energia elétrica considerando o horário de ponta e fora de ponta considerando as duas instalações, foi estimado o investimento necessário para a nova instalação, após isso foram calculados o fluxo de caixa do projeto resultando em um *payback* do investimento de dois anos e cinco meses, além de TIR, VPL, resultando em uma economia de 37% do gasto de energia com compressores com uma economia anual de USD\$ 267.327,47.



A EE numa visão mais atual promove a geração de energia, isso ficou provado com a economia no consumo de energia em ambos os casos (iluminação e compressores), liberando a demanda e com essa economia seria possível alimentar 300 residências de pequeno porte.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8995: Iluminação de ambientes de trabalho Parte 1: Interior. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5382: Verificação de iluminância de interiores. Rio de Janeiro, 1985.

BARROS, B.F.D.; BORELLI, R.; GEDRA, R.L. **Eficiência Energética - Técnicas de Aproveitamento, Gestão de Recursos e Fundamentos**. São Paulo: Editora Saraiva, 2015. 9788536518404. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788536518404/>. Acesso em: 17 Maio 2021

DM LIGHTS. **How to interpret a light distribution curve?** 26 de Junho de 2015. Disponível em: <https://www.dmlights.com/blog/interpret-light-distribution-curve/>. Acesso em: 12 de Dezembro de 2021

EPE. **Balanco Energético Nacional 2020**. [s. l.], 2019. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2020>. Acesso em: 10 Abril 2021.

FILHO, JOÃO M. **Instalações Elétricas Industriais**, 9ª edição. Rio de Janeiro: Grupo GEN, 2017. 9788521633730. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788521633730/>. Acesso em: 8 Maio 2021

FILHO, G.E.F. F. **Bombas, Ventiladores e Compressores - Fundamentos**. Editora Saraiva, 2015. 9788536519630. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788536519630/>. Acesso em: 20 agosto 2021.

FERRAZ, FABIO; GOMES, MARCIO. O histórico da refrigeração fluidos refrigerantes ozônio/processo de formação/destruição sistemas de refrigeração componentes de um sistema de refrigeração. Santo Amaro, 2008.

INGERSOLL RAND. **The TURBO-AIR NX 5000 Centrifugal Compressor Handbook**. New York, 2020.

GRADO ILUMINAÇÃO. **Conceitos Básicos de Iluminação**. [s. l.], [2021]. Disponível em: <https://www.gradoiluminacao.com.br/artigos/conceitos-basicos-de-iluminacao/>. Acesso em 25 Setembro 2021.

IEA. **World Energy Outlook**. [s. l.], Nov. 2018. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2018/>. Acesso em: 10 Abril 2021.

INEE. **O que é eficiência energética?** [2021]. [s. l.]. Disponível em: [http://www.inee.org.br/eficiencia\\_o\\_que\\_eh.asp?Cat=eficiencia](http://www.inee.org.br/eficiencia_o_que_eh.asp?Cat=eficiencia). Acesso em: 12 Abril 2021



**MCTIC. Fatores de emissão de CO<sub>2</sub> pela geração de energia elétrica no Sistema Interligado Nacional do Brasil - Ano Base 2020 - com correções de setembro a dezembro.** 2021. Disponível em [https://antigo.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/clima/textogeral/emissao\\_despacho.html](https://antigo.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/clima/textogeral/emissao_despacho.html) Acesso em: 20 setembro 2021.

**MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). Plano Nacional de Eficiência Energética 2030.** Brasília, 2007.

**MOREIRA, José Roberto Simões. Energias Renováveis, Geração Distribuída e Eficiência Energética.** Grupo GEN, 2017. 9788521633785. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788521633785/>. Acesso em: 12 dez. 2021.

**ONU. Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 7: Energia limpa e acessível.** 1. [S. l.], 2015. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/7>. Acesso em: 10 Abril 2021.

**OSRAM. Lighting Tools for the retail sector,** [S. l.], [2021]. Disponível em: [https://web.archive.org/web/20160803232648/https://www.osram.com/media/resource/HIRE\\_S/336893/4341243/lighting-tools-for-the-retail-industry.pdf](https://web.archive.org/web/20160803232648/https://www.osram.com/media/resource/HIRE_S/336893/4341243/lighting-tools-for-the-retail-industry.pdf) Acesso em: 21 Junho 2021

**PHILIPS. Maxos LED Industry – innovative, flexible solution delivers ideal light output.** [S. l.], Agosto 2021. Disponível em: [https://www.lighting.philips.com/api/assets/v1/file/PhilipsLighting/content/comf1032-pss-global/LP\\_CF\\_4MX850\\_EU.en\\_AA.PROF.CF.pdf](https://www.lighting.philips.com/api/assets/v1/file/PhilipsLighting/content/comf1032-pss-global/LP_CF_4MX850_EU.en_AA.PROF.CF.pdf). Acesso em 17 setembro 2021.

**PHILIPS. Supermarkets: See what light can do for your customers.** [S. l.], Dezembro, 2012. Disponível em: [https://www.lighting.philips.nl/b-dam/b2b-li/en\\_AA/systems/Meat\\_Discoloration/supermarket-brochure-2012-int.pdf](https://www.lighting.philips.nl/b-dam/b2b-li/en_AA/systems/Meat_Discoloration/supermarket-brochure-2012-int.pdf). Acesso em: 22 maio 2021.

**SANTOS, A.H.M. et al. Conservação de energia: eficiência energética de equipamentos e instalações.** Itajubá: FUPAI, 3ª edição, 2006.

**USP. Programa de Eficiência Energética.** São Carlos, 2018. 74 slides.

**VIANA, Carol Correia. Estudo da Eficiência Energética em Indústria Avícola.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial) - Universidade Federal da Bahia, [S. l.], 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/ri/handle/ri/31548>. Acesso em: 15 maio 2021.