Research, Society and Development, v. 9, n. 2, e41922042, 2020
(CC BY 4.0) | ISSN 2525-3409 | DOI: http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i2.2042

Eficiência energética: estudo de caso em agroindústria do Rio Grande do Sul

Energy efficiency: case study in Rio Grande do Sul agribusiness

Eficiencia energética: estudio de caso en agronegocios de Rio Grande do Sul

Recebido: 07/11/2019 | Revisado: 07/11/2019 | Aceito: 08/11/2019 | Publicado: 08/11/2019

Paloma Veridiane Dapper
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-5931-8839
Universidade de Passo Fundo, Brasil
E-mail: paloma_dapper@hotmail.com
Bruno Pereira Tomé
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-3762-9158
Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil
E-mail: bruno.tome@yahoo.com.br
Jocias Maier Zanatta
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-9366-6500
Universidade Federal de Santa Maria, Brasil
E-mail: josk85@hotmail.com

Resumo

A temática da eficiência energética é atual, relevante e está presente nas discussões do sistema energético mundial, tendo impacto em diversos segmentos empresariais. A presente pesquisa tem o objetivo realizar um estudo de eficiência energética na planta de uma agroindústria localizada na região Sul do estado do Rio Grande do Sul. Quanto ao desenvolvimento metodológico, o presente estudo tem a sua abordagem com característica quantitativa, pois os dados numéricos são preponderantes; como procedimentos, descritiva e estudo de caso, por descrever as características de um empreendimento cerealista e, por se tratar de uma análise de um empreendimento com características singulares, não permitindo que os resultados alcançados sejam generalizados; e para coleta e análise de dados, pesquisa documental, levantamento de campo e planilha eletrônica. Apresentou-se também, análise documental das contas de energia, análise dos motores elétricos, análise luminotécnica e análise de perda nos transformadores. Com o estudo de eficiência energética concluído foi possível identificar nos equipamentos elétricos e nas contas de energia elétrica a possibilidade de redução no consumo de energia anual de 8,97%.

Palavras-chave: Eficiência energética; Viabilidade Financeira; Agroindústria.

Abstract

The issue of energy efficiency is current, relevant and present in the discussions of the world energy system, impacting several business segments. This research aims to carry out an energy efficiency study at the plant of an agribusiness located in the southern region of the state of Rio Grande do Sul. As for the methodological development, the present study has its approach with quantitative characteristic, because the numerical data are preponderant; as procedures, descriptive and case study, for describing the characteristics of a cereal enterprise and, because it is an analysis of a venture with unique characteristics, not allowing the results achieved to be generalized; and for data collection and analysis, documentary research, field survey and spreadsheet. Also presented were documentary analysis of energy bills, analysis of electric motors, luminotechnical analysis and loss analysis in transformers. With the energy efficiency study completed it was possible to identify in the electrical equipment and in the electric bills the possibility of reduction in the annual energy consumption of 8.97%.

Keywords: Energy efficiency; Financial Viability; Agroindustry.

Resumen

El tema de la eficiencia energética es actual, relevante y está presente en las discusiones del sistema energético mundial, impactando en varios segmentos de negocios. Esta investigación tiene como objetivo llevar a cabo un estudio de eficiencia energética en la planta de un negocio agrícola ubicado en la región sur del estado de Rio Grande do Sul. En cuanto al desarrollo metodológico, el presente estudio tiene su enfoque con características cuantitativas, porque los datos numéricos son preponderantes; como procedimientos, descriptivos y de estudio de caso, para describir las características de una empresa de cereales y, porque es un análisis de una empresa con características únicas, que no permite que se generalicen los resultados obtenidos; y para la recopilación y análisis de datos, investigación documental, encuestas de campo y hojas de cálculo. También se presentaron análisis documentales de facturas de energía, análisis de motores eléctricos, análisis luminotécnico y análisis de pérdidas en transformadores. Con el estudio de eficiencia energética completado, fue posible identificar en los equipos eléctricos y en las facturas eléctricas la posibilidad de una reducción en el consumo anual de energía del 8,97%.

Palabras clave: Eficiencia energética; Viabilidad financeira; Agronegocios.

1. Introdução

A demanda de energia global é crescente, no ano de 2017 aumentou 1,9%, maior aumento desde 2010, o que torna relevante as discussões de oportunidades de eficiência energética (Iea, 2018). O crescimento do consumo de energia é um problema global, uma vez, que os padrões de produção têm predominância de fontes fósseis não renováveis (Lucon & Goldemberg, 2007).

O Balanço Energético Nacional publicado em 2018 mostra a variação do consumo de energia elétrica por setores do ano de 2017 em relação ao ano anterior. O setor agropecuário apresentou um crescimento de 1,7%, setor industrial 1,1%, setor comercial cresceu 1,5%, setor residencial 0,8% e os setores energético e público reduziram o consumo em 0,4% e 0,1% respectivamente.

Este aumento tem um impacto direto no consumo de energia elétrica no Brasil, visto que os setores que mais aumentaram o consumo são os setores que representam os maiores consumidores do país. De acordo com o Balanço Energético Nacional de 2018, os setores com maior consumo de energia elétrica são o setor industrial, residencial e comercial, que representam 37,7%, 25,5% e 17,1% do consumo geral, respectivamente, seguido pelos demais setores com pequenas participações.

A correlação entre o uso da energia e o resultado final obtido é a base para a análise da eficiência energética (Barros; Borelli & Gedra, 2015), e no Brasil a Lei Nº 10.295 de 17 de outubro de 2001 dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia e é o marco legal da eficiência energética.

Com o aumento do consumo de energia, a eficiência energética se torna fundamental em todos os setores. Para se tornar energeticamente eficiente, é necessário aproximar a oferta de energia ao consumo final, sendo necessário aumentar a oferta, assim como, também reduzir as perdas no sistema elétrico de potência, a fim de garantir a disponibilidade de energia por um preço viável para todos os setores (Sola, 2006).

O presente estudo tem o objetivo de realizar um estudo de eficiência energética na planta de uma agroindústria localizada na região Sul do Estado do Rio Grande do Sul. Para realizar a pesquisa definiu-se objetivos específicos, que são: levantar as características técnicas dos equipamentos elétricos, realizar análise tarifária e demanda contratada, analisar motores elétricos, luminotécnica e transformadores, e avaliar a viabilidade financeira do projeto.

Para atingir o objetivo do estudo, o trabalho apresenta a seguinte estrutura: Uma breve introdução, os objetivos propostos, o referencial teórico, que abordou os seguintes temas: eficiência energética, agronegócio, o setor elétrico brasileiro e como a eficiência se encaixa na análise de transformadores, motores, iluminação e nas contar de energia. Em seguida apresenta-se a análise e discussão dos resultados, com os seguintes tópicos: análise documental das contas de energia, análise dos motores elétricos, análise luminotécnica e análise de perda nos transformadores, e por fim, apresenta-se as considerações finais.

2. Revisão bibliográfica

Neste capitulo é realizado um resgate teórico sobre os seguintes tópicos: eficiência energética, agronegócio e as cerealistas, condições de fornecimento de energia elétrica, e componentes de um sistema elétrico industrial.

2.1 Eficiência energética

Para gerenciar o consumo de energia elétrica é essencial identificar sua aplicação final, visto que a energia alimenta processos, transformando-se até obter um resultado final, que pode ser tanto material, como abstrato. Deste modo, a forma de utilização da energia e seu resultado final compõe a base para a análise da eficiência energética (Barros; Borelli & Gedra, 2015). O Plano Energético do Rio Grande do Sul (2016-2025) define a eficiência energética como o desempenho de conversão de um sistema energético, e acrescenta, que a busca de um sistema energético mais eficaz desencadeou o surgimento da área de análise de implementação da conservação de energia, que analisa e aplica Medidas de Eficiência Energética (MEE) levando em consideração o potencial técnico, potencial econômico e o potencial de mercado.

No Brasil, a Lei Nº 10.295 de 17 de outubro de 2001 dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, fornecendo ainda, outras providências, é mais conhecida como a Lei da Eficiência Energética (Brasil, 2001). Esta lei é um marco legal da política de eficiência energética do Brasil e, é o instrumento que determina a existência de níveis mínimos de eficiência energética ou máximos de consumo específico de energia para máquinas e aparelhos consumidores de energia, fabricados ou comercializados no país, bem como de edificações construídas (Procel, 2014).

Como consequência do marco legal da eficiência energética no País, foi instituído pelo Decreto Nº 4.508 de 11 de dezembro de 2002 a regulamentação específica que define os níveis mínimos de eficiência energética de motores elétricos trifásicos de indução rotor gaiola de esquilo, de fabricação nacional ou importados, para comercialização ou uso no Brasil, através da classificação de motor padrão e motor de alto rendimento, posteriormente, a Portaria Interministerial Nº 533 de 8 de dezembro de 2005, estabeleceu os níveis mínimos de eficiência energética para todos os motores elétricos fabricados ou importados, sem a classificação de padrão ou alto rendimento (Brasil, 2002; Brasil, 2005; Barros; Borelli & Gedra, 2015).

O Quadro 1 apresenta o histórico, por equipamento, de regulamentações específicas e programas de metas.

Quadro 1- Histórico de regulamentações específicas e programa de metas por equipamento

Equipamento	Regulamentação Específica	Programa de Metas
Motores elétricos trifásicos	Decreto nº 4.508	Portaria Interministerial nº 553
Lâmpadas fluorescentes compactas	Portaria Interministerial nº 132	Portaria Interministerial nº 1.008
Refrigeradores e freezers	Portaria Interministerial nº 362	Portaria Interministerial nº 326
Fogões e fornos a gás	Portaria Interministerial nº 363	Portaria Interministerial nº 325
Condicionadores de ar	Portaria Interministerial nº 364	Portaria Interministerial nº 323
Aquecedores de água a gás	Portaria Interministerial nº 298	Portaria Interministerial nº 324
Reatores eletromagnéticos para lâmpadas a vapor de sódio e a vapor metálico	Portaria Interministerial nº 959	-
Lâmpadas incandescentes	Portaria Interministerial nº 1.007	-
Transformadores de distribuição em líquido isolante	Portaria Interministerial nº 104	-

Fonte: Adaptado de Procel, 2014.

O Quadro 1 é fundamental para compreender a regulamentação específica para cada equipamento e serve de parâmetro inicial para a análise de eficiência energética realizada na presente pesquisa.

2.2. Agronegócio e as cerealistas

O termo agronegócio é a tradução literal da palavra "*agribusiness*" e remete a atividades relacionadas a agropecuária (Bacha, 2004). No Brasil, o agronegócio está em constante evolução, com grandes áreas de cultivo, clima propício e evolução tecnológica, sendo uma das principais fontes de recursos da economia brasileira (Silva; Cesario & Cavalcanti, 2007). A importância do agronegócio para o Brasil, por ser responsável pela geração de emprego e renda, estabilidade econômica e equilíbrio da balança comercial. (Gasques, 2004)

O agronegócio é um empreendimento de risco elevado devido a variáveis macroeconômicas e a sazonalidade da produção. Os preços dos produtos oriundos do agronegócio têm impacto direto de provindo de questões econômicas, políticas e climáticas (Marques, 2006). No entanto, a busca por novas tecnologias, a mecanização do campo, a adoção de técnicas de agricultura de precisão e, fertilizantes e defensivos agrícolas específicos, impulsionam o crescimento da produtividade das propriedades rurais (Soares & Jacometti, 2015).

2.3 Condições de fornecimento de energia elétrica

A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) regulamenta e fiscaliza todos os serviços públicos de energia elétrica no Brasil. As regras de contratação de energia são regidas pela Resolução número 414 publicada em 2010 que é amparada pelos Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional (PRODIST) que padroniza as atividades técnicas relacionadas ao funcionamento e desempenho das distribuidoras de energia elétrica.

A Resolução 414 divide os consumidores em dois grupos:

Grupo A: Consumidores atendidos nas classes de tensão superiores ou iguais a 2,3kV;

Grupo B: Consumidores atendidos nas classes de tensão inferiores a 2,4kV.

No Grupo A, ainda é possível optar entre duas modalidades de tarifa, sendo elas a tarifa horosazonal azul e tarifa horosazonal Verde. Estas tarifas possuem valores diferentes ao longo do dia. Na tarifa horosazonal verde, a demanda contratada é única. Já, na tarifa horosazonal azul, o consumidor pode ter valores de demanda diferenciados nos horários de ponta e fora de ponta. No Grupo B, a modalidade de tarifa é chamada de Convencional. Para fazer a opção entre estas tarifas, é necessário analisar o perfil de consumo da unidade para optar pela melhor modalidade tarifária, e ainda, realizar o cálculo da demanda ideal a ser contratada (Barros; Borelli & Gedra, 2015).

Ainda, com relação as condições regidas pelo PRODIST, há o regramento quanto ao fator de potência da unidade consumidora, que deve operar entre os valores de 0,92 indutivo e 0,92 capacitivo, caso o fator de potência seja inferior a este valor, será cobrada uma multa devido a circulação de energia reativa excedente. Para correção do fator de potência, podem ser utilizados três métodos: alterar a condição operacional ou substituir equipamentos, instalação de filtros ativos, e ainda, instalação de bancos de capacitores, sendo o último o mais utilizado (Hoerlle, 2010).

2.4 Componentes de um sistema elétrico industrial

Para avaliar a eficiência energética no setor industrial, é necessário entender a utilização de energia neste setor, sendo que a principal utilização é na força motriz que corresponde a 68,3% do consumo total de uma indústria, seguido por eletrotermia 22,8%, iluminação 5,8% e eletrólise 3,1% (Barros; Borelli & Gedra, 2015).

2.4.1 Motores elétricos

Os motores elétricos mais utilizados na indústria são os trifásicos e os monofásicos de indução, sendo que as perdas e o rendimento deles influenciam diretamente na sua eficiência energética. As perdas nestes tipos de motores estão bem definidas como perdas nos enrolamentos ou perdas elétricas, perdas no ferro ou perdas magnéticas, perdas mecânicas e, ainda, outras perdas suplementares. As perdas magnéticas e as perdas mecânicas são fixas e não variam conforme o carregamento do motor e são conhecidas como perdas rotacionais ou

perdas em vazio, já as perdas elétricas aumentam com o quadrado da corrente de carregamento. O rendimento do motor é definido pela relação entre a sua potência mecânica de operação e a potência elétrica de consumo, conforme Equação 1 (Copel, 2005).

$$\eta = \frac{Pout}{Pin} \qquad \textit{Equação 1}$$

Onde:

Pout = Potência mecânica de saída (W)

Pin = Potência elétrica de entrada (W)

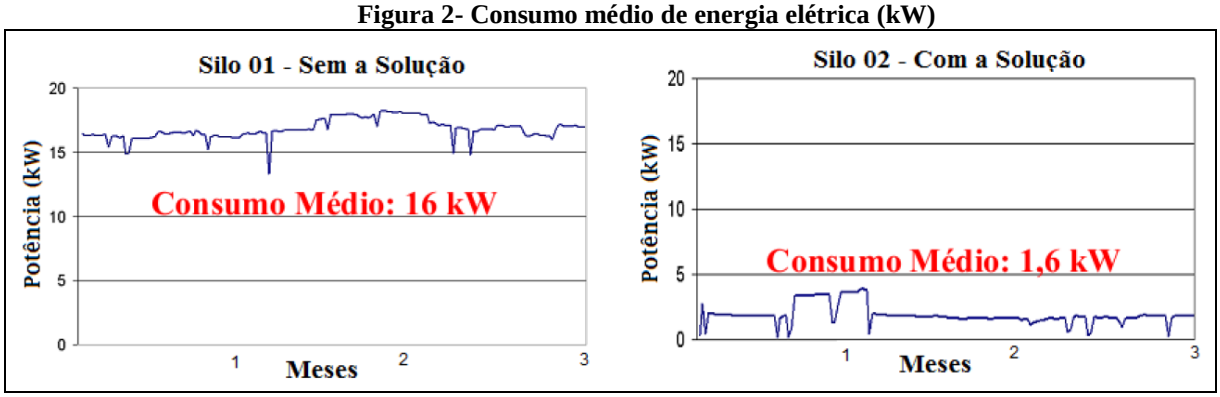
No Brasil, o setor industrial demanda cerca de 40% da energia elétrica, sendo que desta parte, 70% da energia utilizada é consumida por motores elétricos. A portaria nº 553 foi publicada em 2009 e estabelece níveis mínimos de rendimento para máquinas e equipamentos elétricos. A partir desta portaria a NBR 17094, Parte 1, foi revisada e passou a adotar valores mínimos para as classes de motores de Índice de Rendimento 2 (IR2) e Índice de Rendimento 3 (IR3), tornando o Brasil como um pioneiro a exigir níveis mínimos de rendimento para os motores trifásicos (Weg, 2019). As normas trouxeram um impacto positivo para a eficiência energética, porém, não são aplicadas para motores já existentes em uma planta industrial, e por este motivo a empresa WEG®, fabricante de equipamentos elétricos, lançou um plano de troca que incentiva a substituição de motores antigos, sendo de qualquer fabricante, por novos motores de alta eficiência. A empresa garante desconto na compra de motores elétricos através do plano de troca e promete reduzir o consumo de energia elétrica.

2.4.1.1 Eficiência energética em motores elétricos de agroindústria

Em unidades armazenadoras de grãos, o dimensionamento correto dos motores elétricos e uso de técnicas de aeração e termometria de grãos, resultam em uma maior vida útil, melhor desempenho e trazem ganhos de eficiência energética em todo o processo (Ceron, 2014). A partir dos sensores instalados simetricamente dentro dos silos de armazenagens, é possível conferir a temperatura do cereal com o objetivo de verificar a necessidade do acionamento dos motores elétricos do sistema de aeração, responsável por reduzir a e uniformizar a temperatura dos grãos armazenados (Anton, 2016).

Com a automação dos motores elétricos do sistema de termometria e aeração, é possível reduzir o consumo de energia elétrica. A Figura 1 demonstra um comparativo do consumo médio de energia elétrica em dois silos aplicando inversores de frequência para o acionamento dos motores de imã permanentes.

Figura 2- Consumo médio de energia elétrica (kW)



Fonte: Ceron (2014).

Na comparação demonstrada na Figura 1, a redução do consumo de energia elétrica se dá através da alteração do sistema de acionamento dos exaustores. A comparação foi feita considerando que os silos tinham o mesmo produto, com a mesma umidade inicial e mantiveram o produto com a umidade igual durante o mesmo período (Ceron, 2014).

2.4.2 Transformadores

A função do transformador é transferir energia elétrica de um circuito para o outro, adequando os níveis de tensão e por consequência os níveis de corrente. Nesta transferência de energia ocorrem dois tipos de perdas: as perdas no cobre ou perdas elétricas, que ocorrem quando o transformador está em carga e as perdas no ferro ou magnéticas, que são as perdas constantes, ocorrendo de forma permanente e independente da carga do transformador (Coprel, 2005). O Quadro 2 apresenta as perdas conforme a potência nominal do transformador:

Quadro 3 - Perdas elétricas nos transformadores

Potência transformador (kVA)	Perdas no ferro (W)	Perdas no cobre (W)	Perdas totais (W)
15	120	340	460
30	200	570	770
45	260	780	1040
75	390	1140	1530
112,5	520	1550	2070
150	640	1910	2550
225	900	2700	3600
300	1120	3360	4480
500	1350	5350	6700
750	1500	12000	13500
1000	1900	14600	16500
1500	2500	22500	25000
2000	3900	21200	25100
3000	4900	26800	31700

Fonte: Adaptado de COPREL (2005).

A eficiência de um transformador está ligada à extensão das suas perdas de energia, tanto quando está em carga, quanto está a vazio e, para aumentar a eficiência é necessário reduzir suas perdas ou operar o mesmo mais próximo de sua potência nominal (Picanço, 2006). Para reduzir as perdas em transformadores já existentes em uma planta, podem ser adotadas as seguintes medidas: reduzir a demanda, corrigir o fato de potência, redistribuir as cargas entre os transformadores e desliga-los nos momentos em que não são utilizados (Hoerlle, 2010).

2.4.3 Iluminação

A iluminação tem papel importante na comodidade das pessoas e pode influenciar diretamente na produtividade das indústrias. A iluminação deve ser dimensionada apropriadamente para cada ambiente e tipo de atividade desenvolvida, assim produzindo um conforto luminotécnico e, um consumo racional e econômico (Barros; Borelli; Gedra, 2015).

Hoje no mercado se encontram diversos tipos de lâmpadas, no setor industrial as mais utilizadas são: lâmpadas incandescentes, fluorescentes, vapor de sódio, vapor metálico e as de LED. (Sobreira, 2017). No Quadro 3 são apresentados os principais tipos de lâmpadas elétricas, com um resumo das principais características das mesmas.

Quadro 4 - Principais características das lâmpadas elétricas.

Tipo	Características Gerais
Incandescente Comum	Excelente reprodução de cores, baixa eficiência luminosa, vida mediana de 1.000 horas, não exige equipamentos auxiliares.
Halógena de Tungstênio	Excelente reprodução de cores, baixa eficiência luminosa, vida mediana de 2.000 horas.
Fluorescente	Excelente a moderada reprodução de cores, boa eficiência luminosa, vida mediana de 7.500 a 20.000 horas, exige equipamento auxiliar (reator).
Vapor metálico	Boa reprodução de cores, vida mediana de 3.000 a 20.000 horas, boa eficiência luminosa, exige o uso de equipamento auxiliar (reator).
Vapor de sódio alta pressão	Baixa reprodução de cores, alta eficiência luminosa, vida mediana de 12.000 a 55.000 horas, exige o uso de equipamentos auxiliares (reator e ignitor).
LED	Boa reprodução de cores, vida mediana de 25.000 a 60.000 horas, boa eficiência luminosa, alto custo de investimento. Não exige equipamentos auxiliares.

Fonte: Adaptado de Sobreira (2017).

Ao coletar as informações técnicas dos catálogos de alguns fabricantes com os valores mínimos e máximos encontrados, é possível comparar os diversos tipos de lâmpadas elétricas conforme seus principais índices luminotécnicos como mostra o Quadro 4.

Quadro 5 - Comparativo entre lâmpadas elétricas

Tipo de Lâmpada	Eficiência (lm/W)	Rendimento (%)	Vida média (h)
Incandescente Comum	10 a 15	1,5 a 2,3	750 a 1000
Halógena de Tungstênio	15 a 25	2,2 a 3,8	1500 a 2000
Fluorescente	50 a 85	7,3 a 12,5	6000 a 24000
Vapor metálico	65 a 90	9,5 a 13,3	8000 a 12000
Vapor de sódio alta pressão	80 a 140	11,7 a 20,6	18000 a 32000
LED	70 a 208	10,2 a 30,45	25000 a 100000

Fonte: Adaptado de Sales (2011).

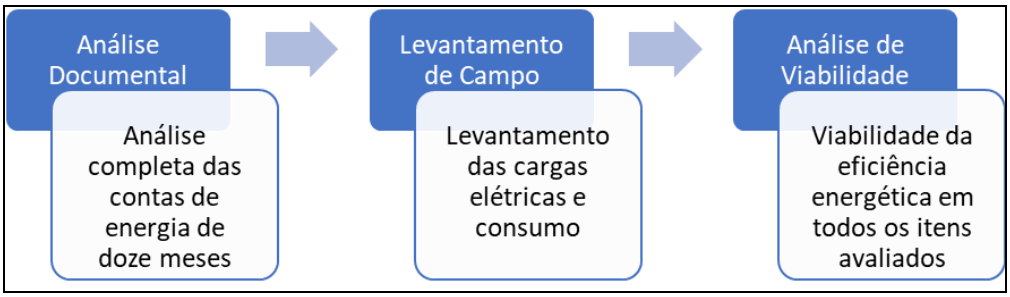
A eficiência energética em sistemas de iluminação pode ser obtida através da redução da potência instalada, ou seja, utilizar componentes energeticamente eficientes como lâmpadas com alta eficiência luminosa, luminárias reflexivas, reatores e sistemas de distribuição e controle. Também é possível alcançar a eficiência reduzindo o tempo de utilização da iluminação, através da instalação de sensores de presença em áreas com ocupação intermitente e de relés fotoelétricos onde é possível aproveitar a iluminação natural (Carlinhos, 2011).

3. Procedimentos metodológicos

Quanto ao desenvolvimento metodológico, o presente estudo tem a sua abordagem com característica quantitativa, pois os dados numéricos são preponderantes; como procedimentos, descritiva e estudo de caso, por descrever as características de um empreendimento cerealista e, por se tratar de uma análise de um empreendimento com características singulares, não permitindo que os resultados alcançados sejam generalizados; e para coleta e análise de dados, pesquisa documental, levantamento de campo e planilha eletrônica.

A cerealista em questão trabalha com a armazenagem de soja e arroz, como também realiza o processo de parboilização do arroz. Devido a este processo, engloba uma grande quantidade de motores elétricos e rotina de trabalho de 24 horas nos períodos de safra. A coleta de dados se utilizou da pesquisa documental, onde se buscou as contas de energia elétrica do período de abril de 2017 a março de 2018, a tabela de descrição dos motores da fabricante WEG® e a folha de dados das lâmpadas da fabricante PHILIPS®. O levantamento de campo foi realizado na planta da cerealista durante o mês de maio de 2018, para levantar os seguintes dados: marca, modelo e quantidade de lâmpadas, dados elétricos de placa dos motores elétricos, dados elétricos dos transformadores e verificado o funcionamento diário da planta cerealista. Com todas as informações tabuladas foi realizada a análise de viabilidade do projeto de eficiência energética. Todas estas etapas da pesquisa foram resumidas na Figura 2.

Figura 1 - Etapas da pesquisa



Fonte: Dados da pesquisa (2019).

A figura 2 sintetiza as etapas percorridas pelos pesquisadores para a realização do estudo, que contemplou a análise documental, levantamento de campo e análise de viabilidade.

4. Resultados e discussões

Nesta capitulo é apresentado a análise e discussão dos resultados, que contempla: análise documental das contas de energia, análise dos motores elétricos, análise luminotécnica, análise de perdas nos transformadores, e análise total de eficiência energética.

4.1 Análise documental das contas de energia

Foi realizado o levantamento documental de 12 contas de energia, fechando o ciclo de um ano. A partir dos dados contidos nas contas de energia, foram feitas três análises: análise da modalidade tarifária, análise da demanda contratada e análise técnica da conta pelo pagamento de energia reativa excedente. Para a análise, foi considerado os valores da tarifa vigente cobrada pela concessionária, conforme apresentado no Quadro 5.

Quadro 6 - Valor da tarifa

Modalidade Tarifária Horária Azul	Demanda Ponta	41,94 R$/kW
	Demanda Fora Ponta	20,21 R$/kW
	Energia Ponta	0,4662 R$/kW
	Energia Fora Ponta	0,32048 R$/kW
Modalidade Tarifária Horária Verde	Demanda	20,21 R$/kW
	Energia Ponta	1,48361 R$/kW

	Energia Fora Ponta	0,32048 R$/kW

Fonte: Dados da pesquisa (2019).

É importante observar no Quadro 5 a grande variação do valor da tarifa na modalidade tarifária horária azul e modalidade tarifária horária verde.

4.1.1 Análise da modalidade tarifária

Na análise da modalidade tarifária foi desconsiderada a modalidade Convencional, em função de que se enquadra somente para consumidores com demanda inferior a 300 kW, que não é o caso da unidade consumidora em questão.

Foram tabulados os dados de consumo da demanda das 12 contas de energia levantadas na análise documental, apresentados no Quadro 6.

Quadro 7 - Dados de consumo

MÊS	DEMANDA CONTRATADA FORA PONTA (kW)	DEMANDA CONTRATADA PONTA (kW)	CONSUMO MENSAL NO HORÁRIO DE PONTA (kWh):	CONSUMO MENSAL NO HORÁRIO FORA DE PONTA (kWh):	DEMANDA NO HORÁRIO DE PONTA (kW)	DEMANDA NO HORÁRIO FORA DE PONTA (kW)
JANEIRO	1150	301	19009	263314	679	802
FEVEREIRO	1150	301	2944	204675	568	753
MARÇO	1150	301	3315	196512	181	840
ABRIL	1150	301	13761	415486	472	1140
MAIO	1150	301	13583	464006	928	1332
JUNHO	1150	301	3845	365551	247	1227
JULHO	1150	301	1647	303272	94	1155
AGOSTO	1150	301	1617	266977	72	1071
SETEMBRO	1150	301	1566	228980	68	1018
OUTUBRO	1150	301	1407	227958	58	949
NOVEMBRO	1150	301	1765	198840	123	851
DEZEMBRO	1150	301	1799	228379	120	796

Fonte: Dados da pesquisa (2019).

A partir destes valores, foram simulados os gastos anuais considerando a tarifa verde e tarifa azul sendo estes valores apresentados no Quadro 7. Conclui-se que o valor anual para a tarifa verde, que é a modalidade tarifária atual do cliente, é a mais econômica ao se comparar com a modalidade tarifária azul.

Quadro 8 - Análise tarifária

TARIFA AZUL	
VALOR MENSAL NO HORÁRIO DE PONTA:	**R$ 30.889,48**
VALOR MENSAL NO HORÁRIO FORA PONTA:	**R$ 1.078.078,70**
VALOR DE DEMANDA NO HORÁRIO DE PONTA	**R$ 333.045,54**
VALOR DE DEMANDA NO HORÁRIO FORA PONTA	**R$ 611.359,38**
TOTAL	**R$ 2.053.373,10**
TARIFA VERDE	
VALOR ANUAL NO HORÁRIO DE PONTA:	**R$ 98.301,03**
VALOR ANUAL NO HORÁRIO FORA PONTA:	**R$ 1.078.078,70**
VALOR ANUAL DE DEMANDA	**R$ 294.601,17**
TOTAL	**R$ 1.470.980,90**

Fonte: Dados da pesquisa (2019).

O Quadro 7 é importante para descrever a análise tarifária, com o comparativo da tarifa azul e tarifa verde, em que ficou evidenciado ser mais vantajoso a modalidade tarifária verde.

4.1.2 Análise da demanda contratada

Avaliando a demanda solicitada pela carga nos últimos doze meses e simulando diversos valores para a demanda contratada, foi possível reduzir os custos com a demanda sugerida de acordo com os valores consumidos. O Quadro 8 faz este comparativo e apresenta o valor anual economizado com a alteração de demanda, sendo que o valor em reais desta

demanda é calculado através da multiplicação da demanda consumida pelo valor da tarifa vigente cobrada pela concessionária.

Quadro 9 - Análise da demanda contratada

ANÁLISE DE DEMANDA CONTRATADA					
MÊS	DEMANDA CONSUMIDA (kW)	DEMANDA CONTRATADA (kW)	DEMANDA ATUAL (R$)	DEMANDA SUGERIDA (kW)	DEMANDA SUGERIDA (R$)
Janeiro	802	1150	R$ 23.241,50	**1100**	R$ 22.231,00
Fevereiro	753		R$ 23.241,50		R$ 22.231,00
Março	840		R$ 23.241,50		R$ 22.231,00
Abril	1140		R$ 23.241,50		R$ 22.231,00
Maio	1332		R$ 34.276,16		R$ 36.297,16
Junho	1227		R$ 27.910,01		R$ 29.931,01
Julho	1155		R$ 23.241,50		R$ 22.231,00
Agosto	1071		R$ 23.241,50		R$ 22.231,00
Setembro	1018		R$ 23.241,50		R$ 22.231,00
Outubro	949		R$ 23.241,50		R$ 22.231,00
Novembro	851		R$ 23.241,50		R$ 22.231,00
Dezembro	796		R$ 23.241,50		R$ 22.231,00
Valor anual:		Total	R$ 294.601,17	Total	R$ 288.538,17
DIFERENÇA DE DEMANDA (R$)					R$ 6.063,00

Fonte: Dados da pesquisa (2019).

Neste cálculo de demanda, alguns meses é ultrapassada a demanda contratada pela variação do consumo durante o período. Isso foi considerado no estudo e a demanda ideal analisando todo o período seria de 1100kW, onde na soma total dos doze meses o gasto anual de energia seria menor, mesmo nos meses de maio e junho tendo ultrapassada a demanda.

4.1.3 Análise técnica das contas de energia

Foi identificado nas contas de energia, um valor corado pela energia reativa excedente, sendo que, este valor pode ser corrigido e eliminado através de um projeto específico de banco de capacitores. O Quadro 9 demonstra o custo anual gasto em energia reativa excedente.

Quadro 10 - Análise técnica da multa

ANÁLISE DA ENERGIA REATIVA EXCEDENTE					
Mês	Energia reativa excedente ponta (kVArh)	Valor Excedente ponta (R$)	Energia reativa excedente fora ponta (kVArh)	Valor Excedente fora ponta (R$)	Valor total mensal de multa (R$)
Janeiro	3	R$ 1,00	2193	R$ 733,83	R$ 734,83
Fevereiro	-	R$ -	2019	R$ 719,61	R$ 719,61
Março	-	R$ -	2225	R$ 781,35	R$ 781,35
Abril	584	R$ 147,86	5124	R$ 1.297,39	R$ 1.445,25
Maio	180	R$ 47,00	6757	R$ 1.765,17	R$ 1.812,17
Junho	33	R$ 9,17	4124	R$ 1.147,99	R$ 1.157,16
Julho	-	R$ -	1616	R$ 445,24	R$ 445,24
Agosto	-	R$ -	1955	R$ 540,59	R$ 540,59
Setembro	-	R$ -	3122	R$ 824,38	R$ 824,38
Outubro	-	R$ -	1053	R$ 277,87	R$ 277,87
Novembro	-	R$ -	2085	R$ 553,30	R$ 553,30
Dezembro	-	R$ -	1586	R$ 423,69	R$ 423,69
CUSTO ANUAL DE ENERGIA REATIVA EXCEDENTE (R$)					R$ 9.715,44

Fonte: Dados da pesquisa (2019).

Com os dados da pesquisa foi feita uma simulação de um valor aproximado de capacitores a serem inseridos no sistema para correção do fator de potência exigido por norma e consequentemente a eliminação do custo de energia reativa excedente. O Quadro 10 apresenta os cálculos do fator de potência e potência capacitiva.

Quadro 11 - Cálculos do fator de potência e potência capacitiva

CÁLCULOS DO FATOR DE POTÊNCIA E POTÊNCIA CAPACITIVA NECESSÁRIA

PARA CORRIGIR FATOR DE POTÊNCIA A PARTIR DE FATURAS DE ENERGIA					
Fator de Potência ajustado no RER:	0,92	Indutivo	Nota: Cálculo considerando dados Consumidor e Fatura de energia Concessionária.		
Fator de Potência Legislação:	0,92	Indutivo			
Fator de Potência Proposto:	0,95	Indutivo			
Fatura de Energia do Mês de:	**Maio 2017**		**Cálculo pelo Fator de Potência Proposto:**		
Potência do Transformador:	-	kVA	Potência do Transformador:	-	kVA
Demanda Fora de Ponta:	1331,1	kW	Demanda Fora de Ponta:	1331,1	kW
Demanda na Ponta:	927,7	kW	Demanda na Ponta:	927,74	kW
Consumo Fora de Ponta:	464006	kWh	Consumo Fora de Ponta:	464006	kWh
Consumo na Ponta:	13583	kWh	Consumo na Ponta:	13583	kWh
Ultrapass. Reativos Fora de Ponta:	6757	kVArh	Ultrapass. Reativos Fora de Ponta:	6757	kVArh
Ultrapass. Reativos na Ponta:	180	kVArh	Ultrapass. Reativos na Ponta:	180	kVArh
Fator de Potência a ser Corrigido:	0,9200	Indutivo	Fator de Potência a ser Corrigido:	0,9500	Indutivo
Fator de Potência F. Ponta:	0,9151	Indutivo	Fator de Potência F. Ponta:	0,9151	Indutivo
Fator de Potência na Ponta:	0,9156	Indutivo	Fator de Potência na Ponta:	0,9156	Indutivo
Potência Capacitiva Total F. Ponta:	19,38	kVAr	Potência Capacitiva Total F. Ponta:	148,92	kVAr
Potência Capacitiva Total Ponta:	12,29	kVAr	Potência Capacitiva Total Ponta:	102,58	kVAr
Potência Capacitiva Necessária:	19,38	kVAr	Potência Capacitiva Necessária:	148,92	kVAr

Fonte: Dados da pesquisa (2019).

No Quadro 10 foi utilizado os dados da conta de energia onde o valor da multa sobre a energia excedente foi maior, que foi o caso do mês de maio. Considerando o mínimo exigido pelas normas, para o fator de potência chegar a 0,92 será necessário instalar uma potência capacitiva de 19,38kVAr. Também foi calculado para se obter um valor com folga para não correr riscos de pagar multa considerando um fator de potência de 0,95, e para atender será necessário instalar 148,92kVAr de potência capacitiva.

4.2 Análise dos motores elétricos

Para definir os motores que representam potencial economia na substituição, é necessário conhecer as características de funcionamento no regime de operação e as

especificações técnicas de todos os equipamentos. Estes dados foram levantados e estudados. O consumo de energia em kWh de cada motor foi estimado multiplicando sua potência nominal em kW pelo percentual de carga e pelas horas de funcionamento anual. Desta forma, foi calculado o consumo do motor existente e, de mesma forma, também foi estimado o consumo do motor de alta eficiência sugerido e a partir desta comparação foi calculado o potencial de economia em kWh por ano e multiplicando os consumos pelo valor da tarifa da concessionária tem-se os valores em R$. No sistema de cálculo da WEG® é possível verificar o investimento da troca de cada motor que ao dividir pela economia total atingida pelo motor de alto rendimento encontra-se o *payback* individual dos motores. O Quadro 11 exemplifica o cálculo do *payback* de dois motores, o de menor e maior retorno em anos. O cálculo de todos os motores considerados no estudo encontra-se no Apêndice A.

Quadro 12 - Dados e análise dos motores elétricos

Identificação do motor	Potência (cv)	Qtd	Consumo atual (kWh/ano)	Consumo novo (kWh/ano)	Economia de energia (kWh/ano)	Economia de energia anual (R$)	Valor do investimento (R$)	*Payback* (anos)
Beneficiamento-SD1/SD2,1	15	2	150994,06	134142,86	16851,2	5392,38	8633,96	1,6
Soja-E55/EC1/EC2/AC1	2	4	53268,01	53167,63	100,38	32,12	5516,3	171,74

Fonte: Dados da pesquisa (2019).

No levantamento à campo, foram coletados todos os dados de placa dos motores e, por a planta da cerealista ser antiga, apesar de constantes ampliações e melhorias, alguns motores ainda são muito antigos, tendo o seu rendimento abaixo de 85%. O Quadro 11 apresenta o resultado do levantamento realizado e, apresentado no Quadro 12, exibindo a viabilidade financeira, além de demonstrar o investimento total com a troca de todos os motores da planta por motores de alto rendimento. Como alguns motores apresentaram um elevado *payback* foi proposto um cálculo considerando somente os motores com seu *payback* menor ou igual a 12 anos, viabilizando um investimento menor que o total e oportunizando um valor significativo de economia anual.

Quadro 13 - Viabilidade financeira – motores elétricos

Dados	Troca total dos motores	Troca parcial dos motores
Valor total do investimento	R$ 1.086.629,34	R$ 358.732,98

Economia (kWh/ano)	268857,18	131708,83
Valor anual economizado	R$ 86.034,27	R$ 42.146,81
Payback (anos)	12,63	8,51

Fonte: Dados da pesquisa (2019).

Alguns fabricantes de motores possuem programas de trocas que incentiva a substituição de motores antigos, danificados ou com baixos níveis de rendimento, onde o motor usado de qualquer marca entra como parte do pagamento de um motor WEG® novo de maior eficiência energética. O desconto concedido pode chegar a 12%, sendo que este é dado sobre o preço de venda do motor novo equivalente. Com isso é possível promover a utilização de motores com maiores rendimentos e criar consciência da conservação de energia, tornando a planta mais eficiente. Utilizando o plano de trocas é possível reduzir o valor do investimento inicial e consequentemente diminuir o *payback* total.

Uma outra proposta de redução no consumo de energia elétrica que envolve os motores elétricos é a eficiência no sistema de secagem de grãos que consiste na aplicação de um sistema de controle automático da aeração, juntamente com o controle preciso do sistema através de inversores de frequência. O sistema realiza o cálculo da taxa de aeração mais econômica e controla automaticamente os motores utilizando a potência necessária para manter a temperatura ideal do grão.

4.3 Análise luminotécnica

Foi realizada a análise das lâmpadas utilizadas atualmente na planta e foi verificado que já vem sendo realizado um trabalho para substituição das lâmpadas fluorescentes por lâmpadas LED. Porém, algumas áreas de grande consumo ainda podem ser otimizadas com esta substituição, como por exemplo, a iluminação externa. Foram identificadas todas as lâmpadas existentes e realizada a medição de iluminância a fim de confirmar se a iluminação está adequada ao local. Observando a rotina dos trabalhos, foi analisado através de um estudo comparativo entre as lâmpadas existentes e a sugestão de troca por uma lâmpada LED. Considerando os dados levantados e consultando os manuais técnicos de fabricantes de lâmpadas foi realizado o estudo de viabilidade.

Para facilitar a compreensão da forma de cálculo da viabilidade financeira da parte luminotécnica, é apresentado no Quadro 13 o cálculo completo de um dos locais da agroindústria. O mesmo critério de cálculo foi utilizado para os demais. Considerando o

método de cálculo apresentado no Quadro 13, está apresentado no Apêndice B um resumo da viabilidade técnica de todos os ambientes da planta da agroindústria.

Quadro 14 - Método de cálculo da viabilidade financeira da iluminação

Local da instalação	**ADMINISTRATIVO**	
Comparativo	INSTALADO	SUGERIDO
Modelo da Lâmpada	HE SL 28 W/840	LED G13 PHILIPS 18W
Vida Útil da Lâmpada (h)	19000	30000
Potência da Lâmpada (W)	28	18
Perda do reator (W)	2,8	0
Quantidade de Luminárias (un)	26	
Quantidade de Lâmpadas (un)	52	
Potência total instalada (kW)	1,53	0,94
Características de uso	COMPARATIVO	
Tempo de uso mensal (h/mês)	206	
Consumo mensal (kWh)	314,93	192,82
Valor do consumo mensal (R$)	R$ 100,93	R$ 61,79
Durabilidade das Lâmpadas (meses)	92	146
Economia Mensal de Consumo (R$)	R$ 39,14	
Economia Anual de Consumo (R$)	R$ 469,63	
Cálculo de *payback*	***PAYBACK***	
Custo unitário da manutenção (custo da lâmpada)	R$ 9,70	R$ 20,10
Custo da manutenção durante a vida útil da LED sugerida	R$ 15,32	R$ 20,10
Tempo de vida útil LED (anos)	12,14	
Economia manutenção vida útil LED	R$ 796,42	
Economia de manutenção por ano	R$ 65,63	
Investimento total da troca	R$ 1.045,20	
Payback (anos) – Investimento/economia total	1,95	

Fonte: Dados da pesquisa (2019).

Sugere-se adotar algumas medidas para minimizar o consumo de energia com a iluminação: no período de intervalo desligar toda a iluminação da área administrativa, oficinas e do engenho; em locais pouco utilizados, instalar sensores de presença otimizando a utilização da iluminação; e instalação de sinalização em locais estratégicos da planta para conscientização dos funcionários sobre a economia de energia.

4.4 Análise de perdas nos transformadores

Para diminuir as perdas nos transformadores podem ser implantadas as seguintes medidas: reduzir a demanda; corrigir o fator de potência; redistribuir as cargas entre os transformadores; e desligar uma ou mais unidades à noite ou nos finais de semana e feriados. O Quadro 14 quantifica de perdas nos transformadores da planta conforme o levantamento realizado. Para esta etapa foi importante analisar o funcionamento geral da agroindústria e a distribuição das cargas nos transformadores.

Quadro 14 - Perdas nos transformadores

DADOS DOS TRANSFORMADORES								
Nº	TAG	POTÊNCIA NOMINAL DO TRANSFORMADOR (kVA)	**PERDAS NO FERRO (W)**	**PERDAS NO COBRE (W)**	FATOR DE POTÊNCIA **ATUAL**	FATOR DE POTÊNCIA **PROPOSTO**	**TEMPO DE OPERAÇÃO** MENSAL DO TRANSFORMADOR (h)	TEMPO MENSAL DISPONÍVEL PARA O TRANSF. SER DESLIGADO (h)
1	TR-01	750	**1500**	**12000**	0,91	0,95	720	60
2	TR-02	500	**1350**	**5350**	0,91	0,95	720	60
3	TR-03	300	**1120**	**3360**	0,91	0,95	720	150
4	TR-04	1000	**1900**	**14600**	0,91	0,95	720	60
5	TR-05	300	**1120**	**3360**	0,91	0,95	720	60
TOTAL		**2.850kVA**	**6.990W**	**38.670W**				**390h**

Fonte: Dados da pesquisa (2019).

Foi considerado dois métodos para a eficiência nos transformadores. O primeiro método foi a elevação do fator de potência para reduzir a componente indutiva da corrente elétrica, reduzindo o valor da corrente de carga e consequentemente as perdas elétricas. Para quantificar está redução foi utilizado o cálculo da Equação 2 (COPREL, 2005):

$$R = 1 \times \left(\frac{FP1}{FP2}\right)^2 \quad Equação\ 2$$

Onde:

R= redução das perdas no transformador

FP1= fator de potência antes da correção

FP2= fator de potência proposto

O segundo método utilizado foi a redução do consumo desligando os transformadores a fim de evitar a perda no ferro. O Quadro 15 estima a redução anual do consumo de energia elétrica baseado na elevação do fator de potência e no desligamento dos transformadores por um período.

Quadro 15 - Viabilidade financeira - transformadores

RESULTADO				
TAG	REDUÇÃO MENSAL NAS PERDAS PELO FATOR DE POTÊNCIA (kWh)	REDUÇÃO ANUAL TOTAL PELO FATOR DE POTÊNCIA (R$)	REDUÇÃO MENSAL NAS PERDAS PELO DESLIGAMENTO (kWh)	REDUÇÃO ANUAL TOTAL PELO DESLIGAMENTO DOS TRAFOS (R$)
TR-01	712	R$ 3.981,87	90	R$ 503,14
TR-02	318	R$ 1.775,25	81	R$ 452,83
TR-03	199	R$ 1.114,92	168	R$ 939,20
TR-04	867	R$ 4.844,60	114	R$ 637,31
TR-05	199	R$ 1.114,92	67	R$ 375,68
TOTAL	**2.295kWh**	**R$ 12.831,56**	**520kWh**	**R$ 2.908,15**
REDUÇÃO ANUAL NAS PERDAS PELO FATOR DE POTÊNCIA				R$ 12.831,56
REDUÇÃO ANUAL NAS PERDAS PELO DESLIGAMENTO				R$ 2.908,15
REDUÇÃO ANUAL TOTAL COM PERDAS DOS TRANSFORMADORES				**R$ 15.739,71**

Fonte: Dados da pesquisa (2019).

A partir do levantamento dos transformadores, pode-se verificar que temos uma potência transformadora de 2850kVA. Considerando a carga consumida pelo mês que apresentou maior consumo de demanda conforme o Quadro 8, mês de maio com 1332kW,

aplicando um fator de potência proposto de 0,95 pode-se obter o fator de carga, dividindo o consumo em kVA pela potência transformadora total. O fator de carga obtido é de apenas 0,49%, por este motivo, deve-se avaliar a transferência de algumas cargas a fim de manter somente ligado alguns dos transformadores, efetuando o desligamento permanente do restante. Desta forma o potencial de economia pode ser muito maior.

4.5 Análise total da eficiência energética

Com o estudo de eficiência energética realizado na agroindústria foi possível identificar nos equipamentos elétricos e nas contas de energia elétrica a redução no consumo de energia anual de 8,97%. O Quadro 16 apresenta um resumo de todas as análises feitas e seu potencial de economia.

Quadro 16 - Potencial total de economia

RESUMO		
DESCRIÇÃO	**ECONOMIA ANUAL**	**REDUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA ANUAL**
ANÁLISE DA MODALIDADE TARIFÁRIA	TARIFA VERDE	-
ANÁLISE DE DEMANDA CONTRATADA	R$ 6.063,00	0,41 %
ANÁLISE TÉCNICA	R$ 9.715,44	0,66 %
ANÁLISE DOS MOTORES ELÉTRICOS	R$ 86.034,29	5,85 %
ANÁLISE LUMINOTÉCNICA	R$ 14.421,56	0,98 %
ANÁLISE DE PERDAS NOS TRANSFORMADORES	R$ 15.739,71	1,07 %
TOTAL	**R$ 124.615,44**	**8,97 %**
OBS.: Os valores simulados estão sendo considerados sem impostos.		

Fonte: Dados da pesquisa (2019).

O Quadro 16 considera o potencial de economia, sem considerar os impostos, e percebe-se que o conjunto de medidas de eficiência energética trará uma economia significativa para a organização objeto do estudo.

5. Considerações finais

Com o estudo de eficiência energética concluído foi possível identificar nos equipamentos elétricos e nas contas de energia elétrica a possibilidade de redução total no consumo de energia anual de 8,97%. Análise de demanda apresentou potencial de redução de 0,41%, seguido pela análise da eliminação da energia excedente com 0,66%, a análise luminotécnica ofereceu 0,98%, analise de otimização de perdas nos transformadores apresentou a possibilidade de redução de 1,07% e por fim, a substituição dos motores apresentou redução de 5,85%.

A maior parcela da economia de energia é obtida através da substituição dos motores elétricos, que são as cargas que mais consomem energia na unidade podendo potencialmente reduzir mais da metade de toda a eficiência energética analisada neste estudo. No caso desta agroindústria, os motores são parte essencial do processo, a troca dos motores existentes não só trará a economia de energia, como dará maior confiabilidade em todo o sistema.

Apesar das demais analises não apresentarem um quantitativo significativo como a substituição dos motores, também tem papel fundamental na eficiência energética da unidade. Aplicar a eficiência energética não só reduz o consumo de energia elétrica, mas também proporciona à indústria uma maior produtividade e competitividade, e é uma oportunidade de amortizar o impacto ambiental causado.

Durante o levantamento de dados, foi possível observar que hoje não existe um plano de manutenção na unidade. Por se tratar de uma empresa cerealista, a emissão de poeira é muito grande, o que causa o acúmulo em toda a instalação elétrica. Para um trabalho futuro sugere-se realizar um plano de manutenção preditiva nas instalações elétricas em geral e principalmente nas subestações, a fim de manter os equipamentos em perfeito funcionamento, evitando perdas excessivas que geram aumento do consumo de energia elétrica. Tendo um plano de operação e manutenção adequado é possível economizar energia como também garantir a segurança dos equipamentos e a continuidade da produção.

Sugere-se para estudos futuros, a análise de viabilidade para a instalação de energia renovável fotovoltaica, enquadrando a unidade em uma minigeração distribuída a fim de reduzir o consumo, o custo de energia da concessionária e principalmente contribuindo para a sustentabilidade.

Referências

Anton, A.A. (2016). *Eficiência energética na aeração de armazenadores de grãos utilizando a lógica Fuzzy*. (Trabalho de Conclusão de Curso). Universidade Federal do Pampa. Recuperado de: http://dspace.unipampa.edu.br/handle/riu/1533.

Bacha, C. J. C. (2004). *Economia e política agrícola no Brasil*. São Paulo: Atlas.

Barros, Benjamim Ferreira de; Borelli, Reinaldo & Gedra, Ricardo Luis. (2015). *Eficiência energética: técnicas de aproveitamento, gestão de recursos e fundamentos*. São Paulo: Érica.

Brasil. Empresa de Pesquisa Energética. (2018). *Balanço energético nacional 2018: ano base 2017*. Rio de Janeiro: EPE.

Brasil. (2001). *Lei nº 10295, de 17 de outubro de 2001*. Dispõe sobre a política nacional de conservação e uso racional de energia e dá outras providências. Recuperado em Janeiro, acesso: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/LEIS_2001/L10295.htm

Brasil. (2002). *Decreto nº 4.508, de 11 de dezembro de 2002.* Dispõe sobre a regulamentação específica que define os níveis mínimos de eficiência energética de motores elétricos trifásicos de indução rotor gaiola de esquilo, de fabricação nacional ou importados, para comercialização ou uso no Brasil, e dá outras providências. Recuperado em Janeiro, acesso: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2002/D4508.htm

Brasil. (2005). *Portaria Interministerial nº 533, de 8 de dezembro de 2005.* Estabelece Programa de Metas de motores elétricos de indução trifásicos. Recuperado em Janeiro, acesso: http://www.mme.gov.br/documents/10584/1139097/Portaria_Interministerial_nx_553_2005.pdf/010f203c-195e-4e12-b31d-6a1f00e226e0.

Carlinhos, A.M. (2011). *Utilização eficiente de sistemas de iluminação*. (Dissertação de mestrado). Universidade Nova de Lisboa. Recuperado de https://run.unl.pt/handle/10362/8201

Ceron, Luciano Peske. (2014). *Solução de eficiência energética para aeração de silos com armazenagem de grãos de milho*. In: IX Simpósio Internacional de Qualidade Ambiental, Porto Alegre.

Copel. (2005). *Manual da Eficiência Energética na Indústria*. Recuperado em Fevereiro, acesso em: https://www.copel.com/hpcopel/root/sitearquivos2.nsf/arquivos/manual/$FILE/manual_eficiencia_energ.pdf.

Gasques, J. G. et al. (2004). *Desempenho e crescimento do agronegócio no Brasil*. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), Brasília.

Hoerlle, C. F. (2010). *EFENERG - Programa para cálculo rápido da eficiência energética*. (Trabalho de Conclusão de Curso). Universidade Regional Do Noroeste Do Estado Do Rio Grande Do Sul.

International energy agency. (2018). *Energy Efficiency*. Recuperado em Fevereiro, acesso em: https://www.iea.org/topics/energyefficiency/

Goldemberg, J., & Lucon, O. (2007). Energia e meio ambiente no Brasil. *Estudos avançados*, *21*(59), 7-20.

Marques, P. V., Mello, P. D., & Martines Filho, J. G. (2006). Mercados futuros e de opções agropecuárias. *Piracicaba, SP. Departamento de Economia, Administração e Sociologia da Esalq-USP*.

Picanço, A. F. (2006). *Avaliação econômica de transformadores distribuição com base no carregamento e eficiência energética*. (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal de Itajubá. Recuperado de https://saturno.unifei.edu.br/bim/0029876.pdf

Procel. (2014). *Lei de Eficiência Energética*. Recuperado em Janeiro, acesso: http://www.procelinfo.com.br/resultadosprocel2014/lei.pdf

Rio grande do sul. (2016). *Plano Energético do Rio Grande do Sul 2016/2025*. Recuperado em Janeiro, acesso: https://minasenergia.rs.gov.br/plano-energetico

Sales, R. P. (2011). *LED, o novo paradigma da iluminação pública*. (Dissertação de Mestrado). Instituto de Engenharia do Paraná – IEP. Recuperado de http://www.lactec.org.br/menu-capacitacao/dissertacao-roberto-pereira-sales/

da Silva, M. G., Cesario, A. V., & Cavalcanti, I. R. (2013). Relevância do agronegócio para a economia brasileira atual. *Apresentado em X ENCONTRO DE INICIAÇÃO À DOCÊNCIA, UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA. Recuperado de http://www. prac. ufpb. br/anais/IXEnex/iniciacao/documentos/anais/8. TRABALHO/8C CSADAMT01. pdf*.

Soares, T. C., & Jacometti, M. (2016). Estratégias que agregam valor nos segmentos do agronegócio no Brasil: um estudo descritivo. *Revista Eletrônica de Estratégia & Negócios*, *8*(3), 92-120.

Sobreira, S. G. A. (2017). *Eficiência energética aplicada a iluminação*. (Trabalho de Conclusão de Curso). Bacharelado em Engenharia de Controle e Automação, Universidade Federal de Ouro Preto. Recuperado de https://www.monografias.ufop.br/handle/35400000/964.

Sola, A. V. H. (2006). *Fatores Humanos como Barreiras para Eficiência Energética em Indústrias*. (Dissertação de Mestrado). Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR. Recuperado de http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/3570.

WEG. (2019). *Eficiência energética*. Recuperado em Fevereiro, acesso: https://www.weg.net/institutional/BR/pt/solutions/energy-efficiency.

Apêndice A - Dados e análise dos motores elétricos

Identificação do motor	Potência (cv)	Qtd	Consumo atual (kWh/ano)	Consumo novo (kWh/ano)	Economia de energia (kWh/ano)	Economia de energia anual (R$)	Valor do investimento (R$)	*Payback* (anos)

Beneficiamento-SD1/SD2,1	15	2	150994,06	134142,86	16851,2	5392,38	8633,96	1,6
Embalagem-R44/EMP02,1/EMP02,2	3	3	49283,56	42496,45	6787,11	2171,87	4759,8	2,19
Agrícola-RECICLO	10	1	53693	47107,02	6585,98	2107,51	4609,17	2,19
Embalagem-PN1,2/PN2,2	4	2	41715,01	38413,64	3301,37	1056,44	3934,09	3,72
Beneficiamento-D4,3/D5,3	0,75	2	10046,36	8607,5	1438,86	460,44	1761,18	3,83
Agrícola-C6	3	1	15642,97	14379,12	1263,85	404,43	2088,16	5,16
Beneficiamento-R28/Rosca carrge, Q,	7,5	2	71102,04	68103,3	2998,74	959,6	5770,77	6,01
Beneficiamento-PL3/PL4/TURBINA FARELO 1	40	3	552791,53	537139,83	15651,7	5008,54	38158,58	7,62
Soja-S12/S13/S14	15	3	204709,39	201214,28	3495,11	1118,43	12950,94	11,58
Agrícola-C9/C10	15	2	136472,93	134142,86	2330,07	745,62	8633,96	11,58
Soja-TOMBADOR	50	1	224094,39	220357,29	3737,1	1195,87	14075,39	11,77
Agrícola-AE11/AE12/AE13/AE14/AE15/AE16/AE17/AE18/AE19/AE20	50	10	2240943,9	2203572,9	37370,97	11958,71	140753,88	11,77
Agrícola-AE3/AE4/AE5/AE6/AE7/AE8/AE9/AE10	50	8	1792755,1	1762858,4	29896,77	9566,97	112603,1	11,77
Beneficiamento-R34/TR3/BL1/Rosca eletro,/R61,1/R61,2/R61,3	1	7	37459,13	35722,83	1736,3	555,62	6877,9	12,38

Agrícola-E1/E2/RG1/R63/R64	20	5	460181,79	452409	7772,79	2487,29	31253,01	12,57
Agrícola-E13/E14/E15/R10/R11	12,5	5	286614,79	281700	4914,79	1572,73	20256,1	12,88
Soja-E57/E58	40	2	364179,3	358093,22	6086,08	1947,55	25439,06	13,06
Agrícola-AE1/AE2/AE21/AE22/AE23/AE24/AE25/AE26/AE27/AE28	40	10	1820896,5	1790466,1	30430,41	9737,73	127195,27	13,06
Soja-E56	25	1	100461,48	98771,85	1689,63	540,68	7245	13,4
Soja-CT3/ROSCA/ROSCA/S11	10	4	186922,69	183717,39	3205,3	1025,7	14423,99	14,06
Agrícola-E3/E4/E5/E6/E11/E12/C7/C8	10	8	373845,38	367434,78	6410,6	2051,39	28847,98	14,06
Beneficiamento-B1,1/B2,1/B3,1/B4,1	50	4	893882,65	881429,18	12453,47	3985,11	56301,55	14,13
Soja-SP3/SP4/ROSCA	12,5	3	152861,22	150240	2621,22	838,79	12153,66	14,49
Soja-E57/E58	40	2	323714,93	318305,08	5409,85	1731,15	25439,06	14,69
Agrícola-C1/C2	7,5	2	69304,78	68103,3	1201,48	384,47	5770,77	15,01
Beneficiamento-D4,1/D5,1	12,5	2	114317,67	112680	1637,67	524,05	8102,44	15,46
Agrícola-R1/PL1T/PL2T	5	3	71534,75	70266,74	1268,01	405,76	6325,02	15,59
Beneficiamento-PL1/PL2/PL5	75	3	988084,4	974433,96	13650,44	4368,14	69982,63	16,02
Agrícola-E18/E19	6	2	57671,3	56654,74	1016,56	325,3	5452,14	16,76

Beneficiamento-D1,1/D2,1/D3,1	10	3	139790,63	137788,04	2002,59	640,83	10817,99	16,88
Indústria-E20	20	1	81579,42	80428,26	1151,16	368,37	6250,6	16,97
Beneficiamento-TURBINA FARELO 2	100	1	447452,79	442460,73	4992,06	1597,46	27381,24	17,14
Agrícola-SPV1/SPV2/R4/R5/C3/C4	4	6	117344,57	115240,91	2103,66	673,17	11802,27	17,53
Soja-PL3/PL4	5	2	42390,96	41639,55	751,41	240,45	4216,68	17,54
Embalagem-C17/R29/R31	7,5	3	103656,2	102154,94	1501,26	480,4	8656,15	18,02
Beneficiamento-CAM, DESCASC,/CAM, DESCASC,/E31/Rosca saída quebrado	5	4	95097,24	93688,99	1408,25	450,64	8433,36	18,71
Embalagem-E53	5	1	23774,31	23422,25	352,06	112,66	2108,34	18,71
Soja-PL3T/PL4T/CT2	6	3	76895,07	75539,66	1355,41	433,73	8178,21	18,86
Indústria-C11	10	1	41419,45	40826,09	593,36	189,87	3606	18,99
Soja-TC2/V1	3	2	28851,15	28330,97	520,18	166,46	3173,2	19,06
Agrícola-R2/R3/PL1/PL2/C5/SPS5/SPS6	3	7	100979,01	99158,4	1820,61	582,6	11106,21	19,06
Soja-CT1	4	1	17384,38	17072,73	311,65	99,73	1967,04	19,72
Beneficiamento-E25	6	1	28750,75	28327,37	423,38	135,48	2726,07	20,12
Indústria-C12	7,5	1	30712,95	30268,13	444,82	142,34	2885,38	20,27

Beneficiamento-R16/D1,2/D2,2/D3,2/E29/E30/E34/E43/EE12	4	9	175489,63	172861,36	2628,27	841,05	17703,4	21,05
Beneficiamento-R17/E28/E39/E40/E46/Rosca saída T2/Rosca quebrado/Rosca eletro,	3	8	115056,91	113323,88	1733,03	554,57	12692,81	22,89
Soja-TC1	1,5	1	7611,42	7466,75	144,67	46,29	1093,83	23,63
Indústria-E21/E22/E24	4	3	51996,93	51218,18	778,75	249,2	5901,13	23,68
Beneficiamento-B1,2/B2,2/B3,2/B4,2	2	4	40060,66	39444,58	616,08	197,15	4805,32	24,37
Indústria-R12/C13/C14/C15/R14/R15	3	6	76704,61	75549,26	1155,35	369,71	9519,61	25,75
Beneficiamento-SD2,2/R24/E35/E36/E48/E52/EE10	1,5	7	53110,57	52267,23	843,34	269,87	7656,82	28,37
Beneficiamento-Rosca saída q,/Rosca saída q,/Rosca saída q,/Rosca eletro,	1,5	4	30348,9	29866,99	481,91	154,21	4375,32	28,37
Beneficiamento-R18/E26/R19/R21/R26/R27/E41/R37/E47/EE11/EE13	2	11	109132,16	107469,37	1662,79	532,09	15169,81	28,51
Embalagem-R30/PN1,1/PN2,1/E54	2	4	39684,42	39079,77	604,65	193,49	5516,3	28,51
Beneficiamento-Rosca grão int,/E55/E62	2	3	29763,32	29309,83	453,49	145,12	4137,22	28,51
Beneficiamento-SM1/SM2/SM3/E27/E38	3	5	73011,91	71895,59	1116,32	357,22	10440,8	29,23

Embalagem-ENF01 TR1/ENF01 TR2/ENF02 TR1/ENF02 TR2	0,75	6	25937,04	25468,77	468,27	149,85	4467,14	29,81
Indústria-R13/C16/R23	2	3	26456,28	26053,18	403,1	128,99	4137,22	32,07
Embalagem-EMP01,1/EMP01,2	0,75	2	8768	8607,5	160,5	51,36	1761,18	34,29
Beneficiamento-EE14	1,5	1	7729,16	7604,17	124,99	40	1413,04	35,33
Beneficiamento-SP1/SP2	0,33	2	4355,15	4268,18	86,97	27,83	1217,93	43,76
Embalagem-ENF01/ENF02	0,5	2	6651,28	6514,31	136,97	43,83	1927,34	43,97
Beneficiamento-D1,3/D2,3/D3,3/D4,2/D5,2	0,25	5	7962,37	7800,92	161,45	51,66	2996,16	57,99
Beneficiamento-COMPRESSOR	125	1	534117,77	532067,16	2050,61	656,2	41073,36	62,59
Soja-E55/EC1/EC2/AC1	2	4	53268,01	53167,63	100,38	32,12	5516,3	171,74

Apêndice B - Viabilidade financeira - luminotécnica

LOCAL DE INSTALAÇÃO	**ADMINISTRATIVO**		**ADMINISTRATIVO**	
CÁLCULO COMPARATIVO	INSTALADO	SUGERIDO	INSTALADO	SUGERIDO
Modelo da Lâmpada	HE SL 28 W/840	LED G13 PHILIPS 18W	T10 PLUS 20W PHILIPS	LED G13 PHILIPS 9W
Economia Anual de Consumo	R$ 469,63		R$ 95,07	
Payback (anos)	1,95		1,5	
LOCAL DE INSTALAÇÃO	**REFEITÓRIO**		**VESTIÁRIO**	
CÁLCULO COMPARATIVO	INSTALADO	SUGERIDO	INSTALADO	SUGERIDO

(CC BY 4.0) | ISSN 2525-3409 | DOI: http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i2.2042

Modelo da Lâmpada	T10 PLUS 40W PHILIPS	LED G13 PHILIPS 18W	T10 PLUS 40W PHILIPS	LED G13 PHILIPS 18W
Economia Anual de Consumo	R$ 116,30		R$ 24,92	
Payback (anos)	0,99		4,64	
LOCAL DE INSTALAÇÃO	**ENGENHO / PACOTE**		**ENGENHO / PACOTE**	
CÁLCULO COMPARATIVO	INSTALADO	SUGERIDO	INSTALADO	SUGERIDO
Modelo da Lâmpada	T10 PLUS 40W PHILIPS	LED G13 PHILIPS 18W	METÁLICA TUBULAR E40 400W	HB LED PHILIPS 150W WB
Economia Anual de Consumo	R$ 705,53		R$ 3.044,69	
Payback (anos)	0,38		1,22	
LOCAL DE INSTALAÇÃO	**MOEGA**		**DEPÓSITO OFICINA**	
CÁLCULO COMPARATIVO	INSTALADO	SUGERIDO	INSTALADO	SUGERIDO
Modelo da Lâmpada	FLC 45W Eletrônica	LEDBulb 23W E27 PHILIPS	METÁLICA TUBULAR E40 400W	HB LED PHILIPS 150W WB
Economia Anual de Consumo	R$ 329,97		R$ 173,98	
Payback (anos)	0,9		12,77	
LOCAL DE INSTALAÇÃO	**EXTERNO**		**EXTERNO**	
CÁLCULO COMPARATIVO	INSTALADO	SUGERIDO	INSTALADO	SUGERIDO
Modelo da Lâmpada	METÁLICA TUBULAR E40 400W	HB LED PHILIPS 150W WB	FLC 45W Eletrônica	LEDBulb 23W E27 PHILIPS
Economia Anual de Consumo	R$ 6.590,98		R$ 2.611,14	
Payback (anos)	2,54		0,7	
LOCAL DE INSTALAÇÃO	**SALA ANTÔNIO**		**ARQUIVO / DEPÓSITO**	
CÁLCULO COMPARATIVO	INSTALADO	SUGERIDO	INSTALADO	SUGERIDO
Modelo da Lâmpada	T10 PLUS 40W PHILIPS	LED G13 PHILIPS 18W	T10 PLUS 20W PHILIPS	LED G13 PHILIPS 9W
Economia Anual de Consumo	R$ 66,45		R$ 2,77	

Payback (anos)	1,16	30,81
LOCAL DE INSTALAÇÃO	**ADMINISTRATIVO**	
CÁLCULO COMPARATIVO	INSTALADO	SUGERIDO
Modelo da Lâmpada	T10 PLUS 40W PHILIPS	LED G13 PHILIPS 18W
Economia Anual de Consumo	R$ 190,13	
Payback (anos)	1,01	
Valor total economizado/ano	**R$ 14.421,56**	

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Paloma Veridiane Dapper – 50%

Bruno Pereira Tomé – 30%

Jocias Maier Zanatta – 20%