

## AUDITORIA ENERGÉTICA NO SETOR DE PANIFICAÇÃO - UM ESTUDO DE CASO EM GOVERNADOR VALADARES

Mateus Contim Ramos\*, Valcimar Silva de Andrade

\* Estudante do IFMG Campus Governador Valadares, mateuscontim@gmail.com.

### RESUMO

O presente estudo aborda a realização de uma auditoria energética como uma ferramenta para melhoria da eficiência energética de uma panificadora de pequeno porte, localizada na cidade de Governador Valadares, Minas Gerais. Os conhecimentos obtidos através de extensa revisão bibliográfica, juntamente com as informações coletadas em visitas *in loco* na empresa em estudo, e alguns cálculos, permitiram a elaboração de possíveis medidas e a simulação de cenários para a redução do consumo energético com manutenção do atendimento das demandas de produção e serviços. Foram levantadas oportunidades de eliminação dos desperdícios energéticos e econômicos nos sistemas de refrigeração, cocção e iluminação, seja através da troca de equipamentos, melhor treinamento e conscientização, redimensionamento, mudanças no arranjo físico, manutenção preventiva e análise de tarifação. No específico da troca de equipamentos foram simulados cenários de investimento através de ferramentas de engenharia econômica consagradas. Além da análise de redução de consumo de energia e consequente impacto econômico, foi evidenciada também o efeito ambiental de tais medidas, uma vez que a melhora da eficiência energética da empresa afeta, no longo prazo, toda a cadeia produtiva da energia elétrica e os impactos ambientais dela decorrentes. A competitividade, o ganho de produtividade e o marketing ambiental são outros pontos nos quais o ganho de eficiência energética se assenta. Os resultados da análise oriunda da auditoria mostraram ser factível a redução de consumo nos sistemas de refrigeração, cocção e iluminação, nas ordens de 41%, 50% e 48%, respectivamente. Tais reduções de consumo são oriundas da eventual troca de alguns equipamentos, que ocorreria com total viabilidade econômica e tempo de retorno estimado em 19 meses. O relatório final foi entregue para os gestores da empresa em questão, que manifestaram interesse em colocar em prática boa parte das indicações feitas no relatório. Espera-se que futuramente a empresa possa colher ganhos em eficiência energética, produtividade e competitividade, contribuindo para a questão energética nacional e o próprio meio ambiente.

**PALAVRAS-CHAVE:** Eficiência Energética, Auditoria Energética, Panificação

### INTRODUÇÃO

Ao longo dos últimos anos o Brasil experimentou um significativo crescimento econômico, com uma ampliação do parque fabril, crescimento da chamada classe média e consequente elevação do consumo de energia elétrica (ANEEL, 2016). Sabe-se que, apesar do Brasil ser um país com possibilidade diversa de geração de energia, sua matriz energética se diferencia da matriz de outros países por ser baseada principalmente no aproveitamento da energia hidráulica. Contudo, esse aproveitamento do notório potencial natural do país é refém dos índices pluviométricos que ajudam a manter os níveis de reservatórios e a vazão dos rios (usinas fio d'água). Nesse mesmo período de crescimento econômico a falta de investimento em métodos alternativos de produção de energia elétrica demonstrou a vulnerabilidade causada pelo atual modelo energético utilizado pelo país.

A crise hídrica vigente e a falta de soluções alternativas de produção energética tem gerado aumentos sucessivos da tarifa de energia elétrica, tanto para os consumidores residenciais quanto para os grandes consumidores (indústrias de pequeno, médio e grande porte). O aumento da tarifa tem se manifestado através do surgimento do sistema de bandeiras tarifárias, além da já existente tarifa horo-sazonal, demonstrando o uso constante de usinas térmicas para suprir a demanda energética do país. Sabe-se que essas usinas termoelétricas geram um grande impacto ambiental e econômico, pois são movidas a combustíveis fósseis e possuem custo unitário (R\$/MWh) muito mais elevado do que as usinas hidrelétricas. Como a energia elétrica é um insumo básico para os sistemas produtivos, essas questões afetam diretamente os custos de produção das empresas. Consequentemente, o consumidor final também é afetado, pois sistemas de produção mais onerosos geram produtos dispendiosos. Diante deste cenário uma alternativa para as empresas é o controle de perdas através de ações de conservação de energia.

O uso consciente e racional dos recursos energéticos é de suma importância para os grandes consumidores de energia elétrica e para a sociedade. Pois, além da economia nas tarifas de energia o uso eficiente desta contribui para evitar o aumento dos custos com o funcionamento das usinas térmicas, por exemplo, evitando também a construção de novas

usinas com seus impactos ambientais já conhecidos. Segundo Keeling (2012) o gerenciamento de perdas carece primariamente de medidas que sejam a base para o gestor analisar os gastos e propor alternativas (desligamento de equipamentos, substituição de equipamentos, alteração de processo, políticas de conscientização, etc.). É de suma importância para as empresas a implementação de medidas de eficiência energética, uma vez que o avanço tecnológico permite a aquisição de equipamentos que utilizam menos energia para atender a uma mesma necessidade. Embora se tenha de forma clara a ideia de que a energia elétrica se equipara em nível de importância a outros fatores produtivos como mão de obra qualificada, matéria-prima e equipamentos, vários seguimentos empresariais não possuem o conhecimento da quantidade de energia usada nas atividades produtivas diárias, assim como seus impactos financeiros e ambientais gerados.

Partindo desse cenário, e de que a eficiência energética consiste na obtenção do melhor desempenho na produção de um bem ou serviço com o menor gasto de energia, fica claro como essa ferramenta se torna indispensável para qualquer empresa na atualidade, pois companhias que utilizam de forma racional a energia nos seus processos de fabricação ganham uma maior competitividade no mercado (SANTOS, 2013). Ademais, companhias que praticam a eficiência energética podem utilizar os resultados alcançados como forma de marketing verde, atraindo assim uma nova gama de consumidores. De modo a desencadear a eficiência energética em uma empresa uma auditoria energética é fundamental, nela é possível detectar índices de desperdício e perdas nos processos produtivos, buscando medidas factíveis para remediação de tais problemas e ainda programando uma rotina de conscientização dos funcionários visando o uso racional da energia. Com a auditoria energética é possível detectar as fontes e os motivos das perdas, ou seja, se reconhece a falha, e a partir desse diagnóstico é possível traçar um plano de ações com vistas a estabelecer um processo produtivo eficiente (otimizado) do ponto de vista energético.

O setor de panificação brasileiro tem se tornado um dos maiores segmentos industriais do país ao longo dos últimos anos. Sua participação na indústria de produtos alimentares é de 36,2%, já na indústria de transformação, seu percentual é de 7%. O setor é composto atualmente por 63,2 mil empresas registradas, nas quais 60 mil são micro e pequenas empresas, em 2015, foi gerado um faturamento de cerca R\$ 84,7 bilhões, e um crescimento anual estimado de 2,7%. Além disso, o setor é responsável pela geração de 818 mil empregos diretos e 1,8 milhão de forma indireta (ABIP, 2015). De um modo geral as panificadoras ofertam uma gama de produtos variada que depende de sistemas de cocção e refrigeração. Além disso, os ambientes de produção e comercialização demandam iluminação, que também consome energia elétrica. É importante lembrar que no caso da cocção pode haver consumo de energia elétrica (fornos elétricos) e/ou de GLP - Gás Liquefeito de Petróleo (fornos a gás). O consumo energético total vai depender sempre do porte e do volume de produtos produzidos/vendidos pela panificadora.

Segundo a Associação Brasileira da Indústria da Panificação (ABIP), o gasto médio mensal com energia em padarias de pequeno porte foi, em 2013, de R\$ 2.241,91. Já o gasto médio mensal em padarias de médio porte foi de R\$ 6.765,00, enquanto as consideradas de grande porte gastaram em média acima de R\$ 11.000,00 ao mês. O Instituto Tecnológico da Panificação e Confeitaria ITPC/ABIP (2013) afirma que os gastos com energia elétrica impactam diretamente no valor dos produtos e conseqüentemente nos custos de uma panificadora, sendo que, o consumo energético se enquadra no quarto maior custo do seguimento, ou seja, qualquer medida de eficiência sobre este insumo impacta significativamente os custos. A economia que pode ser obtida pela a racionalização energética possibilita ao empresário direcionar seus recursos para outras atividades, além de contribuir para aumentar a confiabilidade do sistema elétrico nacional, postergando a necessidade de investimentos governamentais em geração, transmissão e distribuição de energia, ou seja, ações de eficiência energética agregam importantes ganhos sociais, ambientais e de competitividade para a indústria.

Nessa perspectiva, o presente trabalho se propôs a executar uma auditoria energética em uma panificadora de médio porte, localizada na cidade de Governador Valadares – Minas Gerais, que funciona 366 h/mês, produzindo e comercializando produtos de confeitaria, pães, bolos, tortas, etc. Com esse tipo de levantamento é possível auxiliar os gestores na tomada de decisões frente a melhorias do uso do insumo energia em seu negócio de produção e comercialização de produtos alimentícios. Além disso, essa iniciativa acaba por colaborar com a política energética nacional, uma vez que ajuda a disseminar a cultura da conservação de energia, e também com a sustentabilidade. Do ponto de vista empresarial há um outro ganho significativo, a melhora da produtividade, uma vez que será possível produzir mais com menos custos energético.

## OBJETIVOS

O objetivo geral do trabalho foi a execução de uma auditoria energética em uma empresa de panificação de pequeno porte localizada na cidade de Governador Valadares – Minas Gerais, visando propor medidas e simular cenários para a redução do consumo energético através da eliminação dos desperdícios, dos possíveis “gargalos” energéticos e racionalização do uso das formas de energia encontradas.

Além disso, o trabalho permitiu a geração de relatório para entrega aos gestores da empresa como forma de subsídio na tomada de decisões futuras, uma vez que a análise e avaliação das condições de operação dos equipamentos do sistema de cocção, do sistema de iluminação e do sistema de refrigeração, teve como foco a elaboração de recomendações para um conjunto de sistemas que, em conjunto, correspondem a cerca de 81% do consumo médio de energia da panificadora. Induzir essa preocupação com a eficiência energética no setor da panificação é uma ferramenta de ganho de produtividade do setor e de redução de demanda por mais geração de energia elétrica no país.

Por fim, cabe ressaltar que a auditoria energética também tinha como objetivo a elaboração de trabalho de conclusão de curso (Engenharia de Produção). O ramo da eficiência energética é um nicho de possível atuação do egresso do curso de Engenharia de Produção. A ideia era permitir o emprego de vários conhecimentos adquiridos ao longo do curso na solução de uma situação problema com aplicações práticas e existente localmente.

## METODOLOGIA

No que tange a classificação do presente trabalho, o método de pesquisa utilizado foi o estudo de caso. Tal método envolve um estudo intenso de uma situação específica, visando ampliar e detalhar o conhecimento acerca da pesquisa (TURRIONI; MELLO, 2012). O roteiro metodológico da pesquisa foi dividido em quatro grandes etapas, a primeira referente a Revisão Bibliográfica, a segunda referente ao Diagnóstico Preliminar, a terceira sobre a Análise dos Dados Levantados e por fim o Diagnóstico Energético Final. A figura 1 ilustra o roteiro simplificado da pesquisa. A descrição detalhada das atividades realizadas neste trabalho serão expostas em seqüência.



**Figura 1: Roteiro simplificado da pesquisa**

Como etapa preliminar a realização deste trabalho foi feita uma significativa pesquisa bibliográfica de modo a buscar o embasamento teórico necessário para o desenvolvimento da auditoria energética. Foram consultados artigos, livros técnicos e artigos técnicos com a temática. Essa etapa possibilitou perceber toda a preparação que antecede a auditoria, assim como alguns detalhes obre levantamento de consumo e de equipamentos substitutos.

O diagnóstico energético preliminar teve como objetivo o levantamento inicial das oportunidades, visando apontar aspectos qualitativos da utilização dos equipamentos consumidores de energia utilizados pela empresa. Primeiramente foram realizadas visitas ao ambiente de trabalho da empresa, que serviu para conhecer e coletar dados dos equipamentos, das instalações, das formas de utilização dos recursos energéticos e dos detalhes dos processos produtivos, de armazenamento e venda. Além disso, foi realizada uma análise tarifária com as contas de energia dos últimos dois anos, visando o levantamento do perfil de consumo da empresa (caracterização do consumo energético).

Por se tratar de uma empresa de panificação, seguindo a fundamentação teórica que embasa esse trabalho, os focos do levantamento do consumo energético estão nos sistemas de cocção, refrigeração e iluminação por serem responsáveis pelo maior consumo energético desse segmento. Tal levantamento foi realizado através da coleta das informações de potência dos equipamentos, seja em manuais ou em placas com tais informações acopladas somado a equação (1), que estima o consumo energético baseado na potência e no tempo de funcionamento (PROCEL,2006).

$$CM = \frac{P \times T \times D}{1000} \quad \text{equação (1)}$$

Onde:

**CM = Consumo Médio de Energia (kWh);**

**P = Potência do Equipamento (W);**

**T = Número de horas utilizadas (h);**

**D = Número de Dias Utilizados.**

Outras ações foram feitas nesse período como, compilação dos dados da produção diária, o regime de funcionamento da empresa, além da análise da forma de uso dos equipamentos pelos colaboradores. Tais dados foram coletados através de visitas in loco na panificadora durante o período de um mês.

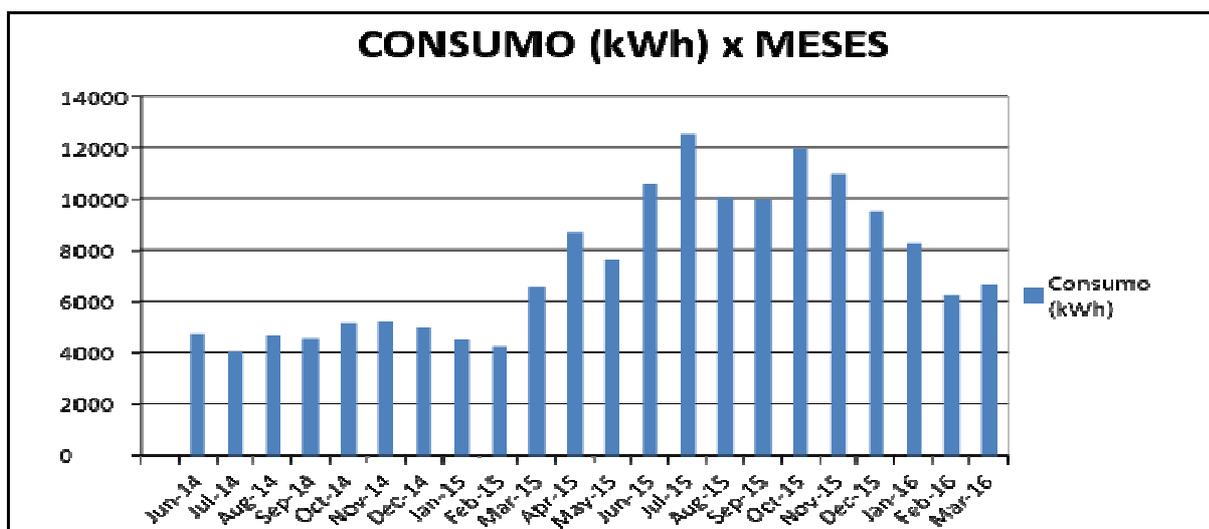
De posse dos dados levantados através do diagnóstico energético preliminar, foi realizado uma avaliação das perdas de energia através dos conhecimentos adquiridos via revisão bibliográfica, observando as peculiaridades do caso de auditoria energética. Tal análise aponta os pontos onde existem as oportunidades de racionalização do consumo, troca de equipamentos (*retrofit*), mudanças nos processos e adequações de instalações. As oportunidades de melhoria com substituições de equipamentos foram modeladas do ponto de vista econômico para análise de viabilidade e impacto orçamentário para a empresa. Os ganhos com treinamento e mudanças nos processos também foram elencados, assim como programas de manutenção e boas práticas na utilização dos equipamentos pelos funcionários.

O diagnóstico energético final refe-se ao momento mais importante do trabalho, pois nele estará contido todo o conhecimento adquirido no decorrer da pesquisa em busca da eficiência energética na empresa. Trata-se da culminância de todas as ações até então desenvolvidas. Ele reúne informações oriundas do levantamento de dados e de sua respectiva análise, além de ponderações a respeito das análises econômicas feitas. Algumas revisões e reconsiderações são feitas nesta etapa, de modo que o diagnóstico final represente claramente uma alternativa viável para a empresa. Por fim, as propostas de melhoria, que surgiram no decorrer do desenvolvimento do trabalho em si, são elencadas sob a forma de proposta de adequação da empresa. Essa proposta está calcada nos modelos de eficiência energética pesquisados na bibliografia e nas percepções a respeito das peculiaridades da panificadora objeto da pesquisa. Esse compilado de informações é a base do relatório entregue para a empresa no final de toda a pesquisa.

## RESULTADOS

### CONSUMO ENERGÉTICO DA EMPRESA

Ao iniciar os estudos referentes ao consumo energético da empresa é importante ter o conhecimento de qual grupo de tarifação a companhia está inserida. Sendo assim, após análise da conta de energia elétrica, constatou-se a participação no grupo B de tarifação e no subgrupo B1 (tensão inferior a 2,3kV), caracterizado por possuir tarifa monômnia, acrescida de impostos. Logo após, foi necessário conhecer e estimar o consumo energético mensal. Para tal estimativa recorreu-se ao arquivo da empresa, onde foi feito um levantamento do consumo energético mensal através das contas de energia elétrica no período de dois anos, mais precisamente, entre Junho de 2014 a Março de 2016. O consumo neste período está disposto no gráfico 1.



Gráfico

o 1: Consumo energético ao longo dos meses

Ao analisar o gráfico 1, percebe-se uma significativa variação no consumo de energia elétrica ao longo do período analisado. Através de entrevista com os proprietários do estabelecimento obteve-se como justificativa uma reforma nas instalações externas e compra de mais equipamentos, ocorrida em janeiro de 2015, tendo em vista um aumento no número de clientes (participação em licitação) e conseqüentemente da produção. Entretanto, é importante ressaltar que, a partir de janeiro de 2016, os proprietários registraram uma queda no número de vendas, voltando ao número de vendas médias de 2014, mas com um consumo elevado em comparação ao período de 2014, ou seja, aparentemente perdeu-se eficiência (gasto de energia por unidade produzida) ao retornar para níveis de produção anteriores com gasto de energia maior.

Importante lembrar que o foco do trabalho esteve em elaborar um conjunto de medidas visando à redução do consumo de energia, o que evidentemente afeta o valor pago. Mas este varia segundo os impostos, advindo das bandeiras tarifárias e eventuais multas por atrasos no pagamento. O consumo médio mensal registrado no período analisado foi de 7259 kWh. Tal consumo é considerado alto, devido ao porte da padaria, demonstrando a necessidade de racionalizar seu uso para manter a competitividade da empresa.

A empresa utiliza ainda outro insumo energético, especificamente na área produtiva e voltado para a cocção. Trata-se do Gás Liquefeito de Petróleo (GLP), sendo que dois equipamentos o utilizam como insumo, um fogão e um forno da empresa.

## EFICIÊNCIA DOS EQUIPAMENTOS

A análise dos equipamentos foi direcionada aos três sistemas que compõe o maior consumo energético da empresa estudada. A seguir estão dispostas as análises do consumo de cada sistema.

### SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO

Os equipamentos que compõe esse sistema na panificadora em estudo se subdividem na área produtiva e comercial. Na padaria estudada esse sistema possui os seguintes equipamentos: Máquina de gelo, refrigerador vertical, refrigerador horizontal e camara fria. Ao realizar o somatório do consumo energético dos equipamentos que fazem parte do sistema de refrigeração, pode-se estimar que o consumo médio mensal de energia elétrica do sistema é de 2738 kWh o que corresponde a 36,72% do consumo de energia elétrica médio da padaria.

### SISTEMA DE COCÇÃO

O sistema de cocção consiste em equipamentos que transformam outras formas de energia em energia térmica (calor), geralmente com baixa eficiência de conversão, exigindo grande consumo energético para a realização dessas transformações. Na padaria estudada esse sistema possui os seguintes equipamentos: forno elétrico, forno a gás e fogão industrial. Ao realizar o somatório do consumo energético dos equipamentos que fazem parte do sistema de cocção, podemos estimar o consumo médio mensal de energia elétrica do sistema sendo de 3359 kWh, o que corresponde a 46,27% do consumo médio mensal da empresa. Já o gasto de gás GLP ao longo do mês está em aproximadamente 367 kg, resultado considerado alto conforme a literatura.

### **SISTEMA DE ILUMINAÇÃO**

O sistema de iluminação presente na panificadora possui algumas particularidades, uma vez que existe uma grande diferença no grau de iluminação entre os ambientes. Esse fato pode ser explicado pela reforma realizada, onde foi modificada apenas a iluminação do setor comercial e administrativo, enquanto em outras áreas permaneceu a antiga. Além disso, foi encontrado na área comercial uma grande quantidade de interruptores, e um bom aproveitamento da iluminação natural via superfícies envidraçadas. Realizando o levantamento do consumo energético dos equipamentos, podemos estimar que o consumo mensal de energia do sistema é de 539 kWh/mês, correspondendo a 7,43% da média de consumo mensal.

### **ANÁLISE DO DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO**

Seguindo a bibliografia apresentada, e fazendo o levantamento dos sistemas de iluminação, refrigeração e cocção, estima-se que na panificadora em estudo os três sistemas unidos correspondem a 90,42% do consumo médio mensal da empresa. Essas informações embasam a necessidade de uma tomada de medidas visando à diminuição no consumo energético. A seguir estão levantados os principais problemas advindos de cada sistema energético estudado.

### **SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO**

Como informado o sistema de refrigeração da empresa é um dos principais consumidores de energia, correspondendo a uma média mensal de 2738 kWh/mês, o que corresponde a 36,72% do consumo médio mensal de energia. Essa quantidade de energia consumida pode ser reduzida significativamente, pois foram diagnosticados vários problemas nesse sistema, sendo listados a seguir:

- Grande parte dos equipamentos são antigos (necessidade de *retrofit*), e possuem um consumo energético alto em comparação aos novos disponíveis no mercado. Além disso, não existe nenhum tipo de manutenção preventiva periódica em todos os equipamentos do sistema;
- Formação de gelo sobre evaporadores, resultando em um mau aproveitamento da troca de calor nos equipamentos;
- Falta de treinamento dos funcionários tanto na utilização do equipamento, quanto na manutenção preventiva, como por exemplo, na realização de degelo;
- Operação contínua dos equipamentos em potência máxima, sem desligamentos automáticos, o que gera uma utilização máxima do sistema sem necessidade;
- Excesso de poeira nos condensadores/compressores, afetando a qualidade na troca de calor;
- Na área produtiva, os produtos alocados nos equipamentos não são distribuídos uniformemente, o que atrapalha a circulação do ar frio;
- Na área produtiva, existe um desbalanceamento dos produtos dispostos nos congeladores, enquanto o congelador horizontal permanece quase sempre vazio, o vertical está quase sempre cheio de produtos e a câmara fria com espaços vazios;
- Equipamentos sem etiquetagem de eficiência energética nível "A" do PBE/INMETRO. A etiquetagem nível A garante que se tem o que há de mais eficiente em termos de equipamento;
- Utilização da máquina de gelo intermitentemente, o que é desnecessário.

### **SISTEMA DE COCÇÃO**

O sistema de cocção da empresa corresponde ao gargalo energético, uma vez que o mesmo, apenas com energia elétrica, consome em torno de 3359 kWh/mês, correspondendo a 46,27% do consumo médio mensal da empresa, valor acima do estipulado pela ABIP. Além disso, estima-se um gasto mensal de GLP de 367 kg, consumo esse considerado desproporcional mediante o porte da empresa, uma vez que, segundo (SEBRAE & ABIP, 2016) o consumo médio mensal de gás em uma padaria de pequeno porte está gira em torno de 144 kg, bem distante do consumo levantado. Os principais problemas existentes nesse sistema estão listados a seguir:

- Idade dos equipamentos: Apenas um dos três fornos existentes na padaria é relativamente novo. Os outros dois são antigos (mais de 10 anos de uso) e obsoletos, já sendo adquiridos usados. Além disso, o fogão a gás também é antigo;
- Falta de treinamento dos funcionários, levando há um mau manejo do forno, o que gera perda de calor;
- Fornos superdimensionados, projetados para uma produção muito maior que a atual, logo trabalham com grande capacidade ociosa;
- Falta de otimização do uso dos fornos, otimizar a produção apra melhor aproveitamento;
- Por serem fornos antigos, necessitam de um maior tempo de pré-aquecimento;
- Falta de manutenção preventiva, em especial das resistências elétricas;
- Borrachas de isolamento antigas e desgastadas.

### **SISTEMA DE ILUMINAÇÃO**

O sistema de Iluminação da empresa possui atualmente um percentual de consumo abaixo do indicado pela ABIP, 539 kWh/mês, cerca de 7,43% do consumo médio total. Entretanto, como concluímos que a média mensal de consumo da empresa é alta em relação ao seu porte, é necessário aproveitar qualquer margem de redução que possa ser encontrada nesse sistema, apesar de seu impacto menor no cômputo geral. Foram encontrados os problemas seguintes gargalos para esse sistema:

- No setor administrativo temos um nível de iluminância abaixo do previsto nas normas técnicas, dessa forma é preciso aumentar o número de pontos de iluminação e/ou a potência da iluminação. Essa medida não acarreta redução de consumo, mas sim conformidade;
- Na área produtiva, a iluminação natural poderia ser melhor utilizada, visto que grande parte do horário de funcionamento é ao longo do dia. Neste caso é importante aproveitar a iluminação natural;
- Falta de sensores de iluminação em locais com pouca transição: banheiros e estoque;
- Utilização de todas as luminárias sem necessidades em certas horas do dia;
- Falta de uso de luminárias LED, atualmente as mais eficientes disponíveis no mercado.

### **PROPOSTAS DE AÇÃO E RELATÓRIO FINAL**

A seguir estão listadas as propostas de ação contidas no relatório final apresentado a panificadora. Vale ressaltar que as propostas tratam de perspectivas de eficiência energética futura com base nos dados levantados, uma vez que a implementação das propostas de ação apresentadas, assim como seu necessário acompanhamento futuro, ficaram a critério da empresa.

### **SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO**

Como dito anteriormente, o sistema de refrigeração da empresa, é um dos responsáveis pelo grande consumo de energia e precisa de ajustes, em especial para diminuir o elevado consumo de energia e otimizar seu uso na conservação dos produtos. Entre as possíveis soluções para os problemas do atual sistema estão:

- Criar uma escala periódica para manutenção preventiva dos equipamentos, sendo obrigatória a realização de limpeza da poeira nos condensadores/compressores e a realização de degelo.
- Investir no treinamento dos funcionários para utilização correta dos equipamentos do sistema, reconhecer os principais componentes dos equipamentos e de como realizar a manutenção preventiva.

- Com um termostato, estabelecer uma temperatura padrão de conservação dos produtos e matéria prima, estabelecendo um padrão de potência de congelamento, evitando assim a utilização do grau máximo de potência dos freezers.
- Instalar cortinas plásticas (PVC) ou cortinas de ar na porta da câmara fria.
- Balancear a área produtiva, alocando os produtos entre o freezer vertical e a câmara fria, retirando de utilização o freezer horizontal, que geralmente fica vazio, e aumentar o espaço entre os produtos, permitindo a circulação do ar frio.

Na área expositiva os equipamentos de refrigeração são novos e possuem tecnologia com maior grau de eficiência, como degelo automático. Entretanto na área produtiva, os freezers e a câmara fria são bastante antigos. Logo uma solução mais severa para a diminuição do consumo de energia seria substituir a câmara fria por uma maior, que tenha o mesmo volume agregado dos três equipamentos de refrigeração atuais, ou seja, é necessário o fim da utilização dos freezers na área produtiva. Ademais, é essencial a substituição da máquina de gelo por outra de menor consumo energético disponível no mercado. Os novos equipamentos sugeridos estão dispostos na tabela 1.

Tabela 1: Equipamentos sugeridos para o sistema de refrigeração

Equipamentos	Quantidade	Consumo (kWh)
Máquina de Gelo	1	134
Câmara Fria (14950 L)	1	698

As dimensões da nova câmara fria proposta são 2,50 x 2,30 x 2,60 m, num volume total de 14050 litros. Esse espaço está disponível na empresa em estudo, já a máquina de gelo possui dimensões semelhantes a máquina atual, mas com potência mais baixa. Caso haja a substituição dos equipamentos do sistema de refrigeração conforme citado anteriormente, estima-se que o consumo de energia seria de 1589 kWh/mês, uma redução de 41,96% do consumo atual de energia elétrica do sistema, o que equivale a 21,89% do consumo médio mensal da empresa.

## SISTEMA DE COCÇÃO

Segundo a análise feita, o sistema de cocção da empresa é o principal consumidor de energia elétrica da empresa, em termos percentuais, cerca de 46,27% do consumo médio mensal da empresa advém deste sistema, além do grande consumo de gás GLP. Uma possível redução do consumo energético da empresa está atrelado a implementação das sugestões expostas a seguir:

- Como existem equipamentos mal dimensionados, é necessário planejar a produção para utilizar o máximo da capacidade do equipamento em cada fornada, pois o espaço ocioso na câmara de cocção não resulta em menor tempo de cozimento da fornada e nem na redução do consumo de energia. É preciso planejar a produção de modo que os produtos de confeitaria possam ser fornecidos no período de aquecimento, antes das fornadas de pães salgados.
- Realizar manutenção preventiva, tanto do sistema de isolamento térmico, quanto das resistências elétricas dos fornos, verificando o seu funcionamento a cada seis meses ou menos. Pois, em uma fornada de 18 minutos, aproximadamente 13 minutos ocorrem o aquecimento advindo das resistências elétricas ligadas e apenas nos minutos restantes o fim do processo de cocção é feito pela inércia térmica. Logo o isolamento térmico é imprescindível para o melhor aproveitamento do calor gerado pelas resistências do equipamento, e o correto funcionamento proporciona um aquecimento homogêneo, assegurando a melhor qualidade no produto e evitando retrabalho ou perda do produto.
- Realizar cursos de boas práticas de utilização dos fornos aos funcionários, repassando os procedimentos para melhor uso dos fornos, checagem dos equipamentos e identificação de alguma falha.

Neste sistema também é sugerida a troca dos equipamentos, com exceção do forno turbo elétrico que possui um consumo dentro do especificado pelo INMETRO através da portaria 446 e do forno industrial, este por apresentar um baixo consumo. Os novos equipamentos propostos estão dispostos na tabela 2.

Tabela 2: Equipamentos sugeridos para o sistema de cocção

Setor	Equipamentos	Quant.	Consumo (kWh)	Consumo Médio de Gás GLP Mensal (kg)
Produção	Forno a Gás Turbo	1	35	173
	Forno Elétrico a Lastro	1	1440	-

Caso haja a substituição dos equipamentos do sistema de cocção, estima-se que o consumo de energia seria de 1666 kWh/mês, uma redução de 50,40% do consumo atual de energia elétrica do sistema, o que equivale a 23,32% do consumo médio mensal. A respeito do consumo de gás GLP a substituição geraria uma redução de 21% do consumo médio mensal da empresa.

### SISTEMA DE ILUMINAÇÃO

O sistema de iluminação da empresa, em comparativo aos demais, é o que possui as menores problemáticas do ponto de vista de eficiência. Entretanto o mesmo necessita de ajustes, principalmente no que tange as oportunidades disponíveis no mercado. Embora a carga de iluminação seja menor que nos outros dois sistemas, é vantajoso aproveitar a tecnologia disponível no mercado, o custo das mesmas e o replaneamento do sistemas de iluminação. A seguir estão sugeridas as soluções para os problemas atuais do sistema.

- Para aumentar a utilização da iluminação natural da empresa na área produtiva, é necessário implementar prateleiras (bandejas de luz) nas janelas superiores, para refletir a luz natural para a laje de cor branca, aumentando o alcance da iluminação.
- Tanto nos banheiros dos funcionários, quanto nos banheiros dos clientes e nos estoques, é necessário utilizar sensores de presença para ativar as lâmpadas, evitando que funcionários e clientes deixem a luz acionada ao sair dos recintos.
- Boas práticas de utilização, realizando limpeza quando necessário e evitando o mau uso dos equipamentos de iluminação, que muitas vezes é acionado em momentos desnecessários.
- Por fim, após falha das lâmpadas fluorescentes que estão sendo utilizadas, fazer substituição gradativa por luminárias LED, que possuem nível de iluminância compatível, mas com um potência menor e uma maior durabilidade. As substituições seguem a tabela 3:

Tabela 3: Luminárias indicadas para a substituição por setor da empresa

Setor	Luminárias	Quant.	Funcionamento Diário (horas)	Consumo (kWh)
Produção	Luminária LED (40 W)	4	12	50
Estoque	Luminária LED Tubular (15W)	2	1	1
Comercial	Luminária LED Tubular (10W)	16	14	58

	Luminária LED (5W)	68	14	124
Administração	Luminária LED (15W)	2	4	3
Banheiro	Lâmpada LED (5W)	4	1	1

Caso haja a substituição dos equipamentos do sistema de iluminação, estima-se que o consumo de energia seria de 237 kWh/mês, uma redução de 44,82% do consumo atual de energia elétrica do sistema, o que equivale a 3,61% do consumo médio mensal da empresa.

## ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA DE TROCA DOS EQUIPAMENTOS

Uma das propostas realizadas para alcançar a eficiência energética na empresa estudada está na substituição dos equipamentos atuais que compõem os três sistemas (refrigeração, iluminação e cocção). Portanto, foram realizados orçamentos dos equipamentos em três estabelecimentos diferentes e com os valores encontrados nas cotações foi estipulado o preço médio por sistema, como estão dispostos nas tabelas 4, 5 e 6.

### Sistema de Refrigeração

Tabela 4: Preço médio dos equipamentos de refrigeração propostos para a troca

Setor	Equipamentos	Preço Médio (R\$)	Quant.	Preço Final (R\$)
Produção	Máquina de Gelo	5.500,00	1	5.500,00
	Câmara fria (14950L)	14,665,00	1	14.665,00
Total			2	20.165,00

### Sistema de Cocção

Tabela 5: Preço médio dos equipamentos de cocção propostos para a substituição

Setor	Equipamentos	Preço Médio (R\$)	Quant.	Preço Final (R\$)
Produção	Forno a Gás Turbo	4.862,00	1	4.862,00
	Forno Elétrico a Lastro	23.500,00	1	23.500,00
Total			2	28.362,00

### Sistema de Iluminação

Tabela 6: Preço médio dos equipamentos de iluminação propostos para a substituição

Setor	Equipamentos	Preço Médio (R\$)	Quant.	Preço Final (R\$)
Produção	Luminária LED (40 W)	101,6	4	406,4
Estoque	Luminária LED Tubular (15W)	28,34	2	56,68
Comercial	Luminária LED Tubular (10W)	20,22	16	323,52
	Luminária LED (5W)	10,80	68	734,40
Administrativo	Luminária LED (15W)	9,90	2	19,80
Banheiro	Luminária LED (5W)	10,80	4	43,20
Total			96	1584,00

Como o investimento total possui o valor aproximado de R\$ 50.111,00, considerado significativo para o porte da empresa, procedeu-se a análise econômica para identificar a viabilidade do investimento é viável, ou seja, se dará um retorno compensatório para empresa.

Investir o montante estimado nos equipamentos selecionados resultaria na diminuição do consumo anual de energia de 37.248 kWh e de 924 kg de gás GLP. Isto é, para o consumo de energia elétrica foi estimado uma tarifa média acrescida de impostos de R\$ 0,7333 por kWh, encontrando um retorno anual de R\$ 27.314,00. Para o consumo de gás GLP foi estimado um valor de R\$ 4,23 por kg, gerando um retorno anual de R\$ 3.909,00. Totalizando um retorno anual total de R\$ 31.223,00.

Estimando via payback, em aproximadamente 19 meses ou 1,61 anos o investimento seria ressarcido. Como o payback possui falhas, foi estimado o Valor Presente Líquido (VPL) e a Taxa Interna de Retorno (TIR) para esse investimento, considerando um período de três anos e com uma taxa de juros de 7% ao ano (inflação brasileira), foi encontrado o valor do VPL de R\$ 31.828,00 e do TIR de 39,21%. Portanto as ferramentas financeiras comprovam que o investimento traria um retorno viável para a empresa. Além disso, estima-se que se o valor alocado para o investimento fosse para alguma aplicação financeira que rendesse 10% ao ano, no período de três anos os investidores receberiam um valor de R\$ 16.587,00, inferior ou valor do VPL estimado. Não foi detectada linhas de financiamento para empresas com vistas a melhoria de sua eficiência energética, o que ocorre em algumas concessionárias é um plano de apoio destas ações, mas com toda certeza é desejável uma política pública nesse sentido.

### CONCLUSÕES

O presente estudo de caso mostrou a importância de uma auditoria energética como uma ferramenta de conservação de energia, independente do porte da empresa em questão. Uma vez que a eficiência energética é um fator importante para a manutenção da competitividade de qualquer estabelecimento, permitindo a continuidade ou ampliação da produção

com menor demanda de energia. Além disso, o momento de instabilidade econômica nacional e tarifação energética em alta deu maior relevância ao estudo e gerou maior aceitação dos responsáveis pela empresa objeto do trabalho.

O presente trabalho cumpriu o seu objetivo principal, isto é, desenvolver uma auditoria energética, propondo medidas e simulando cenários para a redução do consumo energético em uma empresa de panificação. Além disso, este trabalho serviu como um aprendizado ímpar que agregou significativamente os conhecimentos adquiridos no decorrer do curso de graduação em Engenharia de Produção, concluído pelo primeiro autor.

No sistema de refrigeração, no setor comercial, os equipamentos estão dentro do que está disponível no mercado, são novos e eficientes, portanto a eficiência energética nesse setor se dá apenas na manutenção preventiva e na fomentação de boas práticas de utilização junto aos funcionários da empresa. Já no setor produtivo, para alcançar a eficiência energética é indispensável à substituição dos equipamentos atuais por uma câmara fria de maior porte que possui consumo mais baixo, como a sugerida pelo trabalho, atrelado às boas práticas de utilização e manutenção.

No sistema de cocção da empresa, o fogão industrial está conforme e não necessita ser alterado. Visando a eficiência energética os fornos estão superdimensionados, levando a um aproveitamento ineficiente por fornada. A substituição destes equipamentos, com exceção do forno turbo elétrico, é indispensável, uma vez que esses fornos são o grande "gargalo" energético desse setor e conseqüentemente da empresa. Além disso, as manutenções preventivas, mínimo duas ao ano, planejamento da produção e as boas práticas de uso pelos funcionários se fazem necessários para que a eventual troca gere o ganho de eficiência esperado.

No sistema de iluminação, para que ocorra maior eficiência energética o único caminho é a troca gradativa dos equipamentos de iluminação atual (luminárias fluorescentes) para luminárias LED (tecnologia atual mais eficiente e que se encontra economicamente acessível). Como o sistema atual já é satisfatoriamente eficiente, a troca gradativa refere-se a substituição mediante fim da vida útil de cada luminária.

Com os equipamentos sugeridos para substituição, foi levado em consideração à média de custo dos equipamentos novos, nessa perspectiva, estima-se um montante de investimento de R\$ 50.111,00, sendo considerado que os equipamentos antigos não serão comercializados ou utilizados como reserva, ou seja, fica a critério da empresa sua venda ou descarte. Tal investimento gerará uma economia de 37.248 kWh/ano e de 924 kg de gás GLP, totalizando um retorno anual total de R\$ 31.223,00. Realizando a análise deste investimento, conclui-se que o mesmo é viável nas três ferramentas de análise utilizada, uma vez que o payback será aproximadamente de 19 meses, e no período de três anos temos um VPL de R\$ 31.828,00 e do TIR de 39,21%.

Após ter sido feito um estudo das tarifas de energia elétrica do local, levantando o seu consumo médio mensal da empresa e a sua forma de tarifação a única observação disponível é sobre a prevenção de multas e uso racionalizado da energia em períodos de bandeira de tarifação amarela e/ou vermelha. Foi verificado que mesmo após as reformas de 2015 a rede elétrica não foi alterada e se encontra antiga e sem manutenção, assim faz-se necessário uma manutenção corretiva (troca de alguns componentes) e a implantação de planejamento de manutenção preventiva nesse sistema, evitando riscos de acidentes no trabalho, problemas de falta de distribuição de energia para o estabelecimento e também o aumento da qualidade da energia consumida.

Após ter sido entregue o relatório final da auditoria energética realizada, os responsáveis pela empresa enxergaram de modo positivo a aplicação das medidas indicadas, entretanto afirmaram também que iriam analisar a proposta e averiguar os impactos de sua implementação futura, sobretudo em razão do retrofit. Até o fim da produção deste artigo não houve resposta sobre a aplicação das medidas assinaladas no relatório final por parte dos donos da empresa.

Tendo em vista a relevância do tema abordado no presente trabalho, a grande quantidade de padarias presentes na cidade de Governador Valadares e seu alto consumo energético, como provado durante a pesquisa, vislumbra-se como trabalho futuro a realização de uma possível parceria entre o IFMG – *campus* Governador Valadares e o Sindicato das Indústrias de Panificação e Confeitaria de Governador Valadares. Tal parceria poderia fomentar programa de estágio aos alunos do curso de Engenharia de Produção do IFMG, com conseqüente auditoria energética e controle de produção para as panificadoras atendidas. A expectativa é colaborar para o campo da eficiência energética e sustentabilidade, chamando a atenção para os gargalos de ineficiência ainda existentes no setor da panificação.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABESCO. **Desperdício de energia gera perdas de R\$ 12,6 bilhões.** 2015. Disponível em: <<http://www.abesco.com.br/pt/novidade/desperdicio-de-energia-gera-perdas-de-r-126-bilhoes/>>. Acesso em: 8 jul. 2016.
2. AABIP; SEBRAE. 2009. **Consumo Energético na Panificação, Biscoitos e Confeitaria.** Disponível em: <[http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS\\_CHRONUS/bds/bds.nsf/B91EC588FA2CBA3A832576A10067098C/\\$File/NT00042FC6.pdf](http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/B91EC588FA2CBA3A832576A10067098C/$File/NT00042FC6.pdf)>. Acesso em: 15 jul. 2016
3. ABNT. **Pela eficiência das padarias.** 2011. Disponível em: <<http://abnt.org.br/paginampe/biblioteca/files/upload/anexos/pdf/78994893edc9fdb95f422d2faea837f8.pdf>>. Acesso em: 1 ago. 2016.
4. ANEEL. **Tarifas residenciais.** 2016. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/>>. Acesso em: 8 ago. 2016.
5. BARROS, B. F.; BORELLI, Reinaldo; GEBRA, L. R. **Gerenciamento de energia.** 2. ed. São Paulo: Érica, 2016.
6. BRASIL, Lei No. 10.295, de 17 de outubro de 2001. **Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia e dá outras providências, Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 2001.**
7. BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Anuário estatístico de energia elétrica.** 2014. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/>>. Acesso em: 7 ago. 2016.
8. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balanco energético nacional 2013.** Rio de Janeiro, 2013.
9. PROCEL INFO – Centro Brasileiro de Informação de Eficiência Energética. **Dicas de Economia de Energia.** 2006. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View=%7BE6BC2A5F-E787-48AF-B485-439862B17000%7D>>. Acesso em: 19 set. 2016.
10. VIANA, N. A. et al. **Eficiência Energética Fundamentos e Aplicações. 1a.ed. Campinas, SP: PEE-Programa de Eficiência Energética ANEEL, 2012**