

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA MECÂNICA
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA

MAYCON MEIER DOS SANTOS

**METODOLOGIA ESTRUTURADA DE GESTÃO ENERGÉTICA APLICADA À INDÚSTRIA
FRIGORÍFICA AVÍCOLA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PATO BRANCO

2017

MAYCON MEIER DOS SANTOS

**METODOLOGIA ESTRUTURADA DE GESTÃO ENERGÉTICA
APLICADA À INDÚSTRIA FRIGORÍFICA AVÍCOLA**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do Curso de Engenharia Mecânica da Coordenação de Engenharia Mecânica – COEME – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Câmpus Pato Branco, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro.

Orientadora: Prof. Dr. Jean-Marc Stephane Lafay.

PATO BRANCO

2017

FOLHA DE APROVAÇÃO

Metodologia Estruturada de Gestão Energética Aplicada à Indústria Frigorífica Avícola

Maycon Meier dos Santos

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado no dia 16/11/2017 como requisito parcial para a obtenção do Título de Engenheiro Mecânico, do curso de Engenharia Mecânica do Departamento Acadêmico de Mecânica (DAMEC) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Câmpus Pato Branco (UTFPR-PB). O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora julgou o trabalho **APROVADO**.

Prof. Dr. Adelino Carlos Maccarini
(UTFPR)

Prof. MsC. Paulo Cezar Adamczuk
(UTFPR)

Profa. Dr. Jean-Marc Stephane Lafay
(UTFPR)
Orientador

Prof. Dr. Bruno Bellini Medeiros
Responsável pelo TCC do Curso de Eng. Mecânica

A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso de Engenharia Mecânica

À minha mãe, Marlei Meier, meu alicerce
em todas as etapas de minha vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Universidade Tecnológica Federal do Paraná, por todas as oportunidades de desenvolvimento oferecidas. Também, à todos os professores que durante minha graduação compartilharam de seus conhecimentos, em especial aos professores do Departamento de Engenharia Mecânica.

Ao professor Jean-Marc Stephane Lafay, por toda a orientação, não apenas na realização deste trabalho, mas em toda a minha jornada acadêmica.

Ao profissional Claudiomiro de Pauli, analista de gestão energética, cujas orientações e direcionamentos foram essenciais para o desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço aos meus grandes amigos, Bruno Manoel Dobrovolski, Luiz Eduardo Pereira, Guilherme Steimbach Cavalli e Eduardo Bortolini, que estiveram comigo durante os anos da faculdade e compartilharam das alegrias e das dificuldades.

“We are really aggressive about energy management. The less electricity you have to use, the less you have to generate. Renewable energy is great, but if you don’t even have to use that, that’s better.”

(Luke Cartin)

RESUMO

MEIER, M. Metodologia Estruturada de Gestão Energética na Indústria Frigorífica Avícola. 2017. 58 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2017.

Este trabalho apresenta um estudo de caso sobre a gestão energética de uma indústria de grande porte do setor frigorífico. A abordagem inicial se deu pela realização de um levantamento bibliográfico acerca do cenário energético brasileiro. Esse estudo mostrou a indústria como o maior setor consumidor de recursos energéticos no país, e apontou para um baixo percentual de atendimento as normas da ISO 50001 por parte das empresas brasileiras. O estudo de caso foi desenvolvido dentro de um abatedouro de aves de alta escala, onde foi realizada uma avaliação da estrutura energética da empresa com base nas dimensões de gestão energética. Foram identificadas oportunidades de melhorias no sistema de controle de distribuição de energia elétrica e de vapor, cujo sistema de distribuição apresenta poucos pontos de medição de consumo. O estudo avaliou a situação de consumo dos grandes setores da empresa, e propôs uma nova escala de distribuição de custos. Também foi elaborada uma proposta de melhoria no sistema de controle, através de investimento em medidores e em um sistema supervisório.

Palavras-chave: Gestão de Energia. Frigorífico. Controle Energético. Indicadores de Energia. ISO 50.001.

ABSTRACT

MEIER, M. Structured Methodology of Energy Management in a Slaughterhouse. 2017. 58 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2017.

This paper presents a case study over the energy management of a large company in the poultry industry. The initial approach was to carry a bibliographical review of the Brazilian energy scenario. This study showed the industry as the largest consumer of energy resources in the country, and pointed to a low percentage of the companies have the ISO 50001 standards. The case study was developed within a high-scale poultry slaughterhouse, where an evaluation of the company's energy structure was carried out based on the energy management dimensions. Opportunities for improvement were identified in the electricity and steam distribution control system, whose distribution system has few points of consumption measurement. The study evaluated the situation of consumption of the large sectors of the company, and a new scale of distribution of costs was proposed. A proposal for improvement on the control system was also developed, through investment in measuring equipment and in a supervision system.

Keywords: Energy Management. Slaughterhouse. Energy Control. Energy Indicators. ISO 50,001.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 - Ciclo PDCA de Gestão de Energia | 17 |
| Figura 2 - Fluxograma de Integração da Gestão de Energia | 19 |
| Figura 3 - Maiores produtores de carne de frango | 20 |
| Figura 4 - Produção de Carne de Frango no Brasil | 20 |
| Figura 5 - Produção e Consumo de Energia no Brasil | 21 |
| Figura 6 - Produção de Carne de Frango por Estado | 22 |
| Figura 7 – Esquema Sistema de Refrigeração..... | 24 |
| Figura 8 – Diagrama Causa Efeito de Ineficiência de Sistemas de Refrigeração | 24 |
| Figura 9 - Métodos de medição de vazão | 32 |
| Figura 10 – Planta Industrial..... | 36 |
| Figura 11 - Medidor de Vazão Vectus | 40 |
| Figura 12 - Fluxograma Energia Elétrica | 43 |
| Figura 13 – Fluxograma Sistema de Distribuição de Vapor | 44 |
| Figura 14 - Levantamento de Máquinas e Equipamentos | 45 |
| Figura 15 - Consumo de Vapor | 48 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1 - Regulamentações Oficiais..... | 26 |
| Tabela 2 - Rateio de Energia Elétrica..... | 38 |
| Tabela 3 - Rateio de Vapor | 38 |
| Tabela 4 - Distribuição de Potência..... | 46 |
| Tabela 5 - Tubulação Sistema de Vapor | 47 |
| Tabela 6 - Rateio de Vapor | 47 |
| Tabela 7 –Orçamento Medidor Elétrico..... | 49 |
| Tabela 8 - Orçamento Medidores de Vapor | 50 |

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO | 11 |
| 1.1 JUSTIFICATIVA | 12 |
| 1.2 OBJETIVO GERAL | 13 |
| 1.3 OBJETIVO ESPECIFICO | 14 |
| 1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO | 14 |
| 2 REVISÃO BIBLIOGRAFICA | 15 |
| 2.1 ENERGIA | 15 |
| 2.2 GESTÃO DA ENERGIA | 17 |
| 2.3 INDÚSTRIA | 19 |
| 2.4 POLITICA ENERGÉTICA | 24 |
| 2.5 INDICADORES ENERGÉTICOS | 27 |
| 2.6 SISTEMAS DE CONTROLE | 30 |
| 2.6.1 SISTEMAS ELÉTRICOS | 30 |
| 2.6.2 SISTEMAS A VAPOR | 32 |
| 3 METODOLOGIA | 35 |
| 3.1 ESTUDO DE CASO | 35 |
| 4 RESULTADOS | 41 |
| 4.1 LEVANTAMENTO DA ESTRUTURA DA UNIDADE | 42 |
| 4.2 AVALIAÇÃO DO RATEIO | 45 |
| 4.3 PROPOSTA DE MELHORIA DE CONTROLE | 48 |
| 5 CONCLUSÕES | 51 |
| REFERÊNCIAS | 53 |
| ANEXO A | 57 |

1 INTRODUÇÃO

Sustentar as elevadas demandas energéticas da sociedade moderna é um desafio crescente. A partir do desenvolvimento da civilização, a utilização de energia evoluiu do simples manuseio do fogo para o preparo de alimentos e iluminação noturna e, posteriormente, para utilização de mecanismos mecânicos complexos, como motores a vapor e de combustão interna. Essa evolução levou o consumo de energia por indivíduo aumentar de 3000 kcal consumidos pelo homem primitivo, para 250.000 kcal consumido pelo homem moderno (Farias; Sellitto, 2011). A elevada demanda por energia vai de encontro com as delimitações para a geração de energia, tornando necessária a realização de gestão dos recursos energéticos, devido às limitações ambientais e econômicas.

A energia se torna nociva ao ambiente devido as emissões de gases, tanto em sua produção, como em seu consumo. Embora existam processos de produção de energia considerados limpos, todos os métodos de geração são de alguma forma nocivos ao ambiente. Como um reflexo dos danos ambientais, a crescente necessidade de energia pode causar danos ao planeta que oferece risco a existência humana na terra. De acordo com Gomes et al (2011), a interferência humana já causou efeitos irreversíveis sobre a condição climática do planeta, que está em processo de aquecimento.

A partir da década de 70, a preocupação com as condições ambientais do planeta ganhou foco e o tema aquecimento global ganhou força na comunidade científica. Assim, eficiência energética se tornou uma grande frente de trabalho das nações, e existem hoje acordos, como o Tratado de Kyoto de 1997, e, mais recentemente, o Tratado de Paris, que impõem medidas rígidas quanto a emissão de gases poluentes, medida que tem reflexo direto sobre a utilização de fontes energéticas (Sarkar; Singh, 2010).

No Brasil, o incentivo ao desenvolvimento de novas tecnologias quanto à eficiência energética se deu diante das crises energéticas que ocorreram, em especial, as crises do petróleo no início e no final da década de 70. A partir destas crises diversos programas como o CONSERVE foram instituídos visando uma diminuição do consumo energético industrial. De acordo com Strapasson (2004) foi

nessa época em que foram implantadas as primeiras políticas de eficiência que deram um rumo à estabilidade energética do país.

A energia é ainda um fator crítico para a economia, visto que seu consumo está diretamente ligado a competitividade de grandes empresas por ter impactos relevantes nos custos. No Brasil, o programa de Etiquetagem entra como mais um agravante competitivo, visto que os consumidores finais podem buscar produtos de acordo com suas fichas de avaliação de consumo, podendo se tornar um fator de alta influência sobre os índices de venda de empresas (CARLO et al, 2010).

Atualmente existe um contrabalanço entre políticas de controle de emissões e o desenvolvimento tecnológico e industrial, visto que ambos possuem elevada importância e devem caminhar juntos para manter o equilíbrio. Diante deste cenário o desenvolvimento da eficiência energética passa a se dividir em algumas frentes, tais como o desenvolvimento de equipamentos mais eficientes, a de utilização de energias renováveis, e o desenvolvimento de uma gestão dos recursos e equipamentos já existentes na indústria. A frente da gestão da energia possui uma enorme relevância no âmbito de companhias mais antigas que não possuem condições de alterar todos os seus equipamentos para produtos mais novos e com maior eficiência, é possível então realizar a gestão dos maquinários já existentes de modo a aumentar a eficiência. Para Cartin (2012), a gestão da energia apresenta ainda uma vantagem sobre o uso de energias renováveis, visto que esta diminui a demanda de energia elétrica, diminuindo sua demanda de produção.

Desta forma, este trabalho buscou encontrar oportunidades de melhoria dentro da área de gestão energética através da realização de um levantamento bibliográfico e da realização de um estudo de caso em uma empresa do ramo frigorífico. Embora a empresa estudada seja de grande porte e já possua uma alta estrutura de gestão de seus recursos energéticos, foram encontradas oportunidades significativas de melhorias.

1.1 JUSTIFICATIVA

A motivação para a realização deste trabalho se dá sobre os pilares econômicos e ambientais. No âmbito econômico, a otimização energética em grandes

plantas frigoríficas tem potencial para aumentar de maneira expressiva a lucratividade desse setor industrial. Esse aumento tem influência direta sobre a competitividade da indústria no cenário global (MORAIS et al, 2015). No âmbito ambiental, a preocupação com o aquecimento global tem levado a geração de diversos programas, como o Plano Nacional de Eficiência Energética, que aumentam a cobrança para que as companhias se adequem a normas internacionais, como a ISO 50.001.

Os desperdícios vinculados a uma ineficiente gestão energética na indústria frigorífica causam impactos na competitividade das companhias. Desta forma faz-se necessário padronizar os procedimentos referentes a gestão energética na indústria frigorífica, de modo a garantir a resolução de problemas vinculados ao desperdício, buscando adequar as normas e objetivos referentes a melhoria energética e atender as necessidades econômicas, ambientais, tecnológicas e sociais.

Com este foco, o presente trabalho apresenta um levantamento bibliográfico quanto à gestão energética e a indústria brasileira. Também, apresenta um estudo de caso em uma empresa frigorífica, onde foram avaliadas as condições de gerenciamento de energia, com foco em energia térmica (vapor) e energia elétrica. Os dados levantados apontaram para oportunidades de melhoria dos sistemas de controle atualmente utilizados pela empresa estudada.

1.2 OBJETIVO GERAL

O objetivo deste trabalho é desenvolver uma metodologia estruturada de apoio a implantação e gerenciamento dos processos energéticos em frigoríficos do ramo avícola, de modo a atender padrões econômicos, ambientais e tecnológicos, previstos pela NBR ISO 50.001 e satisfazer as necessidades competitivas da indústria.

1.3 OBJETIVO ESPECÍFICO

- Realizar um levantamento bibliográfico quanto à gestão energética;
- Levantar os principais equipamentos de medição de energia.
- Realizar um estudo de caso em uma planta frigorífica caracterizando o histórico de consumo;
- Elencar os modelos e métodos de gestão já implementados na indústria;
- Desenvolver proposta de melhoria aos controles existentes.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

O Capítulo 1 apresenta uma breve introdução ao tema junto à justificativa e objetivos deste trabalho. O Capítulo 2 traz um levantamento bibliográfico acerca da energia e da gestão energética. A metodologia utilizada para o desenvolvimento do estudo de caso está apresentada no Capítulo 3. O Capítulo 4 elenca os resultados obtidos. As conclusões e considerações finais estão apresentadas no Capítulo 5.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 ENERGIA

Devido à grande competitividade a nível global, a redução de custos torna-se um elemento essencial para a sobrevivência no mercado. Desta forma a busca por eficiência energética é um elemento chave para o aumento da competitividade da indústria do país. De acordo com o balanço energético nacional, o setor industrial brasileiro foi responsável por 32,5% de toda a energia consumida no Brasil em 2015, sendo o este o setor com maior consumo Brazilian Energy Research Company (EPE) (2016).

Eficiência energética é um tema que passou a ser amplamente discutido a partir da Revolução Industrial, quando o consumo de energia passou a aumentar exponencialmente (TESSMER, 2002). Existem diversas definições para o termo, sendo que Sarkar e Singh (2010) definem eficiência energética como a utilização de tecnologias operacionais com o objetivo de produzir os mesmos resultados finais com menores consumos energéticos.

Para Patterson (1996), a definição deve ser observada de maneira mais detalhada. Segundo o autor, ao analisar a eficiência energética não se deve avaliar apenas a razão entre a energia de saída e a energia de entrada de uma determinada operação. Para melhor quantificar a eficiência, Patterson elenca quatro fatores a serem observados, que são os indicadores termodinâmicos, os indicadores físicos, os indicadores econômicos-termodinâmicos, e, por fim, os indicadores econômicos. Os indicadores termodinâmicos se referem a definição mais comum, que é a razão entre as energias e trabalho de entrada e saída dos sistemas. Os indicadores físicos se referem a uma abordagem mais cotidiana onde se utilizam o resultado físico final para avaliar o consumo de energia, como a distância final percorrida por um veículo ao invés do consumo final de combustível (energia). Os indicadores econômicos termodinâmicos são índices mistos, onde os valores de saída são avaliados em unidades monetárias, enquanto os valores de entrada são tomados em unidades termodinâmicas. Por fim, os indicadores econômicos consideram apenas os valores monetários de entrada e saída dos sistemas para avaliarem sua eficiência.

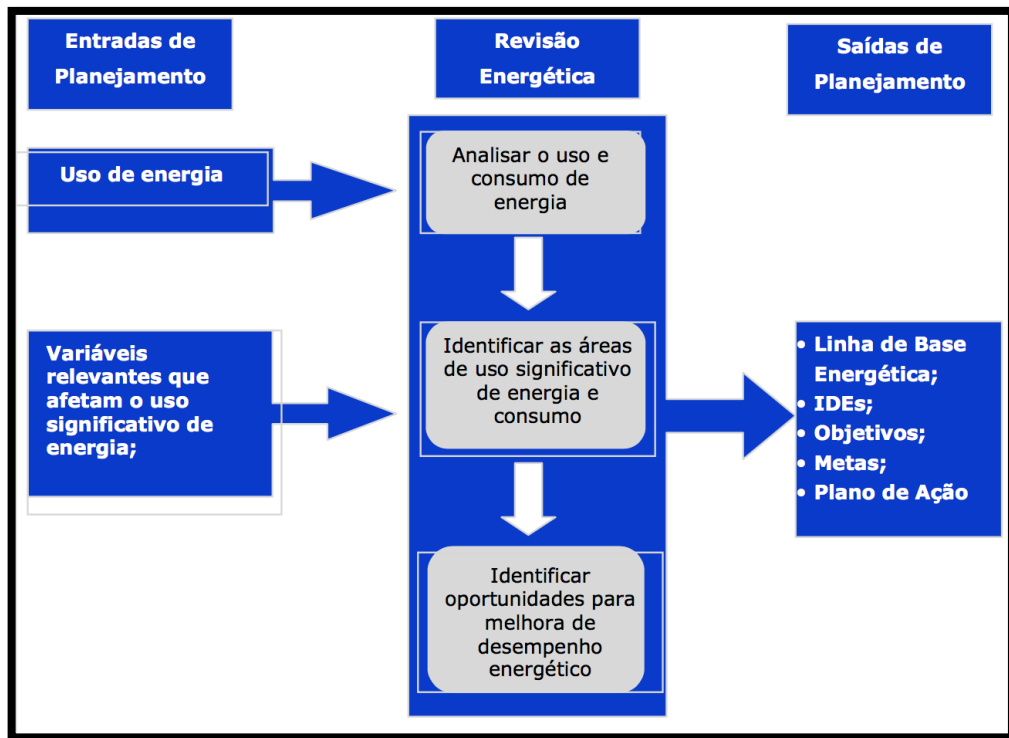
Devido a sua relevância em diversos aspectos e da dificuldade em desenvolver meios de geração de energia que supram as crescentes demandas, a gestão da energia vem recebendo grande foco nos últimos anos. Visando habilitar companhias a melhorar seu desempenho energético, a *International Organization for Standardization* (ISO), criou em 2011 a norma ISO 50.001 – *Energy Management Systems*. A adequação a essa norma é justificada por diversos benefícios que podem ser obtidos, como a eliminação de desperdícios, minimização dos riscos para futuras operações, redução na produção de carbono, economia devido a diminuição do consumo de energia (ABNT, 2011).

Para Morais (2015), a norma traz ainda outros benefícios, como o fornecimento de uma estrutura que possibilita a eficiência energética ao longo de toda a cadeia de produção, além de promover uma integração entre os demais sistemas de gestão da empresa, de modo a criar uma maior transparência, facilitando a comunicação das gestões individuais de energia, saúde, segurança e meio ambiente, incluindo projetos de emissão de gases do efeito estufa.

A NBR ISO 50.001 propõe uma gestão energética utilizando a metodologia de Plan-Do-Check-Act (PDCA). Essa metodologia é utilizada por grandes organizações como uma forma de solução de problemas de alta complexidade. A Figura 1, ilustra o ciclo PDCA e, a seguir, são detalhadas cada etapa do procedimento Gopalakrishnan et al. (2014).

- Plan (Planejar): Consiste em identificar a atual situação energética da empresa, fazendo um levantamento dos problemas e elaborando metas a serem atingidas. Posteriormente, elaboram-se soluções para os problemas encontrados, e cria-se um plano de ação;
- Do (Fazer): Implantar o plano de ação elaborado na primeira etapa;
- Check (Checar): Comparar os resultados obtidos com os resultados planejados.
- Act (Agir): Tomar ações para que os resultados positivos continuem sendo obtidos, bem como ações que continuem a melhorar o sistema energético.

Figura 1 - Ciclo PDCA de Gestão de Energia



Fonte: NBR ISO 50.001

2.2 GESTÃO DA ENERGIA

Embora a área de gestão da energia seja um tópico em crescente estudo, ainda não existem padrões bem definidos quanto a sua utilização. Visando solucionar essa lacuna, Schulze et al (2016) realizou uma análise sistemática da literatura no âmbito da gestão energética. Através da análise realizada, uma definição mais centrada de gestão foi elaborada. Para o autor, “Gestão de energia compreende as atividades sistemáticas, procedimentos e rotinas dentro de uma companhia, incluindo os elementos de estratégia, operação, controle, organização e cultura, envolvendo tanto a produção quanto as áreas de suporte, visando a redução contínua do consumo de energia e seus custos”.

O levantamento bibliográfico levou a classificação da gestão em cinco dimensões chave para o desenvolvimento da gestão, que são estratégia e planejamento, implementação e operação, controle, organização e cultura. A dimensão de estratégia e planejamento compõe os elementos de controle que são

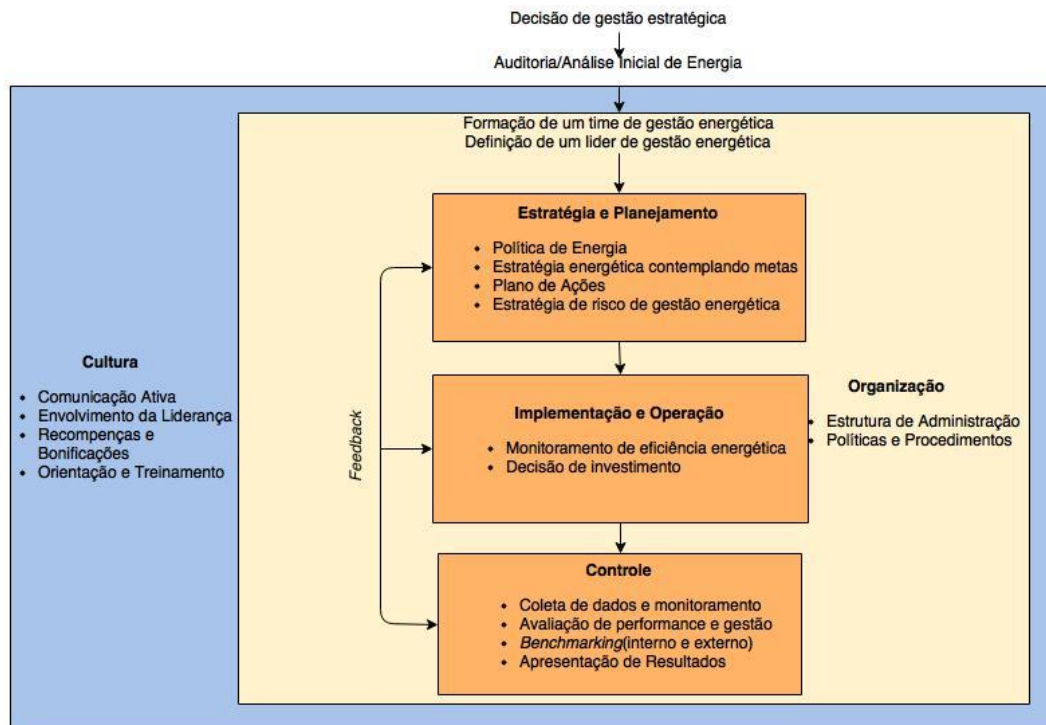
formalmente descritos, relacionado às políticas de energia da empresa, o planejamento da energia e a administração estratégica. Schulze ressalta que as políticas de energia devem ser formalmente escritas e ser de conhecimento de todos os níveis hierárquicos. O planejamento da energia deve seguir o modelo SMART, que possibilite a especificação, medição apropriada e realística com controle por período. Além disso, a companhia deve ter pleno conhecimento dos riscos oferecidos pela má administração dos recursos energéticos.

A dimensão da Implementação possui ação sobre os níveis operacionais da empresa. A partir das decisões tomadas pelo planejamento da empresa os recursos para a gestão devem ser distribuídos. Nessa dimensão é preciso observar a necessidade de uma medição apropriada da eficiência energética da planta, da necessidade de mecanismos de gestão, e de auditorias energéticas. Os recursos da implementação vão gerar informações que devem ser coletadas e controladas. A dimensão de controle possibilita o monitoramento de indicadores chave quanto à performance dos sistemas, possibilitando avaliar os efeitos das ações implementadas, além de comparar dados com *benchmarking*.

A dimensão da Organização visa o posicionamento de um administrador de energia, que realize o controle dos parâmetros e indicadores, e represente uma autoridade para que as ações sejam tomadas e os procedimentos devidamente cumpridos. Essa autoridade também deve assegurar que as políticas de eficiência sejam realizadas em todas as etapas da cadeia de produção, assegurando melhores resultados. Por fim, a dimensão Cultura refere-se ao envolvimento de todas as pessoas ligadas a organização em prol dos resultados de eficiência energética. Nesse contexto o líder deve servir de exemplo e influenciar os demais no cumprimento dos padrões. Essa etapa pode demandar da realização de treinamentos e intensas orientações a todos os níveis.

As cinco dimensões apresentadas pelo modelo de gestão energética levantado por Schulze et al (2016) não são independentes, mas relacionadas entre si. A Figura 2 apresenta um fluxograma da estrutura de gestão. Pode-se observar que se trata de um processo de melhoria contínua, onde a estratégia e implementação devem ser constantemente reavaliadas de acordo com os resultados obtidos pelo controle.

Figura 2 - Fluxograma de Integração da Gestão de Energia



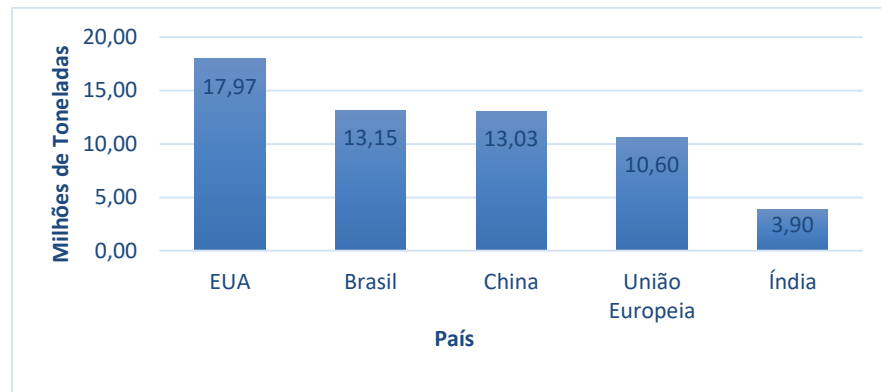
Fonte: Adaptado de Schulze (2016)

2.3 INDÚSTRIA

Apesar de todos os desafios impostos ao desenvolvimento da Indústria Brasileira desde o período colonial até o presente, o Brasil possui hoje uma indústria que, apesar de apresentar lacunas, é capaz de produzir a maior parte dos itens consumidos localmente e, ainda, produzir para o mercado internacional, contando inclusive com indústria de ponta em setores como o da aviação, informática e química fina (J. CHIOCHETTA, K. HATAKEYAMA; M. LEITE, 2004).

Dentre os setores da indústria local, a produção de proteína animal possui grande destaque, em especial a produção de carne de frango. Este segmento teve um aumento de 40% de sua produção entre 2006 e 2015, colocando o Brasil como o segundo maior produtor de carne de frango do mundo, conforme a Figura 3 (Associação Brasileira de Proteína Animal, 2016).

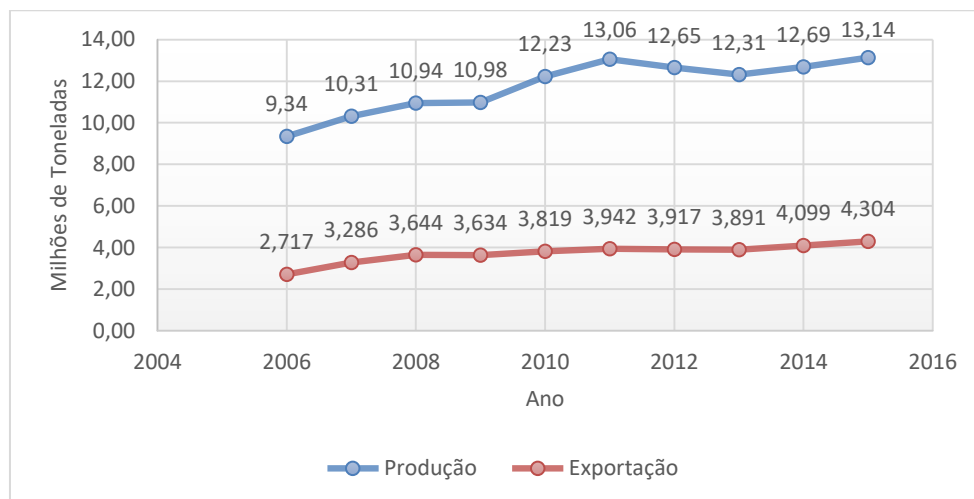
Figura 3 - Maiores produtores de carne de frango



Fonte: UBABEF 2016

A Figura 4 apresenta a evolução da produção e exportação de carne de frango entre 2006 e 2015. Atualmente 68,7% da produção atende ao mercado interno, enquanto 32,3% atende o mercado externo. É possível observar no gráfico que a taxa de crescimento da produção é maior que a de exportação. Isso pode ser explicado devido as restrições de mercados como o Europeu, que possui cotas limites de importação, como uma forma de proteger a indústria local (Associação Brasileira de Proteína Animal, 2016).

Figura 4 - Produção de Carne de Frango no Brasil



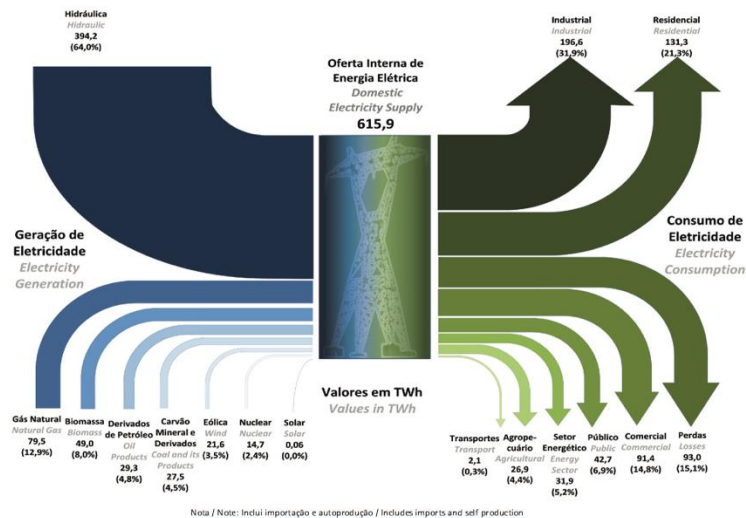
Fonte: UBABEF 2016

O setor industrial responsável pelo processamento de carne animal é dividido em três grandes grupos, matadouros, frigoríficos e graxarias. Os matadouros são indústrias que realizam o abate dos animais, mas não industrializam o produto. Os frigoríficos realizam o abate do animal e industrializam a carne, os derivados e subprodutos. As graxarias são responsáveis pelo processamento do subproduto animal, tais como sangue, penas e vísceras (SOUZA, 2015).

A cadeia de produção de aves envolve um longo processo que requer, além de unidades frigoríficas, fábricas de ração, incubatórios, estações de tratamento de água (ETA), unidades de processamento de resíduos (subprodutos, que contemplam penas, sangue, vísceras e demais sobras do processo produtivo), além de granjas de criação em massa, e uma complexa estrutura logística.

A aquecida indústria local, entretanto, possui uma elevada demanda de energia. De acordo com dados do Balanço Energético Nacional (2016) Brazilian Energy Research Company (EPE) (2016), 32% de toda a energia consumida no país vai para a indústria, conforme a Figura 5. Dentro deste grupo industrial, o segmento com consumo mais expressivo é o de produção de alimentos, que em 2016 consumiu 21.475 mil tep, o equivalente a 8,2% de toda a energia consumida no país neste ano (EPE, 2016).

Figura 5 - Produção e Consumo de Energia no Brasil

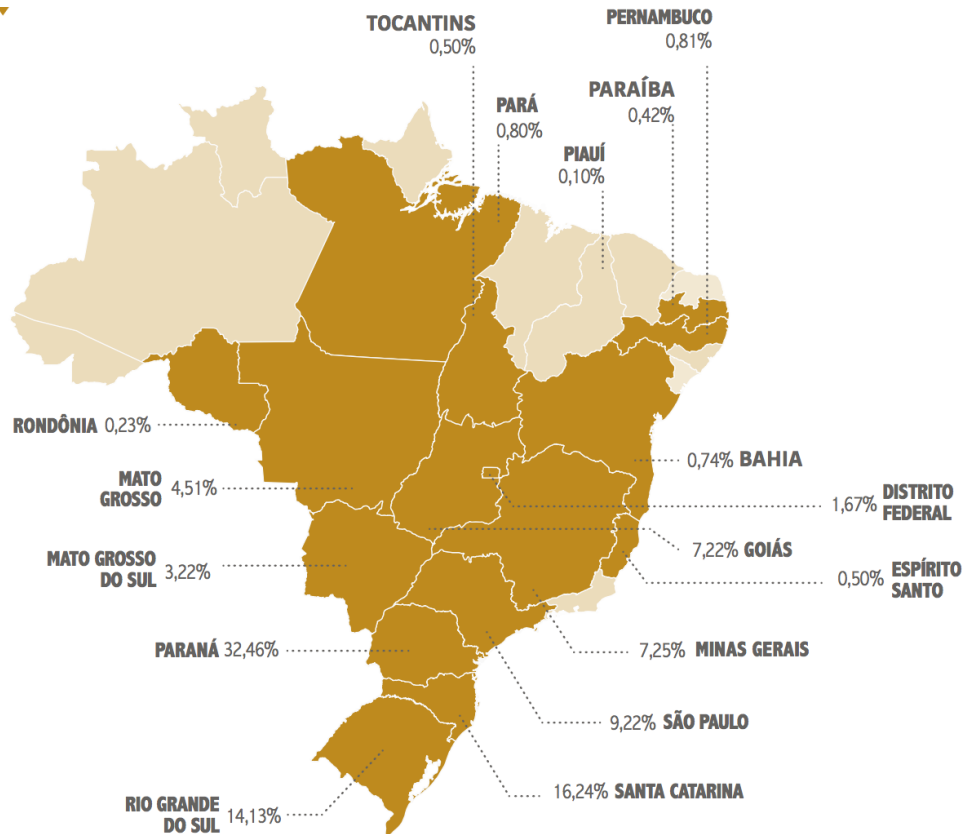


Fonte: BEN 2016

A região sul do Brasil, em especial o estado do Paraná, era bastante pobre durante o século 20. Devido a isso e ao fato de que grande parte das terras era dividida em propriedades de até 6 acres, a região se tornou bastante oportuna a instalação de unidades frigoríficas. As instalações impulsionaram o desenvolvimento local devido à criação de emprego em granjas de criação de aves. Assim, o Paraná se tornou o maior produtor de carne de frango, com 32,46% da produção brasileira, seguido por Santa

Catarina e Rio Grande do Sul com 16,24% e 14,13%, respectivamente, conforme apresentado pela Figura 6 (Giasson et al, 2014).

Figura 6 - Produção de Carne de Frango por Estado



Fonte: UBABEF 2016

A indústria frigorífica iniciou no Brasil na primeira metade do século 20 e, assim como o segmento se aproxima de um século de existência, grande parte das plantas de produção também estão envelhecidas. Muitas plantas industriais trabalham atualmente com produções muito maiores do que a que foram inicialmente planejadas, e que foram sendo adaptadas conforme a necessidade. Os equipamentos utilizados no processo também possuem tendência a serem bastante antigos e, portanto, não possuem a eficiência de aparatos tecnológicos desenvolvidos com foco em eficiência energética.

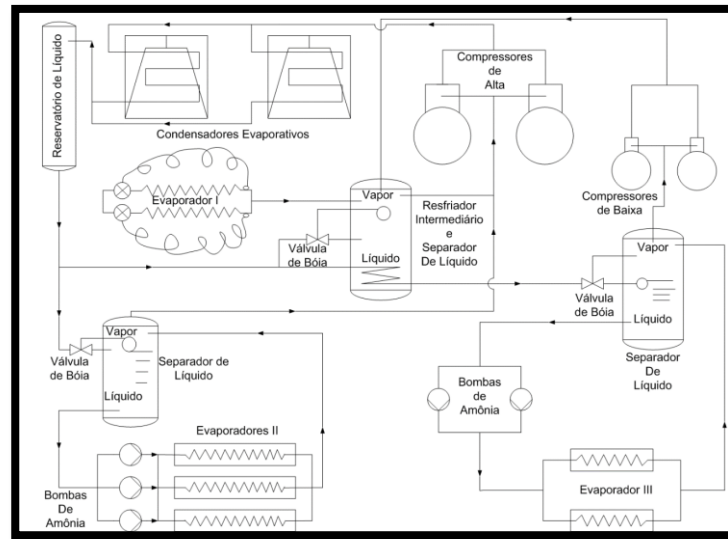
Devido à combinação do elevado consumo pelo segmento industrial de carne de frango e a grande quantidade de plantas industriais e equipamentos antigos, os abatedouros de frango se tornam empresas cuja falta de gestão energética apropriada passa a ser um fator crucial para manter a competitividade no mercado. Plantas frigoríficas utilizam energia para diversas atividades. A energia elétrica é

utilizada para o funcionamento de nóreas da linha de produção, esteiras de condução de produto, geração de frio, tratamento de água, iluminação, e equipamentos de depenagem, e evisceração. Já a energia térmica é amplamente utilizada para procedimentos de higienização, lavagem de uniformes, e procedimento de escaldagem. Existe, ainda, consumo de combustíveis para o deslocamento logístico das aves entre o campo e a indústria.

Apesar do elevado número de processos consumidores de energia, a geração de frio é certamente o maior consumidor de energia, podendo consumir cerca de 50% de toda a energia elétrica utilizada em uma planta. Os compressores do sistema de refrigeração são responsáveis por manter a temperatura de túneis de congelamento com temperaturas de cerca de -35 C, além de câmaras de estocagem e salas de processo (FUPAI/EFICIENTIA, 2005). A Figura 7 exemplifica um sistema de refrigeração de compressão a vapor, o mais utilizado. O circuito de refrigeração utiliza amônia como refrigerante e pode alcançar, aproximadamente, 0.3 bar e -45 C. Sistemas de refrigeração industrial são bastante complexos e apresentam grande quantidade de variáveis capazes de influenciar na eficiência de seu funcionamento. Giasson et al (2014) listaram as principais causas de ineficiência em sistemas de refrigeração, que estão apresentadas na Figura 8 em um diagrama de causa e efeito.

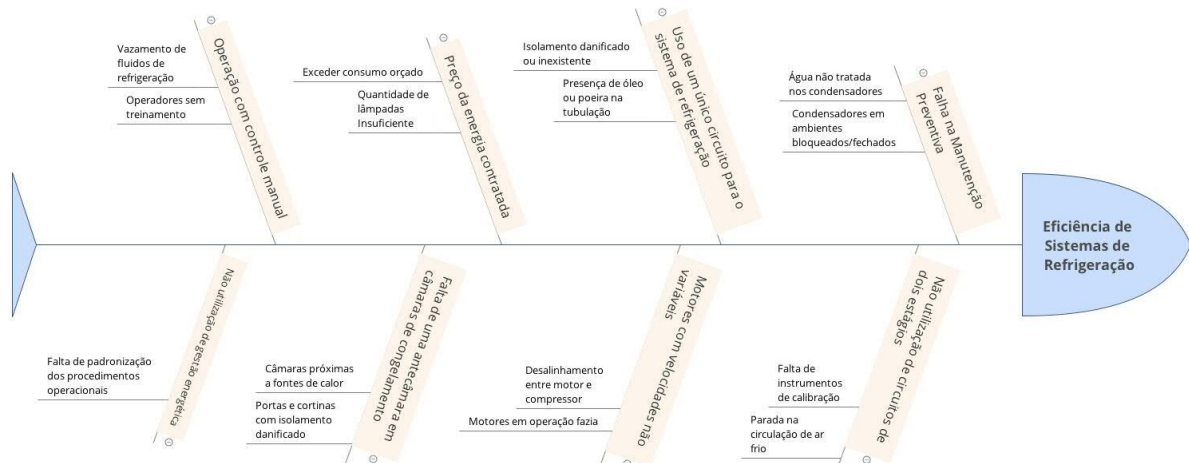
Dentro do sistema de refrigeração são quatro os principais elementos: compressor, condensador, evaporador, e válvula de expansão. Em frigoríficos utiliza-se compressor alternativo ou parafuso, principalmente por possuírem um baixo custo aplicado e uma ampla gama de funcionamento. Condensadores evaporativos, que resultam em menores temperaturas de evaporação em decorrência de somente um diferencial de temperatura. Evaporadores inundados, pois utilizam de forma efetiva toda a sua superfície de transferência de calor, resultando em elevados coeficientes globais de transferência de calor. Válvulas de expansão do tipo boia, por serem as mais compatíveis com os evaporadores inundados (Ferraz, 2008).

Figura 7 – Esquema Sistema de Refrigeração



Fonte: FUPAI/EFICIENTIA, 2005

Figura 8 – Diagrama Causa Efeito de Ineficiência de Sistemas de Refrigeração



Fonte: Adaptado de Giasson et al (2014)

2.4 POLÍTICA ENERGÉTICA

Em 1980, devido às crises de suprimentos energéticos, o Brasil passou a criar programas de eficiência energética, espelhados em programas similares de países desenvolvidos. Esses países se organizaram para a criação de fundos para projetos de eficiência energética e fontes renováveis de energia, a fim de reduzir a

dependência ao petróleo e seus derivados (Souza et al, 2009). A partir dessas iniciativas, pautas como os impactos climáticos causados pela influência do homem através da emissão de GEE, começaram a ser trazidas a debate. Mais tarde, em 1997, o protocolo de Kyoto estabeleceu metas para a emissão de CO₂, que incentivaram ainda mais os programas de eficiência energética (MARTINS et al, 1999).

O Programa de Combate ao Desperdício de Energia Elétrica (PROCEL), foi instituído em 30 de dezembro de 1985 pelo Ministério de Minas e Energias e da Indústria e Comércio do Brasil. Seu principal objetivo é diminuir a demanda de energia elétrica através da redução de desperdícios. Após a criação do programa PROENERGIA, o enfoque do PROCEL sofreu algumas mudanças, sua abordagem característica de programa setorialista passou a ser substituída por uma ampla política de conservação de energia (Martins et al, 1999). O PROCEL economizou até 2009 cerca de 38 mil GWh de Energia, e uma economia de 9,097 milhões de KWh só no ano de 2012. (Matriz Limpa, 2014).

O programa CONSERVE, criado em 1981 no âmbito do Ministério da Indústria e Comércio (MIC), tem como objetivo cumprir as exigências da Portaria MIC/GM46, que referenciava a promoção da conservação da energia na indústria, através da implantação de eficiência em produção e do incentivo a utilização de recursos internos sobre os importados. Resultou em seu primeiro ano em uma queda de 18% no consumo de óleo combustível. Martis et al (1999) questiona o programa devido a sua abordagem que pode causar prejuízos as diretrizes de conservação de energia. O autor ainda destaca a baixa utilização dos recursos do programa, visto que poucas empresas fizeram uso do programa até a data de estudo. Junto ao programa CONSERVE, em 1981 a Energia Garantida por Tempo Determinado (EGTD) foi estabelecida para incentivar a substituição de derivados de petróleo pelo uso de energia elétrica, sobre incentivo de tarifas até 30% menores.

Criado pelo decreto nº 99.250, 11/05/1990, o PROENERGIA visa coordenar a ação governamental em conservação de energia através do Grupo Executivo de Racionalização Energética (GERE). Foi criado para auxiliar o PROCEL, buscando atuar sobre todas as formas de energia, tendo como prioridades a identificação de áreas críticas, e medidas de economia energética (TONIM, 2009).

O Programa Nacional de Racionalização do Uso de Derivados de petróleo e Gás Natural (CONPET) de 1991, foi criado por decreto presidencial, com o objetivo de realizar diagnósticos e divulgar informações referentes aos veículos de carga e de

passageiros em circulação. Atualmente, os maiores enfoques do programa estão em fornecer apoio técnico no uso final da energia, racionalizar o uso dos derivados do petróleo, diminuir a emissão de gases, e em trabalhos de conscientização quanto à necessidade de racionalização da energia para um desenvolvimento sustentável.

Como uma forma de incentivo a economia energética, tanto por parte das indústrias, como pela população, o Ministério da Indústria e Comércio junto a Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica lançaram, em 1984, o Programa Brasileiro de Etiquetagem (Souza et al, 2009). Sob a fiscalização do INMETRO, este programa implementou a disponibilização de uma variedade de informações junto aos produtos elétricos e eletrônicos, como a eficiência energética, os níveis de ruídos e os fatores de desempenho do produto. Esses fatores foram importantes por possibilitarem maior conhecimento sobre os produtos utilizados pela população, além de intensificarem os controles industriais, visto que os produtos devem passar por ensaios de laboratório para receberem as etiquetas de certificação (INMETRO, 2016).

Em paralelo aos programas de eficiência energética que foram implantados a partir da crise energética na década de 80, diversos decretos e leis foram instituídos para auxiliar no desenvolvimento sustentável do país. A Tabela 1 apresenta estas regulamentações oficiais, conforme Souza et al (2011).

Tabela 1 - Regulamentações Oficiais

(Continua)

| Tipo | Número | Data | Disposições |
|---------------------------|---------------|-------------|---|
| Portaria Interministerial | 1.877 | 30/12/1985 | Instituição do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica - Procel |
| Lei | 9.478 | 08/06/97 | Instituiu o Conselho Nacional de Política Energética - CNPE, e estabeleceu o objetivo de proteger o meio ambiente e conservar energia |
| Decreto | 2.335 | 10/06/97 | Atribui a ANEEL competência sobre o combate a desperdícios de energia em todas as formas de comércio, distribuição e uso de energia |
| Decreto | 4.508 | 12/11/02 | Dispõe sobre a regulamentação específica que define os níveis mínimos de eficiência energética de motores elétricos trifásicos de indução rotor gaiola de esquilho, de fabricação nacional ou importados. |
| Portaria Interministerial | 132 | 06/12/06 | Instituído o Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética - CGIEE |
| Portaria | 1 | 13/08/1998 | Criação de um grupo de trabalho sobre eficiência energética, seus aspectos institucionais, técnicos e Sócio econômicos |

(Continuação)

| Tipo | Número | Data | Disposições |
|-----------|--------|------------|---|
| Portaria | 113 | 15/03/2002 | Meta de consumo de energia para todo o território nacional |
| Lei | 10.295 | 17/10/2001 | Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia e dá outras providências. |
| Resolução | 271 | 19/07/2000 | Estabelece critérios para aplicação de recursos para evitar desperdício de energia e para pesquisar no setor elétrico Brasileiro |
| Decreto | 10.334 | 19/12/2001 | Dispõe sobre a obrigatoriedade de fabricação e comercialização de lâmpadas incandescentes para uso em tensões de valor igual ou superior ao da tensão nominal da rede de distribuição, e dá outras providências. |
| Decreto | 4.059 | 19/12/2001 | Regulamenta a Lei 10.295 de 2001 |
| Lei | 12.212 | 20/01/2010 | Define a aplicação de 60% dos recursos de programas de eficiência energética de concessionárias de energia para unidades beneficiadas pela Tarifa Social |
| Lei | 9.991 | 24/07/2000 | Dispõe sobre a realização de investimentos em pesquisa e desenvolvimento em eficiência energética por parte das empresas concessionárias, permissionárias e autorizadas do setor de energia elétrica |
| Portaria | 174 | 25/05/2001 | Constituiu uma comissão interna para a redução do consumo de energia, incluindo iluminação, refrigeração, bombeamento d'água, equipamentos de escritório, elevadores e climatização |
| Lei | 10.438 | 29/04/2002 | Dispõe sobre a expansão da oferta de energia elétrica emergencial, recomposição tarifária extraordinária, cria o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa), a Conta de Desenvolvimento Energético (CDE), dispõe sobre a universalização do serviço público de energia elétrica |
| Lei | 4.507 | 30/03/2005 | Dispõe sobre exigências de instalações de aquecedores solares em moradias integrantes de conjuntos habitacionais populares |

Fonte: ANEEL (2016)

2.5 INDICADORES ENERGÉTICOS

A avaliação do desempenho energético industrial depende de indicadores energéticos bem definidos. Para Portela (2013), esses indicadores podem ser classificados em econômicos e físicos. Os indicadores econômicos são o valor consumido de energia, valor financeiro gerado, gasto por unidade e potencial econômico, e estão apresentados pelas equações a seguir.

$$\text{Valor consumido de energia} = \frac{\text{Quantidade Consumida (KWh)}}{\text{Valor do KWh}} \quad (1)$$

$$\text{Valor Financeiro Gerado} = \frac{\text{Entrada de Energia (R\$)}}{\text{Saída (R\$)}} \quad (2)$$

$$\text{Custo Unitário} = \frac{\text{Quantidade Absoluta Consumida (KWh)}}{\text{Quantidade Produzida (und.)}} \quad (3)$$

$$\text{Consumo Absoluto} = \frac{\text{Consumo de Energia (R\$)}}{\text{tempo}} \quad (4)$$

$$\text{Potencial de Economia} = \frac{\Delta \text{Custos variáveis}}{\text{custos fixos} + \text{custos variáveis}} * 100 \quad (5)$$

Os indicadores físicos são aqueles associados a análise de engenharia. O primeiro deles é a avaliação da entrega em processos termodinâmicos, conforme equação a seguir:

$$\text{Entrega Termodinâmica} = \frac{\text{Uso Efetivo de Energia}}{\text{tonelada}} \quad (6)$$

González et al. (2012), apresenta uma equação que aponta para a linearidade entre o consumo de energia e a quantidade produzida, levando em consideração a energia não associada ao processo de produção, que dá espaço para a implementação de economias.

$$E = CE * P + E_{na} \quad (7)$$

Onde:

E = Energia

CE = Consumo de Energia

P = Produção

E_{na} = Energia não associada a produção

O indicador de eficiência ideal é a relação entre aquilo que está sendo obtido pelo processo e os resultados esperados de processos ideais.

$$Eficiência = \frac{Uso\ real\ de\ energia}{Uso\ de\ energia\ em\ processo\ ideal} \quad (8)$$

Processos que utilizam de elevado número de equipamentos e mão de obra para a produção em alta escala necessitam de uma metodologia para a avaliação dos custos de cada subprocesso sobre os produtos finais. A Unidade de Esforço de Produção (UEP) é um modelo de gerenciamento de custos que foi desenvolvido na década de 60 e chegou ao Brasil na década de 80, sendo amplamente utilizado como modelo de referência dos gastos nas indústrias frigoríficas. Esse controle é realizado através da conversão de todos os elementos envolvidos no processo de forma a serem convertidos em uma única unidade de controle, a UEP. Assim, pode-se trabalhar com os custos gerados por manter colaboradores em determinadas funções, junto aos gastos com equipamentos, energia elétrica, energia térmica, consumo de água, gastos com higienização e todos os demais elementos envolvidos no processo (Wernke et al, 2014). De acordo com Oenning et al (2006), a utilização do método de UEP possibilita conhecer a real capacidade de produção da unidade fabril como um todo, assim como de cada posto individual do processo de produção. Tem-se ainda que esse método possibilita avaliar os indicadores de eficiência, eficácia e produtividade por hora.

Para aplicar o método a uma unidade fabril pode ser desenvolvido em algumas etapas. Na primeira etapa, deve-se levantar o custo por hora de cada elemento da produção, ou seja, de todas as máquinas utilizadas, visando elaborar uma planilha cuja unidade seja em reais [R\$]. O segundo passo é levantar uma planilha similar que apresente os gastos com colaboradores, atividades administrativas, e utilização de bens e energia. Posteriormente, deve-se avaliar o tempo de passagem do produto produzido por cada um dos postos elencados nas duas primeiras etapas, em horas [h]. Por fim, multiplica-se o valor do custo hora pelo tempo da passagem para obter o potencial produtivo, em [UEP/h], a partir da seleção de um produto base.

2.6 SISTEMAS DE CONTROLE

A habilidade de controlar sistemas é altamente necessária para viabilizar a utilização de recursos. A devida utilização de ferramentas de medição e controle pela engenharia permite melhorias em projetos de máquinas, equipamentos, sistemas de produção e distribuição, e linhas de processo, através de uma utilização racional da energia.

Em geral, projetos de sistemas de controle são realizados a partir de considerações e ideias, que não refletem as exatas condições a que os sistemas estão submetidos. Assim, surge a necessidade de desenvolver instrumentos inteligentes, que são capazes de se ajustar a condições variáveis, utilizando ferramentas como calibração automática, detecção e controle de falhas, modelos de rotulagem digital, entre outros.

Os conceitos e técnicas de controle são fundamentais para que se obtenha bom desempenho e boa confiabilidade de sistemas de qualquer natureza. A seguir serão especificados os principais instrumentos disponíveis no mercado para medição e controle de redes elétricas e redes de vapor.

2.6.1 SISTEMAS ELÉTRICOS

Os equipamentos de medição disponíveis no mercado são de dois grandes grupos. O primeiro é o analógico, que realiza medições através da corrente do sistema utilizando um amperímetro. As medidas são realizadas a partir do deslocamento de um sistema mecânico de molas. Esse sistema apresenta boa exatidão, porém pode apresentar falha de precisão de leitura além de apresentar fácil perda de calibração se não for devidamente utilizado (Nunes, 2010).

Os instrumentos digitais realizam medições através da tensão do sistema utilizando um voltímetro. Esses instrumentos utilizam conversões análogo-digitais, transformando as medidas analógicas em digitais através de circuitos eletrônicos. Devido ao maior número de passos, os dispositivos digitais apresentam exatidão

inferior àquela dos instrumentos analógicos, porém possibilitam maior precisão da leitura durante sua operação. Ambos os sistemas podem apresentar sensibilidade a campos magnéticos e elétricos externos, devido a utilização de forças eletromagnéticas e eletrostáticos para a realização das medições (Nunes, 2010).

Os instrumentos podem, ainda, se utilizar de dois tipos de tela, o LED e o LCD. As telas de LED proporcionam fácil leitura, em qualquer ângulo e a distâncias maiores, além de serem utilizáveis em ambientes de pouca luz. Porém apresentam um consumo de energia relativamente elevado, e são de difícil leitura sobre a luz solar. Já as telas de LCD, não apresentam dificuldades para a leitura em ambientes externos sobre a luz solar, e possuem baixo consumo energético, embora não são adequados para ambientes de baixa luminosidade e apresentam menor tempo de resposta em baixas temperaturas (Nunes, 2010).

O multímetro é um equipamento de medidas elétricas amplamente utilizado por realizar diversas medidas, elétricas e não elétricas e ser bastante portátil. Esse aparelho é capaz de medir resistência, frequência, capacitância, indutância, tensão e corrente, além de possibilitar o uso de termo pares para medir temperatura. Esse equipamento possui, além do modelo tradicional, o modelo alicate que possibilita a medida de correntes sem danificar o circuito a ser medido (Nunes, 2010).

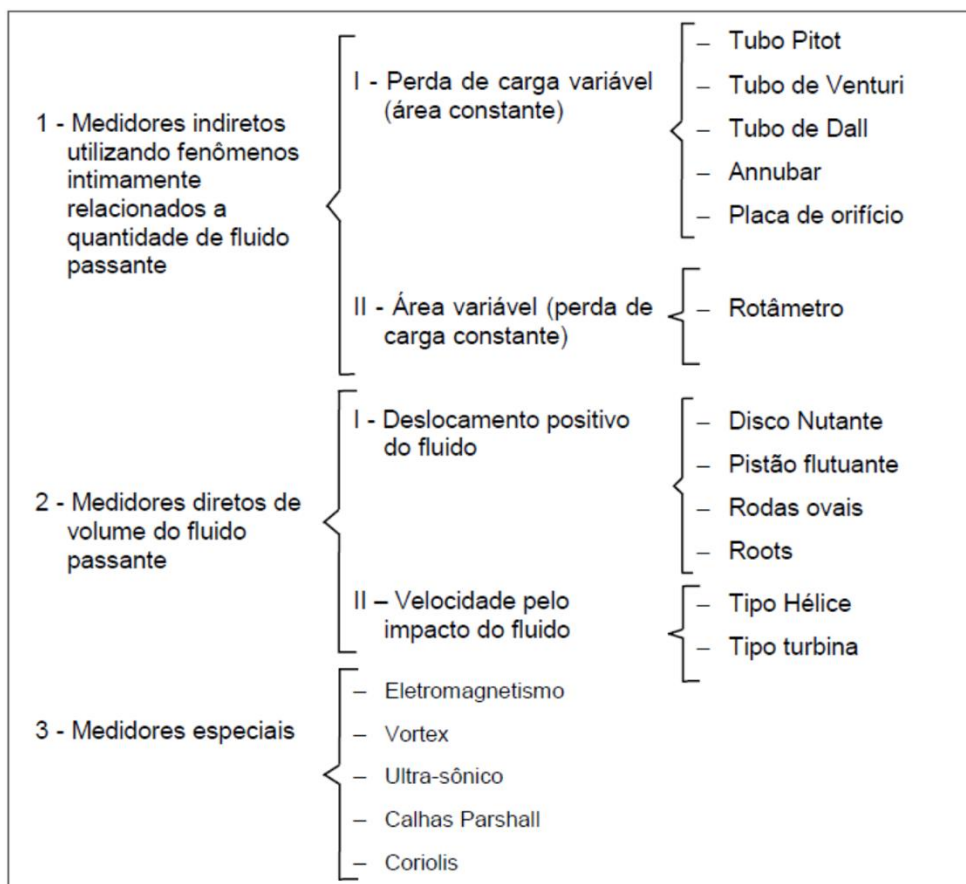
O osciloscópio é um instrumento utilizado para medir e avaliar sinais elétricos ao longo do tempo. Esse instrumento conta com um display e pode ser utilizado atrelado a computadores para monitoramento de sistemas elétricos. Pode ser aplicado para medir a frequência de um sinal periódico, determinar componentes contínua e alternada, detectar e eliminar ruídos do sistema, além de comparar sistemas e avaliar a existência de avarias (Nunes, 2010).

Outros equipamentos de medida para sistemas elétricos é o Terrometro e o Megometro. O terrometro é utilizado para a avaliação da resistência da terra em indústrias, possibilitando verificar a qualidade do aterramento. O Megometro possibilita a avaliação da qualidade de isolamento elétrico entre duas partes de um equipamento. Este equipamento é amplamente utilizado para a realização de manutenção preditiva em instalações (Nunes, 2010).

2.6.2 SISTEMAS A VAPOR

A vazão é uma das grandezas que apresenta maior necessidade de medição, e é classificada como a terceira grandeza mais medida. Isso se deve a ampla utilização de sistemas de vazão, tanto em residências quanto em grandes sistemas industriais (CASSIOLATO; ALVES, 2015). Dado sua elevada utilização, diversos mecanismos foram desenvolvidos para a medição dessa grandeza, que se adequam de acordo com as necessidades das instalações, e com os tipos de fluidos a serem medidos. A Figura 9 apresenta as principais ferramentas de medição de vazão.

Figura 9 - Métodos de medição de vazão



Fonte: Cassiolato 2015

O Tubo de Pitot é um medidor de vazão que tem seu funcionamento através da avaliação das pressões estática e dinâmica atuantes. Através da variação de pressão entre a pressão dinâmica e a pressão estática é possível calcular a vazão mássica do escoamento. A vantagem da utilização do Tubo de Pitot se dá por ser um dispositivo relativamente simples e que pode ser utilizado tanto para escoamentos internos

quanto para escoamentos externos. Porém, esse sistema de medição pode apresentar problemas de precisão se o tubo de medição de pressão dinâmica não estiver totalmente paralelo ao fluxo, o que pode levar a erros de medição. Esse sistema também apresenta erros quanto o fluido de trabalho é compressível (CASSIOLATO; ALVES, 2015).

As Placas de Orifício e Tubos de Venturi se utilizam do mesmo princípio físico para a execução da medição de vazão, que é baseado na obstrução do fluxo. Com o fluxo obstruído, são medidas as pressões antes e depois da obstrução e, através da equação de Bernoulli, torna-se possível calcular o fluxo. As limitações deste método se dão quanto ao tamanho do tubo, que deve possuir comprimento de até 30 vezes o diâmetro para assegurar o desenvolvimento da camada limite após a obstrução, de modo a garantir precisão para a medição. Fluidos compressíveis também apresentam maior erro quando utilizado este método (CASSIOLATO; ALVES, 2015).

Os rotômetros são dispositivos que utilizam um tubo vertical ao escoamento e realizam a medição da vazão através de um sistema de boia ou flutuador. A posição desta boia ao longo do tubo indicará a vazão do fluxo. Devido a sua característica de área variável, esse tipo de medidor não precisa de elementos externos de alimentação, e possui simples construção sendo um medidor de baixo custo. No entanto, a leitura deste tipo de dispositivo não é de fácil automatização, e pode apresentar baixa exatidão de leitura manual. Também são limitados a fluidos não corrosivos, visto que a corrosão pode danificar a calibração do equipamento (CASSIOLATO; ALVES, 2015).

Os dispositivos anemômetros são aqueles que utilizam da velocidade de impacto do fluido para a geração de torque e contagem da rotação em um eixo para a medição do fluxo. Esses dispositivos podem se utilizar de hélices, conchas ou esquemas de turbina para a geração do movimento. Para a leitura da vazão, é necessário meio digital de avaliação. São adequados para fluidos compressíveis e incompressíveis. Os medidores Tipo Turbina são bastante utilizados por poderem ser instalados em qualquer posição, e realizar a medida de pequenas vazões. No entanto, a medida destes equipamentos pode ser afetada devido a deposição de partículas que possam influenciar na rotação do eixo. Também não são muito apropriados para escoamentos turbulentos (CASSIOLATO; ALVES, 2015).

Os medidores de deslocamento positivo são aqueles que utilizam espaços confinados de volume conhecido para avaliar a vazão do fluxo. Isso pode ser realizado

através de pistões ou sistemas rotativos de rodas ovais. Assim, sendo conhecido o volume deslocado e a frequência de deslocamento gerada pelo fluxo, a vazão pode ser diretamente calculada. Esses sistemas de medição são amplamente utilizados, especialmente em residências. Eles apresentam elevada exatidão, possui baixa manutenção, e pode trabalhar com ampla faixa de pressões e viscosidades. As desvantagens destes medidores se dão pela elevada queda de pressão que geram, não poderem trabalhar com fluidos que possuam particular muito grandes ou impurezas na rede, e podem ter suas medições alteradas devido a presença de ar no sistema (CASSIOLATO; ALVES, 2015).

Os medidores especiais são aqueles que não necessitam de intervenção ou adaptação física dos sistemas para a realização da medição. O primeiro deles é o medidor eletromagnético, utiliza o fato de um fluido se comportar como condutor elétrico em movimento. Assim, quando uma seção de teste é definida, esta sofre alteração no campo eletromagnético devido ao fluxo e que é medido pelo equipamento. As duas grandes vantagens deste medidor se dá pela sua não interferência no escoamento e por não ser necessário conhecer as propriedades do fluido passante para realizar a medição. Sua limitação, entretanto, é que o fluido de teste deve possuir características condutoras (CASSIOLATO; ALVES, 2015).

Os medidores por ultrassom utilizam os princípios de propagação de ondas em líquidos para realizar a medição. Essa medição pode ser de dois tipos, por efeito Doppler ou por tempo de passagem. A medição por efeito Doppler exige que o fluido possua partículas sólidas ou bolhas de gás suficiente para que possam haver alterações na frequência de uma onda entre a fonte emissora e a receptora, que são utilizados lado a lado. Já no sistema por tempo de passagem o arranjo entre o emissor e receptor é montado a uma distância e ângulo e através da diferença entre os tempos dos pulsos é possível avaliar a velocidade do escoamento (CASSIOLATO; ALVES, 2015).

3 METODOLOGIA

A etapa inicial de desenvolvimento deste trabalho se deu por um levantamento bibliográfico sobre Energia e Gestão Energética, visando um aprofundamento sobre o atual estado da arte nesses tópicos. Posteriormente foram levantados dados sobre a situação energética da indústria brasileira, bem como o posicionamento político do país, através de ações governamentais de normatização.

Os dados levantados sobre a situação da indústria brasileira demonstram que o Brasil ainda se encontra muito defasado no atendimento de regulamentações e parâmetros de eficiência energéticas internacionais, como a ISO 50.001, mesmo possuindo uma variedade de programas de incentivo a eficiência energética. Isso aponta para a necessidade de buscar e implantar as dimensões de eficiência energética na indústria nacional, como uma forma de aumentar a competitividade destas, além de contribuir para um desenvolvimento sustentável.

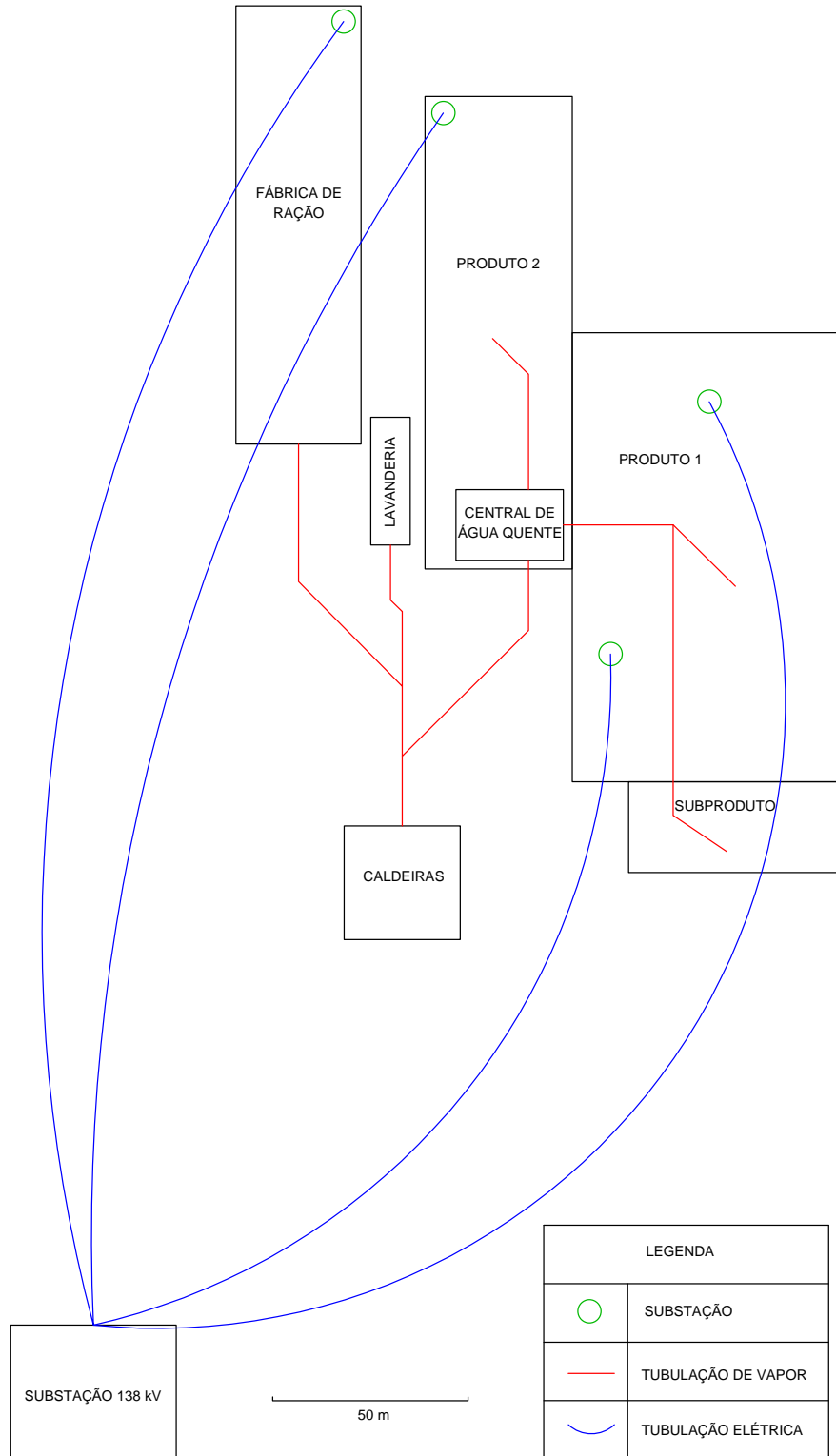
Conforme mencionado na seção 2.3, o Paraná possui uma elevada quantidade de frigoríficos, que o tornam o maior produtor de aves congeladas do país. Assim, devido a força do setor no estado e a proximidade das plantas industriais, torna-se oportuna a realização de um estudo de caso para a avaliação das medidas de eficiência energética utilizadas na indústria.

3.1 ESTUDO DE CASO

A empresa onde foi realizado o estudo de caso está situada no Sudoeste do Paraná. A unidade frigorífica possui uma capacidade de produção de cerca de 700 toneladas por dia. A unidade trabalha com aves de duas categorias, Tipo 1 e Tipo 2, das quais são abatidas cerca de 48 mil e 390 mil aves, respectivamente, por dia. Tais categorias de aves são produzidas em setores de cortes e de aves inteiras (Griller). Cerca de 90% da produção da fábrica é destinada ao mercado externo e, portanto, os padrões de qualidade de produção requeridos são maiores do que aqueles exigidos

pela legislação brasileira. A Figura 10 apresenta a distribuição dos macro setores da empresa estudada.

Figura 10 – Planta Industrial



Fonte: Autor

Para o funcionamento da planta industrial, a unidade conta com 2 incubatórios de aves, uma estação de tratamento de água (ETA), fábrica de rações, 727 avicultores integrados, uma cozinha industrial e uma lavanderia industrial. Para possibilitar o pleno funcionamento da empresa, que opera 24 horas por dia em três turnos, de acordo com as normas de produção, a maior demanda de energia é suprida por energia elétrica, de cavaco de madeira, e de óleo diesel para os geradores de emergência. A maior demanda de energia da fábrica é dada pelas duas salas de máquinas existentes, que alimentam o sistema de refrigeração de toda a planta. São ainda utilizados geradores a diesel para prevenção em casos de falta de energia, e duas caldeiras para a geração de vapor para diversas funcionalidades.

A realização deste estudo de caso teve por objetivo encontrar oportunidades de melhoria na planta industrial. Para realizar um levantamento prévio das lacunas existentes na gestão energética da planta, a abordagem inicial foi a convocação de uma reunião com o gestor responsável pela área de controle de energias, o responsável técnico pela administração dos recursos energéticos, o engenheiro eletricista da unidade, e o gestor de maior hierarquia da planta industrial. Nessa reunião, utilizou-se da entrevista (Anexo 1) proposta por Nardino (2017).

A partir da entrevista realizada e tomando como base as cinco dimensões energéticas propostas por Schulze et al (2016), observou-se uma oportunidade de melhoria nos sistemas de controle da empresa. A unidade estudada possui uma subestação que conecta a planta industrial como a rede de alta tensão garantindo fluxo contínuo de abastecimento de energia, além de rebaixar a tensão. Essa subestação abastece outras 5 subestações menores que alimentam todas as grandes áreas da empresa. Devido à produção de diversos produtos, como rações e dois tipos de aves, é necessário controlar a quantidade de energia utilizada individualmente por cada setor. Atualmente, esse controle é realizado através de um rateio de energia, visto que não há um sistema automatizado para a avaliação de consumo individual, o que pode resultar em alocação incorreta dos custos de produção, além de impossibilitar a identificação de inconformidades e desperdícios de consumo de energia.

Quanto ao sistema de distribuição de vapor a situação identificada foi similar àquela da energia elétrica. A empresa possui duas caldeiras com capacidade de geração de até 27 toneladas de vapor por hora, que atendem a sete setores. No entanto, o sistema de vapor possui medidores apenas na saída da caldeira, ou seja,

é possível avaliar a quantidade utilizada por toda a fábrica, mas não por áreas individuais. Assim, como a energia elétrica, os custos de vapor são distribuídos através de rateio. Um agravante do sistema de vapor em relação ao elétrico se dá pela presença de um prestador de serviços que utiliza da quantidade considerável do vapor produzido diariamente, e de uma fábrica de ração, que embora pertença a empresa possui alocação de custos e gestão separada do abatedouro. Assim, podem haver prejuízos financeiros diretos para a unidade devido à falta de controle sobre o vapor.

O rateio desenvolvido pela empresa utilizou como base o funcionamento dos setores em dias em que não havia operação nos demais setores. As Tabelas 2 e 3 apresentam a situação atual de rateio de energia elétrica e de vapor, respectivamente.

Tabela 2 - Rateio de Energia Elétrica

| SETOR | PERCENTUAL |
|--------------------|-------------------|
| PRODUTO 1 | 36.55% |
| PRODUTO 2 | 34.81% |
| RACAO | 12.43% |
| GRAOS | 1.20% |
| LAVANDERIA | 0.15% |
| APOIO | 3.60% |
| SUBPRODUTO | 2.55% |
| INCUBATORIO | 8.72% |

Fonte: Autor

Tabela 3 - Rateio de Vapor

| SETOR | PERCENTUAL |
|-------------------|-------------------|
| PRODUTO 1 | 32.00% |
| PRODUTO 2 | 20.00% |
| RAÇÃO | 40.00% |
| LAVANDERIA | 4.00% |

Fonte: Autor

Uma possível falha na metodologia utilizada para o desenvolvimento deste rateio está no não desligamento total dos setores individuais. Cada linha de produção possui câmaras frias, túneis de congelamento, câmara de estocagem e procedimentos de higienização que estão em funcionamento mesmo em dias em que a produção não está em operação.

O trabalho realizado teve por objetivo quantificar o consumo de energia e vapor por setores individuais da unidade estudada. A metodologia para quantificação da energia elétrica consumida se deu por meio de um levantamento sistemático da potência de todos os equipamentos elétricos utilizados em cada processo.

O levantamento de potência foi realizado com o auxílio da equipe de controle de energias da empresa. A metodologia utilizada foi a verificação *in loco* e listagem da potência instalada de todos os motores por setor da fábrica, tomando como referência as informações da placa de cada motor. Esse trabalho durou cerca de um mês e foram listados 2050 motores elétricos em todos os setores da planta. Através desse levantamento e da alocação da potência em cada grande sala ou setor industrial, foi possível estimar o consumo individual de cada setor.

A metodologia utilizada está sustentada por dois pilares. O primeiro deles deve-se ao fato de que os grandes motores da fábrica e, portanto, grandes consumidores de energia, estão localizados em salas de máquinas, atendimento a rações, e demais sistemas de refrigeração, e esses componentes funcionam 24 horas por dia, em um dia típico. O segundo, pela inviabilidade de realizar medições diretas na rede interna da empresa. Isso se deve a falhas internas de mapeamento de energia, que impossibilita realizar medições efetivas dos grandes grupos setoriais.

O sistema de distribuição de vapor possui melhor acesso e um mapeamento controlado de suas linhas, o que oportunizou a realização de medições para avaliar o consumo por área. Utilizando o medidor de vazão ultrassônico Vectus VEC-USM-2000H, disponível na empresa, que possui alta precisão com variação máxima de 1%. A Figura 11 apresenta o medidor utilizado. Foram realizadas medições em quatro pontos de alimentação, sendo estes os pontos de entrada da fábrica de rações, da lavanderia, do produto 1 e do produto 2. As medições foram realizadas num dia padrão de funcionamento da empresa, e em que as condições climáticas não estavam alteradas. A temperatura externa ao longo do dia foi de cerca de 24 graus Celsius, e durante a madrugada de até 16 graus Celsius. A medição foi iniciada a meia noite, e durou por um período de 24 horas, onde os dados foram tomados de hora em hora, e a medida realizada foi a vazão mássica do sistema. O procedimento de utilização do equipamento de medição consiste em fixar os sensores sobre a tubulação e configurar o medidor para as dimensões do tubo, considerando diâmetro interno, espessura, temperatura, tipo de fluido, pressão e da distância entre os dois sensores.

Figura 11 - Medidor de Vazão Vectus



Fonte: Autor

Como etapa final de desenvolvimento deste trabalho, foi elaborado um plano de melhorias de controle de consumos. Esse plano consiste na identificação de pontos de controle e monitoramento a serem instalados e da estimativa de custos de implantação destes sistemas, realizando um orçamento com empresas de automação energética.

As etapas de desenvolvimento deste trabalho tiveram como base a metodologia de aplicação de melhorias PDCA. Porém, devido a necessidade de investimentos e aos prazos de desenvolvimento, os resultados deste trabalho se limitaram a avaliação de oportunidade, elaboração de plano de ação com avaliação técnica quanto às melhorias necessárias.

4 RESULTADOS

O Anexo A apresenta os resultados para a entrevista realizada junto aos analistas de gestão energética da empresa e a alta administração da unidade. Observou-se que a empresa conta com uma forte estrutura de planejamento energético, contando, inclusive, com dois funcionários específicos para a análise do consumo energético diariamente. Esses funcionários atuam principalmente no controle de consumo de energia elétrica, visto que a empresa realiza compra de energia em leilões de energia livre e o consumo acima dos valores adquiridos possui um maior custo por kWh. Como suporte ao atendimento das metas de consumo, os analistas de energia contam com estratégias de desligamento de máquinas de suporte como alternativa para manter o funcionamento das principais células da empresa, como túneis de congelamento e câmaras frias, sem que o limite diário de consumo de energia seja ultrapassado.

Os resultados para a categoria Implementação e Operação demonstram que as estratégias que são desenvolvidas pelos analistas de gestão recebem recursos financeiros para a sua realização. Também se tornou notório a avaliação energética sobre todos os projetos desenvolvidos na empresa, tendo estes impactos sobre o modelo de análise de *payback* utilizado pela empresa, e a avaliação por um setor corporativo externo a unidade para o desenvolvimento de projetos de alto impacto sobre o consumo de recursos energéticos.

Na categoria Organização, todos os itens foram avaliados como conforme, isso aponta para a elevada preocupação da administração da empresa com os resultados energéticos. Existem cargos em alta administração totalmente voltados para o desempenho energético da unidade, assim como analistas de gestão energética local. Também foi constatada a presença de um Comitê de Eficiência Energética na empresa. Esse comitê é formado pelas lideranças de todos os setores e visa otimizar a utilização dos recursos energéticos, bem como desenvolver melhorias em toda a planta industrial visando reduções de consumo e atendimento a metas. No momento da realização desta pesquisa o comitê possuía um plano de ação com 56 ações, das quais 25 já haviam sido realizadas e 18 estavam em andamento.

A empresa analisada possui mais de três mil funcionários ativos dos quais aproximadamente 70% atuam em atividades operacionais e possuem baixa

escolaridade. Assim, as atividades quanto à implantação de uma cultura energética se mostrou bastante desafiadora para a companhia. O *checklist* apresentou quatro avaliações parcialmente conformes. Os de reconhecimento e recompensas individuais podem ser avaliados como oportunidades de melhoria para a empresa, visto que esses pontos são atualmente aplicados apenas para altos cargos da unidade, de acordo com o cumprimento das metas dos gestores de setores. No entanto, os itens referentes a comunicação e conscientização de todos os colaboradores é de difícil execução e, embora existam estratégias para atingir todos os colaboradores, não existe por parte dos operadores alta cultura de eficiência energética. Foi ressaltado a existência de comunicação semanal com os colaboradores sobre assuntos relacionados a eficiência energética, mas não apresenta resultados expressivos.

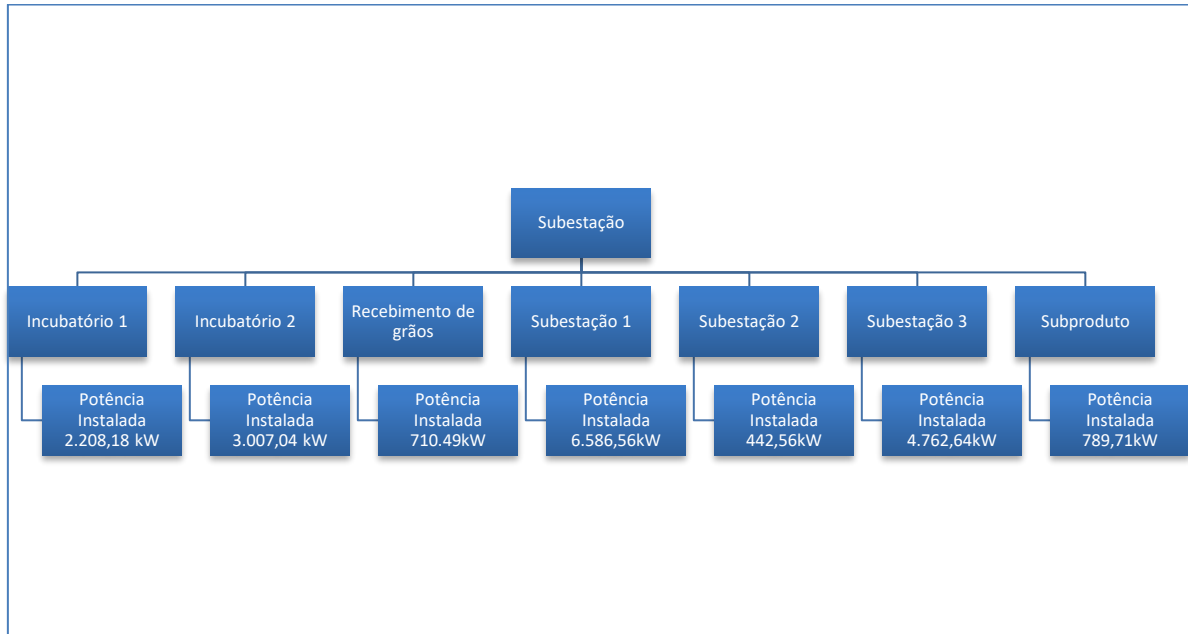
A categoria controle apresentou conformidade em todos os itens do *checklist*. Porém, de acordo com reunião realizada, constatou-se que existe uma grande oportunidade de melhorar os sistemas de controle atualmente utilizados. De acordo com as informações repassadas pelos analistas de gestão energética, observou-se que os pontos de medição de energia elétrica e de vapor são poucos, e que, devido à produção de duas linhas de aves pela unidade, a presença de uma fábrica de rações e de uma lavanderia terceirizada dentro da planta industrial, o controle dos gastos através de rateios poderia influenciar negativamente o controle dos gastos da unidade, além de impossibilitarem a localização de pontos críticos de consumo ou falhas de operação. Assim, optou-se por realizar uma investigação mais detalhada da estrutura de controle da empresa.

4.1 LEVANTAMENTO DA ESTRUTURA DA UNIDADE

Com o objetivo de obter maior entendimento sobre os caminhos de energia dentro da planta industrial, um mapeamento da energia foi realizado. A Figura 12 apresenta um fluxograma para o sistema de energia elétrica da empresa. A energia é recebida por uma estação rebaixadora que recebe energia elétrica a 138kV e a rebaixa para 13,8kV, e posteriormente para 380V nas subestações. A partir deste ponto são alimentados os dois incubatórios da unidade, a estação de recebimento de grão, a

subestação da fábrica de rações, e as subestações que alimentam os setores de produção do frigorífico.

Figura 12 - Fluxograma Energia Elétrica



Fonte: Autor

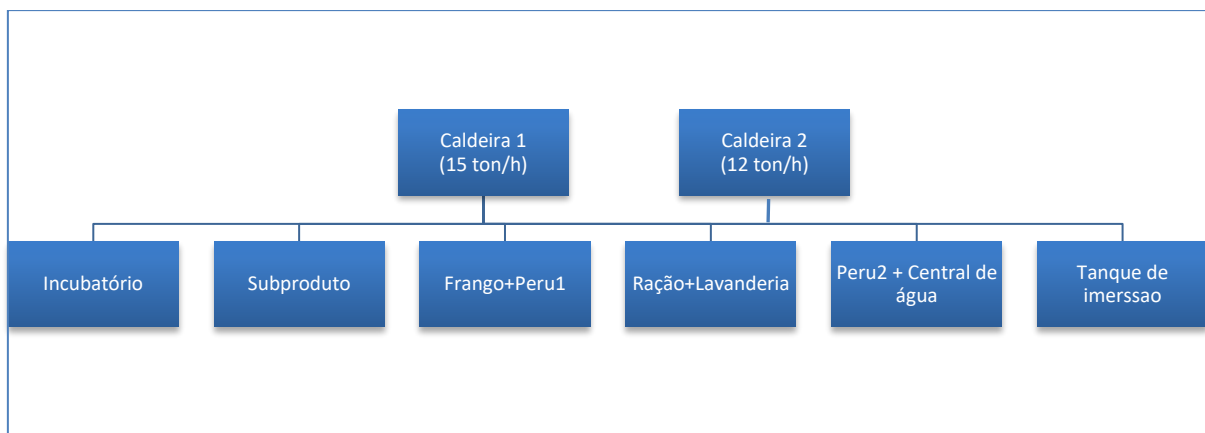
A subestação principal possui um medidor de energia que é utilizado para o levantamento do consumo total de energia da planta industrial. As demais subestações também possuem medidor de energia elétrica. No entanto, os diversos setores da empresa não possuem subestações próprias, e não existem medidores setoriais de energia, de modo que a avaliação de consumo por setor se mostra ineficaz. Um agravante é que, devido ao crescimento da fábrica, existem máquinas e equipamentos cujas origens de alimentação não são conhecidas pela empresa, o que além de gerar dificuldade no controle, também dificulta a organização de manutenções, principalmente em momentos de falhas de operação de máquinas durante os processos.

Um levantamento dos indicadores energéticos foi realizado com o auxílio dos analistas de gestão, e disponibilização de informações pela empresa. A empresa em estudo consome em média 5,4 MWh de energia mensalmente, com um custo médio de aproximadamente R\$ 1.400.000,00 ao mês. Esse consumo é maior nos meses de verão e reduzem durante o inverno. Assim, de acordo com o rateio de energia utilizado atualmente, o Produto 1 recebe 36,55% dos custos de energia, equivalente a uma média de R\$ 511.700,00, e o Produto 2 recebe 34,81% dos custos,

equivalente a uma média de R\$ 487.340,00. Esses valores apresentam um índice de 310,92 kWh/TPA para o Produto 1 e 226,29 kWh/TPA para o Produto 2. Os demais percentuais representativos de consumo são o da fábrica de rações e o de incubatório. Porém, esses dois macro setores possuem suas despesas separadas do abatedouro, de modo que seus custos não impactam diretamente nos custos da fábrica.

O mesmo mapeamento foi realizado para o sistema de geração e distribuição de vapor. A empresa conta com duas caldeiras, a caldeira 1 com capacidade de 15 toneladas de vapor por hora, e a caldeira 2 com capacidade de 12 toneladas de vapor por hora. A caldeira 1 é a fornecedora principal, sendo a caldeira 2 utilizada apenas quando há a necessidade de manutenções na caldeira 1 ou para suprir o aumento de demanda durante o inverno. Ambas as caldeira operam com pressão de 10 bar, e a tubulação possui isolamento em toda a sua extensão. Em prol da eficiência energética a empresa utiliza a recirculação da água para canais secundários e arraste de esgoto. A Figura 13 apresenta o fluxograma do sistema de vapor.

Figura 13 – Fluxograma Sistema de Distribuição de Vapor



Fonte: Autor

A situação de controle das caldeiras se mostrara mais crítica do que aquela da energia elétrica. Na saída das caldeiras existem medidores de vapor que são utilizados para avaliar os custos com este recurso. Porém, este é o único ponto onde são realizadas medições, embora o vapor seja distribuído para os dois macro setores e para a lavanderia terceirizada presente dentro da planta.

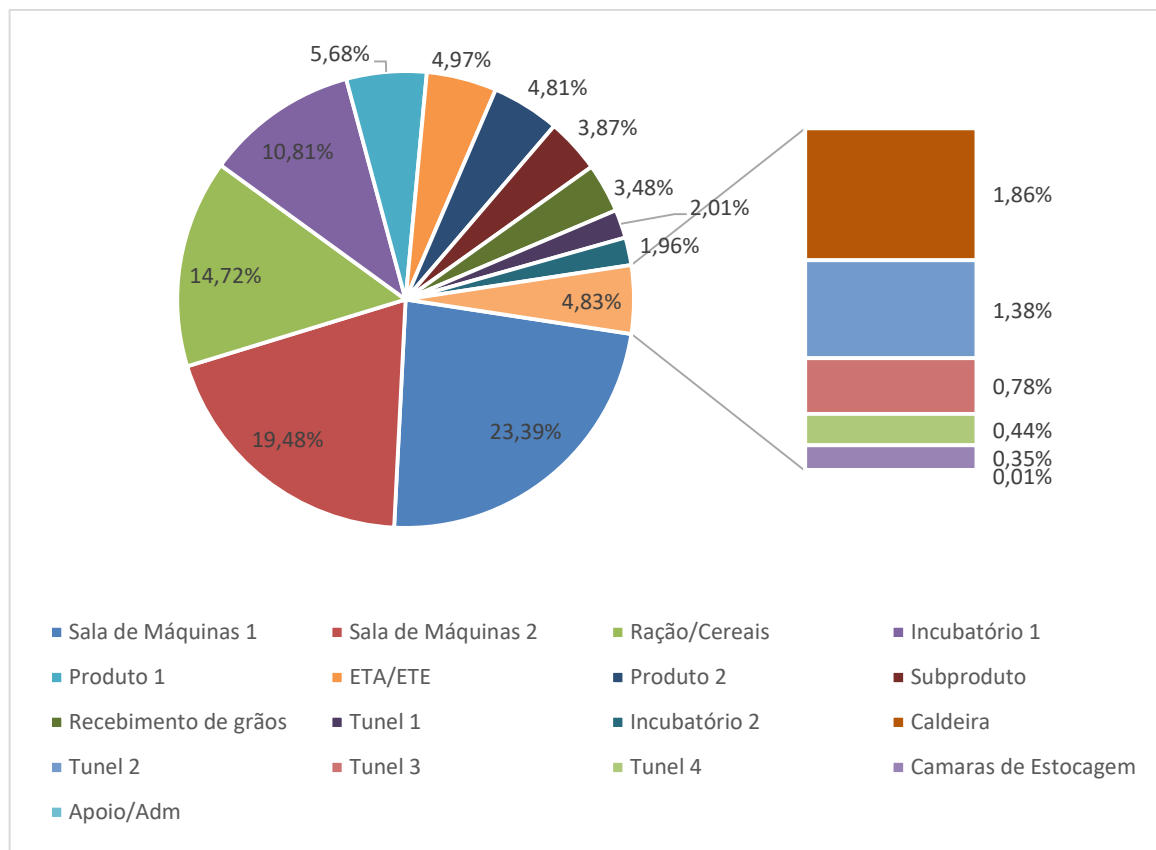
As caldeiras utilizadas pela unidade são alimentadas com cavaco e consomem em média 2.975,6 toneladas por mês que equivalem a R\$ 271.061,00. O rateio utilizado atualmente distribui 20% para o Produto 1, equivalente a R\$ 54.212,20,

e 32% para o Produto 2, equivalente a R\$ 86.739,50. Já a lavanderia apresenta o consumo de vapor mais expressivo da unidade, com 44% do rateio, R\$ 119.266,85.

4.2 AVALIAÇÃO DO RATEIO

Visando avaliar o rateio de energia elétrica utilizado pela empresa, um levantamento sistemático da potência instalada de máquinas e equipamentos utilizados na unidade foi realizado, onde foram listados 2050 itens. A Figura 14 apresenta a distribuição dos itens consumidores de energia na planta frigorífica.

Figura 14 - Levantamento de Máquinas e Equipamentos



Fonte: Autor

No total, os motores elétricos listados possuem uma potência instalada de 20.426,17 kW, e estão distribuídos na fábrica conforme apresentado pela Figura 13. Através desse levantamento, atribui-se a potência para cada macro setor para a

avaliação do rateio de energia. A Sala de Máquinas 1 é responsável por atender todos os sistemas de refrigeração do Produto 1. Já a Sala de Máquinas 2 é responsável por abastecer o sistema de refrigeração do Produto 2. Os Túneis 1 e 4 atendem à demanda do Produto 1 enquanto os Túneis 2 e 3, do Produto 2.

Desta forma podemos compilar os resultados apresentados na Figura 10 e compará-los com o atual rateio de energia elétrica utilizado pela empresa. A Tabela 4 apresenta a comparação dos dados. O consumo da ETA foi dividido de maneira igual, visto que os dados da empresa apontam para consumo de água similar entre os dois processos. As câmeras de estocagem são igualmente utilizadas para os dois produtos e também foram igualmente divididas entre as áreas. O Incubatório 2 possui abastecimento próprio de energia elétrica e, portanto, foi desconsiderado nessa comparação.

Tabela 4 - Distribuição de Potência

| SETOR | RATEIO ATUAL | RATEIO PROPOSTO |
|--------------------|---------------------|------------------------|
| PRODUTO 1 | 36.55% | 30.27% |
| PRODUTO 2 | 34.81% | 29.11% |
| RAÇÃO | 12.43% | 14.72% |
| GRÃOS | 1.20% | 3.48% |
| APOIO | 3.60% | 0.01% |
| SUBPRODUTO | 2.55% | 3.87% |
| INCOBATÓRIO | 8.72% | 10.81% |

Fonte: Autor

Observa-se que os resultados obtidos diferem consideravelmente daqueles utilizados atualmente. Essa diferença pode levar a uma má distribuição dos custos de produtos, bem como alocação de investimentos de melhorias em pontos do processo onde já existe eficiência. Assim, a implantação de um sistema automatizado de controle de energia se faz justificável para a empresa em estudo.

Para os sistemas de vapor foi realizado um mapeamento dos diâmetros e vazões máximas disponíveis na rede. Esses valores estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 - Tubulação Sistema de Vapor

| PROCESSO | MEDIDOR DE VAZÃO | BITOLA [POLEGADAS] | VAZÃO MÁXIMA [TON/H] |
|------------------------|------------------|--------------------|----------------------|
| CALDEIRA 1 | IDP 10 - A22C21S | 8 | 18 |
| CALDEIRA 2 | IDP 10 - A22C21S | 8 | 12 |
| LAVANDERIA | Não Possui | 2 | 3 |
| SUBPRODUTO | Não Possui | 2 | 3 |
| ESCALDAGENS | Não Possui | 3 | 5 |
| RAÇÃO 1 | Não Possui | 6 | 4 |
| RAÇÃO 2 | Não Possui | 4 | 4 |
| INCUBATÓRIO | Não Possui | 2,5 | 3 |
| CENTRAL DE ÁGUA QUENTE | Não Possui | 6 | 10 |

Fonte: Autor

Visando avaliar o consumo de vapor pelas áreas de maior interesse, foi realizada uma avaliação de consumo em três pontos. O primeiro ponto foi na entrada da lavanderia, visto que o rateio atual indica que este é o maior consumidor. Os outros dois pontos foram nas saídas da central de água quente que abastecem os setores de produção dos Produtos 1 e 2. Os resultados de consumo estão apresentados na Figura 15.

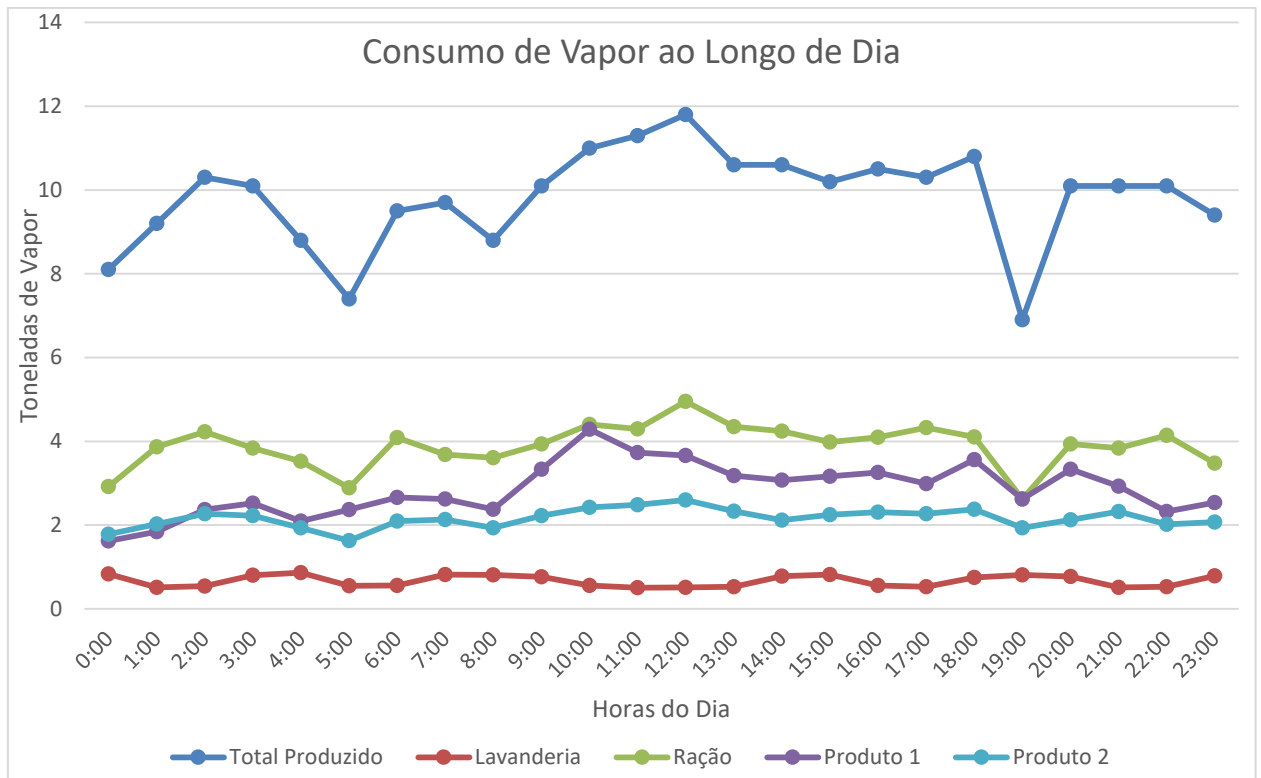
A Tabela 7 apresenta os valores obtidos para o percentual de consumo de vapor por cada setor. Os percentuais foram calculados através da produção total hora a hora, que foi obtida através dos medidores de vazão da saída da caldeira. Observa-se que houve variações significantes no consumo real de valor comparado com aqueles estabelecidos pelo rateio de energia. A variação do consumo da lavanderia foi de 3.78% acima do valor de rateio. Esse índice é prejudicial, considerando que a Lavanderia é terceirizada, de modo que esse percentual representa custos diretos, que deveriam ser repassados a empresa terceira, mas estão sendo arcados pela empresa principal.

Tabela 6 - Rateio de Vapor

| SETOR | RATEIO ATUAL | RATEIO PROPOSTO |
|------------|--------------|-----------------|
| PRODUTO 1 | 32.00% | 29.04% |
| PRODUTO 2 | 20.00% | 22.18% |
| RAÇÃO | 40.00% | 39.59% |
| LAVANDERIA | 4.00% | 6.78% |

Fonte: Autor

Figura 15 - Consumo de Vapor



Fonte: Autor

4.3 PROPOSTA DE MELHORIA DE CONTROLE

Visando aprimorar o controle de energia elétrica e de vapor da empresa, foram selecionados pontos de necessidade de controle e realizado orçamento de implementação do sistema de gerenciamento. Esse sistema consiste em medidores instalados e de um *software* supervisor para gerenciamento do consumo.

Para o controle de energia elétrica, 20 pontos foram mapeados como prioritários para a instalação do controle, sendo 4 deles na fábrica de rações, e 16 distribuídos entre os ambientes internos de produção do produto 1 e 2. O orçamento com maior viabilidade recebido foi fornecido pela empresa Gestal. O orçamento contempla os 20 medidores, o *software* necessário, instalação e treinamento de funcionário para operar o sistema. A Tabela 7 apresenta a relação de custos de implantação orçada.

Tabela 7 –Orçamento Medidor Elétrico

| ITEM | QUANTIDADE | VALOR UNITÁRIO | VALOR TOTAL |
|---|------------|----------------|----------------------|
| SOFTWARE COLETOR DE DADOS SMART32 | 1 | R\$ 588,00 | R\$ 588,00 |
| SOFTWARE DESENHADOR SMART32 | 1 | R\$ 660,00 | R\$ 660,00 |
| SOFTWARE DRIVER SMART GATE MODBUS | 1 | R\$ 2.700,00 | R\$ 2.700,00 |
| SOFTWARE SM-DIN8 | 2 | R\$ 680,00 | R\$ 1.360,00 |
| SOFTWARE RATEIO DE ENERGIA SMART32 | 1 | R\$ 1.120,00 | R\$ 1.120,00 |
| SOFTWARE SUPERVISÓRIO SMART32 | 1 | R\$ 588,00 | R\$ 588,00 |
| BORNE DE PROTEÇÃO 10V 1.5K | 1 | R\$ 1.404,00 | R\$ 1.404,00 |
| CABO CONFIG GATE/LINK/SM485 | 1 | R\$ 16,20 | R\$ 16,20 |
| CAIXA PLASTICA 2528 | 1 | R\$ 216,00 | R\$ 216,00 |
| CAIXA SMART GATE/LINK/CODE | 1 | R\$ 625,00 | R\$ 625,00 |
| CONCENTRADOR RC21000 | 1 | R\$ 601,20 | R\$ 601,20 |
| FONTE 85A264VAC 24VCC/30W | 1 | R\$ 185,50 | R\$ 185,50 |
| ISOLADOR OPTICO | 1 | R\$ 100,80 | R\$ 100,80 |
| MEDIDOR DE ENERGIA PAC3100 RS485 MODBUS | 20 | R\$ 1.859,40 | R\$ 37.188,00 |
| UNIDADE REMOTA - EA 8 PONTOS FIELD LOGGER | 2 | R\$ 2.358,00 | R\$ 4.716,00 |
| UNIDADE SM-DIN8 8 PONTOS | 2 | R\$ 468,00 | R\$ 936,00 |
| | | Total | R\$ 58.245,40 |

Fonte: Autor

A proposta de melhoria de controle para o sistema de vapor consiste em adicionar medidores na saída da central de vapor para possibilitar a quantificação de consumo do processo de produção dos produtos 1 e 2. Também é necessário adicionar medidores na entrada da fábrica de rações, na linha de distribuição do

incubatório e na entrada da lavanderia. Um orçamento foi realizado com a empresa Contech. A Tabela 8 apresenta os itens cotados.

Tabela 8 - Orçamento Medidores de Vapor

| ITEM | MODELO | QUANTIDADE | VALOR UNITÁRIO | VALOR TOTAL |
|----------------------------|----------------|------------|----------------|----------------------|
| MEDIDOR VORTEX DE INSERÇÃO | VORTEXM23 | 4 | R\$ 8.100,00 | R\$ 32.400,00 |
| MEDIDOR RODA D'AGUA | CTH2265I | 1 | R\$ 1.940,00 | R\$ 1.940,00 |
| INDICADOR TOTALIZADOR | 31020400000321 | 7 | R\$ 1.500,00 | R\$ 10.500,00 |
| | | | Total | R\$ 44.840,00 |

Fonte: Autor

Os medidores tipo Vortex serão utilizados para as grandes medições, que contemplam a fábrica de rações, os processos 1 e 2, e a lavanderia. Já o medidor tipo roda d'água será implantado no sistema de distribuição do incubatório. Os indicadores totalizados são o sistema de comunicação entre os medidores e um *software*, que não está contemplado pelo orçamento. Pode-se utilizar o mesmo *software* supervisor para controle de energia elétrica e de vapor, no entanto, existem custos para a integralização dos sistemas.

5 CONCLUSÕES

O crescente consumo de energia requer a mobilização dos governos no desenvolvimento de políticas e tratados energéticos a fim de suprir as demandas de produção mantendo o equilíbrio ambiental. Para as empresas, inserir sistemas de gestão energética a fim de alcançar eficiência em seus processos é um fator fundamental para manter sua competitividade no mercado.

Este trabalho apresentou uma revisão bibliográfica apontando para as principais metodologias e normas regulamentadoras da gestão energética em indústrias, contemplando a situação atual da indústria brasileira, a Norma ISO 50.001 e o levantamento sistemático de gestão energética apresentado por Schulze et al (2014). Como complemento ao levantamento bibliográfico, um estudo de caso foi realizado em uma empresa frigorífica de aves, onde buscou-se encontrar lacunas no sistema de gestão energética utilizado pela empresa.

Através da aplicação do *checklist* de gestão energética proposto por Nardino (2017), encontrou-se uma oportunidade de melhoria do sistema de divisão de custos, cujo o rateio utilizado pela empresa apresentava algumas inconsistências em seu modelo de desenvolvimento. Assim foram realizados levantamentos na planta industrial com a finalidade de validar a distribuição de rateio. Os resultados apresentaram percentuais significativos de variação entre o rateio atual e o consumo estimado por este trabalho. Como proposta de melhoria, foram orçados sistemas de medição e controle a serem instalados pela empresa para um monitoramento constante e preciso de consumo por setor.

O desenvolvimento deste trabalho cumpriu com os objetivos propostos e possibilitou maior entendimento sobre a gestão energética de grandes indústrias com complexos sistemas de distribuição. A empresa ainda apresenta carência de projetos de eficiência, existindo espaço para o desenvolvimento de futuros trabalhos voltados a eficiência de sistemas específicos, principalmente aqueles ligados a reaproveitamento de frio através de sistemas de regeneração.

REFERÊNCIAS

ABNT. Sistemas de gestão da energia – Requisitos com orientações para uso (ISO 50001:2011). , v. 1, n. Iso 50001, p. 31, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL. Relatório Anual 2016. **Relatório Anual**, p. 136, 2016.

BRAZILIAN ENERGY RESEARCH COMPANY (EPE). Brazilian Energy Balance 2016. , p. 14–18, 2016. Disponível em: <www.epe.gov.br>.

CARLO, J. C. Parâmetros e métodos adotados no regulamento de etiquetagem da eficiência energética de edifícios – parte 1: método prescritivo. , p. 7–26, 2010.

CASSIOLATO, C.; ALVES, E. O. Medição de vazão. , p. 1–13.

FARIAS, L. M.; SELLITTO, M. A. Uso da energia ao longo da história: evolução e perspectivas futuras. **Revista Liberato**, v. 12, n. 17, p. 01–106, 2011.

FERRAZ, F. **Apostila de refrigeração**. 2008.

FUPAI/EFICIENTIA (ORG.). **Eficiência Energética em Sistemas de Refrigeração Industrial e Comercial**. Rio de Janeiro: CEB, Centrais Elétricas Brasileiras, 2005.

GIASSON, A. C.; PORTELA, T. T.; LAFAY, J. M. S.; JR, L. C. M. Minimal Energy Efficiency Indicators for Poultry Industries Key words. , v. 1, n. 12, p. 360–364, 2014.

GONZÁLEZ, A. J.; CASTRILLÓN, R.; QUISPE, E. C.; INVESTIGACIÓN, G. DE; OCCIDENTE, U. A. DE. ENERGY EFFICIENCY IMPROVEMENT IN THE CEMENT INDUSTRY By : , p. 1–13, 2012.

GOPALAKRISHNAN, B.; RAMAMOORTHY, K.; CROWE, E.; CHAUDHARI, S.; LATIF, H. A structured approach for facilitating the implementation of ISO 50001 standard in the manufacturing sector. **Sustainable Energy Technologies and Assessments**, v. 7, p. 154–165, 2014. Elsevier Ltd. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.seta.2014.04.006>>.

J. CHIOCHETTA, K. HATAKEYAMA, M.; LEITE. Evolução histórica da indústria brasileira: desafios, oportunidades e formas de gestão. , 2004.

MARTINS, André Ramon Silva et. al. [organizadores: Jamil Haddad, Sérgio Catão Aguiar. **Eficiência energética: integrando usos e reduzindo desperdícios**. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL; Agência Nacional do Petróleo - ANP, 1999.

MATRIZ LIMPA, Portal Ambiente Energia. **Resultados e realizações do PROCEL em 2009**. Disponível em: <<http://www.matrizlimpa.com.br>> Acesso em: 29 de Abril de 2017.

MORAIS, V. O. D. E. Gestão da Energia na Indústria : Estudo de caso na Braskem. , 2015.

NARDINO, R. L. **Gestão Energética de um Abatedouro de Frangos no Sudoeste do Paraná**, 2017. UTFPR.

NUNES, D. R. **Ferramentas e Instrumentos de Medidas Elétricas 1**. Campos dos Goytacazes, RJ, 2010.

OENNING, VILMAR; MAZZIONI, SADY; NEIS, D. Apuração e gestão de custos pelo método das unidades de esforço de produção – UEP. , 2006.

PATTERSON, M. G. What is energy efficiency? Concepts, indicators and methodological issues. **Energy Policy**, v. 24, n. 5, p. 377–390, 1996.

PORTELA, T. T. **PROCESSO DE GESTÃO DE ENERGIA PARA A INDÚSTRIA FRIGORÍFICA DE AVES**, 2013.

SARKAR, A.; SINGH, J. Financing energy efficiency in developing countries-lessons learned and remaining challenges. **Energy Policy**, v. 38, n. 10, p. 5560–5571, 2010. Elsevier. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2010.05.001>>. .

SCHULZE, M.; NEHLER, H.; OTTOSSON, M.; THOLLANDER, P. Energy management in industry : a systematic review of previous findings and an integrative conceptual framework. , , n. 112, p. 3692–3708, 2016.

SOUZA, A. C. **Consumo de Água e de Energia: Uma Análise sob a Ótica do Licenciamento Ambiental na Indústria de Abate de Animais do Estado da Bahia**, 2015.

SOUZA, H. M. DE; LEONELLI, P. A.; ALEXANDRE, C.; PIRES, P. REFLEXÕES SOBRE OS PRINCIPAIS PROGRAMAS EM. , v. 15, p. 7–26, 2009.

STRAPASSON, A. B. **A Energia Térmica e o Paradoxo da Eficiência Energética**, 2004. Universidade de São Paulo.

TESSMER, H. Uma síntese histórica da evolução do consumo de energia pelo homem. **Revista Liberato**, v. 3, n. 3, 2002.

TONIM, G. Gilberto Tonim a Gestão De Energia Elétrica Na Indústria – Seu Suprimento E Uso Eficiente a Gestão De Energia Elétrica Na Indústria – Seu. **Economia**, 2009.

WERNKE, R.; LEMBECK, M.; JUNGES, I.; PINTO, J. produção de fábrica de salsichas Indicadores não financeiros do Método UEP aplicáveis à gestão da produção de fábrica de salsichas. , 2014.

ANEXO A

| Estratégia e Planejamento | Avaliação da Conformidade | | |
|---|---------------------------|---------|--------------|
| A empresa já estabeleceu, documentou, implementou e mantém um sistema de gestão de utilidades energéticas? | Conforme | Parcial | Não Conforme |
| A empresa já nomeou um representante da direção (Líder) e criou um comitê de utilidades energéticas multifuncional? | Conforme | Parcial | Não Conforme |
| O líder indicado pela empresa reporta-se diretamente com a alta administração? | Conforme | Parcial | Não Conforme |
| a empresa já estabeleceu, implementou e mantém uma política energética? | Conforme | Parcial | Não Conforme |
| A política energética inclui compromisso com a melhoria contínua na eficiência energética? | Conforme | Parcial | Não Conforme |
| A empresa já desenvolveu, registrou e mantém uma avaliação energética (auditoria)? | Conforme | Parcial | Não Conforme |
| A auditoria realizada identificou o fluxo de energia da empresa? | Conforme | Parcial | Não Conforme |
| A auditoria realizada identificou as principais áreas de consumo e uso significativo de utilidades energéticas? | Conforme | Parcial | Não Conforme |
| Através da auditoria foi identificada, priorizada e registrada as oportunidades para melhorar o desempenho energético? | Conforme | Parcial | Não Conforme |
| A empresa já estabeleceu uma linha de base de energia? | Conforme | Parcial | Não Conforme |
| A linha de base estabelecida é mantida e os dados são registrados? | Conforme | Parcial | Não Conforme |
| Os objetivos e metas energéticas juntamente com os intervalos de tempo para alcançá-los, estão devidamente documentados e anexados aos objetivos gerais da empresa? | Conforme | Parcial | Não Conforme |
| Foram desenvolvidos planos de ações para atingir os objetivos e metas? | Conforme | Parcial | Não Conforme |
| A empresa já definiu seus indicadores de desempenho energético apropriados ao monitoramento e medição do desempenho energético? | Conforme | Parcial | Não Conforme |
| Há uma gestão dos riscos relacionados ao uso de energia? (Volatilidade dos preços, escassez, etc.) | Conforme | Parcial | Não Conforme |
| Implementação e Operação | Avaliação da Conformidade | | |
| A empresa utiliza os planos de ação para implementação e operação? | Conforme | Parcial | Não Conforme |

| | | | |
|---|----------------------------------|---------|--------------|
| A empresa identificou e planejou as atividades de operações e manutenção que são relativas aos seus usos significativos de energéticos? | Conforme | Parcial | Não Conforme |
| A empresa leva em consideração o desempenho energético nos projetos de instalações, equipamentos, sistemas ou processos? | Conforme | Parcial | Não Conforme |
| A empresa informa seus fornecedores que as compras são baseadas parcialmente com base no desempenho energético? | Conforme | Parcial | Não Conforme |
| A empresa estabelece e implanta critérios de avaliação de uso, consumo e eficiência energética dos produtos, equipamentos ou serviços adquiridos? | Conforme | Parcial | Não Conforme |
| A empresa leva em consideração o <i>payback</i> dos projetos de eficiência energética? | Conforme | Parcial | Não Conforme |
| Controle | Avaliação da Conformidade | | |
| A organização já identificou as características principais para as operações que afetam o desempenho energético? | Conforme | Parcial | Não Conforme |
| A organização tem definido um intervalo de tempo para cada item de controle? | Conforme | Parcial | Não Conforme |
| A organização avalia a performance de seus itens de controle? | Conforme | Parcial | Não Conforme |
| Os resultados dos monitoramentos e medições são registrados e coletados constantemente? | Conforme | Parcial | Não Conforme |
| Os equipamentos de monitoramento são calibrados e mantidos? | Conforme | Parcial | Não Conforme |
| Os indicadores de desempenho energético são revistos e comparados com a linha de base regularmente? | Conforme | Parcial | Não Conforme |
| A organização realiza <i>benchmarking</i> interno e externo? | Conforme | Parcial | Não Conforme |
| A organização gera relatórios internos dos resultados monitorados? | Conforme | Parcial | Não Conforme |
| A organização utiliza os resultados obtidos pelo monitoramento para gerar feedbacks nos seus sistemas de gestão de utilidades energéticas? | Conforme | Parcial | Não Conforme |
| A organização realiza auditorias internas em intervalos planejados como forma de melhoria contínua dos seus sistemas de gestão? | Conforme | Parcial | Não Conforme |
| A organização mantém procedimentos para lidar com reais potenciais de não conformidades? | Conforme | Parcial | Não Conforme |
| Organização | Avaliação da Conformidade | | |
| A empresa já estabeleceu e documentou o escopo e os limites do seu sistema de gestão de utilidades energéticas? | Conforme | Parcial | Não Conforme |

| | | | |
|--|----------------------------------|---------|--------------|
| A empresa possui estabelecido, implantado e documentado as informações que descrevem os principais elementos do seu sistema de gestão de utilidades energéticas? | Conforme | Parcial | Não Conforme |
| A documentação do sistema de gestão energéticas inclui a política energética da empresa? | Conforme | Parcial | Não Conforme |
| A empresa possui um organograma claro da sua equipe de gestão de utilidades energéticas? | Conforme | Parcial | Não Conforme |
| Os membros do time da gestão de utilidades energéticas da empresa possuem papéis, responsabilidades e autoridade definidas de forma documentada? | Conforme | Parcial | Não Conforme |
| Existe um cargo na Alta Administração voltado para utilidades energéticas? | Conforme | Parcial | Não Conforme |
| As atividades realizadas pela equipe de gestão de utilidades energética estão padronizadas? | Conforme | Parcial | Não Conforme |
| Os procedimentos das atividades são periodicamente revisados e alterados quando necessário? | Conforme | Parcial | Não Conforme |
| Os documentos são legíveis, datados e rapidamente identificáveis? | Conforme | Parcial | Não Conforme |
| Cultura | Avaliação da Conformidade | | |
| A organização faz comunicação periódica internamente sobre a situação das utilidades energéticas? | Conforme | Parcial | Não Conforme |
| A organização garante a eficácia e entendimento da comunicação interna? | Conforme | Parcial | Não Conforme |
| Os colaboradores (todos os níveis hierárquicos) estão conscientes da importância da conformidade com a política energética? | Conforme | Parcial | Não Conforme |
| Os colaboradores (todos os níveis hierárquicos) da empresa estão conscientes de seus papéis e responsabilidades para atingir as metas propostas? | Conforme | Parcial | Não Conforme |
| Foram identificadas necessidades de educação/treinamento para as pessoas (todos os níveis hierárquicos) e realizados as ações necessárias? | Conforme | Parcial | Não Conforme |
| A Alta Administração está envolvida nas tomadas de decisões relacionadas às utilidades energéticas? | Conforme | Parcial | Não Conforme |
| A organização realiza práticas de reconhecimento individual e/ou coletivo? | Conforme | Parcial | Não Conforme |
| A organização realiza práticas de recompensa individual e/ou coletivo? | Conforme | Parcial | Não Conforme |