

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**  
**DEPARTAMENTO DE PÓS-GRADUAÇÃO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**  
**ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**CHARLES MOREIRA PEREIRA**

**EFICIÊNCIA ENERGÉTICA: IDENTIFICANDO OPORTUNIDADES NO  
ABATE E PROCESSAMENTO DE FRANGOS ATRAVÉS DE  
MELHORIAS OPERACIONAIS NO SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO**

**MONOGRAFIA**

**PONTA GROSSA**

**2015**

**CHARLES MOREIRA PEREIRA**

**EFICIÊNCIA ENERGÉTICA: IDENTIFICANDO OPORTUNIDADES NO  
ABATE E PROCESSAMENTO DE FRANGOS ATRAVÉS DE  
MELHORIAS OPERACIONAIS NO SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO**

Monografia apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Engenharia de Produção, do Departamento de Pós Graduação em Engenharia de Produção, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Antonio Vanderley  
Herrero Sola

**PONTA GROSSA**

**2015**



Ministério da Educação  
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
CAMPUS PONTA GROSSA  
Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação  
Curso de Especialização em Engenharia de Produção



## FOLHA DE APROVAÇÃO

### EFICIÊNCIA ENERGÉTICA: IDENTIFICANDO OPORTUNIDADES NO ABATE E PROCESSAMENTO DE FRANGOS ATRAVÉS DE MELHORIAS OPERACIONAIS NO SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO.

por

**Charles Moreira Pereira**

Esta monografia foi apresentada no dia 13 de março de 2015 como requisito parcial para a obtenção do título de ESPECIALISTA EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. O candidato foi argüido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.



Prof. Dr. Flavio Trojan (UTFPR)  
Banca



Prof. Dr. Antonio Vanderley Herrero Sola  
Orientador

Visto do Coordenador:



Prof. Dr. Luis Mauricio de Resende  
Coordenador  
UTFPR – Câmpus Ponta Grossa

## **AGRADECIMENTOS**

Deixo aqui meus sinceros agradecimentos aos meus colegas de trabalho, que contribuíram muito com o que estava ao alcance deles. Também ao professor Sola, que sempre me deu o direcionamento acerca do que fazer quando solicitado, dedicando parte do seu precioso tempo.

A minha namorada Karen agradeço pelo incessante incentivo para sempre estudar mais e mais, também pela compreensão nos momentos de ausência.

## RESUMO

PEREIRA, Charles Moreira. **Eficiência energética:** Identificando oportunidades no abate e processamento de frangos através de melhorias operacionais no sistema de refrigeração. 2015. 44p. Monografia (Especialização em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2015.

Frente ao desfavorável cenário energético do país, este estudo tem por propósito identificar possíveis oportunidades de melhoria da eficiência energética do sistema de refrigeração de um frigorífico de abate de aves localizado na cidade de Carambeí, no estado do Paraná, a partir do momento em que se identifica este processo como o maior consumidor de eletricidade dentro da cadeia. Foram levantados dados de consumo de energia elétrica dos equipamentos de todo o processo de abate, iniciando na recepção de frangos até o setor de expedição dos mesmos para os clientes. Foram observados dados de documentos, sistema SAP e também de medições em campo, na busca do quanto a refrigeração consome em relação aos demais processos. Como já era pressuposto, a refrigeração se mostrou consumidora de uma parcela de 58% da energia elétrica da planta, dessa forma foram levantadas oportunidades de melhoria da eficiência por meio de literaturas, e tentado identificar na prática quais delas eram possíveis de serem aplicadas. Das oportunidades citadas pelos autores, foram priorizadas 4 delas e realizados os cálculos dos retornos em consumo absoluto e financeiro, tendo por base o padrão de monitoramento mensal adotado na organização. Testes foram realizados nos 2 primeiros meses do ano de 2015 em conjunto com a área produtiva e não houveram reflexos negativos no processo de abate, pelo contrário, mantendo a conformidade dos processos, ainda foi possível observar redução no consumo de energia elétrica no compilado geral em relação ao mesmo período do ano anterior. Para que os objetivos do trabalho fossem alcançados, foi fundamental o envolvimento de toda linha organizacional do início até o final, promovendo assim a integração da área técnica com a produtiva e também uma mudança de comportamento, abertura para discussão de outras oportunidades que até então nunca haviam sido questionadas, onde muitas vezes não há respostas quando questionado o por que de se estar algo daquela forma.

**Palavras-chave:** Refrigeração. Eficiência. Energética. Frigorífico. Frangos.

## ABSTRACT

PEREIRA, Charles Moreira. **Energy efficiency:** Identifying opportunities in the slaughter and processing chickens through operational improvements in the cooling system. 2015. 44p. Monograph (Specialization in Production Engineering) - Federal Technology University - Parana. Ponta Grossa, 2015.

Against the unfavorable energy scenario of the country, this study has the purpose to identify possible opportunities for improving energy efficiency of the cooling system of a poultry slaughtering fridge located in Carambeí in the state of Paraná, from the moment you identifies this process as the largest consumer of electricity in the chain. Were raised electricity consumption data of the whole slaughter process equipment, starting at the front desk of chickens to the shipping sector thereof to customers. Document data were observed, SAP and also measurements in the field, in the pursuit of cooling consumes as compared to other processes. As it was assumed, refrigeration showed consumer of a share of 58% of the electricity plant, thus opportunities were raised to improve efficiency through literature, and tried to identify in practice which of them were able to be applied. The opportunities cited by the authors, were prioritized 4 of them and made the calculations of returns in absolute and financial consumption, based on the monthly monitoring standard adopted in the organization. Tests were performed in the first 2 months of the year 2015 in conjunction with the production area and there were no negative consequences in the slaughtering process, on the contrary, maintaining the compliance of processes, were still observed reduction in electricity consumption in general compiled in compared to the same period last year. For the research objectives were achieved, the involvement of all organizational line from start to end was fundamental, thus promoting the integration of the technical area with the productive and also a change in behavior, openness to discuss other opportunities that hitherto had been questioned, where there is often no answers when asked why to be something like that.

**Keywords:** Refrigeration. Efficiency. Energy. Refrigerator. Chickens.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Ciclo de refrigeração por compressão de vapor.....	20
Figura 2 – Analisador Circutor modelo AR5 .....	30
Figura 3 - Cálculos temperatura dos produtos mercado externo.....	36
Figura 4 - Instrução de Trabalho Comunicação e Otimização de Potências .....	37
Figura 5 - Cálculos redução do consumo de gelo .....	39
Figura 6 - Instrução de trabalho redução do consumo de gelo .....	40
Figura 7 - Cálculos redução da pressão de condensação da sala de máquinas .....	41
Figura 8 - Cálculos aumento da pressão de sucção da sala de máquinas .....	42
Gráfico 1 - Pareto comparando consumos da refrigeração com os demais processos .....	32
Gráfico 2 - Comparativo dos consumos de energia elétrica 2014 e 2015 .....	44

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Consumos de energia elétrica dos processos inseridos no abate de frangos .....	30
Tabela 2 - Consumos de energia elétrica de alguns equipamentos.....	32
Tabela 3 - Oportunidades levantadas .....	43



## SUMÁRIO



<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
1.1 PROBLEMA .....	14
1.2 HIPÓTESE .....	15
1.3 OBJETIVO GERAL .....	15
1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	15
1.5 JUSTIFICATIVA .....	16
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>	<b>17</b>
2.1 REFRIGERAÇÃO INDUSTRIAL .....	18
2.1.1 Ciclo De Refrigeração Por Compressão De Vapor .....	19
2.1.2 Equipamentos Do Sistema De Refrigeração .....	21
2.1.2.1 Compressores .....	21
2.1.3 Operação do Sistema de Refrigeração .....	23
2.2 CADEIA PRODUTIVA DO FRANGO .....	24
2.2.1 Abate De Frangos .....	25
<b>3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....</b>	<b>26</b>
3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA .....	26
3.2 LOCAL DE REALIZAÇÃO DO ESTUDO .....	28
3.3 COLETAS DE DADOS .....	29
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>29</b>
4.1 MAPEAMENTO DOS PRINCIPAIS PROCESSOS CONSUMIDORES DE ENERGIA ELÉTRICA .....	29
4.2 PROCESSO GERAÇÃO DE FRIO .....	33
4.3 OPORTUNIDADES E AÇÕES .....	35
4.3.1 Super Congelamento de Produtos .....	35
4.3.2 Consumo de Água e Gelo .....	38
4.3.3 Temperatura/Pressão de Descarga do Sistema de Refrigeração .....	40
4.3.4 Temperatura/Pressão de Sucção do Sistema de Refrigeração .....	41
<b>5 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>42</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>45</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Independentemente da forma de energia, o homem sempre a utilizou desde o princípio dos tempos para sua sobrevivência e bem-estar. A diferença básica na utilização da energia entre o homem primitivo e o tecnológico deve-se à quantidade utilizada por cada um. Segundo Goldemberg e Lucon (2007), há um milhão de anos, o homem primitivo utilizava cerca de 2000 quilocalorias (kcal) por dia para sobreviver. Ele obtinha essa energia por meio do alimento. A utilização de energia sempre acompanhou o desenvolvimento da sociedade. Com o passar do tempo, o homem foi dominando outras formas de energia, como o fogo, com isso a lenha passou a ser a principal fonte energética, e sua finalidade era quase que exclusivamente para se aquecer e cozer os alimentos.

Com o domínio da eletricidade, o uso de combustíveis fósseis e o surgimento dos diversos meios de transporte, o homem tecnológico consome uma quantidade de energia muito além daquela consumida pelo homem primitivo. Além de consumir mais alimento, ele utiliza de energia em moradia, indústria, agricultura e transporte. Segundo Goldenberg e Lucon (2007), no ano de 2003, cada um dos seis bilhões de habitantes do planeta consumiu em média cerca de um milhão de vezes o que consumia o homem primitivo. Isso mostra claramente uma curva crescente de consumo energético ao longo dos séculos.

Em um ambiente de concorrência acirrada, fruto de um mercado aberto e globalizado onde as empresas concorrem entre si, mesmo estando em lados opostos do mundo, aspectos como produtividade, lucratividade, competitividade e sustentabilidade ajudam elevar a empresa a um nível de modernização que o mercado exige. Para que as organizações se mantenham sustentáveis no mercado mundial, o conceito de gestão aplicado ao negócio não é mais um diferencial e sim uma necessidade básica, pois somente com um sistema de gestão maduro e participativo é possível criar pilares sólidos e resistentes mantendo assim às empresas estruturadas para as oscilações do mercado e as necessidades dos clientes.

O que reforça a necessidade de que as empresas necessitam se tornar sustentáveis pode ser explicado pela competição global entre os mercados mundiais, tornando-se cada vez mais um desafio para as empresas, as quais procuram alternativas econômicas, financeiras produtivas e com qualidade.

Diante dos obstáculos financeiros existentes no terceiro mundo para a produção de vetores energéticos em geral, o interesse pela conservação de energia e por conhecer o uso final e as formas de melhor utilizar esse recurso energético tem crescido consideravelmente.

Aliado a isso, evidências da globalização que hoje nos demonstram a interdependência de fatores que antes eram olhados como independentes, tais como o acesso e a utilização de energia e o desenvolvimento econômico, o combate à pobreza e as preocupações ambientais e climáticas, entre outros.

A energia é um insumo fundamental para assegurar o desenvolvimento econômico e social de um país. Devido a sua importância, foi criado pelos Ministérios de Minas e Energia e da Indústria e Comércio e gerido por uma secretaria executiva subordinada à Eletrobrás o PROCEL - Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica. Seu objetivo é promover a racionalização da geração e do consumo de energia elétrica para que se elimine o desperdício e se reduza os custos e os investimentos setoriais (PROCEL, 2011). A racionalização de seu uso apresenta-se como alternativa de baixo custo e de curto prazo de implantação (MONTEIRO e ROCHA, 2005). Em alguns casos, significativas economias podem ser obtidas apenas com mudanças de procedimentos e de hábitos, além de impactar positivamente o meio ambiente.

Dentre os aspectos econômicos envolvidos nas atividades de racionalização do uso de energia, deve-se destacar a valorização da imagem e a visão estratégica da empresa. Hoje, o mercado exige produtos de empresas comprometidas com ações de proteção ao meio ambiente.

## 1.1 PROBLEMA

Com o cenário energético do país desfavorável atualmente, a busca pela melhoria da eficiência dos processos inseridos na cadeia do frango de corte está cada vez mais acentuada, pressões por parte do governo com altas tarifas e multas por consumo elevado despertaram o sinal de alerta dentro das organizações.

Uma das maneiras de rápida reação é o mapeamento dos maiores consumidores de energia dentro do processo e priorização de ações para otimizar o desempenho das instalações. Um dos maiores consumidores de energia elétrica

dentro do abate de frangos é o sistema de refrigeração, onde por muitas vezes, aspectos comportamentais influenciam negativamente o desempenho. Serão levantados aspectos em que a operação do sistema influencia de maneira negativa, de modo a embasar alternativas para auxiliar na percepção de oportunidades de melhoria no desempenho do sistema de geração de frio.

É possível em um processo produtivo como a atividade de abate e processamento de frangos, sendo o foco a refrigeração da área industrial, promover uma mudança comportamental em busca de melhores resultados no consumo de energia elétrica, evitando em primeira instância o emprego de investimento financeiro?

## 1.2 HIPÓTESE

A hipótese da pesquisa é que a energia elétrica do frigorífico de abate e processamento de frangos em questão não é utilizada de forma racional em todos os processos, sendo o foco na refrigeração, maior consumidora dentro da cadeia, tendo oportunidades de melhorias em eficiência energética através de ações focadas na eliminação de desperdícios.

## 1.3 OBJETIVO GERAL

Realizar estudo para identificar o consumo de energia elétrica do processo de refrigeração inserido no abate de frangos em relação aos demais processos do frigorífico em questão, visando apontar oportunidades de melhorias operacionais (sem investimento financeiro) em cima dos maiores consumidores identificados.

## 1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Conhecer o processo de abate de frangos para melhor entendimento da aplicação da refrigeração em suas operações, bem como os valores de consumo de energia elétrica;

- Identificar oportunidades de melhoria da eficiência energética nas operações de refrigeração através de estudo teórico e dados coletados em campo;
- Propor ações de melhoria visando eliminação de desperdícios por falhas operacionais.

## 1.5 JUSTIFICATIVA

A demanda de energia é uma curva crescente e em constante ascensão. De um lado, os países necessitam crescer economicamente, aumentar as exportações e incrementar seus PIBs. Dessa necessidade faz-se necessária a demanda de uma maior produção energética. Por outro lado, a sociedade com um maior poder aquisitivo, consome mais bens, adquire mais equipamentos e se locomove a maiores distâncias. Como há uma solicitação maior de energia, há duas alternativas a se seguir.

A primeira reflete no investimento do sistema elétrico: geração, subestações e linhas de transmissão. Independente do tipo de energia utilizada, todas impactam negativamente sobre o ambiente. Usinas hidráulicas, apesar de utilizarem fontes renováveis, alagam grandes áreas e ecossistemas são destruídos. Termoelétricas movidas a combustíveis fósseis lançam quantidades significativas de CO<sub>2</sub> para a atmosfera. Usinas nucleares são suscetíveis a acidentes praticamente incontroláveis.

Outra alternativa para suprir a demanda solicitada é encontrada nos programas de conservação de energia e gestão e eficiência energética. Tais programas contribuem para a diminuição da necessidade de expansão do setor energético, redução de custos em energia, em instituições e, principalmente, minimizam os impactos ambientais causados pelos gases de efeito estufa lançados à atmosfera. Interessante também é o fato de que o custo de conservar 1kWh de energia é geralmente mais barato do que produzir a mesma quantidade de energia (JANNUZZI, 1997).

Levando-se em consideração o que foi mencionado até o momento, deve-se destacar que há necessidade de maior demanda de energia e diminuição de

impactos ambientais, tornando evidente que programas de conservação de energia são possivelmente eficientes para suprir tais necessidades.

## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

Segundo Graça (1990), uma característica extremamente atual da demanda de energia é a expansão do consumo elétrico e sua penetração em todos os aspectos da vida moderna. Sua versatilidade e limpeza no uso final fazem deste vetor energético ideal para o uso nas grandes cidades, onde a alta concentração de uso de energia e de pessoas faz com que suas qualidades sejam altamente valorizadas. Em particular, o que vem ocorrendo em muitos países do terceiro mundo é um aumento da importância da energia elétrica nas suas matrizes de energia, seja pelo aumento da sua penetração em novas regiões, seja pela ampliação de seu uso em novos processos produtivos, seja pela expansão do uso de equipamentos elétricos ligados ao condicionamento ambiental, à preservação de alimentos e à higiene.

A eletricidade possui importante papel em todo o processo de modernização da economia, em especial quando o país tem o objetivo de desenvolver seus sistemas de comunicação e ingressar na era eletrônica e da informação. Por isto, esta fase de desenvolvimento tem como corolário o aumento significativo do consumo elétrico, que é consequência das novas necessidades sociais.

Segundo Mattozo, Camargo e Lage (2000), buscar a sustentabilidade energética por meio de atividades produtivas mais eficientes, combatendo o desperdício, incentivando o uso racional das fontes de energia tradicionais e a utilização de novas fontes de energia são os objetivos da área de conservação, que trabalha com práticas tecnológicas e políticas que buscam abastecer a sociedade com a energia necessária, com menor custo ambiental, financeiro e social. A área de conservação também trata do planejamento na geração, transmissão e distribuição de energia e no seu uso final.

## 2.1 REFRIGERAÇÃO INDUSTRIAL

O emprego dos meios de refrigeração já era do conhecimento humano mesmo na época das mais antigas civilizações (FERRAZ e GOMES, 2008). Cerca de 25% da produção de alimentos perecíveis no mundo é refrigerada (GEORGE, 1993), existindo ainda uma vasta estrutura para produção, transporte e estocagem desses alimentos.

Segundo Dossat (1980), a refrigeração é utilizada em processos de mudança das características ou mesmo estrutura química, o que se denominará de processamento de alimentos. Entre aqueles que sofrem processamento durante sua preparação, podem ser citados: queijos, bebidas, como cerveja, vinhos e sucos cítricos, e café instantâneo.

Segundo Neves Filho (1997), a utilização do frio é um instrumento de grande importância para a conservação de alimentos, remédios, produtos químicos entre outros. É praticamente um recurso natural para evitar o crescimento de microorganismos prejudiciais aos produtos, retardar reações químicas indesejáveis, manter a estrutura física inalterada, permitir o transporte a regiões distantes, garantir a higiene sanitária na manipulação de alimentos, entre outros.

O condicionamento de ar na indústria pode ser dividido em duas categorias: conforto e industrial. Enquanto o condicionamento de ar para conforto visa às pessoas, o industrial tem por objetivo satisfazer condições de processo (STOECKER, 2002).

Para a correta utilização dos sistemas frigoríficos é muito importante a seleção dos equipamentos de refrigeração uma vez que se os equipamentos não atenderem à potência frigorífica requerida de uma câmara, não é possível resfriar o ar da câmara nem o produto que ela contém. Por outro lado, equipamentos superdimensionados além de serem mais caros, consomem mais energia e tem menor vida útil por estarem constantemente em liga-desliga.

Entre os principais sistemas de refrigeração estão os sistemas por absorção, os sistemas por efeito termoelétricos e os sistemas por compressão de vapor. Os sistemas por compressão de vapor são predominantes, especialmente nas instalações industriais para processamento e armazenagem de alimentos e em equipamentos de pequeno porte, como refrigeradores e condicionadores de ar compactos.

### 2.1.1 Ciclo De Refrigeração Por Compressão De Vapor

O ciclo de refrigeração tem como finalidade atingir as temperaturas necessárias ao processamento e armazenagem dos produtos. Os requisitos de temperatura e pressão ideais de operação do ciclo de refrigeração são determinados pelo conhecimento das características do produto e do processo, bem como do ciclo e seus componentes.

Ciclo é todo processo onde o estado inicial e final coincidem. No caso do ciclo de refrigeração a vapor, ele remonta a um sistema de refrigeração, onde se tem um líquido refrigerante que é comprimido, condensado e expandido, voltando à condição inicial. Esse é o sistema de refrigeração mais comum atualmente conforme Shapiro et al (2005).

Mais detalhadamente, o trabalho fornecido ao compressor é utilizado para elevar a pressão e a temperatura do fluido refrigerante gasoso que chega ao compressor. O vapor, a alta pressão e temperatura, segue até o condensador onde rejeita calor para o meio, condensando o fluido refrigerante. O líquido condensado segue em direção a um dispositivo de expansão, onde passa do estado líquido a alta pressão (num processo isoentálpico) para uma mistura líquido-vapor, a baixa pressão e temperatura. O fluido refrigerante então retira calor do ambiente ou sistema a ser refrigerado, utilizando esse calor para se vaporizar, seguindo em direção ao compressor, onde completa o ciclo.

Os processos termodinâmicos que constituem o ciclo teórico em seus respectivos equipamentos são:

a) Processo 1→2: Ocorre no compressor, sendo um processo adiabático reversível e, portanto, isoentrópico. O refrigerante entra no compressor à pressão do evaporador ( $P_0$ ) e com título igual a 1 ( $x=1$ ). O refrigerante é então comprimido até atingir a pressão de condensação ( $P_c$ ) e, ao sair do compressor está superaquecido à temperatura  $T_2$ .

b) Processo 2→3: Ocorre no condensador, sendo um processo de rejeição de calor do refrigerante para o meio de resfriamento (ar, água ou outro fluido), à pressão constante. Neste processo, o fluido refrigerante é resfriado da temperatura  $T_2$  até a temperatura de condensação  $T_C$  e, a seguir, condensado até se tornar líquido saturado na temperatura  $T_3$ .



c) Processo 3→4: Ocorre no dispositivo de expansão, sendo uma expansão irreversível a entalpia constante (processo isentálpico), desde a pressão  $P_C$  e líquido saturado ( $x=0$ ), até a pressão de vaporização ( $P_0$ ). Observe que o processo é irreversível e, portanto, a entropia do refrigerante na saída do dispositivo de expansão ( $s_4$ ) será maior que a entropia do refrigerante na sua entrada ( $s_3$ ).

d) Processo 4→1. Ocorre no evaporador, sendo um processo de transferência de calor a pressão constante ( $P_0$ ), conseqüentemente a temperatura constante ( $T_0$ ), desde vapor úmido (estado 4), até atingir o estado de vapor saturado seco ( $x=1$ ).

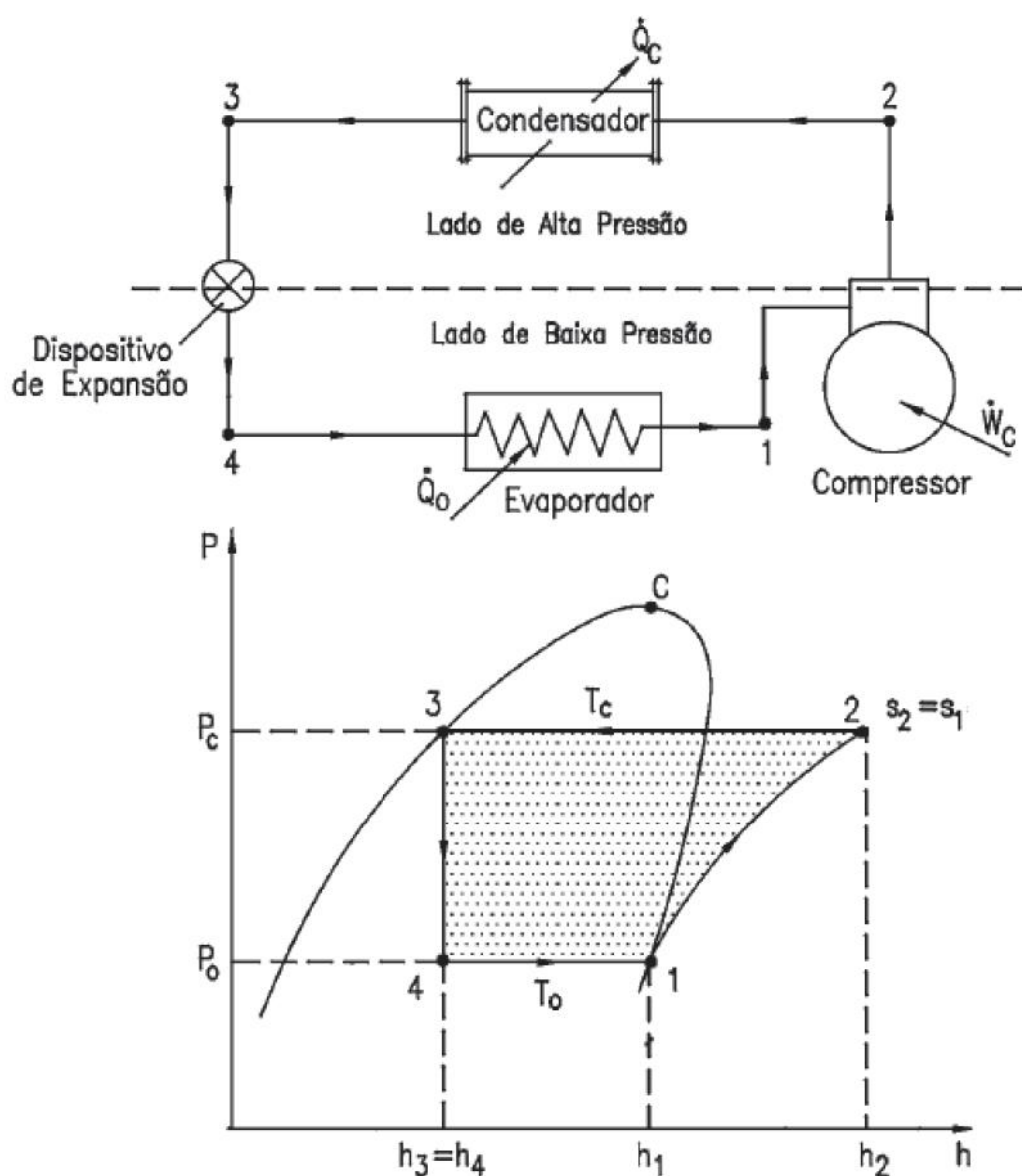


Figura 1 – Ciclo de refrigeração por compressão de vapor  
Fonte: DOSSAT, R.J.; 1980

## 2.1.2 Equipamentos Do Sistema De Refrigeração

### 2.1.2.1 Compressores

O compressor é um equipamento mecânico capaz de transferir a energia recebida do motor elétrico para o fluido refrigerante, e se caracteriza como um dos principais componentes do sistema de refrigeração. Sua função é aumentar a pressão do fluido refrigerante e promover a circulação desse fluido no sistema.

Nas instalações industriais, os principais tipos de compressores encontrados são alternativos e parafuso, utilizando R-717 (amônia anidra – NH<sub>3</sub>) como fluido refrigerante (YORK REFRIGERATION, 2008). A escolha do tipo de compressor depende essencialmente da capacidade da instalação, da temperatura de vaporização e do fluido refrigerante utilizado.

Compressores alternativos trabalham por compressão via pistão, são empregados em sistemas de pequeno e médio porte devido limitação da sua capacidade. Já os compressores parafuso comprimem mediante dois rotores acoplados a altas rotações, o que proporciona maior capacidade, dessa forma são empregados em sistemas de refrigeração robustos.

Esses equipamentos são considerados o “coração” do sistema de refrigeração, são eles que bombeiam o fluido refrigerante. São também, com folga, os maiores consumidores de energia elétrica devido demandarem grandes motores elétricos para realizar o trabalho de compressão.

### 2.1.2.2. Condensadores

Condensadores são os elementos do sistema de refrigeração que têm a função de transformar o gás quente a alta pressão, oriundo do compressor, em líquido, rejeitando o calor contido no fluido refrigerante para o meio externo.

Os quatro tipos de condensadores aplicados na refrigeração industrial são resfriados a ar, resfriados a água (casco tubo ou a placas) e evaporativos. Na refrigeração industrial predomina o tipo evaporativo (MARTINELLI JUNIOR, 2003).

Os condensadores evaporativos possuem característica construtiva semelhante a uma torre de resfriamento. O calor rejeitado pelo refrigerante é transferido sucessivamente à água e ao ar ambiente através da evaporação desta.

### 2.1.2.3. Recipientes de líquido e separadores de líquido

Para armazenar a carga total de refrigerante, seja durante as paradas de manutenção ou durante as variações de carga térmica do processo produtivo, todo sistema de refrigeração deve ter um recipiente, permitindo que o sistema seja continuamente abastecido. Em instalações industriais, está localizado geralmente abaixo dos condensadores, de forma a receber por gravidade, o refrigerante líquido.

Os separadores de líquido têm a função de separar líquido e vapor e evitar que o refrigerante em estado líquido seja aspirado pelos compressores.

A outra função do separador é a de absorver as variações de volume de fluido refrigerante consequentes das mudanças de carga térmica do sistema e na pressão de sucção, ocasionadas pela variação de capacidade dos compressores e variação da demanda de frio dos equipamentos de processo.

### 2.1.2.4. Evaporadores

O evaporador constitui a interface entre o processo de produção e o circuito de refrigeração. É onde ocorre a troca de calor entre o fluido refrigerante e o produto ou ambiente a ser refrigerado, ocorrendo com isto a evaporação do fluido refrigerante. Geralmente, na indústria, esses equipamentos são dotados de ventiladores que facilitam a troca térmica através da circulação do ar no ambiente.

### 2.1.2.5. Dispositivos de expansão

Esses dispositivos reduzem a pressão e regulam a vazão do fluido refrigerante. Quando está instalada na linha de líquido a alta pressão, ela reduz bruscamente a pressão e consequentemente a temperatura. Amônia a alta pressão líquida é transformada em amônia a baixa pressão líquida com formação de 'flash' (gás de amônia). Quando está instalada na linha de líquido de baixa pressão, ela regula a vazão da amônia, controlando a temperatura de evaporação.

Esses dispositivos podem ser manuais ou automáticos, sendo que na indústria, mesmo com o grande avanço tecnológico progressivo, o tipo que mais se emprega são os manuais, à medida que após uma vez ajustados, dificilmente precisarão de nova regulação, a não ser que alguma variável do processo mude, como regime de operação (temperatura), carga térmica demandada, etc.

### 2.1.3 Operação do Sistema de Refrigeração

Importante e decisivo ponto a observar dentro de um frigorífico quando analisado a área de geração de frio e sua parcela de consumo energético, é de que forma é operado o sistema e se existem oportunidades de melhoria.

Melhorias práticas operacionais simples podem auxiliar na redução do consumo de energia em até 15% (VICTORIA, 2009).

Bellstedt (2012) aponta diversos fatores que influenciam diretamente no rendimento do sistema de refrigeração, dentre eles alguns operacionais, que podem ser observados durante os estudos no processo de abate de aves:

- Para cada 1°C de rebaixamento da temperatura da descarga do sistema, temos de 2 a 3% de economia de energia nos compressores;
- Para cada 10°C de aumento da temperatura da sucção de sistemas duplo estágio, temos 18% de economia de energia nos compressores.

Tassani (2012) explora outras alternativas operacionais para verificação, que também possuem íntima ligação com a otimização do sistema de refrigeração:

- Condensadores precisam estar com manutenções em dia e com a superfície de troca térmica (tubos) limpa, sem incrustações comuns nesses equipamentos, que invariavelmente prejudicam o rendimento;
- Evaporadores das câmaras frigoríficas devem trabalhar com degelos realizados periodicamente, à medida que o gelo é um isolante térmico e prejudica muita a troca de calor entre o fluido refrigerante e o ambiente e/ou produto a resfriar ou congelar.

Victoria (2009) fala ainda sobre o resfriamento ou congelamento dos produtos além do necessário, ocasionando desperdício de energia elétrica através do trabalho do sistema de refrigeração.

## 2.2 CADEIA PRODUTIVA DO FRANGO

A avicultura, termo que engloba a criação de aves de corte e de galinhas poedeiras, é uma atividade do agronegócio brasileiro que merece destaque, especialmente a criação de frangos de corte. O Brasil é líder mundial em exportação e terceiro maior produtor de carne de frango, ficando apenas atrás dos EUA e China. Essa atividade tem uma grande representatividade na economia brasileira, já que é responsável por 1,5% do PIB nacional, e emprega aproximadamente 4,8 milhões de pessoas direta e indiretamente. Apesar desses números, nem sempre foi assim, a avicultura nacional não é muito comentada na mídia e não recebe atenção em geral, se comparada com outros setores do agronegócio brasileiro, como soja, milho e leite.

Segundo Sorj (1982), o marco inicial da avicultura industrial foi na década de 50, época na qual começou a substituição da antiga avicultura comercial que havia se iniciado nos anos 20 e 30. Naquela época tiveram início muitos estudos sobre a melhor exploração da atividade. A criação de aves para o abate teve na história recente da economia brasileira um aumento de abates significativo que está intimamente ligada ao avanço tecnológico e principalmente a criação na esfera industrial que acabou por marginalizar a chamada avicultura tradicional.

Hoje, o Brasil é o maior exportador mundial de carne de frango, fornecendo cerca de 38% do mercado global. A carne de frango brasileira é consumida em mais de 150 países e em todos os continentes. A União Brasileira da Avicultura (UBABEF) estima que a avicultura brasileira irá fechar 2014 com aumento de produção entre 3% e 4% em relação a 2013, ou volume na casa de 12,7 milhões de toneladas. Já o volume embarcado deve aumentar entre 2% a 2,5%.

E onde são processados os frangos que chegam até as nossas mesas? São processados em abatedouros ou frigoríficos, são um importante segmento da cadeia do frango e o foco dentro desta.

Os frigoríficos constituem o elo forte da cadeia de frango. O segmento constituído pelos abatedouros ou frigoríficos ou indústrias de transformação do frango que articula a atuação de uma multiplicidade de agentes dentro de um timing (datas marcadas), por ele estabelecido (MARTINS, 1999, p. 28).

### 2.2.1 Abate De Frangos

O abate de aves, assim como de outras espécies animais, é realizado por indústrias frigoríficas e abatedouros para obtenção de carne e de seus derivados, destinados ao consumo humano. Esta operação, bem como os demais processamentos industriais da carne, são regulamentados por normas sanitárias destinadas a dar segurança alimentar aos consumidores destes produtos. Assim, os estabelecimentos do setor de carne e derivados em situação regular trabalham com inspeção e fiscalização contínuas dos órgãos responsáveis pela vigilância sanitária, sendo eles municipais, estaduais ou federais.

O processo de abate de frangos se inicia no recebimento das aves vivas oriundas do campo. Estas chegam acondicionadas em gaiolas plásticas, e são penduradas em ganchos de aço inoxidável numa trilhagem aérea denominada “nórea” de transporte (KLASSEN, 2004).

Conforme o mesmo autor, depois de penduradas, as aves são insensibilizadas por eletronarcose, que é feita em um tanque de fibra contendo água. No fundo do tanque há um eletrodo, e outro toca o gancho. Ao passarem pelo tanque, com a cabeça imersa na água, as aves recebem uma descarga elétrica que provoca a insensibilização.

As aves são então sangradas por um corte na base da mandíbula, percorrem o túnel de sangria por um tempo mínimo de três minutos, tempo este necessário para uma sangria eficiente, e entram na seção de escaldagem e depenagem.

Para Mead (1995) a etapa de escaldagem consiste na imersão das aves em tanques com água aquecida, que provoca a abertura dos folículos da pele onde estão afixadas as penas. Assim que deixam os tanques, passam pelas depenadeiras. Estas em número de três, estão dispostas continuamente, e possuem em seu interior um sistema de tambores rotativos com dispositivos em forma de “dedos” de borracha que entram em contato direto com as penas promovendo a retirada das mesmas.

Após esta etapa, é realizado o transpasse das aves para outra nórea para evisceração, esse processo pode ser realizado manualmente ou automaticamente, o mais comum.

Esta fase contempla a última etapa realizada na denominada “área suja” do abate; após esta fase as aves passam por um óculo dotado de um chuveiro de lavagem de carcaças (BRASIL, 1998), e então adentram na “área limpa” do abate onde será procedida a evisceração.

Na etapa de evisceração são realizadas a abertura tóraco abdominal e exposição das vísceras (eventração) para que seja realizada a inspeção oficial das carcaças. Estas que depois de liberadas terão suas vísceras removidas (evisceração propriamente dita) e passarão por um chuveiro de lavagem com água sob pressão e com vazão controlada antes de adentrarem no sistema de pré-resfriamento por imersão em água.

De acordo com Tsai et al. (1992), o resfriamento de carcaças de frangos, geralmente, é precedido pela imersão das carcaças em água gelada, em fluxo constante, em longos tanques chamados chillers.

Após saírem do pré-resfriador, as carcaças passam pela etapa de gotejamento, com função de perder o excesso de água absorvida, que tem seu limite máximo definido como 8% (BRASIL, 1998), e em seguida são classificadas, embaladas e enviadas para um túnel de congelamento. As caixas de papelão são paletizadas e separadas por cliente e faixa de peso. Os itens são encaminhados para apontar rastreabilidade e os dados são armazenados em um sistema de gerenciamento de estoques, após esses são encaminhados até a câmara de estocagem para aguardarem carregamento conforme ordem de compra.

### **3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

#### **3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA**

A pesquisa é uma atividade voltada para a solução de problemas através do emprego de procedimentos científicos, possibilitando aproximação e compreensão da realidade a estudar.

Processo através do qual a ciência busca dar respostas aos problemas que se lhe apresentam. Investigação sistemática de determinado assunto que visa obter novas informações e/ou

reorganizar as informações já existentes sobre um problema específico e bem definido. (APPOLINÁRIO, 2004, p. 150).

A modalidade de pesquisa utilizada foi a pesquisa aplicada, de acordo com Barros e Lehfeld (2000, p. 78), “a pesquisa aplicada tem como motivação a necessidade de produzir conhecimento para aplicação de seus resultados, com o objetivo de contribuir para fins práticos, visando à solução mais ou menos imediata do problema encontrado na realidade”.

Quanto à abordagem a pesquisa apresenta características qualitativas e quantitativas, sendo que seu foco é no aprofundamento da compreensão do que se observa da organização, mas também com existência de hipóteses pré-concebidas.

A abordagem quantitativa quando não exclusiva, serve de fundamento ao conhecimento produzido pela pesquisa qualitativa. Para muitos autores a pesquisa quantitativa não deve ser oposta à pesquisa qualitativa, mas ambas devem sinergicamente convergir na complementaridade mútua, sem confinar os processos e questões metodológicas a limites que contribuam os métodos quantitativos exclusivamente ao positivismo ou os métodos qualitativos ao pensamento interpretativo, ou seja, a fenomenologia, a dialética e a hermenêutica. (MARTINELLI, 1994, p. 34).

Sobre o objetivo, segundo Gil (1995), as pesquisas exploratórias são desenvolvidas com o objetivo de proporcionar visão geral, de tipo aproximativo, acerca de determinado fato. Este tipo de pesquisa é realizado especialmente quando o tema escolhido é pouco explorado e torna-se difícil sobre ele formular hipóteses precisas e operacionalizáveis.

Já sob o ponto de vista dos procedimentos técnicos a pesquisa assume caráter bibliográfico e estudo de caso.

A pesquisa bibliográfica procura explicar um problema a partir de referências teóricas publicadas em documentos [...] busca conhecer e analisar as contribuições culturais ou científicas do passado existentes sobre um determinado assunto, tema ou problema. [...] constitui geralmente o primeiro passo de qualquer pesquisa científica. (CERVO;BERVIAN, 2002, p. 65-66).



A coleta de dados para o estudo foi viabilizada por intermédio de pesquisa bibliográfica, documental e verificações em campo. A interpretação dos dados foi através de análises qualitativa e quantitativa, com análise de conteúdo a partir dos conhecimentos teóricos, técnicos e práticos proporcionados pela experiência de campo, sendo pertinente destacar o intercambio de conhecimentos com os operadores do processo durante a parte prática.

### 3.2 LOCAL DE REALIZAÇÃO DO ESTUDO

O estudo foi realizado com o apoio da equipe da área de manutenção/utilidades e também da área de produção, sendo estas alocadas em um frigorífico de abate e processamento de aves localizado na cidade de Carambeí – PR.

Atualmente a unidade deste frigorífico de Carambeí, abate 500.000 cabeças de frangos diariamente, divididos em 2 turnos de trabalho e 4 linhas de abate, contando com a mão de obra de aproximadamente 2.000 funcionários. O foco da planta é a venda de sua produção em frangos inteiros, sendo 100% exportação, tendo como principais clientes países do oriente médio.

Avaliando a complexidade do estudo, pode-se dizer que foi pioneiro dentro da companhia, à medida que foram avaliados os consumos de energia elétrica desde o processo de recepção das aves, até a etapa final de expedição do produto acabado.

A título de conhecimento, atualmente as unidades produtivas do grupo são monitoradas através do indicador de consumo de kWh/TPA, onde TPA (Tonelagem de Produto Acabado) realizado no processo. Esse monitoramento permite comparação entre unidades que produzem o mesmo tipo de produto, no caso de Carambeí, frango leve *in natura*. Em cima dos resultados temos as unidades *benchmark*, que geralmente compartilham suas boas práticas e são reconhecidas, o que motiva mais as equipes a mostrarem seu potencial.

### 3.3 COLETAS DE DADOS

A coleta de dados foi realizada no processo produtivo e pesquisa documental. A compilação e interpretação dos dados foram através de análise quantitativa, sendo pertinente destacar como fundamental, mais uma vez, o intercambio de conhecimentos com os operadores de diversos processos durante a parte de campo.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A literatura tem destacado a importância da energia elétrica e os avanços crescentes em termos de consumo, à medida que além de ser utilizada para aplicações básicas como produção e conservação de alimentos, por exemplo, ainda o avanço tecnológico contribui de maneira significativa para o agravamento de tal conjuntura.

A seguir será explanado o estudo realizado no abatedouro, que nos mostrará os maiores consumidores dentro do processo de produção de frangos, onde será possível se embasar para propor ações de cunho operacional, com capturas de impacto no resultado final de consumo de energia elétrica da planta, contribuindo financeiramente e ambientalmente.

### 4.1 MAPEAMENTO DOS PRINCIPAIS PROCESSOS CONSUMIDORES DE ENERGIA ELÉTRICA

A coleta de dados para o mapeamento dos consumos dos equipamentos foi feita em manuais de fabricantes, sistema SAP onde os equipamentos estão cadastrados e também em campo via medição com analisador de energia elétrica da marca Circutor modelo AR-5 de fabricação espanhola conforme figura abaixo:



**Figura 2 – Analisador Circutor modelo AR5**  
**Fonte: Acxxus Engenharia de Medições**

As medições iniciaram conforme o fluxo normal de abate, os primeiros equipamentos a serem analisados foram os da recepção de aves, e assim sucessivamente, até chegar à expedição de produto acabado.

Os consumidores de energia são basicamente os mesmos em todos os setores do parque fabril, podendo-se citar motores elétricos de esteiras, nóreas, bombas, compressores, ventilação, etc.; resistência de aquecimento de máquinas; e também iluminação dos ambientes.

O foco deste trabalho foi dado na hipótese de que a refrigeração do frigorífico seria o maior consumidor, à medida que os maiores motores elétricos estão alocados nas salas de máquinas de refrigeração, e isso nos dá um direcionamento prévio. Abaixo resultados de consumos absolutos e também comparativos com outros processos existentes no abate e processamento de frangos:

**Tabela 1 – Consumos de energia elétrica dos processos inseridos no abate de frangos**

**(continua)**

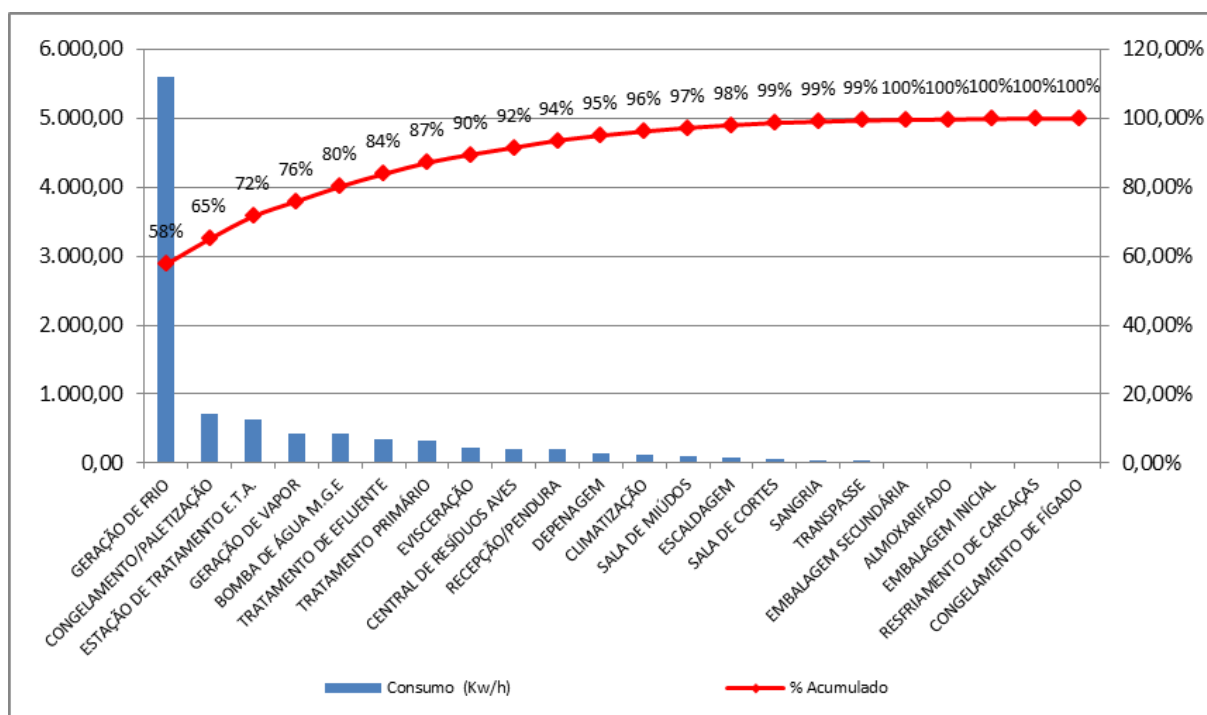
Processo Produtivo	Processo	Consumo (Kw/h)	%	% Acumulado
Aves	Geração de Frio	5.599,341	57,67%	57,67%
Aves	Congelamento/Paletização	716,298	7,38%	65,04%
Aves	Estação Tratamento Água	634,262	6,53%	71,57%
Aves	Geração de Vapor	425,526	4,38%	75,96%
Aves	Bombas Água MGE	415,840	4,28%	80,24%
Aves	Tratamento de Efluentes Secundário	352,374	3,63%	83,87%

**Tabela 2 – Consumos de energia elétrica dos processos inseridos no abate de frangos**

				<b>(conclusão)</b>
Processo Produtivo	Processo	Consumo (Kw/h)	%	% Acumulado
Aves	Tratamento de Efluentes Primário	320,652	3,30%	87,17%
Aves	Evisceração	228,360	2,35%	89,52%
Aves	Central de Resíduos Aves	199,456	2,05%	91,58%
Aves	Recepção/Pendura	197,856	2,04%	93,61%
Aves	Depenagem	140,900	1,45%	95,06%
Aves	Climatização	118,165	1,22%	96,28%
Aves	Sala de Miúdos	97,866	1,01%	97,29%
Aves	Escaldagem	78,500	0,81%	98,10%
Aves	Sala de Cortes	61,556	0,63%	98,73%
Aves	Sangria	35,200	0,36%	99,09%
Aves	Transpasse	30,344	0,31%	99,41%
Aves	Embalagem Secundária	19,072	0,20%	99,60%
Aves	Almoxarifado	14,316	0,15%	99,75%
Aves	Embalagem Primária	13,600	0,14%	99,89%
Aves	Resfriamento de Carcaças	5,888	0,06%	99,95%
Aves	Congelamento de Fígado	4,700	0,05%	100,00%

**Fonte: Próprio autor**

Após análise da tabela podemos perceber a confirmação de que a refrigeração realmente tem generosa parcela de contribuição para a fatura de energia elétrica do frigorífico, cerca de 58%. Para ficar mais claro ainda, observe abaixo, o comparativo com os demais processos:



**Gráfico 1 - Pareto comparando consumos da refrigeração com os demais processos**  
**Fonte: Próprio autor**

Para exemplificar de onde foram estratificados os consumos por processo, abaixo tabela com alguns equipamentos:

**Tabela 3 - Consumos de energia elétrica de alguns equipamentos**

**(continua)**

Processo Produtivo	Processo	Equipamento	Consumo (Kw/h)
Aves	Geração de Frio	Compressor 11- MK4C/WRV 255(Howdem)	220,800
Aves	Geração de Frio	Compressor 12- MK4B/WRV 321(Howdem)	294,400
Aves	Geração de Frio	Compressor 13- TDSC 283C(Frick)	220,800
Aves	Geração de Frio	Compressor 14- TDSC 283C(Frick)	220,800

**Tabela 2 – Consumos de energia elétrica de alguns equipamentos (conclusão)**

Processo Produtivo	Processo	Equipamento	Consumo (Kw/h)
Aves	Geração de Frio	Compressor 15- 320 SUD ME(Mycom)	220,800
Aves	Geração de Frio	Compressor 16- N-250 VMD(Mycom)	478,400
Aves	Geração de Frio	Compressor 17 - N-250 VMD -TS (Mycom)	478,400
Aves	Geração de Frio	Condensador n.5 CE-600	4,416
Aves	Geração de Frio	Condensador n.7 CEA-1500 (allenge)	29,440
Aves	Geração de Frio	Condensador n.8 CE-1200	23,552
Aves	Geração de Frio	Condensador n.9 CE-1201	13,248

**Fonte: Próprio autor**

A partir do somatório dos consumos de cada equipamento temos o resultado de cada processo, bem como a soma dos processos retratam o consumo total.

#### 4.2 PROCESSO GERAÇÃO DE FRIO

No frigorífico em questão, o processo de geração de frio está inserido dentro do setor de utilidades que também dá suporte à área produtiva no fornecimento de água, vapor e ar comprimido, além de realizar o tratamento de todo o efluente gerado na planta. O setor de utilidades conta hoje com 54 funcionários, sendo destes 10 relacionados diretamente com o processo de frio, entre mecânicos operadores, técnico de refrigeração e eletrotécnico.

Dando ênfase as atividades desenvolvidas pelos colaboradores do setor pode-se destacar:

- Mecânico Operador: opera os equipamentos do processo de geração e distribuição de frio em sinergia com operadores do processo produtivo e realiza manutenções de equipamentos e instalações;

- Técnico de Refrigeração: dá suporte à operação, realiza estudos e projetos;
- Eletrotécnico: dá suporte à operação, realiza manutenções, estudos e projetos, principalmente na parte de automação.

Dentro do processo geração de frio a operação do sistema muitas vezes se sobressai a fatores como condições climáticas (calor) ou defasagem dos equipamentos, por exemplo, que invariavelmente geram impactos negativos no rendimento da instalação e por consequência maior consumo energético.

A refrigeração dos produtos é grande consumidora de energia elétrica porque, além da grande quantidade de frangos abatida, dentro do processo de transformação há grande variação de temperatura entre o início (abate e escalda) e o final (congelamento e expedição), onde operadores de produção e da geração de frio precisam estar em sintonia no monitoramento das temperaturas, de modo que fiquem as mais próximas possíveis do padrão de exportação empregado no frigorífico,  $-18^{\circ}\text{C}$ . Todo o produto que for refrigerado a temperaturas abaixo deste padrão, representa desperdício de energia.

No decorrer do processo de abate e processamento de frangos a refrigeração é utilizada de algumas formas, e em cima disso que foram buscadas oportunidades de otimização da operação do sistema, a fim de reduzir o consumo absoluto de energia e o indicador já citado Kwh/TPA, bem como a fatura mensal paga pela companhia. Foi identificado o uso da refrigeração em:

- Climatização dos setores produtivos;
- Água gelada para resfriamento de carcaças;
- Gelo para resfriamento de carcaças;
- Frio para congelamento de produtos em túneis;
- Frio para estocagem de produtos em câmaras frigoríficas.

### 4.3 OPORTUNIDADES E AÇÕES

Um dos objetivos específicos era propor ações de cunho operacional que trouxessem retorno imediato, sem necessidade de investimentos financeiros através de novos projetos. Das oportunidades citadas por algumas literaturas estudadas temos no frigorífico:

#### 4.3.1 Super Congelamento de Produtos

Como já foi citado, tudo que for congelado abaixo de  $-18^{\circ}\text{C}$  é desperdício de energia, essa é a temperatura padrão exportação, exigida pelo cliente e inspecionada no momento do embarque.

Durante acompanhamentos realizados na saída dos frangos dos túneis de congelamento, foi identificada uma média de temperatura na casa dos  $-23^{\circ}\text{C}$ .

Também foi identificado que na etapa entre a saída dos túneis e armazenamento na estocagem para posterior expedição, o frango ganha  $1,5^{\circ}\text{C}$  de temperatura enquanto é paletizada (disposta sobre pallets para melhor acomodação e transporte). Dessa forma, foi estipulada a temperatura padrão de saída dos produtos dos túneis de congelamento em  $-19,5^{\circ}\text{C}$ , de modo a garantir a expedição.

Tomando por base o novo padrão de temperatura de saída dos frangos, temos um  $\Delta T$  (diferença de temperatura) de  $3,5^{\circ}\text{C}$  que até então era desperdiçado. Abaixo o cálculo de ganho efetivo em consumo de energia elétrica e também uma Instrução de Trabalho (IT) sobre a tarefa, de modo que todos não tenham dúvidas para seguir o padrão:



<b>Temperatura produtos Mercado Externo</b>	
Desvio =	3,5 °C
Peso fgo cx =	11 Kg
Qtd caixas =	44000 Um/dia
Peso total =	484000 Kg
Calor esp fgo =	0,79 Kcal/Kg°C
Produção total =	484.000,00 Kg/dia
ΔT depois congelamento =	3,50 °C
Q térmica =	484.000 Kg/dia x 0,79 Kcal/Kg°C x 3,5°C
Q térmica =	1338260,00 Kcal/dia
Q térmica total =	1338260,00 Kcal/dia
Q térmica total =	1556,12 Kw/h (térmico)
Para se obter a potência real deve-se dividir pelo COP da instalação:	
Potência =	1556,12 Kw/dia ÷ 2,90 =
<b>Potência =</b>	<b>536,59 Kw/dia (real)</b>
<b>Potência =</b>	<b>11805,02 Kw/mês (real)</b>
Preço Kwh =	R\$ 0,31
<b>Economia mensal =</b>	<b>R\$ 3.600,53</b>
TPA mês =	10600 TPA
<b>Pot. a economizar/tpa =</b>	<b>1,11 Kwh/TPA</b>

**Figura 3 - Cálculos temperatura dos produtos mercado externo**


Fonte: Próprio autor

Unidade Industrial de Carambei - Geração de Frio



### Instrução de Trabalho - Comunicação e Otimização de potências

O acompanhamento será realizado na seguinte frequência : diariamente


- \* Item de controle;
- \* Operador Túneis;
- \* Geração de Frio.




Verificar Temperatura dos Produtos na saída dos Túneis duas vezes no turno.  
Obs. Temperatura ideal para saída do túnel -19,5°C. Limite estabelecido pelo setor para que o produto possa chegar à estocagem com a temperatura de -18°C.


Verificar temperatura dos Túneis a cada 2 horas e realizar registro no PAC.012.




Buscar informações in loco com os operadores dos túneis de congelamento para verificar status de tempo de retenção, peso, temperatura e solicitar previsão do processo.



Com as informações dadas pelos operadores dos Túneis, o operador de sala de máquinas, em condições anormais de temperatura, deve tomar ações de ligar ou desligar equipamentos de refrigeração.





**Comunicação entre operador do túnel e Geração de Frio.(ROTINA DIÁRIA)**  
O operador de sala de máquinas deve sinalizar os operadores dos túneis na presença de alguma anomalia visualizada em supervisorio localizado na sala de operação Geração de Frio.  
Obs.: Em casos de manutenções corretivas, o operador do túnel de informar a Geração de frio com tempo hábil para realizar o desligamento correto do túnel em questão.

Figura 4 - Instrução de Trabalho Comunicação e Otimização de Potências  
Fonte: Próprio autor

#### 4.3.2 Consumo de Água e Gelo

Nas linhas 3 e 4, observando uma particularidade na etapa de resfriamento das carcaças de frango através da imersão em solução de água e gelo, pode se chegar a uma alternativa para a redução do consumo de energia: consecutivas ocorrências de saída de gelo inteiro dos chillers (equipamento onde o frango é submerso para resfriamento) junto ao frango chamam a atenção, quando em conformidade do processo o gelo deveria derreter por completo para ocorrer a troca térmica e melhor resfriamento da água.

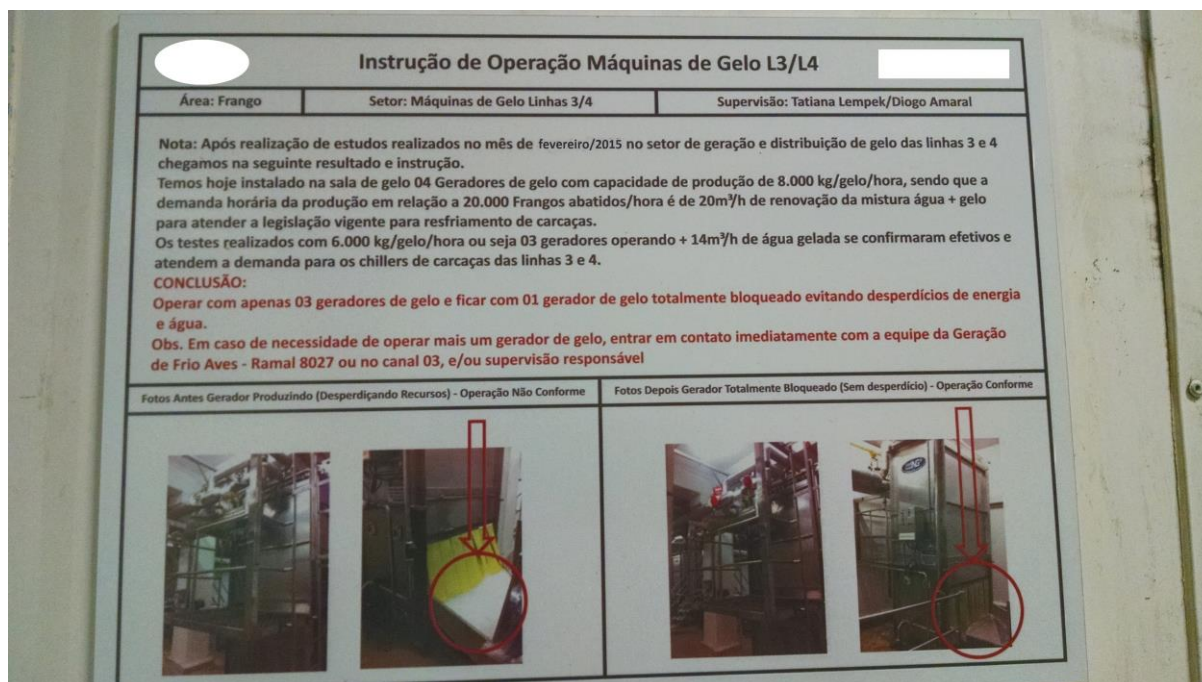
Partindo dessa anomalia foram realizados testes em cima da produção de gelo e demanda desse insumo, de modo que não ocorra mais o desperdício e o frango continue sendo resfriado dentro do padrão estabelecido nesta etapa (4°C sob a pele e 7°C no centro térmico da carcaça).

Temos 4 geradores de gelo que possuem uma capacidade de produção de 8.000 kg/hora, sendo que a demanda horária da produção em relação a 20.000 frangos abatidos/hora nessas linhas é de 20m<sup>3</sup>/h de renovação da mistura água + gelo, de maneira a atender a legislação vigente para resfriamento de carcaças. Em testes realizados com 6.000 kg/hora, ou seja, 03 geradores operando + 14m<sup>3</sup>/h de água gelada se confirmaram efetivos e atendem a demanda para os chillers de carcaças das linhas 3 e 4. Desta forma, um dos equipamentos fica bloqueado evitando desperdício de água e energia.

Abaixo os cálculos e também a Instrução de Trabalho (IT) criada para que a operação seja padrão e respeitada pelos operadores da produção:

Reduzir consumo de gelo no proceso de resfriamento de carcaças das linhas 3 e 4		
Q térmica produção gelo =		140,00 Kcalh/Kg gelo
Capacidade máquina parada =		2000 Kg gelo/h
Tempo máquina parada =		17,6 horas
Q térmica =		280000 Kcal/h
Q térmica dia de abate =		4928000 Kcal/dia
Q térmica dia de abate =		5730,23 Kw/h (térmico)
Para se obter a potência real deve-se dividir pelo COP da instalação:		
Potência =	$5730,23\text{Kw/dia} \div 2,90 =$	
<b>Potência =</b>		<b>1975,94 Kw/dia (real)</b>
<b>Potência =</b>		<b>43470,73 Kw/mês (real)</b>
Preço Kwh =	R\$	0,31
<b>Economia mensal =</b>	<b>R\$</b>	<b>13.258,57</b>
TPA mês =		10600 TPA
<b>Pot. a economizar/tpa =</b>		<b>4,10 Kw/TPA</b>

**Figura 5 - Cálculos redução do consumo de gelo**  
**Fonte: Próprio autor**



**Figura 6 - Instrução de trabalho redução do consumo de gelo**  
Fonte: Próprio autor

#### 4.3.3 Temperatura/Pressão de Descarga do Sistema de Refrigeração

Nos sistemas de refrigeração praticamente tudo é controlado pelo par termodinâmico pressão e temperatura (são diretamente proporcionais). O professor Bellstedt, como já destacado, revela uma oportunidade importante na redução da temperatura ou pressão de descarga do sistema de refrigeração, onde com apenas 1°C conseguimos reduzir entre 2 e 3% o consumo de energia dos maiores motores elétricos de dentro do frigorífico, os motores dos compressores de amônia.

Na sala de máquinas principal do frigorífico foi realizada a avaliação da pressão de descarga média de trabalho através de históricos do sistema supervisorio, onde apontava um número de 11,0Kgf/cm<sup>2</sup> (31,1°C). A pressão de descarga é controlada pelo sistema de condensação, através de equipamentos já citados anteriormente, os condensadores. Questionado operadores e supervisão do setor e não foi obtido retorno do porque dessa pressão média de trabalho, à medida que havia equipamentos disponíveis ainda para serem colocados em funcionamento, e conseqüentemente diminuiria tal pressão.

Foram realizados testes com o sistema trabalhando com a condensação em 100% de capacidade, seguem números de resultados:

<b>Pressão de condensação S. Máquinas:</b>		
1°C = 2% economia de energia nos compressores		
Temperatura atual = 31,1°C (11,0kgf/cm <sup>2</sup> )		
Temperatura teste = 28,0°C (9,95Kgf/cm <sup>2</sup> )		
Potencia sala máquinas = 1650 C	1650,00	CV/h
	1214,40	Kw/h
Potencia a economizar =	72,86	Kw/h
Potencia a economizar =	1530,14	Kw/dia
Potencia a economizar =	33663,17	Kw/mês
TPA mês =	10600	TPA
Preço Kwh =	R\$	0,31
<b>Economia mensal =</b>	<b>R\$</b>	<b>10.267,27</b>
<b>Pot. a economizar/tpa =</b>	<b>3,18 Kw/TPA</b>	

**Figura 7 - Cálculos redução da pressão de condensação da sala de máquinas**  
**Fonte: Próprio autor**

#### 4.3.4 Temperatura/Pressão de Sucção do Sistema de Refrigeração

Assim como na parte de alta pressão do sistema, temos ótimas oportunidades de captura na parte de baixa, na sucção. Com o aumento da pressão de sucção se alivia o trabalho mecânico dos compressores de amônia e com isso reduz o consumo energético.

A pressão média de trabalho na sucção do regime de baixa temperatura era -0,1Kgf/cm<sup>2</sup> (-35,7°C), com a ação de aumento da temperatura de saída dos produtos dos túneis de congelamento, tivemos também o benefício de não necessitar “forçar” tanto o frio do sistema, possibilitando o aumento da pressão e temperatura do regime de trabalho. Em testes realizados aumentando a pressão, foi atingido um limite crítico de +0,2Kgf/cm<sup>2</sup> (-29,6°C), obtendo ainda êxito nos padrões de temperatura de saída dos frangos.

<b>Pressão de sucção S. Máquinas:</b>		
10°C = 18% economia de energia nos compressores		
Temperatura atual = -35,7°C (-0,10kgf/cm <sup>2</sup> )		
Temperatura teste = -29,6°C (+0,20kgf/cm <sup>2</sup> )		
ΔT entre atual e proposto = 6,1°C		
Redução de potência consumida nos compressores = 10,98%		
Potencia sala máquinas = 1650 C	1650,00	CV/h
	1214,40	Kw/h
Potencia a economizar =	133,34	Kw/h
Potencia a economizar =	2800,16	Kw/dia
Potencia a economizar =	61603,60	Kw/mês
TPA mês =	10600	TPA
Preço Kwh =	R\$	0,31
Economia mensal =	R\$	18.789,10
Pot. a economizar/tpa =		5,81 Kw/TPA

**Figura 8 - Cálculos aumento da pressão de sucção da sala de máquinas**  
**Fonte: Próprio autor**

## 5 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

O trabalho realizado foi desafiador não só pelo cenário crítico da plataforma energética do país na atualidade, mas também pelo fato de ser, em diversas ocasiões, uma quebra de paradigmas, pois seu foco partiu do pressuposto que era possível mudar parte da conjuntura com auxílio de ações comportamentais, sendo que por natureza o ser humano não gosta de sair da “zona de conforto”.

Refrigeração industrial é uma área que está presente em quase todos os processos dentro do frigorífico, dessa forma, essa opção foi com o intuito de forçar uma maior interação com os funcionários do setor de geração de frio e também da área produtiva, isso certamente foi positivo porque abriu a mente para diversas possibilidades que foram discutidas, foi um trabalho em equipe, novos conhecimentos foram agregados. Em todo o período de realização do estudo foi percebida forte interação da teoria vista em sala de aula com a prática em campo, o

trabalho contribuiu bastante para o crescimento intelectual e profissional, podendo ser dado ênfase na questão de relacionamento com as pessoas e no comportamento das mesmas.

A parte teórica do estudo deixou bem clara a importância das organizações darem foco na questão energética, principalmente com o passar dos anos, em que a demanda por esse recurso aumenta mais e mais, onde por certas vezes a oferta não anda na mesma velocidade, seja por questões estruturais ou até mesmo climáticas. Energia elétrica dentro do processo fabril, no caso abate de frangos, é um dos principais pilares para a sustentabilidade do negócio. Foi exposta também a parte de responsabilidade ambiental que está sendo fortemente cobrada, não só pelos órgãos oficiais, mas também pelo consumidor cada vez mais exigente e preocupado com o bem estar da sociedade, ser uma “empresa verde” (termo que vem sendo adotado atualmente para expressar a responsabilidade com o meio ambiente) certamente é um diferencial considerável no mercado competitivo dos dias atuais.

Os objetivos do trabalho foram alcançados, tanto o geral, quanto os específicos. A comparação entre a geração de frio e os demais processos comprovou a predominância do uso da energia. Através do conhecimento adquirido em literaturas e também em campo, foi possível propor algumas ações de cunho operacional que nos traz retorno financeiro e ambiental, tão importantes no competitivo mercado de alimentos.

Nos meses de janeiro e fevereiro de 2015 foram realizados testes em 4 pontos que estão entre os levantados em literatura e observados em campo como possíveis oportunidades de retorno:

**Tabela 4 - Oportunidades levantadas**

Oportunidade	Potencial de Redução (Kwh/Mês)	Potencial de Redução (R\$/Mês)
Super Congelamento de Produtos	11.805	3.600,00
Consumo de Água e Gelo	43.470	13.258,00
Temp/Pressão de Descarga	33.663	10.267,00
Temp/Pressão de Sucção	61.603	18.789,00
<b>TOTAL</b>	<b>150.541</b>	<b>45.914,00</b>

Não foi realizada medição ponto a ponto no consumo de energia elétrica em cima de cada ação proposta, porém foi observado redução no consumo geral de



energia elétrica do frigorífico na casa dos 4,5% em relação ao mesmo período do ano anterior.

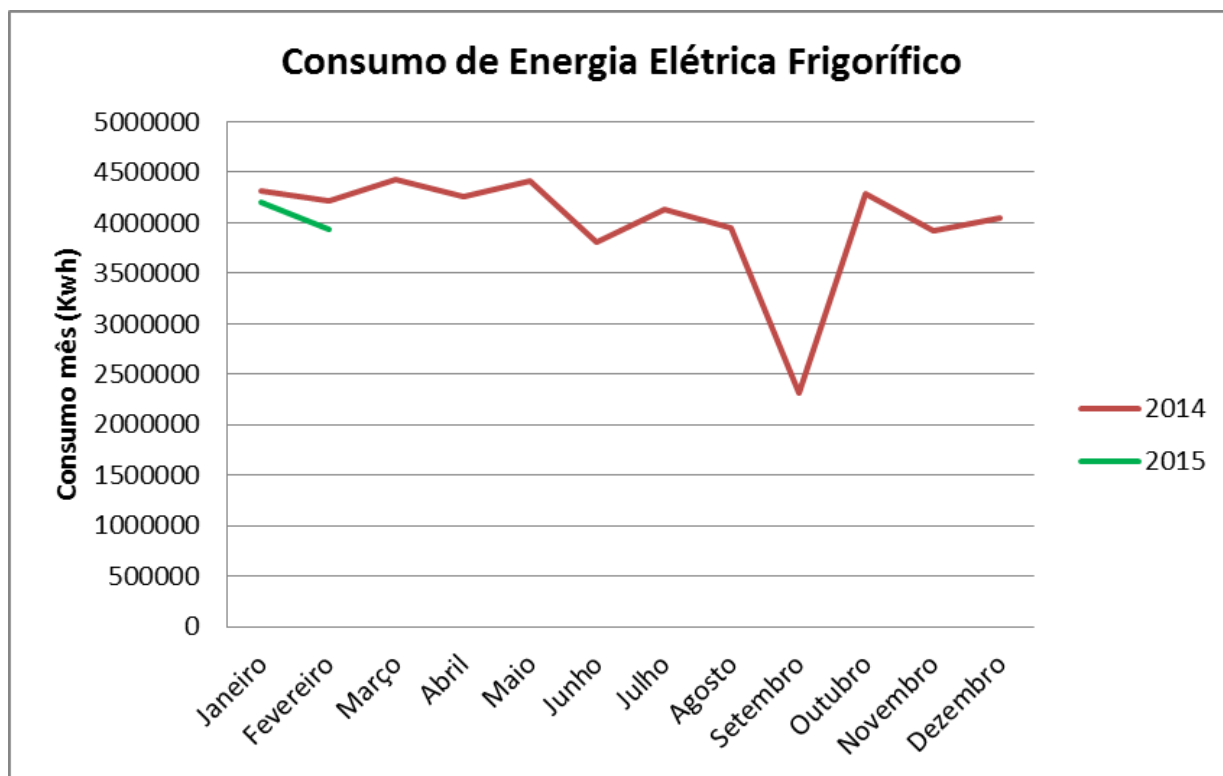


Gráfico 2 - Comparativo dos consumos de energia elétrica 2014 e 2015  
Fonte: Próprio autor

Observa-se no gráfico a redução no consumo energético no início deste ano, período em que foram realizados testes em cima das oportunidades apontadas, a linha de tendência mostra evolução. Cabe comentar que o período de consumo referente a setembro de 2014 deve ser desconsiderado, pois houveram outros fatores que prejudicaram a produção do frigorífico, fazendo com que o valor ficasse fora da linha.

Para finalizar, quando se fala em mudança no comportamento humano, se faz necessário trabalhar outra ferramenta muito utilizada pelos japoneses: a padronização das tarefas. No trabalho foram mostradas algumas, no entanto cabe salientar que assim que forem realizadas as melhorias ponto a ponto, se faz necessário a padronização das mesmas, de modo que estas se perpetuem frente a falta de constância de proposito e também renovação das equipes do complexo fabril, problema comum no frigorífico estudado.

## REFERÊNCIAS

- APPOLINÁRIO, F. **Dicionário de metodologia científica: um guia para a produção do conhecimento científico**. São Paulo: Atlas, 2004.
- BARROS, A. J. S.; LEHFELD, N. A. S. **Fundamentos de Metodologia: Um Guia para a Iniciação Científica**. 2 Ed. São Paulo: Makron Books, 2000.
- BELLSTEDT, M. **Refrigeration Plant Energy Efficiency. How to minimize running costs!** Minus40 Pty Ltd Sydney, 2012. Disponível em <http://www.mintrac.net.au/docs/pdf/20120314-N-E-MB.pdf>
- BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E ABASTECIMENTO. DIVISÃO DE PRODUTOS DE ORIGEM ANIMAL (DIPOA). **Portaria nº210, 10 de novembro de 1998. Regulamento técnico da inspeção tecnológica e sanitária de carnes de aves**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 26 nov, 1998. Seção 1.
- CERVO, A. L.; BERVIAN, P. A. **Metodologia Científica**. 5 Ed. São Paulo: Prentice Hall, 2002.
- DEWITT, D. P.; MORAN, M. J.; MUNSON, B. R.; SHAPIRO, H. N. **Introdução à Engenharia de Sistemas Térmicos**. Editora LTC, 2005.
- DOSSAT, R.J.; **Princípios de Refrigeração**. São Paulo, Editora Hemus, 1980.
- FERRAZ, F., GOMES, M., **O histórico da Refrigeração, Fluidos Refrigerantes, Ozônio/Processo de Formação/Destruição, Sistemas de Refrigeração, Componentes se um Sistema de Refrigeração**. CEFET-BA, Santo Amaro, 2008. 60p.
- GEORGE, R.M., **Freezing Processes Used in the Food Industry**, Trends in Food Technology, vol. 4, p. 134-138, 1993.
- GIL. A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. São Paulo: Atlas, 1995.
- GOLDEMBERG, J., LUCON, O. **Energias Renováveis: um futuro sustentável**. Revista USP, v.72 ,p.6-15, dez. 2006, São Paulo.
- GRAÇA, G.M.G.; **A Conservação de Energia Elétrica e o Terceiro Mundo**. São Paulo, 1990. Disponível em: <http://www.sbpe.org.br/v1n2/v1n2a4.htm>. Acessado em: 22 de outubro de 2014.

<http://pecuaria.ruralbr.com.br/noticia/2014/01/ubabef-projeta-alta-para-producao-e-exportacao-de-carne-de-frango-em-2014-4391589.html>. Acesso em 02 de novembro de 2014.

JANNUZZI, Gilberto de Martino. A política energética e o meio ambiente: instrumentos de mercado e regulação. In: ROMEIRO, Ademar R. *et al.* **Economia do meio ambiente: teorias, políticas e a gestão de espaços regionais**. Unicamp, Campinas, 1997. p. 151-160.

KLASSEN, T. **Modelagem do sistema de resfriamento de carcaças de frangos com redes neurais artificiais**. Monografia (Especialização em Engenharia de Alimentos) Centro de Engenharias e Ciências Exatas, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, 2004.

MARTINELLI JUNIOR, L.C. **Refrigeração**. UNIJUÍ / UERGS DeTEC Departamento de Tecnologia, Panambi, 2003. 134p.

MARTINELLI, Maria Lúcia. **O uso de abordagens qualitativas na pesquisa em Serviço Social**. NESPI nº 1. São Paulo: PUCSP, 1994.

MARTINS, R. A. **Sistemas de medição de desempenho: um modelo para estruturação do suo**. 1999. 258f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) Escola Politécnica da Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, 1999.

MATTOZO, V.; CAMARGO, C.B. e LAGE, N.L.; **Trabalho de Jornalismo Científico para Conservação de Energia: Fundamentos de uma Proposta**. Tenerife - Espanha, 2000. Disponível em: <http://www.ull.es/publicaciones/latina/aa2000kjl/w34oc/51mattozzo.htm>. Acessado em: 22 de outubro de 2014.

MEAD, G.C. **Processing of Poultry**. Ed. Chapman & Hall: London, p.117, 1995.

MONTEIRO, M.A.G., ROCHA, L.R.R., **Centrais Elétricas Brasileiras, FUPAI/EFFICIENTIA, Gestão Energética**. Eletrobrás. Rio de Janeiro, 2005.

NEVES FILHO, L.C.; **Refrigeração e Alimentos**. Campinas, UNICAMP-FEA / IBF, 1997.

PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA (PROCEL). **Dados da instituição, 2011**. Disponível em <http://www.eletrabras.com/elb/data/Pages/LUMIS293E16C4PTBRIE.htm>. Acesso em 13 de Agosto de 2014.

SORJ, B.; POMPERMAYER, M.J.; CORADINI, O.L. **Camponeses e Agroindústria: Transformação social e representação política na avicultura brasileira**. Ed. Zahar, Rio de Janeiro, 1982.

STOECKER, M. **Refrigeração Industrial**. São Paulo: LTC, 1985.

TASSINI, J.O. **Eficiência Energética em Sistemas de Refrigeração Industrial: Estudo de Caso**. 2012. 113 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia - Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2012.

TSAI, L.; SCHADE, J.E.; MOLYNEUX, B.T. **Chlorination of poultry chiller water: chlorine demand and disinfection efficiency**. Poultry Science, v.71, p.188-196, 1992.

VICTORIA, State Government. **Energy Efficiency Best Practice Guide Industrial Refrigeration**. Melbourne, 2009.

YORK REFRIGERATION. **Treinamento em Refrigeração Industrial com Amônia**. Joinville, 2008.