



Integração da Gestão Energética numa Indústria Farmacêutica

GEOVANE MARCHETTO FILHO

Outubro de 2018

INTEGRAÇÃO DA GESTÃO ENERGÉTICA NUMA INDÚSTRIA FARMACÊUTICA

Geovane Marchetto Filho



Departamento de Engenharia Eletrotécnica

Mestrado em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Elétricos de Energia

2018

Relatório elaborado para satisfação parcial dos requisitos da Unidade Curricular de DSEE -
Dissertação do Mestrado em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Elétricos de Energia

Candidato: Geovane Marchetto Filho, Nº 1162120, 1162120@isep.ipp.pt

Orientação científica: Teresa Alexandra Nogueira, tan@isep.ipp.pt

Empresa: Atlantic Pharma, Produções Farmacêuticas, S.A.

Supervisão: Pedro Miguel Rosa Pereira, pedro.pereira@tecnimede.pt



Departamento de Engenharia Eletrotécnica
Mestrado em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Elétricos de Energia

2018

Dedico este projeto aos meus pais, Geovane[†] e Rosemar.

Agradecimentos

A Deus, por ser o dono de toda a ciência, sabedoria e poder, por sempre me dar a possibilidade de desfrutar de suas benfeitorias e por ter sempre me acompanhado em minha trajetória.

A minha família, Geovane Marchetto[†], Rosemar Santos Marchetto e Jassiellyne Marchetto por terem estado sempre ao meu lado, me incentivando, dando suporte, transmitindo amor e tamanha confiança. Ainda mais em especial ao meu pai, que hoje busco continuar orgulhando-o e carregando o seu nome com respeito, educação e força.

A Universidade Tecnológica Federal do Paraná, câmpus Pato Branco, e ao Instituto Politécnico do Porto, representados por seus professores e funcionários de extrema qualidade e dedicação, e que também por meio de uma parceria tenham me proporcionado esta experiência que muito veio e vem a contribuir com o meu crescimento pessoal e profissional.

A AP, representada por seus colaboradores e meu chefe, Engenheiro PP, por terem confiado em mim para elaboração deste projeto e das demais atividades dentro da empresa.

A minha orientadora, Engenheira Teresa Nogueira, pela confiança e suporte para elaboração deste trabalho.

A todos meus companheiros e amigos, de vida e dessa bela engenharia, que trilharam esse caminho ao meu lado, contribuindo de alguma forma tanto para o sustento de minha formação acadêmica, como também, e principalmente, em minha construção pessoal.

A todos os professores, desde o início desta jornada, 20 anos atrás, que juntamente com meus pais terem sido o sustento e a base de todo o conhecimento que hoje disponho.

Resumo

O progresso e o desenvolvimento sócio-económico estão diretamente relacionados ao consumo energético. É fato que quão maior é o progresso, maior é o consumo energético. Do ponto de vista financeiro, quanto maior o consumo maiores são os gastos. Partindo desta premissa, as empresas estão a buscar desenvolver e implementar programas que visam otimizar o a utilização da energia em suas instalações a partir da gestão energética.

Esta investigação apresenta um estudo energético realizado numa indústria farmacêutica, caracterizada como um consumidor intensivo de energia. O estudo foi realizado durante o período de estágio nesta empresa.

Primeiramente, é realizada uma investigação interna aos consumos da instalação, de forma a mapear este consumo. São caracterizados e quantificados os consumos energéticos gerais da empresa e posteriormente dado foco à energia elétrica. Tendo como base de estudo o consumo de energia elétrica da empresa, foram analisados os cenários: consumo frente a sua faturação, consumo em relação a produção e por final é caracterizado o consumo deslastrado entre os principais consumidores, sendo por setor ou grande carga.

Identificados os principais consumidores, foram investigadas potenciais intervenções que resultariam numa melhor atuação no aproveitamento energético da empresa. Foram apontadas soluções para o sistema de produção de ar comprimido, produção e distribuição de água gelada e projetada a instalação de uma plataforma digital para auxílio à gestão energética.

Da investigação realizada, conclui-se então que se de fato as medidas investigadas fossem implementadas, haveria uma considerável redução no consumo energético total da empresa, 15,4 %. Apesar de apresentar uma redução no consumo, as medidas propostas que apresentaram maior representatividade na poupança energética requerem um investimento considerável, o que pode se caracterizar como um impedimento às soluções apresentadas.

Palavras-Chave

Mapeamento energético industrial, gestão energética, eficiência energética.

Abstract

Progress and socio-economic development are directly related to energy consumption. It is a fact that the greater the progress, the greater the energy consumption. From the financial point of view, the higher the consumption, the higher the expenses. Starting from this premise, the companies are looking for developing and implementing programs focused at optimizing the use of energy in their facilities from energy management.

This research presents an energetic study conducted in a pharmaceutical industry, characterized as an intensive energy consumer. The study was carried out during the internship period in this company.

Firstly, an internal investigation into the consumption of the installation is made, in order to map its consumption. The general energy consumptions of the company are characterized and quantified, and subsequently the electric energy is brought up as the focus. Based on the study of the company's electricity consumption, scenarios were analyzed: consumption versus its billing, consumption in relation to production and, by the end, consumption is characterized among the main consumers, by sector or large load.

Once the main consumers were identified, potential interventions were investigated that would result in a better performance in the energy use of the company. Solutions were identified for the compressed air production system and to the production and distribution of cold water. Also, the installation of a digital platform to help with energy management was projected.

From the investigation carried out, it was concluded that if the solutions investigated were implemented, there would be a considerable reduction in the total energy consumption of the company, 15.4%. Although there is a reduction in consumption, the proposed solutions with the greatest impact in energy saving require considerable investment, which may be a limitation to the solutions presented.

Keywords

Industrial energy mapping, energy management, energy efficiency.

Índice

AGRADECIMENTOS	I
RESUMO	III
ABSTRACT	V
ÍNDICE DE FIGURAS	IX
ÍNDICE DE TABELAS	XI
ACRÓNIMOS	XIII
1. INTRODUÇÃO	1
1.1.ENQUADRAMENTO	1
1.2.MOTIVAÇÃO	4
1.3.OBJETIVOS	4
1.3.1. <i>Objetivo Geral</i>	5
1.3.2. <i>Objetivos Específicos</i>	5
1.4.ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO.....	5
2. CARACTERIZAÇÃO DA EE DA AP: PRODUÇÕES E CONSUMOS	7
2.1.CONTEXTO ENERGÉTICO PORTUGUÊS.....	7
2.2.LEVANTAMENTO ENERGÉTICO DA AP	12
2.2.1. <i>Caracterização do Consumo e Faturação da Energia Elétrica – AP</i>	14
2.2.2. <i>Caracterização do Consumo de Energia Elétrica vs. Produção – AP</i>	18
2.2.3. <i>Caracterização do Consumo de Energia Elétrica por Consumidor Final – AP</i>	23
2.3.SUMÁRIO DO CAPÍTULO	28
3. MEDIDAS EM GESTÃO DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA POR SETOR DE ATUAÇÃO NA AP	29
3.1.SISTEMA DE PRODUÇÃO DE AR COMPRIMIDO	30
3.2.SISTEMA DE PRODUÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA GELADA	33
3.2.1. <i>Sistema de Produção de Água Gelada</i>	36
3.2.2. <i>Sistema de Distribuição de Água Gelada</i>	38
3.3.SISTEMA DE GESTÃO DE ENERGIA	43
3.4.SUMÁRIO DO CAPÍTULO – MAPA DE AÇÕES	50
4. CONCLUSÕES	52
4.1.ANÁLISE CONCLUSIVA	52
4.2.PERSPECTIVAS FUTURAS.....	53

REFERÊNCIAS	55
-------------------	----

Índice de Figuras

FIGURA 1 - DISTRIBUIÇÃO DAS EMISSÕES MUNDIAIS DE GASES DE EFEITO DE ESTUFA POR SETOR NO ANO DE 2014 [3]	2
FIGURA 2 - EVOLUÇÃO DO CONSUMO ENERGÉTICO MUNDIAL MEDIDO EM MILHÕES DE TEP [3]	3
FIGURA 3 - DISTRIBUIÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA MUNDIAL DIVIDIDO POR FONTE ENERGÉTICA [3]	3
FIGURA 4 - EVOLUÇÃO DO CONSUMO ENERGÉTICO EM PORTUGAL MEDIDO EM MILHARES DE TEP [6]	8
FIGURA 5 – DISTRIBUIÇÃO DO CONSUMO PRIMÁRIO DE ENERGIA POR FONTE EM PORTUGAL NO ANO DE 2015 [6]	9
FIGURA 6 – DISTRIBUIÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA TOTAL POR SETOR DE ATIVIDADE ECONÓMICA [6]	10
FIGURA 7 – DISTRIBUIÇÃO DO CONSUMO (DISCO EXTERNO) E CUSTO (DISCO INTERNO) ENERGÉTICO DA INSTALAÇÃO DA AP POR FONTE ENERGÉTICA (2017/2018)	13
FIGURA 8 – EVOLUÇÃO DO CONSUMO E CUSTO MENSAL COM ENERGIA ELÉTRICA AP	15
FIGURA 9 – PERFIL SEMANAL DO CONSUMO GERAL DA AP	16
FIGURA 10 – EVOLUÇÃO MENSAL DO CONSUMO E DO CUSTO UNITÁRIO DO kWh AP	17
FIGURA 11 – EVOLUÇÃO MENSAL DAS POTÊNCIAS EM HORA DE PONTA E CONTRATADA	18
FIGURA 12 – EVOLUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA E DA PRODUÇÃO AP	19
FIGURA 13 - CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA VS. PRODUÇÃO AP	21
FIGURA 14 – EVOLUÇÃO DO CONSUMO ESPECÍFICO DE ENERGIA E DA PRODUÇÃO AP	22
FIGURA 15 – PLANTA GERAL DAS INSTALAÇÕES DA AP	24
FIGURA 16 – DIVISÃO POR ZONAS DO EDIFÍCIO FABRIL DA AP – PISO 0	24
FIGURA 17 – DIVISÃO POR ZONAS DO EDIFÍCIO FABRIL DA AP – PISO 1	25
FIGURA 18 – DISTRIBUIÇÃO DO CONSUMO GERAL COM DISTRIBUIÇÃO DO CONSUMO DO EDIFÍCIO ADMINISTRATIVO AP	27
FIGURA 19 – DISTRIBUIÇÃO DO CONSUMO GERAL COM DISTRIBUIÇÃO DO CONSUMO DO EDIFÍCIO INDUSTRIAL AP	27
FIGURA 20 – ESQUEMA SIMPLIFICADO DO SISTEMA PRINCIPAL DE PRODUÇÃO DE AR COMPRIMIDO AP	30
FIGURA 21 – DIAGRAMA DE CARGA ELÉTRICO DO PRINCIPAL SISTEMA DE PRODUÇÃO DE AR COMPRIMIDO AP	31
FIGURA 22 – DIAGRAMA DE CONSUMO/PRODUÇÃO DIÁRIO DE CAUDAL DO AR COMPRIMIDO AP	32
FIGURA 23 - ESQUEMA SIMPLIFICADO DO SISTEMA DE PRODUÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA GELADA	34
FIGURA 24 – EVOLUÇÃO DO MOTOR DE INDUÇÃO DE 15 HP [12]	38
FIGURA 25 – ARQUITETURA DO SISTEMA DE GESTÃO DE ENERGIA	44
FIGURA 26 – DISTRIBUIÇÃO DO CONSUMO DE GÁS NATURAL AP	46
FIGURA 27 – DISTRIBUIÇÃO DOS CONTADORES DE ENERGIA ELÉTRICA AP	47
FIGURA 28 - PONTOS ESTRATÉGICOS DE LEITURA E COMUNICAÇÃO DOS CONTADORES ATUAIS E FUTUROS AP	49

Índice de Tabelas

TABELA 1 METAS A SEREM CUMPRIDAS - SISTEMA DE GESTÃO DOS CONSUMOS DE INTENSIVOS DE ENERGIA [8]	12
TABELA 2 CONSUMO ENERGÉTICO ANUAL DA INSTALAÇÃO	13
TABELA 3 PRODUÇÃO, CONSUMOS TOTAIS E DESAGREGADOS DA AP	19
TABELA 4 EVOLUÇÃO MENSAL DO CONSUMO ESPECÍFICO DE ENERGIA AP	22
TABELA 5 DESLASTRE DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA POR CARGA/SETOR AP	26
TABELA 6 DESLASTRE DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA DO SISTEMA DE PRODUÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA GELADA	36
TABELA 7 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DOS MOTORES UTILIZADOS NO SISTEMA DE BOMBEAMENTO DE ÁGUA GELADA	38
TABELA 8 ANÁLISE CONSUMO REAL DO SISTEMA DE BOMBEAMENTO DE ÁGUA GELADA	41
TABELA 9 SOLUÇÕES PARA SISTEMA DE BOMBEAMENTO DE ÁGUA GELADA	42
TABELA 10 POUPANÇAS PROVOCADAS PELAS SOLUÇÕES PARA O SISTEMA DE BOMBEAMENTO DE ÁGUA GELADA	42
TABELA 11 PLANO DE AÇÕES COM MEDIDAS PROPOSTAS PARA MELHOR APROVEITAMENTO ENERGÉTICO DA AP	50

Acrónimos

- ADENE – Agência para a Energia
- ARCE – Acordos de Racionalização dos Consumos de Energia
- AVAC – Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado
- BCPF1 – Bombeamento Chiller Para Fábrica - 1
- BCPF2 – Bombeamento Chiller Para Fábrica – 2
- BCPF3 – Bombeamento Chiller Para Fábrica - 3
- BFPC – Bombeamento Fábrica Para Chiller
- CIE – Consumidoras Intensivas de Energia
- CNUMAD – Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento
- CQNUAC – Convenção Quadro das Nações Unidas para as Alterações Climáticas
- DGEG – Direção Geral de Energia e Geologia
- ERSE – Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos
- GEE – Gases de Efeito de Estufa
- IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change
- PNAEE – Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética
- PPEC – Plano de Promoção de Eficiência no Consumo
- PREn – Planos de Racionalização dos Consumos de Energia

- SGCIE – Sistema de Gestão dos Consumos de Intensivos de Energia
- tep – Tonelada Equivalente de Petróleo
- UME – Unidade de Medida Equivalente
- VAB – Valor Acrescentado Bruto

1. INTRODUÇÃO

1.1. ENQUADRAMENTO

Uma vez que se reconheceu que as alterações climáticas vinham sendo uma das principais consequências que evidenciavam uma ameaça ambiental, social e económica do planeta, começaram a ser tomadas medidas de combate ao mau uso do meio ambiente. Já no final do século XX, as questões ambientais passaram a ser tratadas nos cenários jurídicos e políticos em todo o mundo [1].

Em 1992, da Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUMAD) resultou o tratado internacional intitulado por Convenção Quadro das Nações Unidas para as Alterações Climáticas (CQNUAC). Esse tratado tinha como objetivo alcançar a estabilização da concentração dos gases de efeito de estufa (GEE). A princípio, o tratado não tinha por objetivo fixar limites obrigatórios de emissão de GEE, mas sim estabelecer mecanismos que possibilitariam negociações em torno dos instrumentos necessários para que ele fosse alcançado, para isso, esse tratado incluía disposições para protocolos (atualizações) que deveriam criar limites de emissões. Foi em 1997 quando ocorreu o mais conhecido dos protocolos do CQNUAC, o Protocolo de Quioto.

De modo a garantir o combate efetivo às alterações climáticas, o Protocolo de Quioto teve como objetivo principal tornar operacional e dar eficácia jurídica aos objetivos do CQNUAC através de compromissos firmados entre as nações participantes desta convenção. Segundo estudo divulgado em 2014 pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas

(Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC), quase duas décadas após o Protocolo de Quioto, a distribuição das emissões de gases de efeito de estufa por setor é dada conforme a Figura 1, onde cerca de 25 % das emissões estão relacionadas diretamente com o setor das energias, 24 % com o setor da agricultura, silvicultura e demais utilizações da terra, 21 % com o setor industrial, 6 % com edifícios e 14 % com transportes. Caso sejam distribuídas as emissões com eletricidade e produção de calor para os setores de uso final de energia, as parcelas de emissões causadas pelas indústrias e edifícios aumentam para 32 % e 19 %, respectivamente [2].

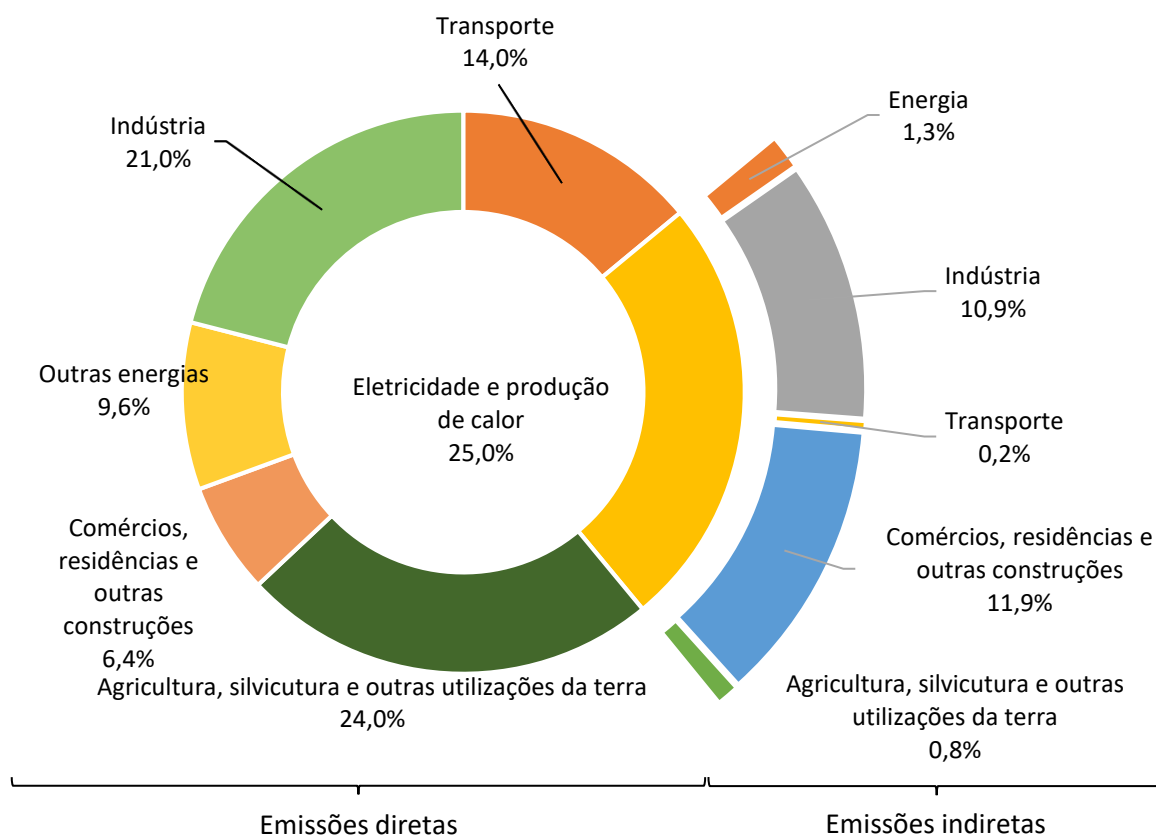


Figura 1 - Distribuição das emissões mundiais de gases de efeito de estufa por setor no ano de 2014 [3]

Tendo em conta as emissões diretas e indiretas, pode-se afirmar que a maior parcela das emissões de GEE ocorrem devido à produção e consumo de energia, além disso, é possível afirmar que o setor que mais contribui é o setor industrial.

A preocupação com emissões de gases de efeito estufa só aumentam quando isso, em sua grande parte, se deve ao consumo energético, pois é evidente que o crescimento económico e populacional fomenta um constante aumento no consumo de energia no mundo, como mostrado na Figura 2 [3], onde identifica-se um crescente consumo de energia ao longo dos

anos analisados (2007 a 2017). Apenas no ano de 2009 houve um declínio, o que não se repetiu, tornando a subir nos anos seguintes. Os valores apresentados na figura são apresentados em toneladas equivalentes de petróleo (tep).

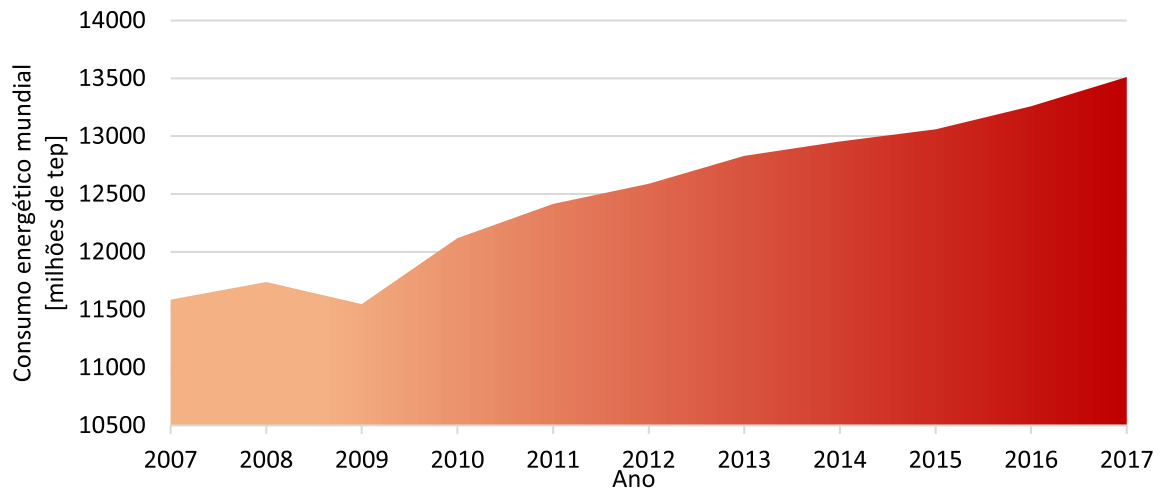


Figura 2 - Evolução do consumo energético mundial medido em milhões de tep [3]

No ano de 2017 [3] a distribuição dos recursos energéticos mundiais separados por fonte primária de energia é dada conforme mostrado na Figura 3, onde vê-se que 34,2 % da energia consumida no mundo é oriunda do petróleo, 27,6 % do carvão mineral, 23,4 % do gás natural, 4,4 % é de origem nuclear, 6,8 % hídrica e 3,6 % provém de fontes renováveis como a eólica e a solar. Haja visto que o petróleo, o carvão mineral e o gás natural são combustíveis fósseis e juntamente com os combustíveis nucleares são combustíveis tomados como finitos e não limpos, estes devem ser tratados com maior cautela (para além de representarem cerca de 89,6 % das fontes energéticas) [1].

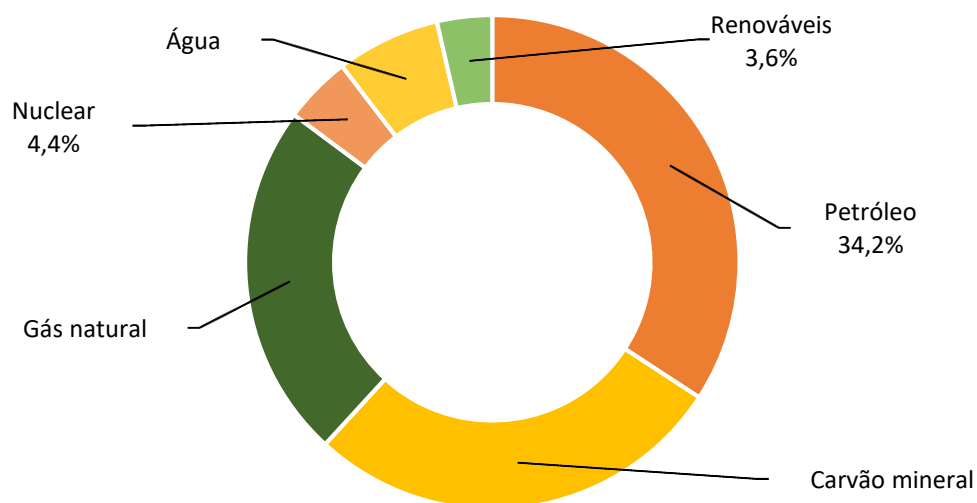


Figura 3 - Distribuição do consumo de energia mundial dividido por fonte energética [3]

Aliando-se a preocupação com a degradação do meio ambiente, a sua ligação com os recursos energéticos, o constante desenvolvimento económico marcado pelo seguido aumento do consumo de energia e a atenção com o fato de as fontes energéticas mais utilizadas serem de origem não renovável, têm sido tomadas medidas de incentivos para a utilização de fontes renováveis e de um melhor aproveitamento energético por parte dos sistemas já implementados.

1.2. MOTIVAÇÃO

A gestão dos recursos energéticos tem sido um grande desafio. O crescente desenvolvimento económico marcado pelo aumento do consumo de energia ficou caracterizado pela produção intensa de energia ser predominantemente oriunda de combustíveis fósseis [4].

O progresso e o desenvolvimento sócio-económico estão diretamente relacionados ao consumo energético. É fato que quanto maior é o progresso, maior é o consumo energético, entretanto o uso intensivo de energia traz consigo tanto a preocupação com a degradação ambiental quanto com o fato de a origem da energia ser na sua grande maioria provinda de fonte finitas [3].

Do ponto de vista financeiro, quanto maior o consumo maiores são os gastos. Partindo desta premissa, as empresas estão a buscar desenvolver e implementar programas que visam a otimização do aproveitamento energético de suas instalações a partir da gestão energética.

No cenário apontado é onde surgiu a motivação e a oportunidade do desenvolvimento de um estudo energético das instalações da AP, empresa portuguesa que se dedica ao fabrico de medicamentos para uso humano. A AP é uma empresa pertencente ao Grupo T com capacidade para fabrico de medicamentos sólidos, semi-sólidos, líquidos e suspensões, e hoje assegura não só as necessidades de produção do Grupo T como dos vários parceiros do grupo.

1.3. OBJETIVOS

A proposta deste projeto é promover a integração da gestão energética de forma a mapear a unidade fabril do ponto de vista energético, identificando os recursos energéticos da empresa, os principais consumidores e por fim buscar potenciais intervenções que resultem numa melhor atuação no uso da energia elétrica. Faz parte deste estudo não apenas o

consumo por si só, mas também a gestão energética como um todo, de forma a considerar a sua faturação e a sua relação com a produção.

De modo a cumprir com a proposta deste trabalho, é traçado o seu objetivo geral, o qual é alcançado pela integração de diferentes objetivos específicos.

1.3.1. OBJETIVO GERAL

Mapear a utilização de energia e desenvolver um plano de ações com medidas de intervenção para minimização do consumo e redução da faturação da instalação da AP.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Investigar sobre o cenário energético mundial e português quanto ao consumo e incentivos em promoção da eficiência energética;
- Caracterizar a AP tendo como objeto de estudo a gestão energética como um todo, analisando o consumo, o seu custo e a sua relação com a produção;
- Mapear os consumos e custos com energia elétrica tidos pela AP;
- Identificar oportunidades de melhorias no que diz respeito à gestão energética com foco na energia elétrica;
- Elaborar um plano de ações com medidas que visam uma minimização do consumo de energia elétrica e consequente redução da faturação da AP.

1.4. ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

No Capítulo 1 foi apresentada a introdução deste projeto, dando uma breve caracterização do cenário energético mundial e consequente motivação e proposta deste trabalho. No capítulo seguinte, Capítulo 2, será apresentada uma breve caracterização do cenário energético português e na sequência é caracterizado o cenário energético da AP, onde é apresentado um mapeamento do consumo geral e de eletricidade e sua faturação, também a sua relação com a produção. Caracterizado o cenário deste projeto e o objeto de estudo, a gestão energética das instalações da AP, no Capítulo 3 é apresentada a investigação feita para se formular medidas que visam a eficiência e gestão energética da instalação da AP,

resultando no fim deste capítulo num plano de ações com o resumo das medidas identificadas. No Capítulo 4 são descritas as conclusões e sugestões para trabalhos futuros.

2. CARACTERIZAÇÃO DA EE DA AP: PRODUÇÕES E CONSUMOS

Seguindo a breve caracterização energética mundial apresentada no capítulo anterior, neste capítulo será primeiramente apresentada uma sucinta apresentação do cenário energético português e apresentados alguns incentivos que o estado tem buscado implementar via a estabelecer uma política de eficiência energética no país. Após feita a caracterização do cenário energético português, é então apresentada a caracterização energética da empresa objeto de estudo desse trabalho, a AP.

2.1. CONTEXTO ENERGÉTICO PORTUGUÊS

Na Figura 4 é mostrada a evolução do consumo de energia em Portugal entre o período de 2006 e 2016, onde vê-se que, embora o consumo tenha-se elevado em 2015 frente ao consumo em 2014, de uma forma geral o consumo se apresenta em queda [5]. Conforme aponta os dados provisórios divulgados pela Direção Geral de Energia e Geologia, o consumo primário de energia tornou a diminuir em 2016 [5], fato que evidencia o empenho que o país tem apresentado em promover políticas de eficiência energética.

No cenário energético o estado de Portugal tomou como decisão para atingir o objetivo chave na área da energia, liderar a transição energética. Para isso tem buscado:

- Afirmar Portugal como fornecedor energético na Europa;
- Retomar a aposta nas energias renováveis;
- Energia mais limpa e barata;
- Estimular a concorrência e a competitividade energética;
- Impulsionar a eficiência energética; e
- Impulsionar e expandir a mobilidade elétrica.

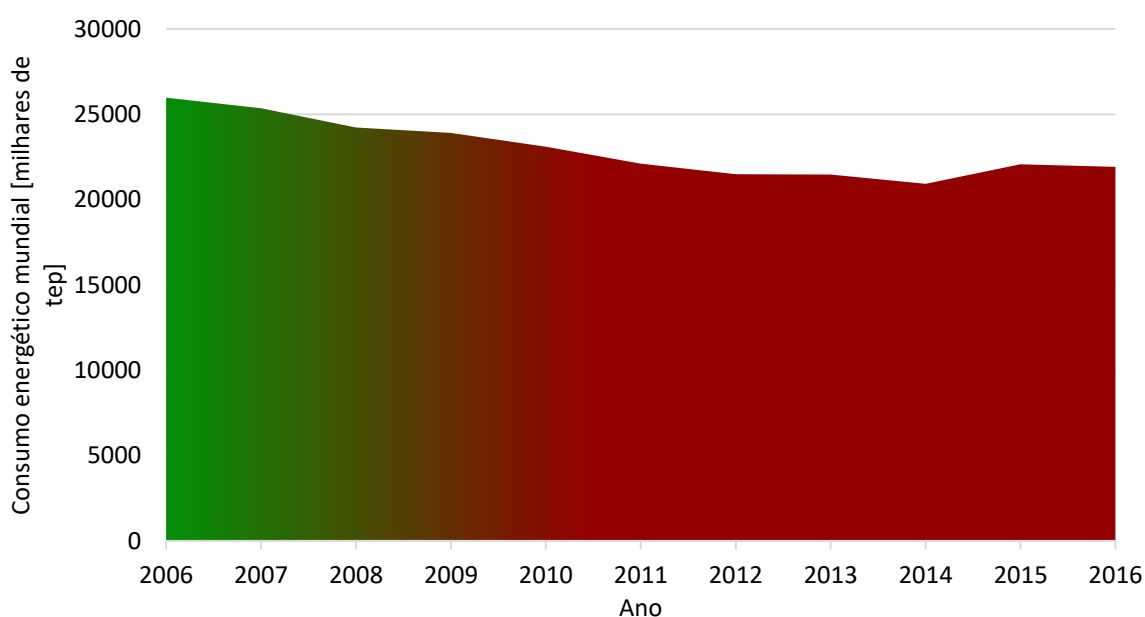


Figura 4 - Evolução do consumo energético em Portugal medido em milhares de tep [6]

O fato de Portugal ser um país com escassos recursos energéticos fósseis, como o petróleo, carvão mineral e o gás natural, faz com que haja uma elevada dependência energética de outros países do mundo, representando uma dependência de cerca de 78,3 % no ano de 2015 [5]. Por assim ser, não diferente da caracterização energética mundial apresentada no Capítulo 1 desse trabalho, Portugal é fortemente dependente de fontes de energia não renováveis, sendo que em 2015 a maior parte da energia consumida tinha como fonte o petróleo, representando quase metade da parcela total (42,8 %) [6]. A segunda fonte energética mais utilizada em Portugal foi a de origem renovável (22,2 %). Embora a representatividade da utilização de energia renovável ser elevada frente à mesma parcela mundial (3,6 %) , ainda assim a parcela da dependência de combustíveis fósseis é muito

elevada, representando 76,2 % (parcela referente a soma da parcela do petróleo, carvão mineral e gás natural) [6]. Na Figura 5 está mostrada a distribuição do consumo de energia em Portugal no ano de 2015 fracionado pelo tipo de fonte energética.

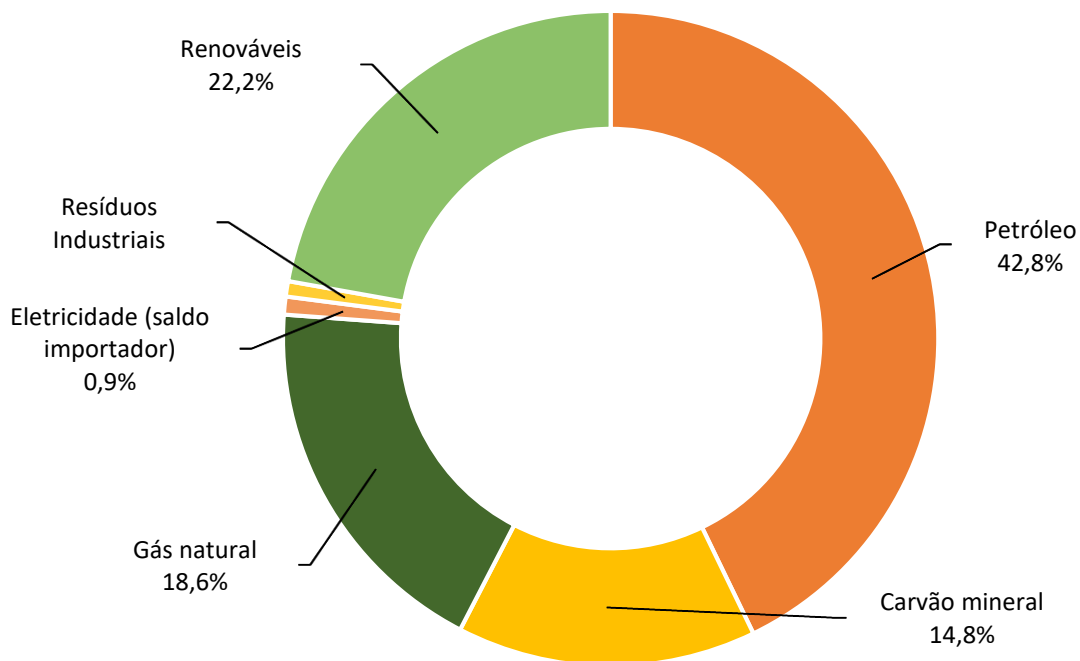


Figura 5 – Distribuição do consumo primário de energia por fonte em Portugal no ano de 2015 [6]

Com a evolução e regularização dos mercados de energia elétrica e de gás natural a Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos (ERSE) aponta para uma melhoria na eficiência do lado do fornecimento destas energias. Apesar disto, do ponto de vista do utilizador final esta eficiência já não é tão notória, uma vez que as empresas e consumidores domésticos, em sua maioria, ainda se mantêm receosos no que diz respeito à investimentos em eficiência energética [7].

Reconhecendo este cenário, a ERSE no âmbito de suas atribuições consignou no Regulamento Tarifário a criação de um Plano de Promoção de Eficiência no Consumo (PPEC). Este plano busca implementar medidas de eficiência energética, agindo de forma a financiar medidas selecionadas que se destinam aos consumidores domésticos, industriais, comerciais e demais consumidores [7].

A título de exemplo, uma das medidas do programa vigente, PPEC 2017-2018, é o incentivo à capacitação de gestores de energia elétrica, através do Curso de Gestor de Energia Elétrica na Indústria realizado pela Academia ADENE. Durante o primeiro período deste ano, o autor

deste projeto teve a oportunidade de realizar este curso em suas duas componentes: teórica e prática.

Segundo dados divulgados pela DGEG o setor de atividade económica que mais consome energia elétrica é o setor industrial, o qual no ano de 2015 foi responsável por 37,2 % do consumo total de Portugal. O que faz este setor ser um setor alvo na busca de implementação de incentivos na melhoria da utilização energética. Na Figura 6 é mostrada a distribuição do consumo de energia elétrica total por setor de atividade económica em Portugal.

No âmbito de uma política que aposta num modelo energético racional e sustentável, sem comprometer a competitividade das empresas nem a qualidade de vida dos cidadãos, e dentro do Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética (PNAEE) foi publicado o Decreto de Lei n.º 71/2008 [8] que regulamenta o Sistema de Gestão dos Consumos de Intensivos de Energia (SGCIE). Este diploma foi alterado posteriormente pela Lei n.º 7/2013, de 22 de Janeiro [9], e pelo Decreto-Lei n.º 68-A/2015, de 30 de Abril.

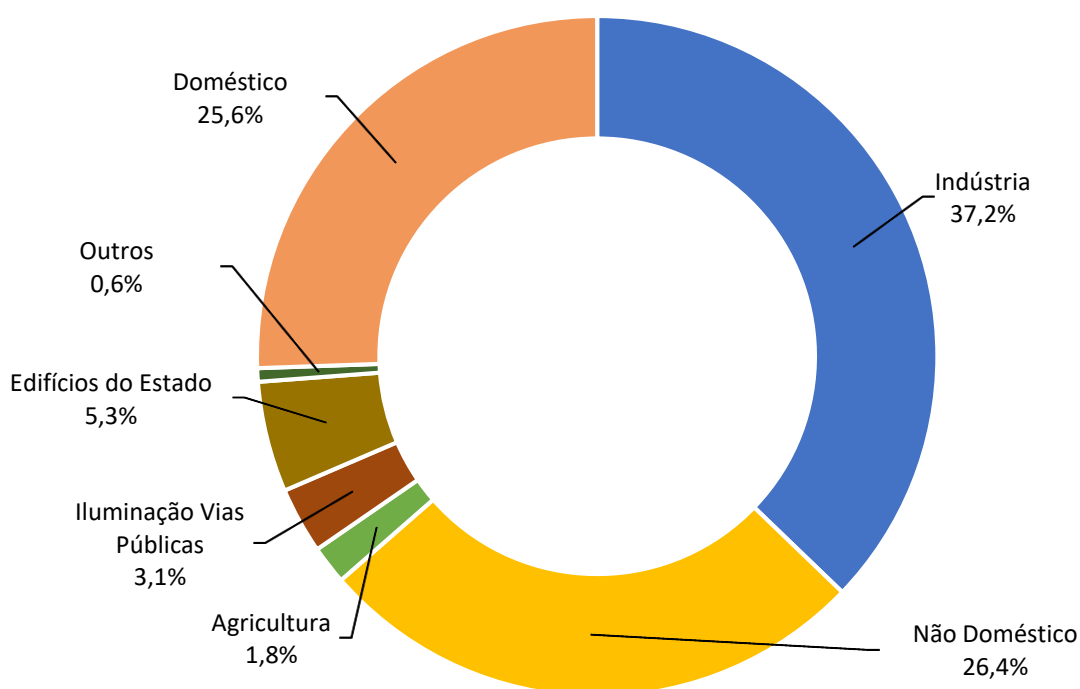


Figura 6 – Distribuição do consumo de energia elétrica total por setor de atividade económica [6]

O SGCIE aplica-se às instalações consumidoras de energia com consumos superiores a 500 tep/ano, tendo maior ênfase no setor industrial. Este sistema prevê que as instalações Consumidoras Intensivas de Energia (CIE) realizem, periodicamente, auditorias energéticas. Prevê ainda, a elaboração e devida execução de Planos de Racionalização dos Consumos de

Energia (PREn) que contemplam objetivos mínimos de eficiência energética. Os PREn, quando aprovados, constituem os Acordos de Racionalização dos Consumos de Energia (ARCE) que são celebrados entre a empresa e a DGEG, o que permite a empresa requerente a obtenção de incentivos. A Agência para a Energia (ADENE) é a gestora operacional do SGCIE.

Para instalações com consumo anual superior a 1.000 tep, todas as medidas do PREn, identificadas com um período de retorno de investimento de no máximo cinco anos, devem ser realizadas nos três primeiros anos do ARCE. No caso das outras instalações o mesmo se aplica para metas que apresentem um retorno de investimento inferior ou igual a três anos.

De forma a controlar o cumprimento das metas, são definidos três indicadores:

Indicador 1. Intensidade Energética (IE), que é obtido pela divisão entre o consumo total de energia, medido em tep, pelo Valor Acrescentado Bruto (VAB) quantificado em euros:

$$IE = \frac{\text{Consumo total de energia [tep]}}{\text{Valor Acrescentado Bruto [€]}} \quad 1$$

Indicador 2. Consumo Específico de Energia (CE), que é obtido pelo quociente entre o consumo total de energia, medido em tep, pelo volume total de produção:

$$CE = \frac{\text{Consumo total de energia [tep]}}{\text{Produção}} \quad 2$$

Indicador 3. Intensidade Carbónica (IC), que é medido pela divisão entre o valor das emissões de gases de efeito de estufa, medido em massa de CO₂ equivalente, pelo consumo total de energia, medido em tep:

$$IC = \frac{\text{Emissões GEE [kgCO}_2\text{e]}}{\text{Consumo total de energia [tep]}} \quad 3$$

As metas a serem cumpridas são basedas nos três indicadores acima referidos, sendo diferentes para cada tipo de instalação, aplicando-se conforme está mostrado na Tabela 1.

Tabela 1 Metas a serem cumpridas - Sistema de Gestão dos Consumos de Intensivos de Energia [8]

Classificação da Instalação	Redução do Indicador			Tempo máximo
	IE	CE	IC	
< 1000 tep/ano	≥ 4 %	≥ 4 %	≥ 0 %	6 anos
≥ 1000 tep/ano	≥ 6 %	≥ 6 %	≥ 0 %	8 anos

O operador de instalações abrangidas por um ARCE pode se beneficiar de incentivos financeiros e fiscais:

- No caso de consumos inferiores a 1.000 tep/ano há o ressarcimento de 50 % do custo com auditorias energéticas, até o limite de € 750 desde que tenha disponibilidade no fundo de eficiência energética existente para o efeito;
- Ressarcimento de 25 % dos investimentos realizados em equipamentos de gestão e monitorização dos consumos de energia até o limite de € 10.000 e desde que tenha disponibilidade no fundo de eficiência energética existente para o efeito; e
- Isenção do imposto sobre os produtos petrolíferos e energéticos (ISP).

2.2. LEVANTAMENTO ENERGÉTICO DA AP

Desconsiderando o diesel, utilizado apenas como fonte de energia para os dois grupos geradores da unidade - que somente são acionados em caso de falta de eletricidade -, toda a instalação depende basicamente de três fontes de energia: a eletricidade, o gás natural e o gás propano¹.

Com base nas faturas de gás natural, eletricidade e gás propano foi calculado o consumo energético total durante o período de um ano. A energia é calculada em toneladas equivalente de petróleo, para isso são realizadas as respectivas conversões, conforme fatores de conversão divulgados no Despacho n.º 17313/2008 [10] e apresentados na Tabela 2, onde

¹ Para estudo do consumo e custo com energia para a fábrica foi analisado um ano de consumo, de Maio de 2017 a Abril de 2018, sendo este o período tomado como fonte de estudo para este trabalho.

também está apresentado o consumo total da instalação no período analisado e o respectivos custos envolvidos.

Com um consumo anual de 1.344,4 tep a instalação da AP é considerada um consumidor intensivo de energia, encontrando-se abrangida pelo SGCIE.

Com base no estudo apresentado na Tabela 2, na Figura 7 é apresentada a distribuição do consumo e do seu respectivo custo para cada tipo de fonte, onde o disco externo representa a distribuição do consumo e o disco interno representa o seu respectivo custo associado.

Tabela 2 Consumo energético anual da instalação

Energia	Consumo	Conversão p/ tep	Consumo	Custos
Gás natural	355.939 m ³	905,11 x 10 ⁻⁶ tep/m ³	322,3 tep	€ 180.190,55
Eletricidade	4.658.640 kWh	215 x 10 ⁻⁶ tep/kWh	1.001,6 tep	€ 486.136,00
Gás propano	18.622 kg	1.100 x 10 ⁻⁶ tep/kg	20,5 tep	€ 27.216,27
Total			1.344,4 tep	€ 693.542,82

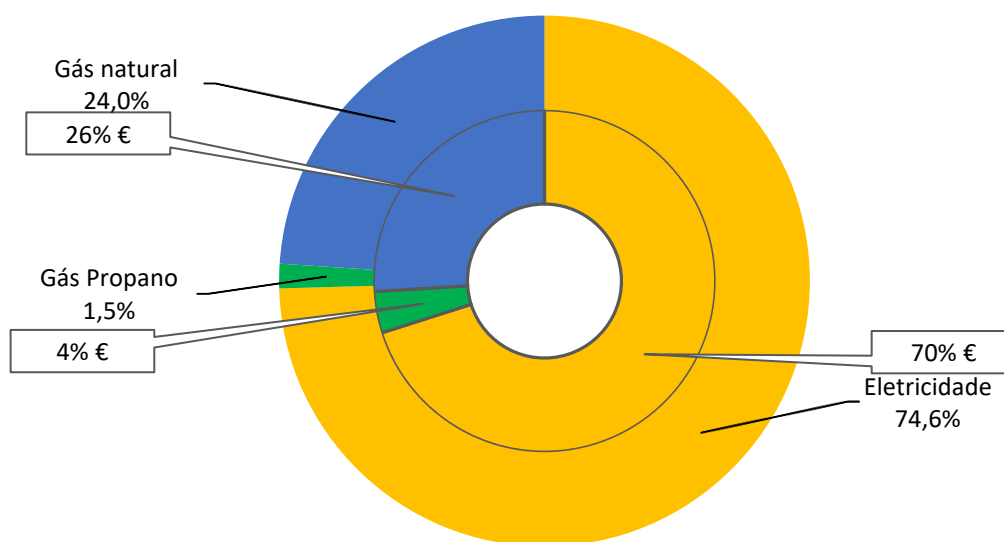


Figura 7 – Distribuição do consumo (disco externo) e custo (disco interno) energético da instalação da AP por fonte energética (2017/2018)

Com base nos dados apresentados, nota-se que o gás propano é utilizado em baixa quantidade, representando apenas 1,5 % do consumo anual total da instalação, porém a sua

representatividade no gasto total é quase três vezes superior ao seu consumo, o que indica ser uma energia cara se comparada as outras fontes.

O gás natural, segunda fonte energética mais utilizada (24,0 %), é utilizado na sua maior parte para a produção de vapor de água, vapor este que é utilizado na produção de água quente industrial e que por sua vez é utilizada no tratamento do ar. Para além de ser utilizado na produção de água quente, o vapor também serve de utilidade para algumas máquinas produtivas. Quanto ao custo associado à essa energia, vê-se que há um considerável aumento (18 %) frente ao seu consumo equivalente, ainda que por estar abrangida pelo SGCIE a empresa recebe o benefício de ser isenta do ISP, o que faz reduzir o custo associado ao consumo de gás natural. Pode-se concluir que das fontes utilizadas a que possui um menor custo face ao consumo é a eletricidade, fonte esta que é foco neste projeto.

Como apresentado, a eletricidade é a fonte energética mais utilizada na instalação, representando 74,6 % do consumo e 70 % do gasto total com energia, fazendo desta energia uma utilidade de extrema importância para a empresa.

2.2.1. CARACTERIZAÇÃO DO CONSUMO E FATURAÇÃO DA ENERGIA ELÉTRICA – AP

Para caracterização do consumo de eletricidade da AP é tomado como objeto de estudo os consumos faturados durante o mesmo período de análise das energias gerais apontadas no tópico anterior, de Maio de 2017 a Abril de 2018.

A instalação é alimentada em média tensão, recebendo a energia elétrica da rede pública sob a forma de corrente alternada trifásica, à tensão nominal de 10 kV no local de entrega, sendo o seu consumo faturado em média tensão, por intermédio de contador, do qual faz o processamento e tratamento tarifário das grandezas: energia e potências ativas, energia reativa indutiva e energia reativa capacitiva.

As medições para faturação são realizadas no posto de seccionamento e a redução de tensão é feita em dois postos de transformação, um com um transformador que alimenta ao edifício administrativo (630 kVA) e o outro com dois transformadores que atendem o edifício fabril (1.250 kVA cada).

Na Figura 8 é mostrada a evolução do consumo e do custo com eletricidade para o período analisado.

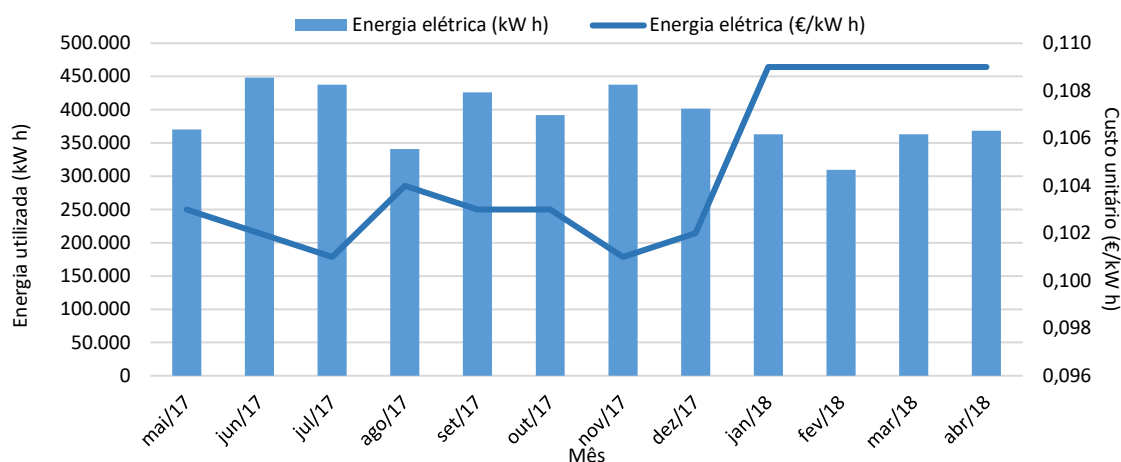


Figura 8 – Evolução do consumo e custo mensal com energia elétrica AP

O baixo consumo em Agosto ocorre devido neste mês ter sido realizada a paragem anual onde são realizadas algumas operações de manutenção preventiva.

A combinação de dois fatores identifica o baixo consumo no mês de Fevereiro. Primeiro devido ao maior consumo de energia elétrica estar relacionado ao sistema de frio e como Fevereiro foi um mês em que as temperaturas se mantiveram baixas, a necessidade de produção de frio é reduzida e consequentemente o consumo tende a ser reduzido. Segundo, pois houveram poucos dias em produção.

Em 2017 os meses de Junho, Julho e Setembro apresentaram elevados consumos, por serem meses em que a temperatura apresenta níveis mais elevados, uma possível justificativa está na relação com o consumo demandado pelo tratamento do ar (sistema de frio). O mês de Novembro também foi um mês onde o consumo foi elevado, provavelmente possui maior relação com a produção, pois foi este o mês com maior volume de produção no período analisado. Esta análise da produção em relação ao consumo de eletricidade será um tema abordado mais a frente neste trabalho.

No início deste ano, 2018, a AP trocou de comercializador e nota-se que se comparado o custo unitário de energia de 2018 com o ano de 2017 vê-se um considerável aumento, mas vale ressaltar que a tarifa fixa de acesso às redes sofreu um aumento médio de 3 %, conforme divulgado nos *Quadros de Tarifas e Preços da Energia Elétrica em 2017 e 2018*, divulgados pela ERSE.

O perfil do consumo total semanal da instalação se dá conforme mostrado na Figura 9, onde foi utilizado como referência a semana em que a instalação apresentou seus maiores consumos registados.

A unidade fabril opera desde às 8 horas da manhã da segunda-feira até as 16 horas do sábado, fato que fica evidenciado com o perfil do consumo apresentado na Figura 9. No período tomado também é possível identificar o pico da potência tomada, que foi de 1.100 kW.

Com base no gráfico apresentado também é possível perceber a característica geral do consumo semanal. Iniciando-se pela segunda-feira, em que até por volta das 8 horas da manhã o consumo se manteve baixo, até quando a fábrica inicia suas operações neste horário. Percebe-se também que durante os dias da semana, a tendência é sempre de ter-se um maior consumo durante o dia, sendo reduzido durante a noite. A fábrica deixa de operar aos sábados às 16 horas, o que é visível no gráfico, marcado pela queda brusca no consumo em torno deste horário. Durante o domingo, nota-se ocorreu um pico de consumo por volta das 12 horas, por ainda não se possuir recursos para analisar o deslastre deste consumo, a princípio fica por não se identificar as reais causas desta anomalia.

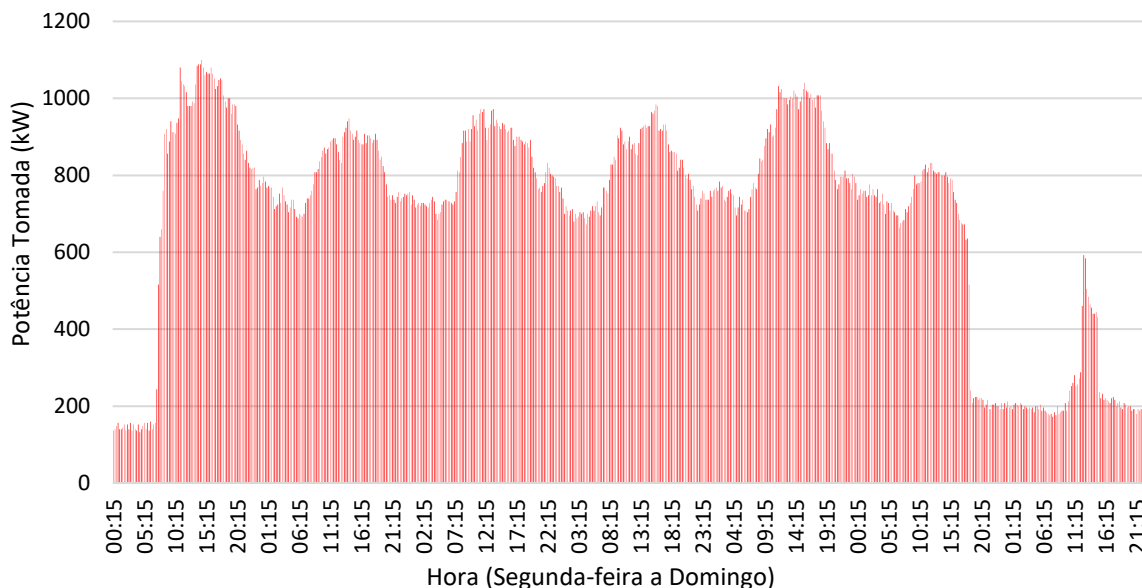


Figura 9 – Perfil semanal do consumo geral da AP

Na Figura 10 são apresentadas as evoluções dos consumos de energia elétrica nos quatro períodos tarifários (horas cheias, de ponta, de vazio e de super vazio) e do custo médio do kWh.

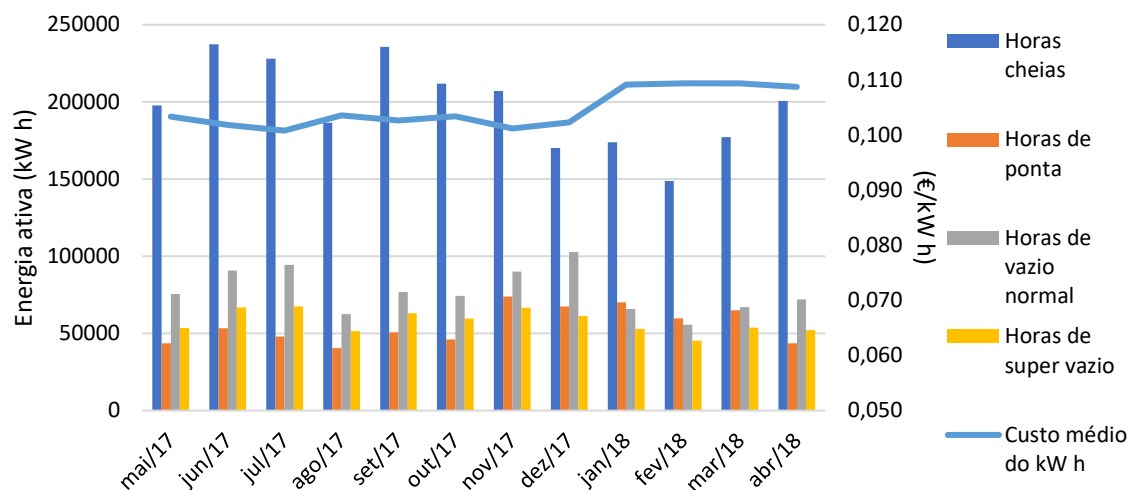


Figura 10 – Evolução mensal do consumo e do custo unitário do kWh AP

Embora o consumo em horas cheias tenha iniciado uma redução a partir de Outubro de 2017, mês em que há troca nos períodos de faturação, o consumo em horas de ponta aumentou.

O consumo em horas de ponta apresentou menores valores nos primeiros períodos analisados, períodos II (Abril, Maio e Junho) e III (Julho, Agosto e Setembro) de faturamento. Quando iniciou o período IV (Outubro, Novembro e Dezembro) começou a apresentar maiores valores, se prolongando a apresentar altos valores durante o período I (Janeiro, Fevereiro e Março) de 2018. Já em Abril, quando a classificação da faturação voltou a pertencer ao período II, também voltou a apresentar um baixo valor de consumo em horas de ponta. Este fato pode não indicar um aumento do consumo nos horários reais, mas sim na referência em que estes períodos diários são tomados.

Com base nas faturas a média de horas de ponta mensais para os períodos IV e I é de 97 horas e para os períodos II e III é de 63 horas, apresentando uma variação de cerca de 50 % da quantidade de horas consideradas.

Segundo o Regulamento de Relações Comerciais do Setor Elétrico, divulgado pela ERSE [11], salvo acordo escrito celebrado pelas partes, a potência contratada por ponto de entrega em MT, AT ou MAT não pode ter um valor, em kW, inferior a 50% da potência instalada, em kVA, medida pela soma das potências nominais dos transformadores relativos ao ponto de entrega. A AP possui uma potência total instalada de 3.130 kVA e embora a potência contratada seja de 1.455 kW, menor que 50 % da instalada, este valor não sofreu alteração pois durante todo o período de faturação não houve a necessidade da demanda de uma

potência superior a este valor. A evolução da potência média em horas de ponta está mostrada na Figura 11, onde também está apresentada a evolução, que não sofreu alteração, da potência contratada.

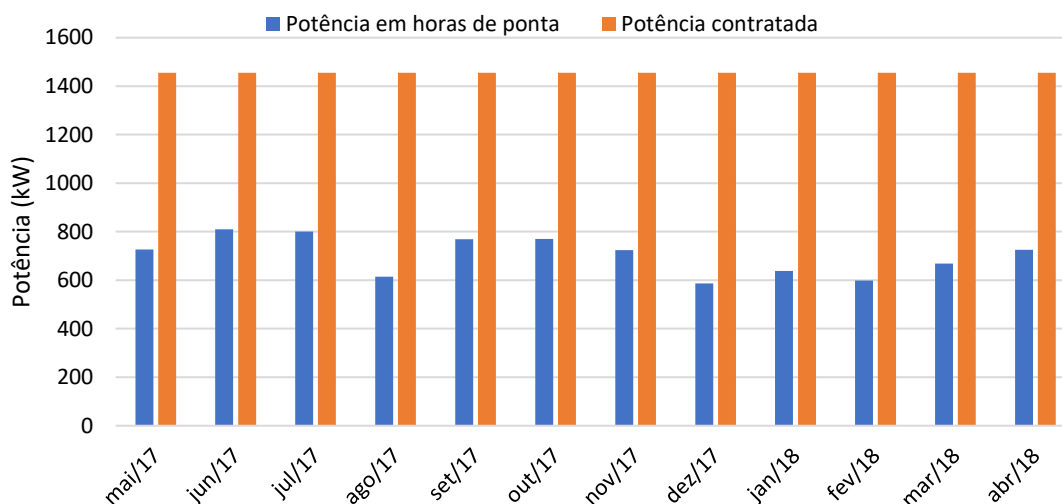


Figura 11 – Evolução mensal das potências em hora de ponta e contratada

Ao confrontar os dados de consumo em horas de ponta com a potência média neste mesmo período horário, vê-se que embora o consumo faturado para essas horas tenha aumentado nos períodos IV e I e tornado a diminuir ao entrar no período II, as potências médias apresentaram um comportamento contrário, pois diminuíram e posteriormente aumentou. Mais uma vez reforça-se a análise de que os períodos horários tomados implicam diretamente nesses valores.

2.2.2. CARACTERIZAÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA VS. PRODUÇÃO – AP

Tendo como objeto de estudo o consumo de energia elétrica, nesta seção é abordada a relação entre o consumo de energia elétrica e a produção da AP. Na Tabela 3 apresentam-se as evoluções da produção, consumos totais e dos consumos desagregados referentes aos doze meses de análise. A AP produz diferentes tipos de medicamentos, sendo eles em formatos sólidos, semi-sólidos, líquidos e em suspensões, podendo ser produzido e embalado dentro da própria AP, ou então produzido por empresas parceiras e embalados na AP. Desta forma o departamento responsável pela produção adotou uma Unidade de Medida Equivalente (UME) para quantificar o volume de produção, de forma a equivaler as diferentes vertentes de produção.

Tabela 3 Produção, consumos totais e desagregados da AP

Período de análise	Produção	Energia Elétrica
	UME	tep
Maio de 2017	35.432	80
Junho de 2017	39.285	96
Julho de 2017	41.293	94
Agosto de 2017	8.644	73
Setembro de 2017	39.042	92
Outubro de 2017	29.084	84
Novembro de 2017	64.713	94
Dezembro de 2017	38.642	86
Janeiro de 2018	45.728	78
Fevereiro de 2018	54.452	67
Março de 2018	56.158	78
Abril de 2018	41.431	79
Total	493.904	1.001
Média/dia	1.790	4
Média/mês	41.159	83
Desvio médio	9.471	8
Valor máximo	64.713	96
Valor mínimo	8.644	67

No gráfico da Figura 12 são apresentadas as evoluções mensais da utilização de energia e da produção durante o período de análise.

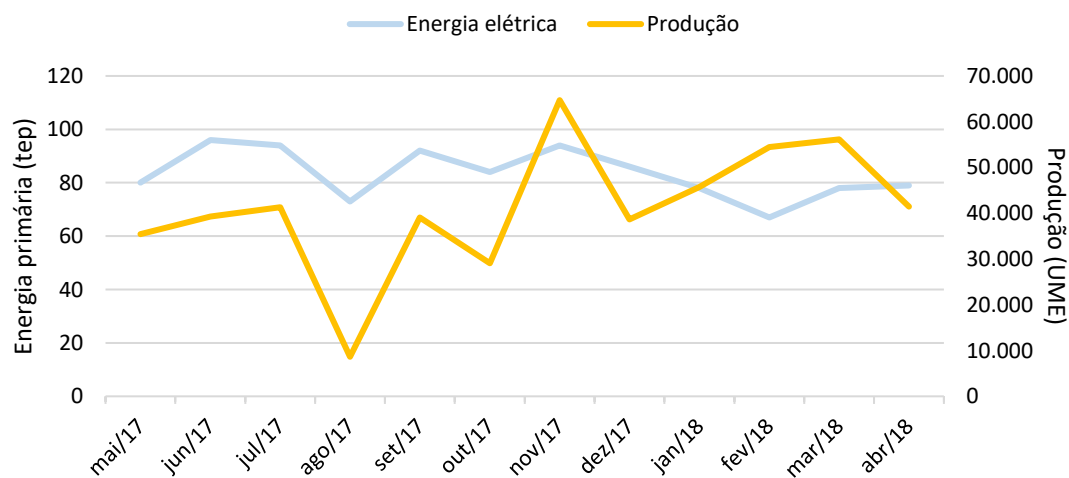


Figura 12 – Evolução do consumo de energia e da produção AP

Com base nos dados apresentados é possível identificar um baixo desvio de consumo médio, cerca de 10 %, o que caracteriza um consumo consideravelmente estável durante o ano.

No ano de 2017 a relação produção versus consumo de eletricidade manteve-se conforme o que se espera, uma vez que quando houve uma menor produção o consumo foi reduzido, evidenciado pelas inclinações das retas entre meses. Quando houve redução da produção houve redução do consumo, e quando houve aumento da produção houve aumento do consumo.

Na passagem do ano de 2017 para 2018 e nos demais meses de 2018 a relação entre a produção e o consumo começou a apresentar valores discutíveis, como vê-se nas retas entre os meses de Dezembro e Fevereiro, pois enquanto a produção subia o consumo abaixava. Este fato pode ter ocorrido devido ao nosso maior consumo vir do sistema de produção de frio e consequentes sistemas AVAC, em que, por estes meses serem meses onde as temperaturas se mantiveram em níveis baixos, a produção de frio não demandou um elevado consumo.

A relação entre o consumo de energia e a produção de uma instalação, pode ser aproximada, com uma maior ou menor fiabilidade, por uma função linear do tipo

$$E = c \cdot P + E_0 \quad 4$$

em que E representa a energia total consumida, P a produção e E_0 a parcela de energia consumida independentemente da produção. O declive da reta (c) é o parâmetro fundamental da equação, uma vez que representa o coeficiente de afetação da energia à produção. Assim uma redução no valor de c corresponde a uma redução da quantidade de energia necessária para produzir uma determinada quantidade de produto final.

Na Figura 13 apresentam-se os pontos de consumo de energia versus produção e a reta obtida através do Método dos Mínimos Quadrados, baseada precisamente nos doze pontos correspondentes aos doze meses analisados.

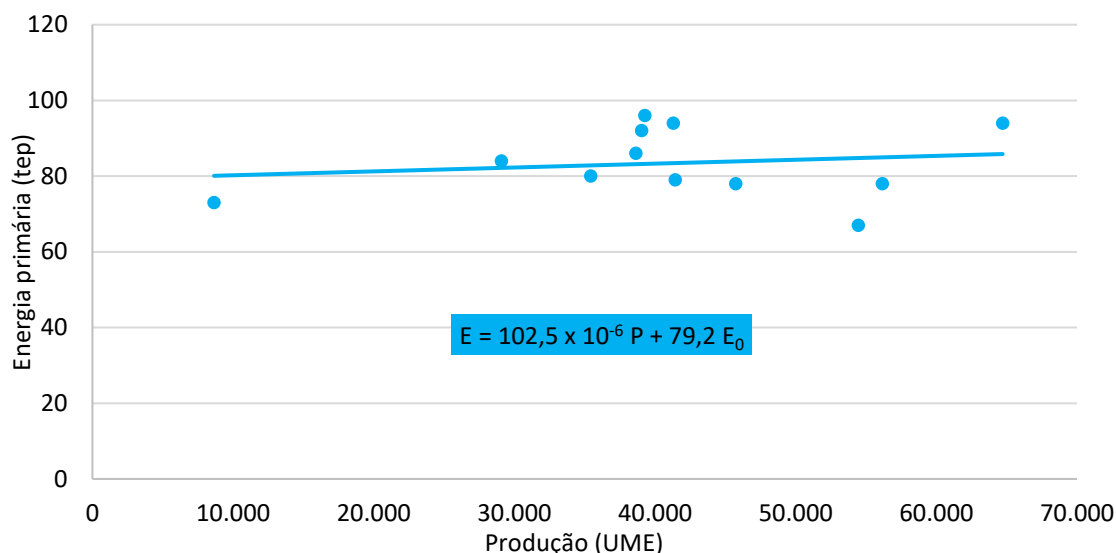


Figura 13 - Consumo de energia elétrica vs. Produção AP

Ao analisar a equação de energia em relação à produção é possível concluir-se que a parcela de energia consumida independentemente da produção apresenta um valor elevado (79,2 tep), representando cerca de 95 % do consumo médio mensal (83,0 tep). Pode-se assim considerar que o consumo é praticamente independente do volume de produção, onde a maior demanda de energia não está diretamente relacionada às máquinas produtivas e sim aos serviços auxiliares que são necessários à produção, como por exemplo:

- Sistema AVAC:
 - Produção e distribuição de água gelada – energia elétrica;
 - Produção e distribuição de água quente – energia elétrica e gás natural;
 - Produção de vapor – energia elétrica e gás natural; e
 - UTAs – energia elétrica;
- Produção de ar comprimido – energia elétrica;
- Iluminação – energia elétrica;
- Produção e distribuição de água purificada – energia elétrica; e
- Redes de despoejamento e aspiração central – energia elétrica.

Foi utilizada a Equação 2 para análise do consumo específico de energia elétrica, sendo calculado o CE para cada mês analisado e o seu valor anual. Os resultados obtidos estão inseridos na Tabela 4, onde na Figura 14 é apresentada a sua curva sobreposta à curva de evolução da produção.

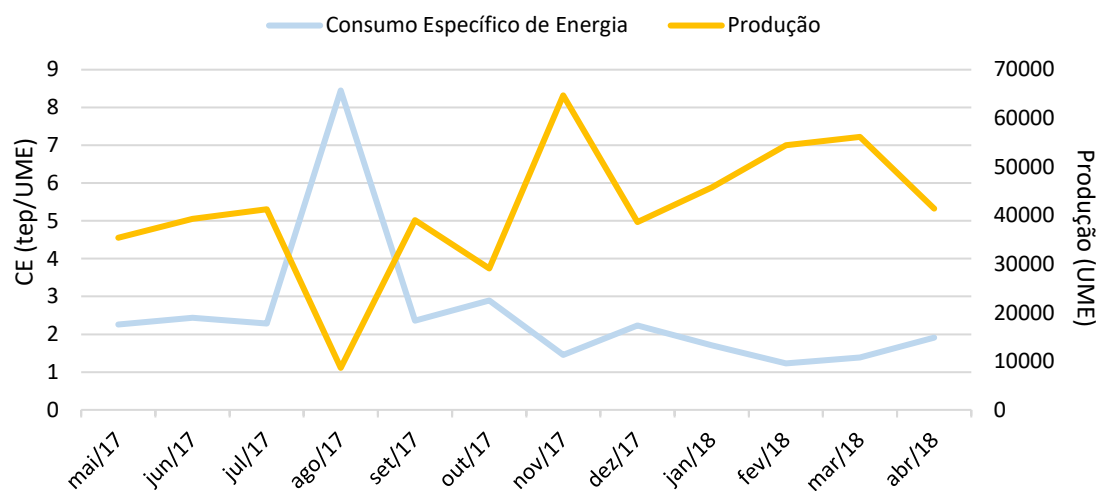


Figura 14 – Evolução do consumo específico de energia e da produção AP

O consumo específico de energia (CE) contabilizado no período de referência determinado é de 2,03 tep/UME.

Tabela 4 Evolução mensal do consumo específico de energia AP

Período de análise	Consumo Específico de Energia
	kgep/UME
Maio de 2017	2,26
Junho de 2017	2,44
Julho de 2017	2,28
Agosto de 2017	8,45
Setembro de 2017	2,36
Outubro de 2017	2,89
Novembro de 2017	1,45
Dezembro de 2017	2,23
Janeiro de 2018	1,71
Fevereiro de 2018	1,23
Março de 2018	1,39
Abril de 2018	1,91
Anual	2,03

Na maior parte do ano estudado, o consumo específico oscilou entre 1,00 e 3,00 tep/UME, havendo uma contraposição somente no mês de Agosto, mês em que ocorre a paragem para manutenções preventivas, onde o setor produtivo fica inativo na maior parte do mês. Vale ressaltar que neste período não apenas as máquinas produtivas ficam desligadas, como também os consumidores auxiliares à produção.

É visto que consumo praticamente independe diretamente do volume de produção, ou seja, quando há um aumento ou diminuição da produção a demanda de energia tende a não sofrer grandes alterações. Embora o volume de produção não seja o fator mais relevante para a alteração no consumo total energético, o que permite considerar a maior parcela do consumo como um valor constante, desta menor parcela representada pelo consumo correspondente ao volume de produção, podemos afirmar que a curva do CE se caracterizou conforme se espera, pois quando há um aumento da produção há uma diminuição do consumo específico, e quando há uma diminuição da produção há um aumento do consumo específico.

2.2.3. CARACTERIZAÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA POR CONSUMIDOR FINAL – AP

A instalação da AP é constituída por dois principais edifícios, um deles é o edifício administrativo e o outro é o edifício industrial. Na Figura 15 é mostrada a planta geral da instalação, onde estão identificados os dois principais edifícios e os demais prédios da instalação.

Conforme é mostrado na Figura 16 e na Figura 17, o edifício industrial, por sua vez, pode-se dividir em três grandes zonas e demais zonas de serviços auxiliares ao fabrico:

1. Fábrica I (amarelo): esta é a unidade fabril mais antiga da instalação, onde hoje são produzidos medicamentos líquidos e onde se situa o laboratório de controlo de qualidade, gabinetes e refeitório;
2. Fábrica II (verde): esta já é a unidade fabril mais nova que destina-se a produção de medicamentos sólidos;
3. Armazém (rosa): nesta zona é onde se situa o armazém, o qual do ponto de vista energético não apresenta grande representatividade;

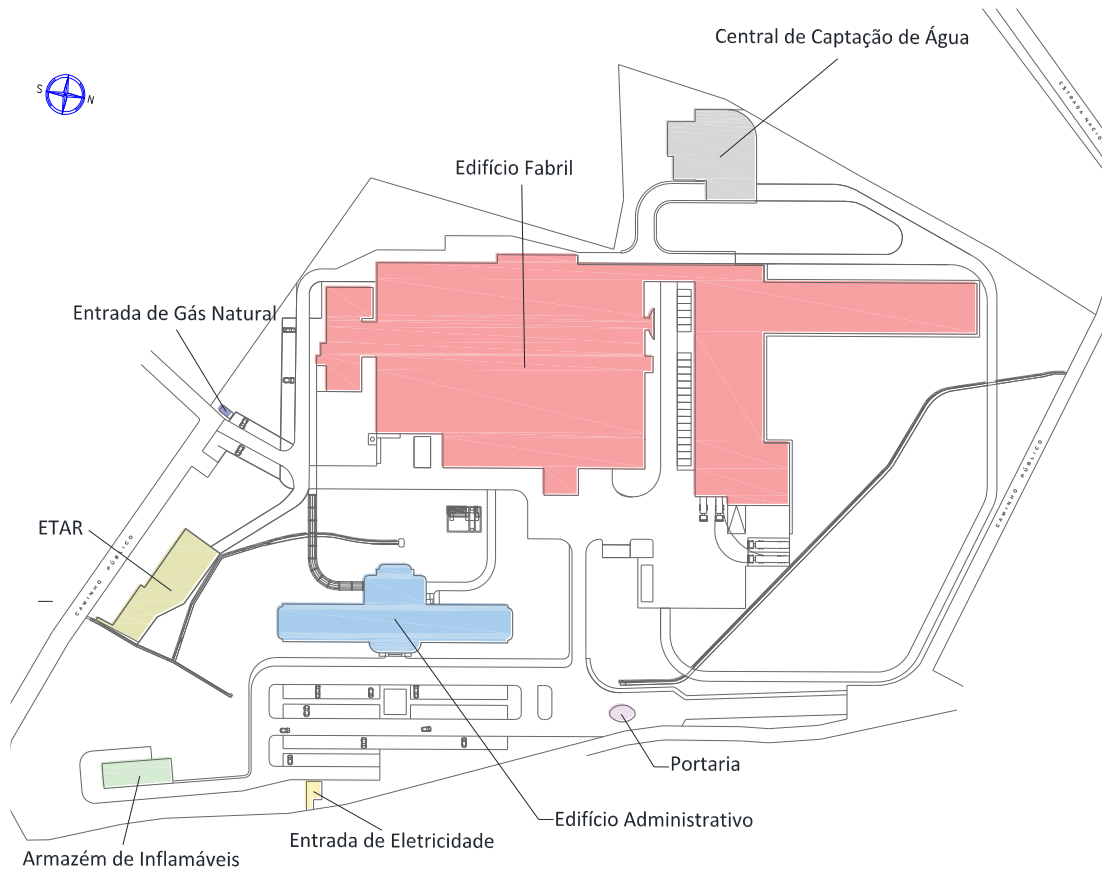


Figura 15 – Planta geral das instalações da AP

4. Zonas de serviços auxiliares (vermelho):

4a. Produção de vapor: nesta zona é onde é produzido o vapor de água, tendo como principal fonte energética o gás natural;

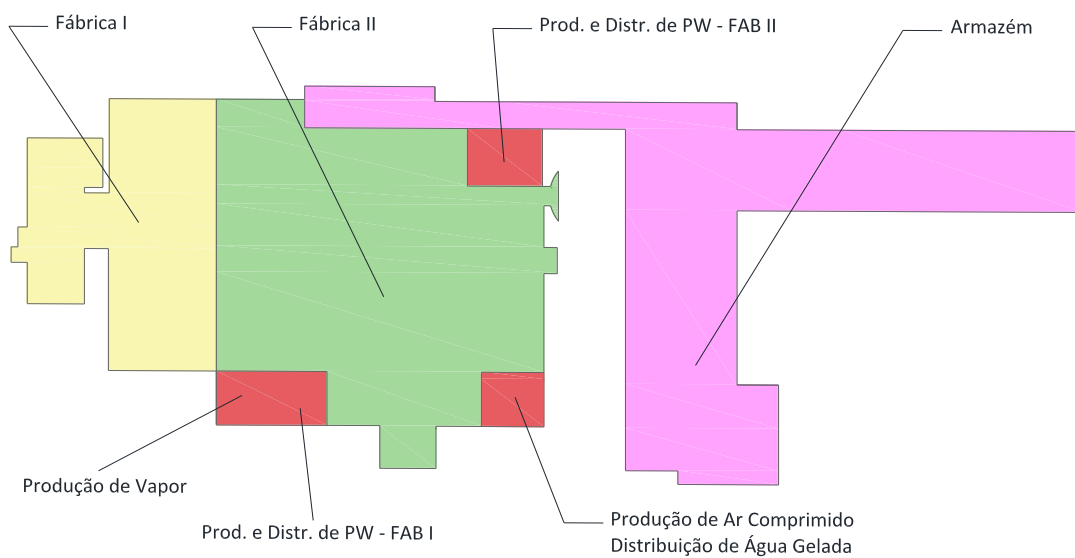


Figura 16 – Divisão por zonas do edifício fabril da AP – Piso 0

- 4b. Produção e distribuição de água purificada (*Purified Water – PW*): existem duas unidades de produção de água purificada, uma para cada fábrica;
- 4c. Produção de ar comprimido: nesta zona é onde se encontram as três máquinas compressoras de ar que produzem ar comprimido para todo o prédio. Também nesta zona é onde estão instalados os grupos de bombas para distribuição de água gelada;
- 4d. Produção e distribuição de água gelada: é onde se encontram os três chillers (piso 1) e seus respectivos grupos de bombagem (piso 0) que produzem e distribuem toda a água gelada utilizada nas unidades de tratamento de ar e algumas máquinas produtivas;
- 4e. Produção e distribuição de água quente (piso 1): nesta zona é onde é produzida e distribuída a água quente industrial. Também nesta zona é onde se encontram os grupos de máquinas responsáveis pelos sistemas de despoeiramento e aspiração central.

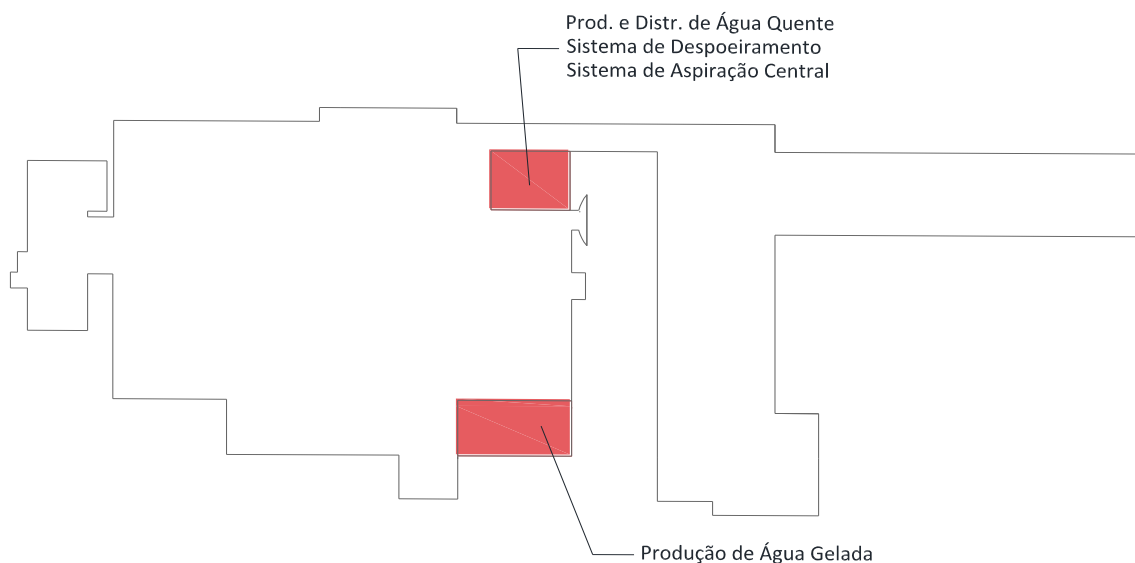


Figura 17 – Divisão por zonas do edifício fabril da AP – Piso 1

Para controlo do consumo de energia elétrica, hoje a AP tem em seu plano de rotinas o preenchimento de um dossier de contagens de alguns contadores de energia instalados. Registos estes que serviram de sustento para a formulação da caracterização do consumo aqui apresentada.

No edifício administrativo é contabilizado o consumo total, saída do transformador, e a parcela deste que alimenta o sistema de aquecimento, ventilação e ar condicionado (AVAC).

No edifício industrial, para além dos contadores instalados nas saídas dos transformadores, também são monitorizados:

- consumos das grandes cargas: três chillers, sistema de bombagem de água gelada e os três compressores; e
- consumos por setor: Fábrica I e Armazém, sendo obtido o consumo da Fábrica II pela diferença entre o consumo dos dois transformadores fabris e o restante das cargas contabilizadas.

Do histórico das contagens realizadas foram analisados os consumos entre Maio de 2017 e Abril de 2018, dos quais permite-se deslastrar o consumo de eletricidade entre os grandes consumidores da unidade. Na Tabela 5 está detalhada a percentagem equivalente para cada consumidor e a energia consumida durante o período analisado.

Tabela 5 Deslastre do consumo de energia elétrica por carga/setor AP

Consumidor	Porcentagem do Consumo Total	Energia Consumida (MWh)	Energia Consumida (tep)
Edifício Administrativo	8,0 %	372,56	80,1
Cargas Gerais	5,6 %	260,93	56,1
AVAC	2,4 %	111,63	24,0
Edifício Fabril	92,0 %	4.283,26	920,9
Fábrica I	17,2 %	800,93	172,2
Fábrica II	31,6 %	1.471,16	316,3
Armazém	1,0 %	46,51	10,0
Produção e Distribuição de Água Gelada	30,2 %	1.406,05	302,3
Produção de Ar Comprimido	12,0 %	558,61	120,1
TOTAL	100 %	4.655,82	1.001

Distribuindo-se o consumo por edifício, o edifício administrativo é responsável pelo consumo de apenas 8 % do total da instalação, e neste edifício 30 % é consumido apenas

com o sistema AVAC e os 70 % restantes é devido às outras cargas gerais, como iluminação e equipamentos de escritório, esta distribuição está detalhada na Figura 18.

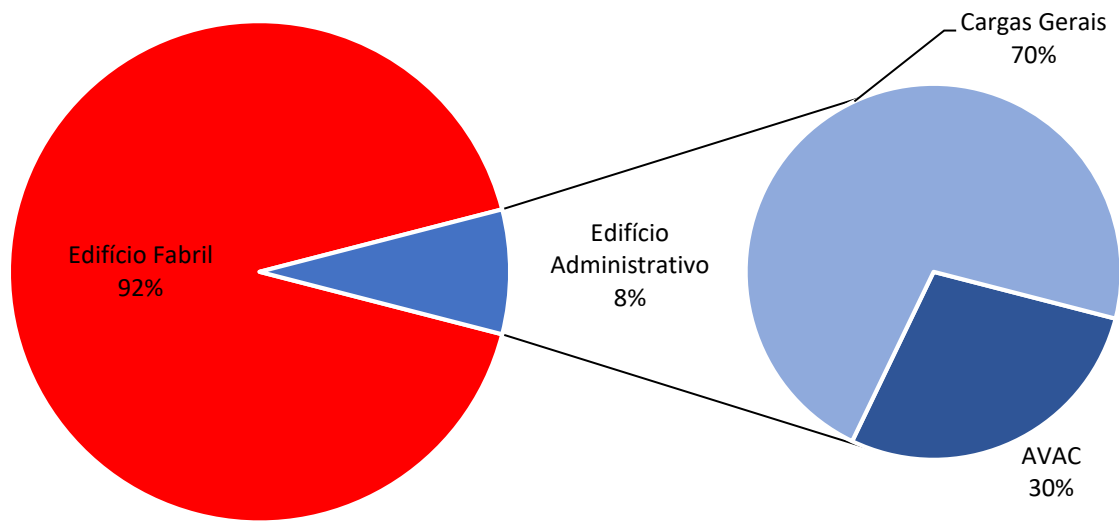


Figura 18 – Distribuição do consumo geral com distribuição do consumo do edifício administrativo AP

A distribuição do consumo do edifício industrial está mostrada na Figura 19. O setor que mais gasta energia elétrica é a Fábrica II, representando 34 % do consumo do prédio fabril (31,6 % do consumo total). O consumo da Fábrica II, assim como o consumo da Fábrica I estão diretamente relacionados com seus respectivos sistemas de iluminação, cargas gerais, máquinas produtivas, sistemas de ventilação e demais cargas.

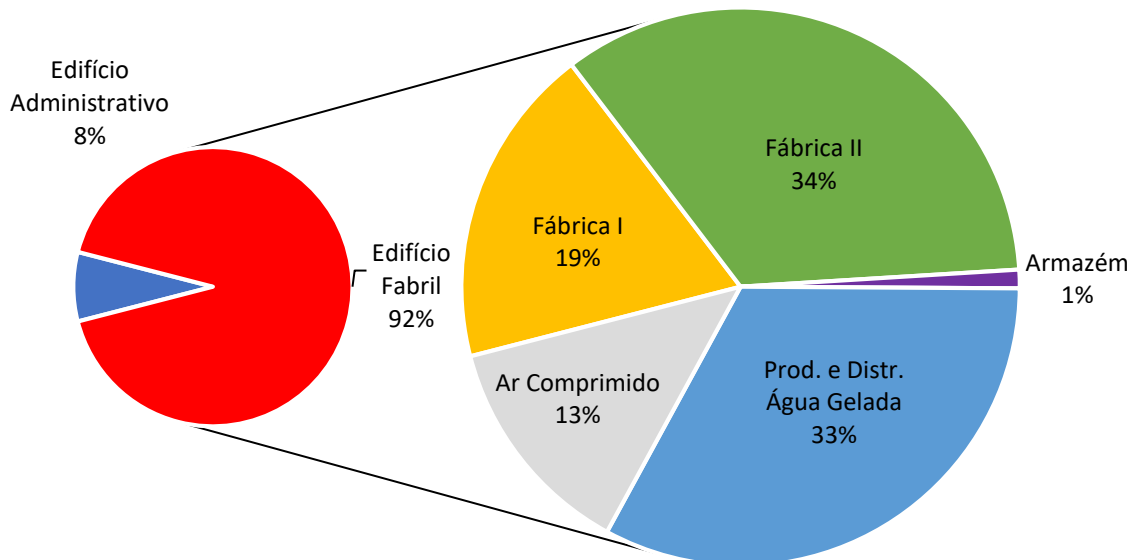


Figura 19 – Distribuição do consumo geral com distribuição do consumo do edifício industrial AP

O consumo no armazém é baixo visto que este setor não possui sistema de tratamento de ar nem inúmeras máquinas, sendo o seu consumo apenas relacionado com iluminação, poucos equipamentos de escritório e o armazém robotizado, sendo possivelmente este último o maior consumidor.

O gasto de eletricidade relacionado à produção de ar comprimido é elevado, representando 13 % do consumo do prédio industrial (12 % do consumo total). O consumo relacionado com a produção e distribuição de água gelada é ainda maior, representado 33 % do consumo da fábrica e 30,2 % do consumo total. Os altos consumos com estas duas utilidades, fazem destas, interessantes pontos de análise via a buscar soluções para melhorar o desempenho energético e conseqüente recompensa económica.

2.3. SUMÁRIO DO CAPÍTULO

Neste capítulo foi primeiramente apresentado um panorama geral do setor energético de Portugal, onde também foram apresentados dois programas portugueses de incentivo à promoção da eficiência energética. Na segunda parte deste capítulo, inicialmente, foi apresentado um estudo do consumo de energia na AP, sendo identificadas as principais fontes energéticas utilizadas, de onde se pôde concluir que a principal fonte energética utilizada pela empresa é a energia elétrica. Após é realizado um estudo focado no consumo de energia elétrica. A princípio foi investigada a relação do consumo de eletricidade com a sua faturação e na sequência a sua relação com a produção, no âmbito do SGCIE, de onde pode-se inferir que a maior parcela do consumo energético é independente do volume de produção e sim do estado de funcionamento da instalação.

Este capítulo finaliza com o levantamento da planta energética da AP, de forma a identificar e quantificar os principais consumidores finais. Da análise realizada identificaram-se dois sistemas que se apresentaram como grandes consumidores: de produção de ar comprimido; e de produção e distribuição de água gelada.

3. MEDIDAS EM GESTÃO DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA POR SETOR DE ATUAÇÃO NA AP

A partir da caracterização dos consumos energéticos da AP, descrita no capítulo anterior deste projeto, neste capítulo são então apresentados os sistemas que mostraram maior relevância no consumo de energia elétrica e identificadas oportunidades de melhorias no que diz respeito à gestão energética destes sistemas. Entretanto também é apresentada outra medida de eficiência identificada como relevante ao processo de gestão energética, a instalação de uma plataforma digital para auxílio à gestão energética e dos consumos da instalação. Este capítulo finaliza-se com a elaboração de um plano de ações com as medidas identificadas.

3.1. SISTEMA DE PRODUÇÃO DE AR COMPRIMIDO

A AP dispõe de uma central de produção de ar comprimido, na qual existem dois sistemas distintos de produção:

- Um principal que é utilizado para a produção de ar comprimido que alimenta toda a unidade industrial em dias normais de operação; e
- Um secundário com apenas um pequeno compressor que fica ligado apenas em finais de semana e feriados, via a suprir as poucas cargas que necessitam desta energia o todo o tempo.

O sistema principal é composto por dois compressores e um secador, possuindo um esquema de funcionamento conforme exposto na Figura 20, onde o processo se inicia na produção do ar comprimido a partir de máquinas compressoras, na saída destas máquinas há o elemento secador e por fim, o ar comprimido seco alimenta as utilidades das fábricas.

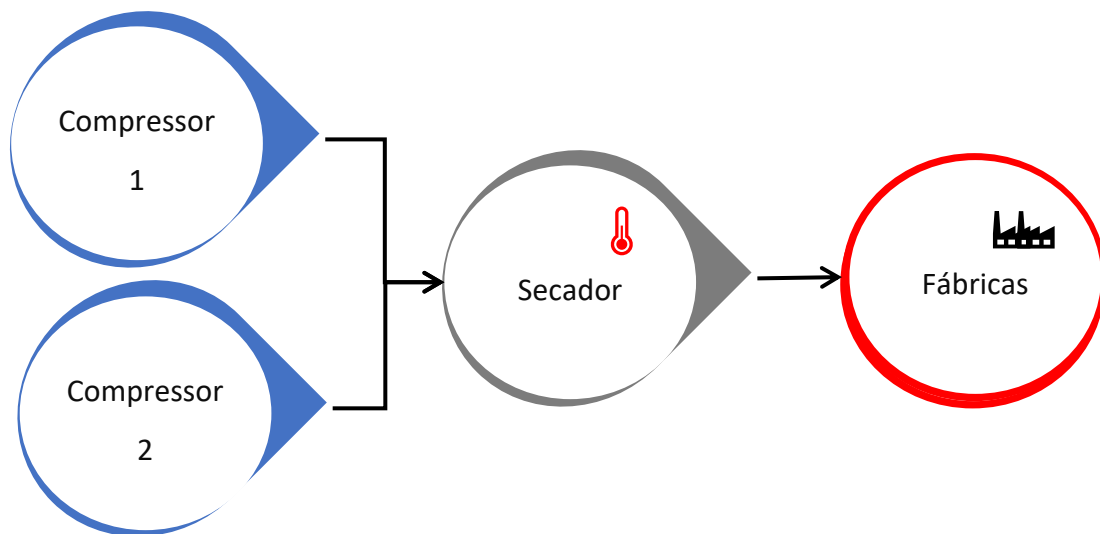


Figura 20 – Esquema simplificado do sistema principal de produção de ar comprimido AP

Os dois compressores são instalados em paralelo, onde em regime normal de funcionamento da unidade industrial apenas um deles está em funcionamento, o segundo compressor apenas é acionado em caso de picos de consumo. Também é tomado este esquema de forma a manter um sistema com redundância para suprir necessidades em casos de anomalias nas máquinas com consequentes períodos de manutenção.

Este sistema principal funciona a uma pressão de 7,5 a 8 bar, que é uma elevada pressão, porém este nível de pressão é utilizado devido às necessidades das máquinas produtivas. Conforme relatado pelos técnicos da instalação, no passado já foi feito o teste para abaixar o nível de pressão via buscar menores gastos energéticos, porém as máquinas produtivas começaram a apresentar irregularidades.

Este sistema principal fica em funcionamento o todo o tempo em que há produção, cerca de 50 horas semanais, onde no restante do tempo é o sistema secundário que é acionado.

As duas máquinas compressoras utilizadas pelo principal sistema são da Atlas Copco, modelo ZT90, volumétricas do tipo parafuso com controlo do tipo carga/vazio, operando em 3 estados diferentes:

1. Parado: o motor do compressor está parado sem consumo de energia;
2. Em vazio: o motor do compressor está em operação, com a admissão de ar fechada. A unidade não está a produzir ar, desperdiçando energia. Neste estado a potência requerida pelo compressor é de 25 kW;
3. Em carga: a admissão do compressor está aberta, a unidade está a produzir ar à máxima capacidade utilizando produtivamente a energia consumida. Neste estado a potência requerida pelo compressor é de 110 kW.

Na Figura 21 é apresentado o diagrama de carga elétrico resultante da medição efetuada à central de produção de ar comprimido durante 24 horas num dia normal de fabrico. O tempo de integração para a determinação da potência tomada média foi de 5 minutos.

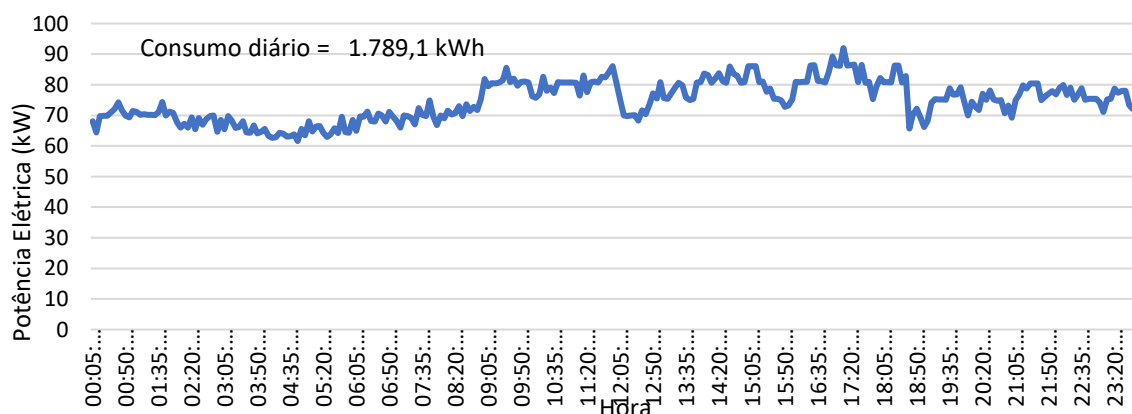


Figura 21 – Diagrama de carga elétrico do principal sistema de produção de ar comprimido AP

Com base no diagrama de carga elétrico apresentado na Figura 21 vê-se que o consumo médio tomado pela produção de ar comprimido sofre flutuações em torno dos 75 kW, apresentando máximo consumo durante o período da tarde e mínimo consumo durante a madrugada.

O consumo médio apresentado foi de 74 kW, cerca de 63,6 % da capacidade nominal do compressor (110 kW), e a relação entre o período de carga e o período total de funcionamento foi de 60 %. Com base nos resultados apresentados vê-se que convém a substituição desse compressor por um de menor capacidade ou com tecnologia de controlo mais moderna, como por exemplo por um com sistema de velocidade variável ao invés do simples controlo carga/vazio.

Para além da análise da potência consumida, foi analisado o caudal consumido durante uma semana de utilização, esta análise foi realizada juntamente com a empresa fabricante deste equipamento. A curva característica do caudal produzido/consumido está mostrada na Figura 22.

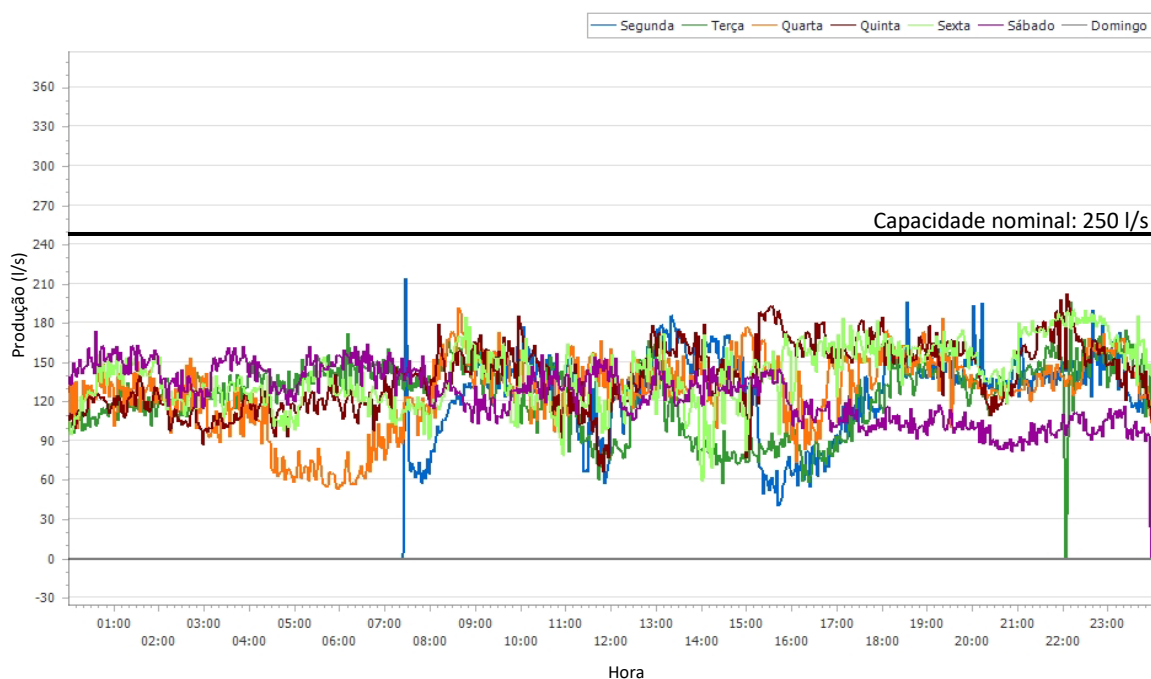


Figura 22 – Diagrama de consumo/produção diário de caudal do ar comprimido AP

Da análise realizada, é sugerida a reformulação da central de produção de ar comprimido, de forma a substituir um dos atuais compressores para um novo compressor com acionamento por variação de velocidade. O outro compressor seria a princípio mantido na

instalação de forma a manter um sistema com redundância, para eventuais picos de carga e avarias.

O modelo sugerido é o ZT 90 VSD-8.6, o qual nas atuais condições de carga apresentaria uma poupança de 28 % do consumo energético. O consumo de energia elétrica demandado pelo atual sistema durante o período de referência deste projeto foi de 558.605 kWh, com o novo sistema esse consumo reduziria para 402.196 kWh, representando uma economia anual de € 16.266,60 (considerando o custo de 0,104 €/kWh) e 36,6 tep.

No ano de 2013 foi realizada uma revisão global de cada compressor, quando na época eles estavam com 32.000 horas de funcionamento. Esta revisão global teve um custo de € 17.500,00. Atualmente os compressores estão com 46.800 e 54.500 horas, compressores 1 e 2 respectivamente.

Com a suposição da troca de um dos compressores, o que pode ser feito é manter o compressor 2 como base de produção, deixando o compressor 1 apenas a funcionar para suprir picos. Sendo assim, ao invés de tomar a decisão de fazer a revisão geral seria feita a troca do compressor 2 pelo compressor de ZT 90 VSD-8.6.

O custo para aquisição do ZT 90 VSD-8.6 é de € 87.000,00, se abatido deste valor o valor da revisão geral (valor de 2013), o investimento remanescente seria de 69.500,00. Considerando a economia anual de € 16.266,60, o período de retorno do investimento seria de 4 anos e 4 meses.

3.2. SISTEMA DE PRODUÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA GELADA

Conforme apresentado no Capítulo 2 deste projeto, o consumo referente ao sistema de produção e distribuição de água gelada é muito elevado, representando cerca 30 % do consumo total com energia elétrica da instalação. Com base nesta análise, vê-se que este sistema carece de uma análise mais detalhada. A atual disposição deste sistema de dá conforme esquema mostrado na Figura 23.

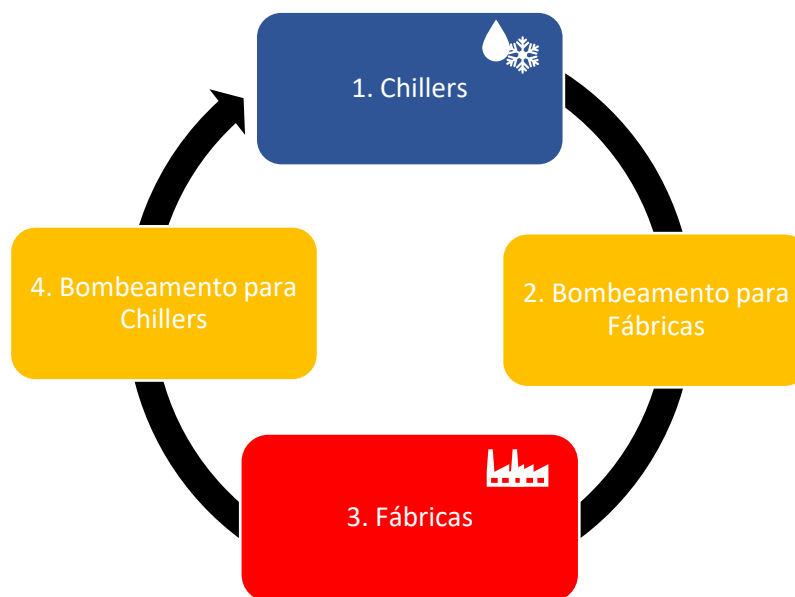


Figura 23 - Esquema simplificado do sistema de produção e distribuição de água gelada

O esquema simplificado apresentado na Figura 23 está dividido em quatro blocos:

Bloco 1. Representa o sistema produção de água gelada, o qual é composto por três chillers, que são máquinas frigoríficas utilizadas para arrefecimento da água. Os chillers utilizados trabalham num regime de 6 °C/12 °C, e são os três do mesmo modelo:

- a. Marca/Modelo: Carrier/30GX1620046EE
- b. Ano: 2000
- c. Potência de frio: 536 kW
- d. Potência elétrica: 196 kW

Bloco 2. Representa o sistema de bombeamento da água gelada que vai servir de utilidade para as fábricas. Este sistema possui três grupos de moto-bombas:

- a. BCPF1 (Bombeamento Chiller Para Fábrica - 1) com duas moto-bombas em paralelo, uma delas é reserva, com potência de 22 kW cada, e com a alimentação com variador de velocidade;

- b. BCPF2 (Bombeamento Chiller Para Fábrica - 2) com duas moto-bombas em paralelo, uma delas é reserva, com potência de 2,2 kW cada, e com a alimentação com variador de velocidade;
- c. BCPF3 (Bombeamento Chiller Para Fábrica - 3) com duas moto-bombas em paralelo, uma delas é reserva, com potência de 11 kW cada, e com a alimentação com variador de velocidade.

Bloco 3. Representa os consumidores finais de água gelada, que são as duas fábricas. Sendo que a Fábrica I recebe água dos grupos de bombagem BCPF1 e BCPF2 e a Fábrica II do BCPF3.

Bloco 4. Representa o sistema de bombeamento responsável pelo transporte da água que retorna das fábricas para os chillers. Este sistema possui três moto-bombas iguais (BFPC – Bombeamento Fábrica Para Chiller), com potência de 3 kW.

Conforme apresentado na Tabela 5, o consumo energético anual gasto pelo sistema de produção e distribuição de água gelada foi de 1.406.046,51 kWh no período analisado. Como na atual instalação possuem contadores de eletricidade para cada chiller e para o sistema de distribuição total (para fábrica e para chillers) é possível conhecer a distribuição do consumo com este sistema. Para além destes contadores é possível também deslastrar o consumo do sistema de distribuição da água gelada, pois, os grupos de bombagem alimentados com variador de velocidade permitem aceder a informação de consumo a partir do próprio variador. Sendo assim, se considerado o consumo geral dos sistemas de bombagem diminuído dos consumos das moto-bombas alimentadas por variador é possível identificar o consumo remanescente, o qual é gasto pelo sistema de bombagem que alimenta os chillers (bloco 3 da Figura 23).

Com base nos dados coletados, na Tabela 6 está exposta a distribuição do consumo e do gasto associado a cada bloco do sistema de produção e distribuição de água gelada.

Apresentada a caracterização energética do sistema de produção e sistema de distribuição de água gelada, é então efetuada uma investigação a fim de buscar soluções que visam um melhor aproveitamento energético destes sistemas.

Tabela 6 Deslastre do consumo de energia elétrica do sistema de produção e distribuição de água gelada

Equipamento	Porcentagem do Consumo Total do Sistema	Energia Consumida (kWh)	Gasto associado
Produção	85,4 %	1.200.763,72	124.879,43
Chiller 1	33,7 %	473.837,67	49.279,12
Chiller 2	22,9 %	321.984,65	33.486,40
Chiller 3	28,8 %	404.941,39	42.113,91
Distribuição	14,6 %	205.282,79	21.349,41
BCPF1	4,8 %	67.490,23	7.018,98
BCPF2	0,6 %	8.436,28	877,37
BCPF3	4,7 %	66.084,19	6.872,76
3 BFPCx	4,5 %	63.272,09	6.580,30

3.2.1. SISTEMA DE PRODUÇÃO DE ÁGUA GELADA

Os três chillers utilizados atualmente na produção de água gelada já são antigos, apresentando 18 anos de utilização. No ano de 2016 foi realizada uma auditoria energética da qual constatou-se que estes chillers já apresentam uma queda de rendimento de cerca de 20 %, para além de utilizarem uma tecnologia já antiga.

Cada chiller possui 2 blocos de produção de arrefecimento de água, que são acionados separadamente, portanto na instalação possuem 6 módulos. Nos dias quentes de verão observou-se que dos 3 chillers, dois estavam a funcionar em plena carga e outro estava desligado, ou seja dos 6 módulos estavam a funcionar 4, representando 66,7 % da capacidade total instalada.

Conforme característica dos equipamentos, cada chiller possui capacidade de produção de 536 kW de frio, descontada a queda de rendimento de 20 % passa a ter uma capacidade de produção de cerca de 430 kW de frio cada. Como a instalação possui 3 chillers, a AP possui então uma potência de 1.290 kW de frio instalada.

Como em dias quentes, onde a temperatura passou dos 35° C, a instalação estava a utilizar 66,7 % da sua capacidade de produção de frio instalada, é possível concluir que a atual unidade carece de 860 kW de frio. Uma vez que o atual sistema apresenta um rendimento de

2,75, é feita uma busca ao mercado para soluções mais eficientes para produção de água gelada, chegando à um novo conceito de chillers, que possuem compressores com tecnologia de levitação eletromagnética.

Chillers com tecnologia de levitação eletromagnética substituem os rolamentos antigos, com atrito ao metal com metal, por rolamentos magnéticos. Esta solução elimina a componente de atrito, o que também se traduz numa inércia menor e conseqüente menor corrente de arranque. Outro benefício está na manutenção, como os rolamentos são magnéticos não há a necessidade de lubrificação destes, além de prevenir possíveis desgastes. Para as condições de utilizações da AP, com regime de temperatura de 6 a 12° C, um chiller com esta tecnologia possui um SEER (*Seasonal Energy Efficiency Ratio*) de 6,14, ou seja, apresentaria um rendimento 2,23 vezes maior que o do atual sistema. Com base no consumo com a produção de água gelada no período estudado, 1.200.763,72 kWh, obtém-se então o consumo anual estimado para o estudo de caso com utilização de um chiller de levitação magnética: 538.459,07 kWh. Considerando o custo médio de eletricidade no período estudado, € 0,104, o gasto com este sistema seria de € 55.999,74, representando uma economia de € 68.879,68.

Com esta medida sendo implementada, haveria uma economia anual de 142 tep, uma redução de 10,5 % do consumo energético total da instalação, o que se considerado que não haja redução do volume de produção nem do VAB, só com esta medida as metas estipuladas pelo SGCIE já seriam cumpridas com folga.

A possível solução é a troca de um dos atuais chillers para este novo, mantendo os outros dois para suprirem as necessidades de picos e de forma a manter um sistema com redundância para eventuais manutenções. A princípio esta solução já apresentaria uma elevada redução nos custos, uma vez que o pico de 860 kW de frio apresentado é um caso anormal, em que quando fosse necessária esta potência, os outros chillers que a instalação possui supririam esta necessidade casual.

O investimento a se considerar para a aquisição de um equipamento de 750 kW de frio com a tecnologia apontada é de 154.420,00 €, o qual apresentaria um período de retorno de investimento de 2 anos e 3 meses.

3.2.2. SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA GELADA

As seis moto-bombas utilizadas no sistema de distribuição de água gelada (BCPF1, BCPF2, BCPF3 e três BFPCx) utilizam motores de indução trifásicos, com características conforme mostrado na Tabela 7. Neste caso são levantadas algumas considerações para efeitos de projeto de alteração do atual sistema: a análise para troca dos atuais motores por motores de alto rendimento e o atual dimensionamento dos motores, analisados via o seu consumo.

Tabela 7 Características técnicas dos motores utilizados no sistema de bombeamento de água gelada

Equipamento	Potência nominal	Corrente nominal	Fator de potência	Número de polos
BCPF1	22 kW	42 A	0,84	4
BCPF2	2,2 kW	5,3 A	0,80 – 0,73	4
BCPF3	11 kW	21 A	0,86	2
BFPCx	3 kW	6,5 A	0,80	4

Em 1896, os motores de indução trifásicos entraram de fato ao mercado, e desta data até o início da década de 1970 a maior preocupação com estas máquinas estava no seu custo de fabricação. Com o avanço em melhorias dos materiais e processos construtivos, o volume e quantidade de material desta máquina foi diminuindo e por consequência o seu custo de fabricação também. Na Figura 24 é mostrada a evolução do motor de indução, onde todos os motores mostrados têm especificações nominais de 220 V e 15 HP [12].



Figura 24 – Evolução do motor de indução de 15 HP [12]

Como o custo da eletricidade na época era tão baixo, inicialmente o esforço principal estava na redução do custo de fabricação e não o aumento de sua eficiência. Porém, quando o custo do petróleo entrou em ascensão, o custo com a aquisição desta máquina deixou de ser o fator mais relevante e sim o custo associado à sua utilização [12].

Atualmente, estão a ser difundidos ao mercado motores de indução com de alta eficiência. As principais técnicas utilizadas para aumentar a eficiência energética destas máquinas são:

- Utilizar mais cobre nos enrolamentos do estator, aumentando a seção dos condutores, de forma a reduzir as perdas no cobre por efeito Joule;
- Aumentar o comprimento dos núcleos do rotor e do estator para reduzir a densidade de fluxo magnético no entreferro da máquina, reduzindo a saturação magnética e consequente diminuição das perdas no núcleo;
- Utilizar mais aço na construção do estator, permitindo uma maior transferência de calor para o exterior da máquina, tendo como consequência a possibilidade de alteração do ventilador de modo a reduzir as perdas na ventilação;
- Utilizar aço no estator com baixas perdas por histerese;
- Utilizar uma laminagem de aço mais fina na construção do núcleo, tendo por consequência uma redução nas correntes parasitas;
- Ter cuidado com desenho das ranhuras do estator e do rotor para diminuição da reatância de fugas.

Estas modificações resultam num aumento de preço de 25 % a 35 % comparativamente aos motores standards. No entanto a melhoria do rendimento, normalmente de 3 a 4 % em relação aos motores standard, em determinadas condições, conduz a uma amortização relativamente rápida do investimento adicional, uma vez que o custo operacional de um motor tende a ser maior que o custo de aquisição.

Para além do benefício de uma maior eficiência, os motores de alto rendimento, por terem menores perdas funcionam normalmente a uma menor temperatura, o que conduz a uma vida

útil mais longa [12]. Há, contudo, aspetos consequências negativas, como a diminuição do torque de arranque e em contrapartida o aumento na corrente de arranque.

Do ponto de vista económico, a atualização deste tipo de motor se torna interessante para casos em que se vá instalar um novo equipamento ou quando avaria um motor antigo da instalação, o qual seria levado para rebobinar e por consequência tenderia a perder a eficiência que já era menor que a do motor de alto rendimento. Neste segundo caso, ainda se leva em conta o investimento que se faria para rebobinar a motor avariado, o qual entra no montante do investimento para aquisição da máquina de alto rendimento.

A substituição de motores standards que se encontram em bom funcionamento raramente é atraente do ponto de vista económico pois neste caso o investimento adicional representa 100 % do custo do motor de alto rendimento.

Segundo apontam estudos da ADENE, para dimensionamento de um motor de forma a otimizar o rendimento, o motor deve ser dimensionado para operar com um fator de carga entre 65 % e 75 %.

Os resultados do levantamento dos consumos das 6 bombas utilizadas no sistema de distribuição de água gelada estão mostrados na a potência real consumida é obtida através da utilização de instrumento de medição e o fator de carga é então obtido pela razão entre a potência real consumida pela potência eléctrica nominal da máquina.

Considerando os fatores de carga obtidos pelo ratio das potências eléctricas nominal e real, e aplicando-se estes fatores para as potências mecânicas das máquinas, estima-se a potência mecânica requerida para cada motor, sendo apresentados estes valores na Tabela 8, onde os valores de potência eléctrica em condições nominais foram calculados a partir da Equação 5,

$$\text{Potência Elétrica (kW)} = \frac{\text{Potência Nominal (kW)}}{\sqrt{3} \cdot 400 \text{ (V)} \cdot \text{Corrente Nominal (A)} \cdot \text{Fator de Potência}} \quad 5$$

a potência real consumida é obtida através da utilização de instrumento de medição e o fator de carga é então obtido pela razão entre a potência real consumida pela potência eléctrica nominal da máquina.

Considerando os fatores de carga obtidos pelo ratio das potências elétricas nominal e real, e aplicando-se estes fatores para as potências mecânicas das máquinas, estima-se a potência mecânica requerida para cada motor, sendo apresentados estes valores na Tabela 8.

Tabela 8 Análise consumo real do sistema de bombeamento de água gelada

Equipamento	Potência Elétrica	Potência Real Consumida	Fator de Carga	Potência nominal	Potência Mecânica Estimada
BCPF1	24,44 kW	10,1 kW	41,3 %	22 kW	9,09 kW
BCPF2	2,94 kW	1,1 kW	37,4 %	2,2 kW	0,83 kW
BCPF3	12,51 kW	10,2 kW	81,5 %	11 kW	8,97 kW
BFPC1	3,60 kW	3,2 kW	88,8 %	3 kW	2,66 kW
BFPC2	3,60 kW	3,2 kW	88,8 %	3 kW	2,66 kW
BFPC3	3,60 kW	3,2 kW	88,8 %	3 kW	2,66 kW

Com base nos resultados apresentados na tabela anterior, é buscada uma solução para cada condição, soluções estas que baseiam-se na troca dos atuais motores por motores de alto rendimento:

- **BCPF1:** como esta máquina apresenta baixo fator de carga, é aconselhável a troca deste motor de 22 kW por um de 15 kW, o qual para a atual condição (9,09 kW) trabalharia com um fator de carga de 60,6 %. Com este novo fator de carga, consegue-se um melhor desempenho e ainda continua a garantir um sistema com folga;
- **BCPF2:** dos motores estudados esta máquina é a que apresenta o menor fator de carga, sendo aconselhável a sua troca por um de menor potência, ao invés dos atuais 2,2 kW passaria a ser utilizado um de 1,1 kW. Com este novo motor, o fator de carga passaria a ser de 75,4 %, ainda deixando o sistema com uma ligeira folga;
- **BCPF3:** como este motor trabalha a um fator de carga de 81,5 %, apenas é aconselhável a troca por um motor de alto rendimento com a mesma potência do atual;
- **BFPCx:** como estes motores se encontram a trabalhar com um elevado fator de carga, é aconselhável não só a troca por motores de alto rendimento, mas como também por

motores de maior potência, trocando os atuais de 3 kW por motores de 4 kW. Com esta troca o atual fator de carga de 88,8 % passaria a ser de 66,5 %.

O resumo das soluções apresentadas está exposta na Tabela 9, onde estão apresentados os rendimentos das novas máquinas consoantes à nova condição de carga e para motores de alto rendimento, conforme dados técnicos do catálogo dos motores W22 da WEG.

Tabela 9 Soluções para sistema de bombeamento de água gelada

Equipamento	Potência Mecânica Estimada	Potência Novo	Fator de Carga Novo	Rendimento consoante à carga	Potência consumida
BCPF1	9,09 kW	15 kW	60,6 %	92,3 %	9,85 kW
BCPF2	0,83 kW	1,1 kW	75,4 %	84,5 %	0,98 kW
BCPF3	8,97 kW	11 kW	81,5 %	91,4 %	9,81 kW
BFPC1	2,66 kW	4 kW	66,5 %	89,0 %	2,99 kW
BFPC2	2,66 kW	4 kW	66,5 %	89,0 %	2,99 kW
BFPC3	2,66 kW	4 kW	66,5 %	89,0 %	2,99 kW

Com base nos consumos apresentados na Tabela 6, na Tabela 10 são apresentadas as estimativas das poupanças energéticas e financeiras provocadas pelas mudanças propostas.

Tabela 10 Poupanças provocadas pelas soluções para o sistema de bombeamento de água gelada

Equipamento	Potência Futuro	Potência Atual	Poupança %	Poupança Energética	Poupança Financeira
BCPF1	9,85 kW	10,1 kW	2,47 %	1.667,00 kWh	€ 173,37
BCPF2	0,98 kW	1,1 kW	10,91 %	920,39 kWh	€ 95,72
BCPF3	9,81 kW	10,2 kW	3,82 %	2.524,42 kWh	€ 262,54
3 BFPCx	8,97 kW	9,6 kW	6,56 %	4150,65 kWh	€ 431,67
TOTAL				9.262,44 kWh	€ 963,30

O investimento estimado e tempo de retorno de investimento para cada solução é de:

- BCPF1: € 1.570,00, com um período de retorno de investimento de 9 anos. Período de retorno muito alto e pouco atrativo, onde a solução encontrada apenas seria convincente em casos de avaria da máquina;

- BCPF2: € 350,00, com um período de retorno de investimento de 3 e 8 meses. Período de retorno de investimento interessante;
- BCPF3: € 1.100,00, com um período de retorno de investimento de 4 anos e 3 meses. Período de retorno de investimento não muito atrativo mas ao mesmo tempo não descartável, mas caso alguma máquina avarie esta solução é totalmente recomendável e viável;
- BFPCx: € 1.485,00, com um período de retorno de investimento de 3 anos e 5 meses. Período de retorno de investimento interessante.

3.3. SISTEMA DE GESTÃO DE ENERGIA

A introdução das inovações e tecnologias digitais na indústria, que têm marcado os últimos anos, é determinante para qualificar e reforçar a competitividade das empresas e torna-se fundamental para elas permanecerem ativas neste mundo complexo, globalizado e competitivo.

A energia por ser um fator produtivo de suma importância também necessita deste apelo tecnológico, de forma a participar deste processo de digitalização, o que entre outros benefícios, permite às empresas gerirem melhor o seus consumos e gastos relacionados à energia, bem como serve de ferramenta para manutenções preventivas.

O controlo destes dados permite: importantes economias de energia; detecção de eventuais anomalias no sistema energético e produtivo; e a caracterização e possível previsão dos consumos. Uma solução para o controlo dos consumos é a instalação de uma plataforma digital que faça a recolha de contagens estratégicas de consumos. Ao se instalar uma plataforma que gere os consumos de uma instalação, os benefícios funcionais são:

- Análise dos consumos energéticos, para além dos consumos específicos, também servindo com ferramenta para se fazer comparações entre diferentes setores, cargas e horários;
- Definição e criação alarmes, de forma a controlar os consumos a partir dos indicadores instalados e configurados;

- Definição e execução de relatórios;
- Controlo de equipamentos e circuitos;
- Gestão de tarifários; e
- Acompanhamento dos consumos instantâneos da instalação.

Em termos genéricos, a solução técnica da plataforma de gestão energética possui arquitetura centralizada que recebe informação diretamente dos equipamentos instalados remotamente. Um esquema representativo da interação entre os vários sistemas está apresentado na Figura 25.

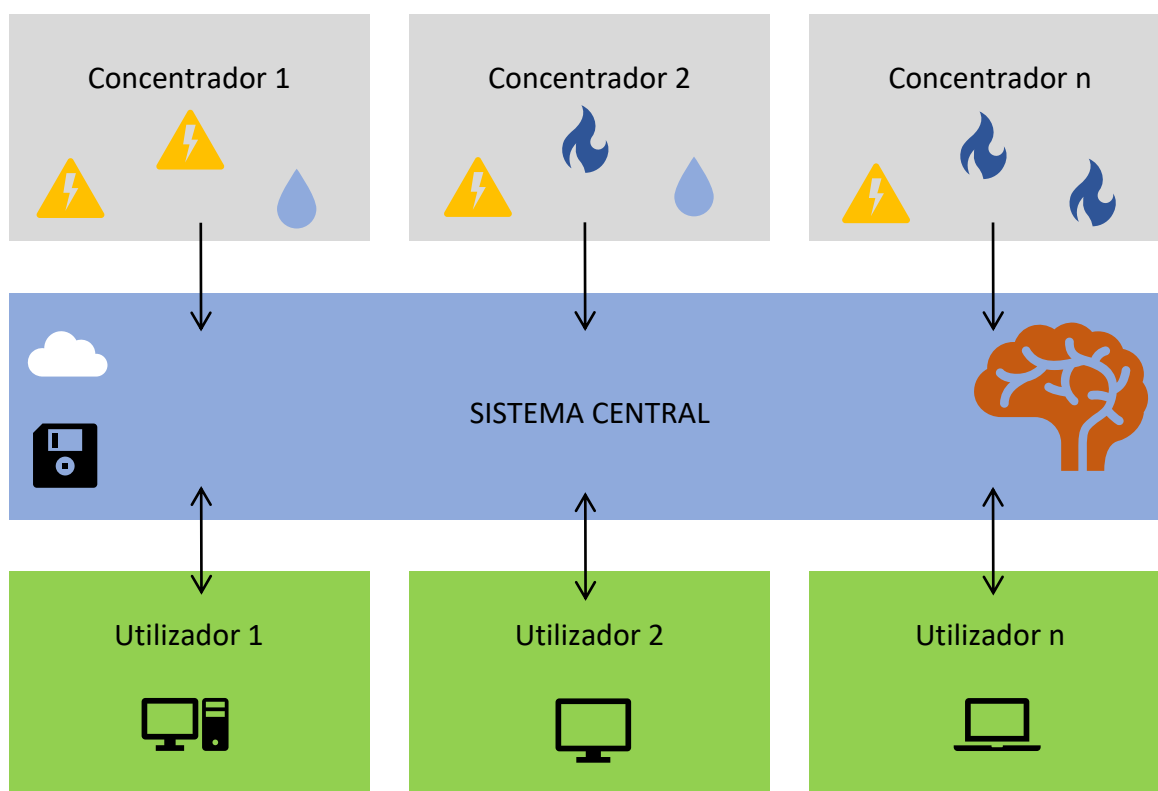


Figura 25 – Arquitetura do sistema de gestão de energia

Na instalação são definidos pontos estratégicos onde são instalados equipamentos concentradores que fazem a recolha dos dados dos vários contadores próximos e enviam as informações coletadas para o sistema central utilizando a infraestrutura de rede existente. Estes equipamentos que fazem a recolha dos dados são projetados para que se não haja

sucesso na comunicação, eles armazenam os dados coletados e apenas os enviam assim que a comunicação com o sistema central esteja restabelecida.

O sistema central, por sua vez, tem a função de receber, processar e armazenar centralmente todas as informações recebidas de todos os concentradores, assim como, tem a capacidade de disponibilizar os dados processados através de uma aplicação computacional, que é a ferramenta utilizada pelo gestor de energia.

É importante que a gestão de energia comece pela recolha de elementos relativos aos consumos e produções dos diversos setores da instalação. Atualmente, a unidade da AP não dispõe de um método de gestão de energia automatizado, são apenas recolhidos os dados de consumo dos principais consumidores de forma manual e armazenados em dossiers. Deste modo, e com o objetivo de se dispor de uma informação constantemente atualizada e de possibilitar o controlo dos consumos energéticos dos diferentes setores e equipamentos da instalação, é definido o projeto para implementação desta plataforma de gerenciamento dos consumos.

Para a implementação de um sistema de monitorização dos consumos, a primeira etapa é caracterizar a planta na qual o sistema irá ser implementado de forma a identificar os principais consumidores e demais pontos importantes no âmbito da gestão energética. Para além da caracterização do consumo energético da AP que já foi previamente apresentada neste trabalho, para a implementação deste sistema há de ser tomado em conta o consumo de água em pontos estratégicos, resumidamente ficando-se definido um sistema que gerenciará contagens de gás natural, eletricidade e águas. O gás propano não é considerado neste projeto por não apresentar elevada representatividade no consumo energético da unidade.

Como apresentado na Figura 7, o gás natural apresenta elevada expressão no consumo e custo com energias na instalação, do que se faz o apelo em ter-se uma monitorização detalhada desta energia. Para esta energia a distribuição do consumo se dá conforme mostrado na Figura 26, possuindo três consumidores finais: duas caldeiras, utilizadas para produção de vapor, que são as grandes consumidoras desta energia; e o refeitório industrial, que provavelmente demanda um menor consumo.

Atualmente só é feita a recolha da contagem no ponto de entrada de gás natural, a partir do contador pertencente ao distribuidor. Via a ter-se um deslastre completo deste consumo, prevê-se a instalação de mais dois contadores, para serem instalados um em uma caldeira e outro no refeitório, onde o consumo da segunda caldeira seria obtido pela diferença entre a contagem da entrada e a contagem dos dois novos pontos de medição.

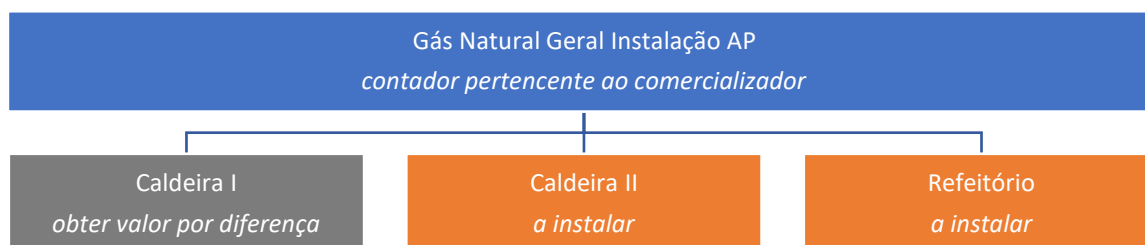


Figura 26 – Distribuição do consumo de gás natural AP

A decisão de instalar em apenas uma caldeira e outro no refeitório é tida devido à seção das tubagens e a sua relação com o custo da sonda, uma vez que as seções dos tubos que alimentam as caldeiras são mais elevadas, o que encarece a sua instalação.

Para leitura e contagem do consumo da entrada de gás natural foi solicitado ao comercializador de gás natural para que ele disponibilizasse uma saída com impulsos referentes ao consumo geral de gás natural, sendo necessário então a instalação de um concentrador destes impulsos e que via rádio comunique com o sistema central, uma vez que não há pontos de rede de fácil acesso na região onde está instalada a entrada desta energia.

Para coleta e concentração dos impulsos dos outros dois contadores é previsto a instalação de dois concentradores, um para cada sítio, um para concentrar e comunicar a contagem do consumo da caldeira II e o outro para o consumo do refeitório. A comunicação do concentrador ao sistema central é feita via cablagem da rede intranet.

Quanto à energia elétrica, principal fonte energética da instalação, hoje a instalação da AP possui quinze contadores, sendo um deles o contador geral pertencente ao distribuidor desta energia e os outros quatorze, contadores instalados pela AP em pontos estratégicos de consumo. Para além dos contadores já instalados, prevê-se a instalação de mais quatro contadores: dois deles a serem instalados nos quadros de alimentação das Unidades de Tratamento de Ar (UTA) da Fábrica II; um para medição do consumo referente ao bombeamento de água quente industrial, que é um tipo de consumidor geral da instalação; e

o outro para contagem do consumo das cargas do barramento de emergência, socorridas pelo gerador fabril, de forma a quantificar a necessidade energética a ser demandada em caso de falha de energia. O esquema dos contadores de eletricidade se dá conforme mostrado na Figura 27.

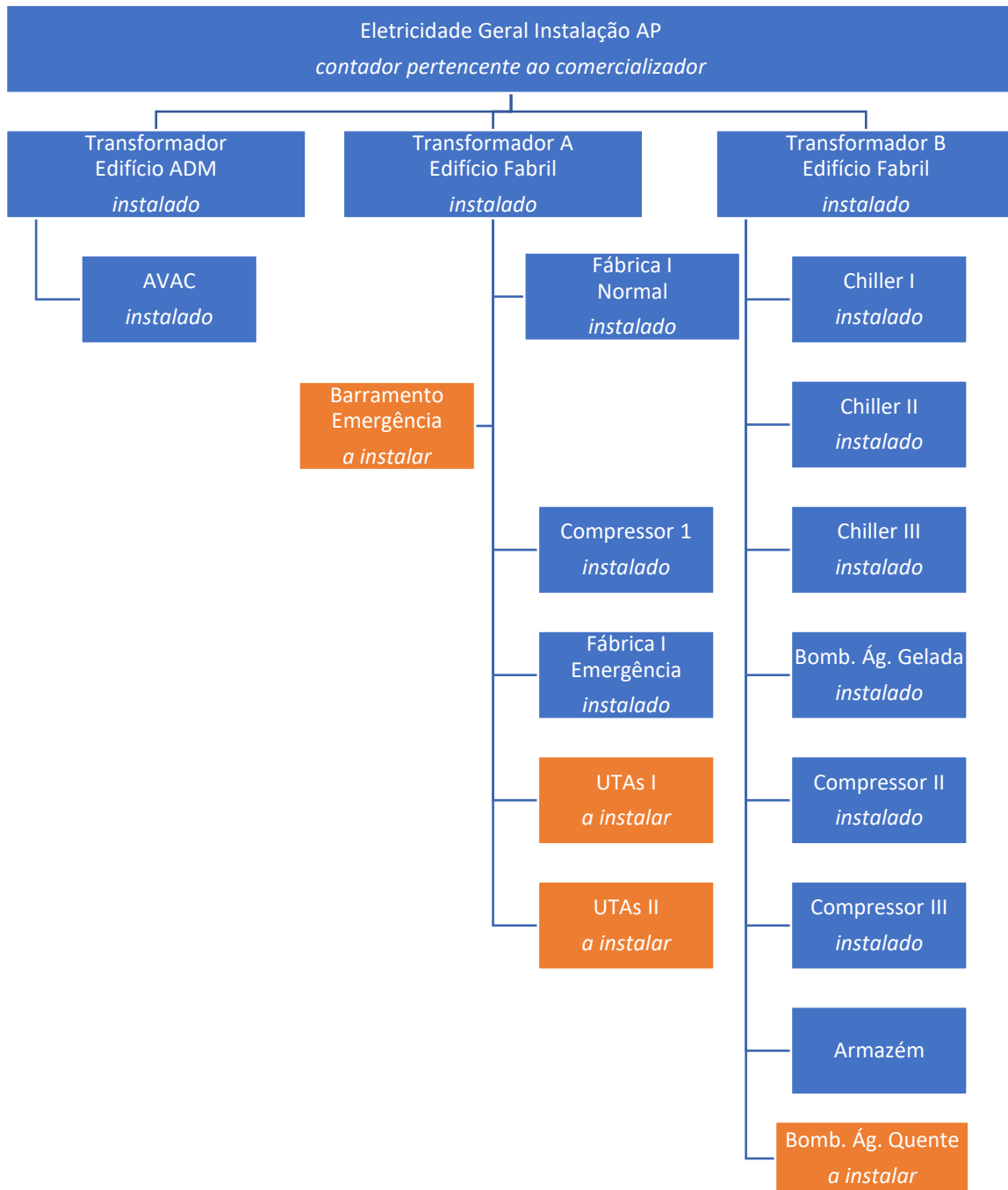


Figura 27 – Distribuição dos contadores de energia elétrica AP

Para leitura da contagem do contador do distribuidor de eletricidade, foi entrado em contato com o comercializador de eletricidade de forma a eles solicitarem ao distribuidor a

disponibilização de impulsos que serão concentrados e enviados ao sistema central da plataforma. Como o posto de seccionamento está distante do circuito cabeado de ethernet a sua comunicação será feita via rádio até o edifício administrativo e a partir daí as informações entrarão na rede intranet.

Os catorze outros contadores instalados pela planta da AP são do modelo EM21 da Carlo Gavazzi. Estes contadores possuem a possibilidade de comunicação via protocolo modbus, sendo assim, estes serão encaminhados ao respectivo concentrador alocado de forma estratégica e destes concentradores, toda a informação coletada será enviada ao sistema central a partir da rede cabeada de ethernet.

Para concentração das contagens de eletricidade serão instalados mais cinco concentradores:

1. um no Quadro Geral de Baixa Tensão (QGBT) do edifício administrativo: utilizado para contagem do transformador deste edifício e do sistema AVAC deste prédio;
2. um no QGBT do edifício fabril: utilizado para contagem dos outros dois transformadores, dos três chillers, dos três compressores, do armazém e dos quatro novos contadores;
3. um no Quadro Parcial (QP) que alimenta a Fábrica I: utilizado para contagem do consumo do circuito normal e do circuito de emergência da Fábrica I;
4. um no posto de seccionamento, entrada de eletricidade: utilizado para recolha e transmissão via rádio do consumo geral da instalação;
5. um na sala dos compressores: utilizado para recolha da contagem do consumo demandado pelo sistema de bombeamento de água gelada.

No que diz respeito ao consumo de água, será contabilizado o volume de água consumida da captação, bem como a quantidade de água consumida por cada caldeira. Para recolha da contagem do consumo da captação, será utilizado outro concentrador com comunicação via rádio, que fará a recolha dos impulsos do contador e informará o sistema central partindo de uma comunicação via rádio para consequente comunicação via o circuito cabeado de ethernet. Já a contagem dos outros dois pontos, os impulsos gerados pelos contadores serão coletados pelo mesmo coletor dos impulsos do contador de gás da caldeira II.

Na Figura 28 é possível identificar a planta do projeto de implementação do sistema de monitorização dos consumos, onde estão identificados os locais estratégicos para concentração das informações dos contadores.

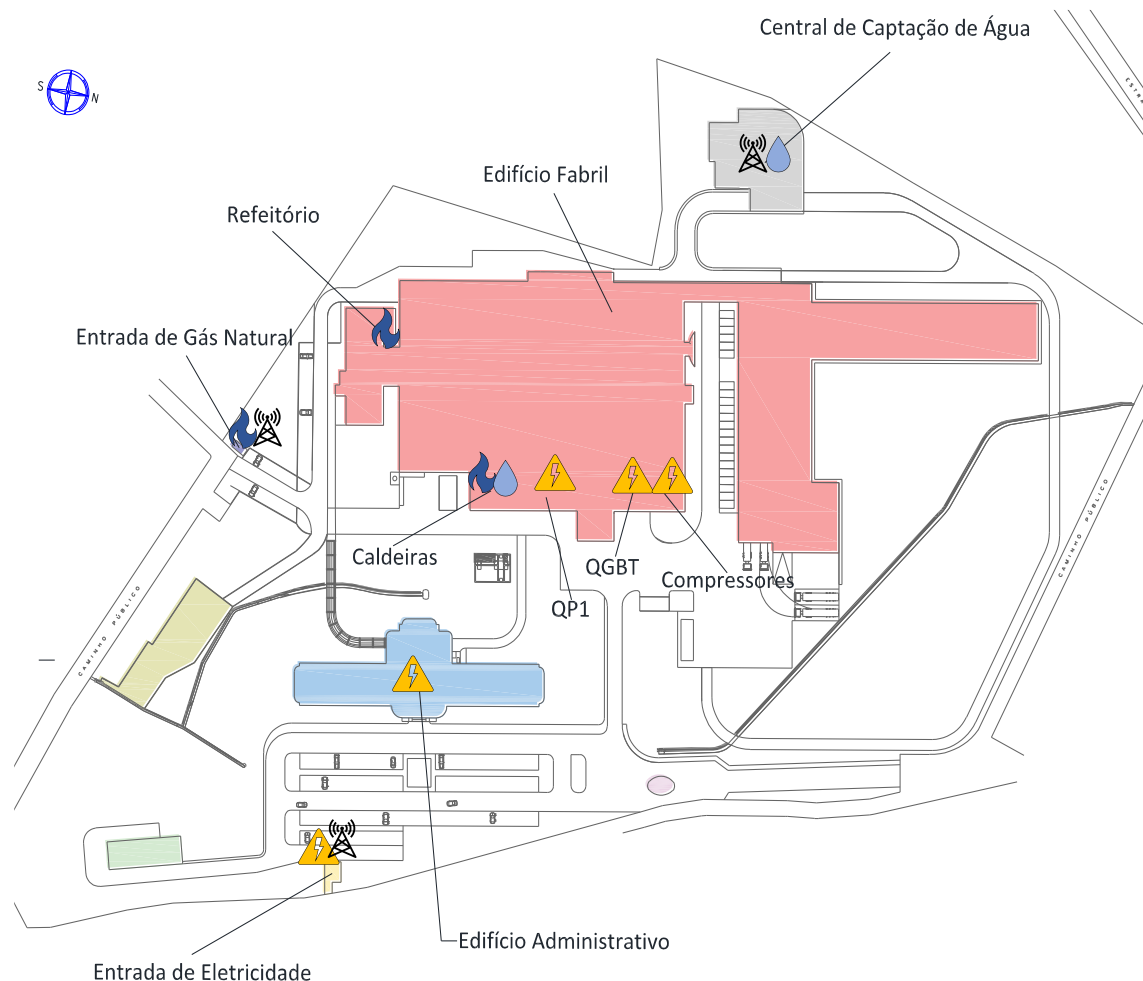


Figura 28 - Pontos estratégicos de leitura e comunicação dos contadores atuais e futuros AP

De uma forma geral e baseado na experiência adquirida na implementação deste tipo de sistemas de gestão de energia, a ADENE aponta que as economias típicas alcançadas e decorrentes exclusivamente do processo da constante monitorização e controlo dos consumos de energia reais e do consumo de energia padrão, são de 3 % nos consumos elétricos e 5 % para as restantes formas de energia.

Uma vez que o consumo anual da AP foi de 4.655.813,95 kWh, uma economia de 3 % representaria uma poupança de 139.674,42 kWh, equivalente a 30 tep. Esta poupança no

consumo, ao custo médio do período analisado (0,104 €/kWh), reflete numa economia anual de € 14.526,14.

Este projeto já está em curso e no mês de Outubro deste ano já se iniciará a implementação desta plataforma na AP. O investimento com este projeto é de € 25.000,00. Uma vez que a empresa se encontra abrangida pelo SGCIE, e sustentado pelo artigo 12.º do Decreto-Lei n.º 71/2008 a AP irá verificar a possibilidade do ressarcimento de 25 % dos investimentos realizados (€ 6.250,00). Considerando esta hipótese, o investimento total da AP com esta medida seria de € 18.750,00. A considerar a poupança anual estimada, o período de retorno de investimento seria de 1 ano e 4 meses.

3.4. SUMÁRIO DO CAPÍTULO – MAPA DE AÇÕES

Neste capítulo foram apresentadas as medidas encontradas e propostas para melhorar a eficiência e gestão energética de alguns setores da AP, resultando no plano de ações mostrado na Tabela 11.

Tabela 11 Plano de ações com medidas propostas para melhor aproveitamento energético da AP

	Medida	Poupança Anual	Poupança Anual
1	Troca de um dos compressores por compressor com tecnologia de variação de velocidade	156.409,00 kWh	€ 16.266,60
2	Troca de um dos chillers por chiller com tecnologia de levitação magnética	662.304,65 kWh	€ 68.879,68
3	Troca do motor BCPF1 por motor de alto rendimento e de menor potência	1.667,00 kWh	€ 173,37
4	Troca do motor BCPF2 por motor de alto rendimento e de menor potência	920,39 kWh	€ 95,72
5	Troca do motor BCPF3 por motor de alto rendimento de mesma potência	2.524,42 kWh	€ 262,54
6	Troca dos 3 motores BFPCx por motores de alto rendimento e de maior potência	4150,65 kWh	€ 431,67
7	Instalação de uma plataforma computacional de gestão energética	139.674,42 kWh	€ 14.526,14
TOTAL		963.650,53 kWh	€ 100.635,72

Supondo que todas as medidas apontadas fossem de fato efetuadas, o consumo energético atual de 1.344,4 tep passaria a ser de 1.137,2 tep, apresentando uma redução de

207,2 tep, ou seja uma poupança de 15,4 % no consumo energético total. Considerando um cenário em que a volume de produção e do VAB se mantivessem, ou até mesmo reduzissem, as metas estabelecidas pelo SGCIE já seriam cumpridas.

4. CONCLUSÕES

4.1. ANÁLISE CONCLUSIVA

Neste projeto desenvolveu-se uma investigação sobre o consumo energético de uma indústria farmacêutica caracterizada como um consumidor intensivo de energia. De início foi identificado o consumo energético mundial relacionado com a conseqüente preocupação de seu aumento, pelo fato de as principais fontes energéticas serem de origem finita. Também foi caracterizado o consumo energético de Portugal, onde foram apresentados dois programas portugueses que buscam incentivar uma utilização eficiente da energia.

No segundo capítulo deste trabalho, além da caracterização energética de Portugal, foi investigado o consumo energético da AP, onde foi realizado o levantamento das principais fontes de energia utilizadas, tendo em conta o consumo e o seu custo equivalente. Deste estudo denotou-se que a maior parcela do consumo energético provém da utilização da eletricidade.

Tendo em conta a importância da eletricidade, foi investigada a relação do seu consumo com a sua faturação, bem como a relação do consumo com a produção, de onde se pode concluir que o volume de produção não é o principal fator contribuinte no consumo da empresa, podendo inferir que a energia consumida somente para manter a fábrica a operar, indiferentemente de ter grande volume ou não de produção, é muito elevada. Este fato se deve principalmente aos sistemas de tratamento de ar, que direta e indiretamente exigem de altos índices energéticos e que são fundamentais para o funcionamento da fábrica, visto que

uma indústria farmacêutica tem o rigor de cumprir com determinadas exigências de temperatura e humidade.

Da instalação da AP, verificou-se que grande parte do consumo está relacionado diretamente com dois sistemas, o de produção de ar comprimido e o de produção e distribuição de água gelada. Tendo em conta esta situação, foi realizado um levantamento destes dois sistemas e buscado oportunidades de melhoria no que diz respeito ao emprego de novas tecnologias. Da análise realizada e apresentada sobre estes sistemas, apurou-se uma vantajosa economia energética e conseqüente poupança financeira. Estima-se que a poupança energética total com a implementação das medidas propostas para estes sistemas apresente uma redução de 178 tep no consumo anual.

Para além das soluções para os sistemas apresentados, também foi idealizado o projeto para instalação de um sistema de gestão de energia, projeto este que já se encontra em desenvolvimento na empresa. Estima-se que com a implementação deste sistema haverá uma economia de 30 tep por ano.

A considerar a implementação de todas as medidas propostas, estima-se uma economia anual de mais de 200 tep, o que implicaria numa poupança financeira de mais de 100 mil euros por ano.

4.2. PERSPECTIVAS FUTURAS

Conforme análise apresentada no Capítulo 2 deste projeto, o maior consumo da unidade ocorre durante o dia, fato este que evidencia uma boa oportunidade para instalação de um sistema de produção de energia elétrica a partir da energia solar, ficando este projeto como uma possibilidade de projeto futuro que com certeza resultaria em bons resultados para a instalação estudada.

Referências

- [1] H. T. Odum e E. C. Odum, *O Declínio Próspero: Princípios e Políticas*, Rio de Janeiro: Editora Vozes, 2013.
- [2] O. R. Edenhofer, Y. S. E. Pichs-Madruga, S. K. K. Farahani, A. A. I. Seyboth, S. Baum, P. Brunner, B. Eickemeier, J. Kriemann, S. Savolainen, C. Schlömer, T. von Stechow and J. Zwickel, *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment*, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: IPCC Cambridge University Press, 2014.
- [3] BP p.l.c., *BP Statistical Review of World Energy*, 67 ed., London: BP p.l.c., 2018.
- [4] World Energy Council, *World Energy Resources | 2016*, London: World Energy Council, 2016.
- [5] Direção Geral de Energia e Geologia, “Direção Geral de Energia e Geologia,” 2018. [Online]. Available: <http://www.dgeg.gov.pt/>.
- [6] Fundação Francisco Manuel dos Santos, “PORDATA,” Fundação Francisco Manuel dos Santos, 2018. [Online]. Available: <https://www.pordata.pt/DB/Portugal/Ambiente+de+Consulta/Tabela>. [Acesso em 01 Setembro 2018].
- [7] Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos, “ERSE,” ERSE, [Online]. Available: <http://www.erse.pt/pt/Paginas/home.aspx>. [Acesso em 15 08 2018].
- [8] República Portuguesa, Decreto-Lei n.º 71/2008, 2008.
- [9] República Portuguesa, Lei n.º 7/2013, 2013.

- [10] Diário da República, Despacho n.º 17313/2008, Direcção-Geral de Energia e Geologia, 2008.
- [11] Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos, Regulamento de Relações Comerciais do Setor Elétrico, ERSE, 2014.
- [12] S. J. Chapman, Fundamentos de máquinas elétricas, Porto Alegre: AMGH, 2013.
- [13] República Portuguesa, Decreto-Lei n.º 68-A/2015, 2015.