FCTUC FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

DEPARTAMENTO DE
ENGENHARIA MECÂNICA

Avaliação da eficiência energética de um armazém de enchimento de gás

Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica na Especialidade de Energia e Ambiente

Autor

José António Morgado Pinto Reis

Orientador

Eng. Adélio Manuel Rodrigues Gaspar
Eng. Vitor Matias dos Santos

Júri

Presidente	**Professor Doutor José Carlos Miranda Góis** **Professor da Universidade de Coimbra**
Vogais	**Professor Doutor Ricardo António Lopes Mendes** **Professor da Universidade de Coimbra**
Orientador	**Professor Doutor Adélio Manuel Rodrigues Gaspar** **Professor da Universidade de Coimbra**

Colaboração Institucional

REPSOL GÁS PORTUGAL, S.A.

Coimbra, Setembro, 2014

“Só existe uma maneira de aprender: Através da acção”

“Quando alguém evolui, evolui tudo o que está a sua volta”

Paulo Coelho, em O Alquimista, 1988.

Aos meus pais e irmã.

Agradecimentos

Quero deixar uma palavra de agradecimento a todos, que de uma maneira ou de outra, contribuíram para que este trabalho se concretizasse.

Aos meus pais, *José Reis* e *Maria Benilde Reis* fica o meu enorme agradecimento, pela amizade, pelos princípios transmitidos e pelo esforço que fizeram para investir no meu futuro.

Aos meus amigos, pela amizade, apoio e por todos os momentos vividos, em que juntos crescemos mais.

Aos meus orientadores, *Prof.º Doutor Adélio Manuel Rodrigues Gaspar* e *Eng.º Vitor Matias dos Santos,* pela constante disponibilidade e apoio, cujo contributo foi fundamental no enriquecimento desta dissertação.

Ao *Eng.º António Calçada de Sá*, pela disponibilidade e confiança depositada na concretização deste projeto.

Ao *Eng.º Joaquim Pimentel Cardigos* e ao *Eng.º Fernando Costa*, pela colaboração e ajuda que concederam.

A*o Francisco Teixeira*, pela receção no local, disponibilidade total para esclarecimento de qualquer dúvida e colaboração na realização deste trabalho.

À equipa Repsol, que desde o primeiro ao último momento, fomentaram convívio e amizade, de uma forma franca e aberta, o que facilitou bastante as atividades desenvolvidas na instalação.

A todos o meu sincero e profundo, “muito obrigado”.

Resumo

O consumo de energia é um tema preocupante para a manutenção do bem-estar das sociedades. O excesso de consumo contribui para o desequilíbrio ambiental, uma vez que as fontes de energia se vão esgotando, o que pode colocar em risco a sobrevivência na Terra.

O presente trabalho tem como objetivo a avaliação da eficiência energética num armazém de enchimento de gás de petróleo liquefeito (GPL), realizado nas instalações de Matosinhos da REPSOL GÁS PORTUGAL, S.A. Nesse sentido, foi feito um estudo descritivo e retrospetivo do consumo de energia em todo o processo referente à movimentação de GPL nesta instalação. O trabalho teve como suporte canais de comunicação informais e formais, a observação no local de todo o processo de funcionamento e recolha de dados relativamente ao mesmo, sendo o tratamento de dados realizado de forma quantitativa.

Verificou-se que o processo consome em média 120,4tep/ano de energia (99,6tep em energia eléctrica e 20,8tep em gasóleo), o que corresponde a um custo médio de 71721 euros/ano. Do total de energia elétrica consumida 38% corresponde à bombagem de GPL das esferas para o edifício, 21% ao consumo da central de ar comprimido, 15% aos transportadores das linhas, 7% à iluminação e os restantes às caldeiras de vapor, à Estação de Tratamento de Águas Residuais (ETAR), aos centros de lavagem e às bombas hidráulicas. O consumo de gasóleo é essencialmente destinado aos empilhadores. A empresa já utiliza compressor com variador de velocidade e baterias de condensadores para compensação da energia reativa. A redistribuição de funções e ajuste nos aparelhos e a atualização do tipo de iluminação reduz 10% do consumo de energia primária relativamente ao último ano, o que corresponde a uma poupança de 5400 euros.

Conclui-se, portanto, a existência de elevada preocupação com a eficiência energética da instalação. Contudo, pequenos ajustes traduzem-se numa maior poupança de energia, o que se reflete num benefício em termos ambientais e de custos.

Palavras-chave: Eficiência energética, Auditoria energética, Qualidade, Segurança, Ambiente.

Abstract

Energy consumption is a concern for maintaining the well-being of societies theme. Excess consumption contributes to environmental imbalance, since energy sources are depleted, which can endanger the survival on Earth.

This study aims to evaluate the energy efficiency of a gas filling center, held on the premises of the REPSOL GAS PORTUGAL, SA in Matosinhos, Portugal. A descriptive and retrospective study of energy consumption in the whole process of the movement of gas in this installation was done. The work was supported by informal and formal channels of communication, on-site observation of the whole process of operation and collection of data concerning the same, and the data processing performed quantitatively.

It has been found that the process consumes an average 120,4tep / year of primary energy (99,6tep in electricity and 20,8tep in diesel engines), which corresponds to an average value of 71 721 EUR / year. Of the total electricity consumed 38% corresponds to pumping gas spheres to the building, 21% consumption of the compressed air, 15% for carriers of the lines, 7% to enlightenment and the remaining steam boilers, the station Wastewater Treatment Plant (WWTP), the centers of washing and hydraulic pumps. Diesel consumption is primarily intended for forklift. The company already uses compressor with variable speed drive and batteries condensate for reactive power compensation. The redistribution of functions and adjust the devices and update the type of lighting reduces 10% of primary energy consumption compared to last year, which represents a saving of 5400 EUR.

Therefore, it is concluded that there is high concern for energy efficiency of the installation. However, minor adjustments translate into greater energy savings, which is reflected in a benefit for the environment and costs.

Keywords : Energy efficiency, Energy audits, Quality, Security, Environment.

Índice

Índice de Figuras xi

Índice de Tabelas xiii

Simbologia e Siglas xv
Siglas xv

1. INTRODUÇÃO 1
1.1. Motivação 1
1.2. Organização do trabalho 3

2. ENQUADRAMENTO 5
2.1. Fundamentação 5
2.2. Caracterização do consumo de energia elétrica 6
2.3. Racionalização da energia 8
2.3.1. Protocolo de Quioto 8
2.3.2. Europa 2020 10
2.3.3. PNAEE 2016 11
2.3.4. SGCIE 13
2.3.5. Sistema de Gestão de Energia (SGE) – ISO 50001:2011 14
2.4. Setor do Gás de Petróleo Liquefeito (GPL) 16
2.4.1. Breve história do GPL em Portugal 17
2.4.2. Importância do GPL em Portugal 18

3. CARACTERÍSTICAS DA INSTALAÇÃO EM ESTUDO 21
3.1. Infraestrutura 21
3.1.1. Regime de laboração 23
3.1.2. Paragens anuais 23
3.2. Descrição do processo produtivo 23
3.2.1. CEGPL 25
3.2.2. PEC 29
3.2.3. Consumíveis 30

4. CARACTERIZAÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA NA INSTALAÇÃO EM ESTUDO 31
4.1. Principais consumos de energia 31
4.2. Indicadores Energéticos 31
4.2.1. Emissões e Intensidade Carbónica 32
4.2.2. Consumo Específico de Energia 33
4.2.3. Intensidade Energética 34
4.3. Central de ar comprimido 34
4.4. Energia reativa 35
4.5. Energia térmica 36
4.6. Histórico de consumo de energia 37
4.7. Desagregação dos consumos da energia elétrica 41

4.7.1. Desagregação dos consumos no CEGPL 44
4.7.2. Desagregação dos consumos no PEC 46
4.8. Propostas de medidas de racionalização de energia 46
4.8.1. Iluminação 47
4.8.2. Bombas 47
4.8.3. Mudança na linha G26 49
4.8.4. Redução da pressão no compressor 51
5. CONCLUSÃO 53
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 55
ANEXO A 59
ANEXO B 63
ANEXO C 67
ANEXO D 71
ANEXO E 73

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 - Energia elétrica produzida a partir de fontes renováveis. Fonte: DGEG/MEE, PORDATA [2,3] 6

Figura 2.2 - Consumo de energia elétrica em Portugal nos últimos 12 anos. Dados: PORDATA [3] 6

Figura 2.3 - Distribuição dos consumidores de energia elétrica a nível nacional no ano de 2012. Fonte: PORDATA [3] 7

Figura 2.4 - Evolução da dependência energética (%). Fonte: DGEG [2] 8

Figura 2.5 - Áreas e programas do PNAEE 2016 (*Diário da República, 1.ª série – N.º70 – 10 de abril de 2013).* [6] 12

Figura 2.6 - Procedimento para o cumprimento do SGCIE (ADENE, 2010)[7] 13

Figura 2.7 - Modelo esquemático para um Sistema de Gestão de Energia (adaptado da ISO 50001:2011). Fonte: APCER [9] 15

Figura 2.8 - BM-C-33, Repsol Brasil [13] 16

Figura 2.9 - Terreiro do Paço, destacando-se a estátua equestre de D. José I e o acendedor de candeeiros, Arquivo Municipal de Lisboa, AFML - A12592 [16] 18

Figura 2.10 - Camião de distribuição de gás propano e butano embalado [18] 18

Figura 2.11 - Dístico GPL Auto [19] 19

Figura 2.12 - Vendas de Gás Auto 1ºTrim 2013 / 2014 [2] 19

Figura 2.13 - Consumo de Butano, Propano e GPL Auto em Portugal. Fonte: PORDATA [3] 19

Figura 3.1 - Vista panorâmica total da instalação, imagem disponível no folheto do Plano de Segurança da instalação 21

Figura 3.2 - Vista aérea da zona da instalação dedicada ao GPL. Fonte: Google mapas 22

Figura 3.3 - Centro de bombagem 24

Figura 3.4 - Garrafas de gás Repsol circulantes na linha G26 25

Figura 3.5 - Fluxograma generalizado do processo de enchimento de garrafas G26 26

Figura 3.6 - Garrafas de gás Repsol circulantes na linha G110/G84 27

Figura 3.7 - Fluxograma generalizado do processo de enchimento de garrafas G110/G84 28

Figura 3.8 - Garrafas de gás Repsol (carburação e K6) cheias na linha secundária 28

Figura 3.9 - Fluxograma generalizado do processo enchimento camião cisterna 29

Figura 4.1 - Dispersão dos consumos médios anuais em tep 38

Figura 4.2 - Dispersão dos custos médios anuais em euros 38

Figura 4.3 - Consumo mensal de energia elétrica nos últimos três anos em kWh 39
Figura 4.4 - Consumo mensal de gasóleo nos últimos três anos em litros [L] 40
Figura 4.5 - Comparação anual da energia consumida com a produção 41
Figura 4.6 - Desagregação dos consumidores elétricos na instalação..... 43
Figura 4.7 - Equipamentos da linha G26..... 44
Figura 4.8 - Equipamentos da linha G110 / G84 45
Figura 4.9 - Equipamentos do PEC..... 46
Figura 4.10 - Esquema das ligações presentes no centro de bombagem 48
Figura 4.11 - Situação atual de lavagem e seleção de garrafas 49
Figura 4.12 - Nova organização da linha 50
Figura A.1 - Distribuição de consumo de energia elétrica no ano de 2011 [kWh] 59
Figura A.2 - Distribuição de consumo de energia elétrica no ano de 2012 [kWh] 60
Figura A.3 - Distribuição de consumo de energia elétrica no ano de 2013 [kWh] 61
Figura B.1 - Distribuição de consumo de gasóleo no ano de 2011..... 63
Figura B.2 - Distribuição de consumo de gasóleo no ano de 2012..... 64
Figura B.3 - Distribuição de consumo de gasóleo no ano de 2013..... 65

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1 - Metas das Partes do Anexo 1 do Protocolo de Quioto [5] 9
Tabela 2.2 - Resumo dos impactos do PNAEE 2016 por programa (*Diário da República, 1.ª série – N.º70 – 10 de abril de 2013*). [6] 12
Tabela 2.3 - História do GPL em Portugal. Fonte: APETRO [14] 17
Tabela 4.1 - Quantidades consumidas nos últimos três anos por cada energia 31
Tabela 4.2 - Determinação da Intensidade Carbónica da instalação 32
Tabela 4.3 - Determinação do Consumo Específico de Energia da instalação 33
Tabela 4.4 - Contabilidade de consumo de energia anual por tipo de combustível 37
Tabela 4.5 - Horas de funcionamento anuais 42
Tabela 4.6 - Substituição da luminária, por iluminação LED 47
Tabela 4.7 - Troca da bomba P1B por P2B 48
Tabela 4.8 - Eliminação da linha de escovagem (MLE) e da lavagem de alta pressão (AP) 50
Tabela 4.9 - Redução da pressão de serviço do compressor 51
Tabela A.1 - Histórico de consumo de energia elétrica no ano de 2011 59
Tabela A.2 - Histórico de consumo de energia elétrica no ano de 2012 60
Tabela A.3 - Histórico de consumo de energia elétrica no ano de 2013 61
Tabela B.1 - Histórico de consumo de gasóleo no ano de 2011 63
Tabela B.2 - Histórico de consumo de gasóleo no ano de 2012 64
Tabela B.3 - Histórico de consumo de gasóleo no ano de 2013 65
Tabela C.1 - Descriminação dos equipamentos 67
Tabela D.1 - Iluminação LED descriminada 71
Tabela E.1 - Características das bombas 73
Tabela E.2 - Características compressores 73
Tabela E.3 - Características dos motores dos transportadores 74
Tabela E.4 - Características centros de lavagem 74
Tabela E.5 - Características das caldeiras 74
Tabela E.6 - Características das unidades hidráulicas 74

SIMBOLOGIA E SIGLAS

Siglas

AE – *Auditorias Energéticas*

AP – *Alta Pressão*

APETRO – *Associação Portuguesa de Empresas Petrolíferas*

BP – *Baixa Pressão*

CEE – *Consumo Específico de Energia*

CEGPL – *Centro de Enchimento Gás Petróleo Liquefeito*

CIE – *Consumidor Intensivo de Energia*

DGEG – *Direcção Geral de Energia e Geologia*

ECO.AP - *Programa de eficiência Energética para a Administração Pública*

ETAR – *Estação de tratamentos de águas residuais*

FCTUC – *Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra*

FP – *Fator de Potência*

GEE – *Gases de Efeito de Estufa*

GPL – *Gás de Petróleo Liquefeito*

G110 – *Garrafa com 110 litros de capacidade de água*

G26 – *Garrafa com 26 litros de capacidade de água.*

G84 – *Garrafa com 84 litros de capacidade de água.*

IC – *Intensidade Carbónica*

IE – *Intensidade Energética*

ISO – *International Organization for Standardization*

LED - *Lighting Emitting Diode*

PEC – *Parque de Enchimento de Camiões*

PIB – *Produto Interno Bruto*

PNAEE - *Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética*

PNAER - *Plano Nacional de Ação para Energias Renováveis*

PNALE – *Plano Nacional de Atribuição de Licenças de Emissão de* CO_2

PREn – *Planos de Racionalização de Energia*

SGCIE – *Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia*

SGE – *Sistema de Gestão de Energia*

VAB - *Valor Acrescentado Bruto*

VEV – *Variador Eletrónico de Velocidade*

1. INTRODUÇÃO

"A constância é contrária à natureza, contrária à vida. As únicas pessoas completamente constantes são os mortos".

Aldous Huxley

1.1. Motivação

A preocupação com o ambiente e a busca contínua por maiores lucros leva-nos a procurar novas formas de inovar nos diferentes setores de atividade. Por isso, neste âmbito, todas as análises feitas aos processos de produção são uma peça chave em cada empresa.

A realidade económica do país é uma preocupação para todos, e nela a indústria assume um papel fundamental na manutenção da nossa qualidade de vida e estabilidade social. Neste momento, Portugal encontra-se numa fase de cortes e tentativas de crescimento, depois de um alargado tempo de crise económica e social.

A crise económica, que afeta a Europa, tem o papel negativo num elevado número da população que se vê obrigada a sair do seu país de origem na busca de melhores ordenados e melhores condições de vida. Contudo, para aqueles que ficam no seu País e procuram a estabilidade, é tempo de novas aprendizagens e criação de novos caminhos mais sustentáveis. Um provérbio português referia *"Não há mal que bem não traga"*, e de acordo com este, tem que se ver na crise uma oportunidade de reforçar as nossas forças, para compreender aquilo que pode e que deve ser melhorado.

A indústria assume então uma posição importante a nível social, tornando-se num pilar fundamental para esta mudança.

Assim, com tantos cortes previstos em todos os orçamentos, seja de Estado, seja interno de qualquer entidade, é tempo de cada empresa tomar a própria iniciativa de aperfeiçoamento.

Neste contexto, esta dissertação tem como objetivo a análise de uma indústria na busca de novas soluções de racionalização do consumo de energia. Trata-se de um centro de

enchimento de garrafas de gás e camiões tanque GPL, em Matosinhos, na empresa REPSOL GÁS PORTUGAL, S.A, cuja descrição detalhada se encontra no Capítulo 3.

A trasfega de GPL numa instalação deste tipo está sujeita a muita responsabilidade com a população em redor e com o pessoal que nela trabalha. Sendo assim, todo o cuidado é pouco e muitas são as regras que equipamentos e colaboradores têm de garantir, para se encontrarem a operar dentro desta.

Sendo assim, a REPSOL, sempre preocupada com a qualidade dos seus serviços e a certeza do melhor serviço para o consumidor, encontra-se certificada em três principais setores: Qualidade, segundo a International Organization for Standardization (ISO) 9001:2008; Segurança, segundo ISO 18001:2007 e Ambiente, segundo ISO 14001:2004, tornando-se assim numa empresa de rigor e confiança.

1.2. Organização do trabalho

Esta dissertação está dividida em cinco capítulos, nos quais estão incluídos a introdução e a conclusão.

O primeiro capítulo é de caráter introdutório e tem como objetivo referenciar o motivo que esteve na base da realização deste trabalho.

No segundo capítulo descreve-se o estado do consumo e da produção de energia em Portugal, assim como a distribuição de consumo nos diversos tipos de setores. Para além disto, são também analisadas, algumas medidas que já foram tomadas a nível nacional e a nível europeu para o auxílio a uma maior eficiência energética. Define o que é o gás de petróleo liquefeito (GPL) e a importância que este tem em Portugal e na vida de cada cidadão.

No terceiro capítulo, descreve-se a instalação em estudo, mais propriamente, a infraestrutura, o regime de funcionamento, todos os processo produtivos realizados no local e os consumíveis que este utiliza para a realização das mais diversas tarefas.

No quarto capítulo, apresenta-se uma análise ao consumo de energia na instalação nos últimos três anos, referenciando os consumos verificados por tipos de energia ao longo desse período e calculam os indicadores energéticos sugeridos pelo Sistema de Gestão de Consumidores Intensivos de Energia (SGCIE). Neste capítulo, apresenta-se também uma desagregação dos equipamentos existentes nos diversos locais da instalação, assim como o levantamento das horas de funcionamento, o que permitiu determinar o consumo de energia total na instalação. Também são indicadas sugestões de poupança de energia e ao nível económico, descriminadas e com os devidos períodos de retorno de cada investimento.

O quinto capítulo descreve a conclusão obtida ao fim de toda a avaliação.

2. ENQUADRAMENTO

"O mundo tornou-se perigoso, porque os homens aprenderam a dominar a natureza antes de se dominarem a si mesmos."

Albert Schweitzer

2.1. Fundamentação

O desenvolvimento das sociedades e do mundo, deve-se, em grande parte, ao consumo de recursos energéticos nas diversas tarefas. As fontes de energias à nossa disposição, quer sejam do âmbito renovável ou não renovável, estão presentes no nosso dia a dia, tornando-nos cada vez mais dependentes devido aos novos paradigmas de qualidade de vida que se têm implementado nas novas gerações.

Este aumento do consumo de energia, que privilegia o uso de fontes não renováveis, carrega consigo problemas graves para o nosso planeta, entre os quais, o aquecimento global, provocado pelo efeito de estufa. Contudo, já se tornou indispensável a sua utilização, logo encarrega responsabilidade no seu consumo e esta responsabilidade vem, cada vez mais, a preocupar as sociedades. Com esta preocupação, torna-se necessário que todos estejamos focados numa maior racionalização dos seus recursos, para os podermos manter durante muitos anos.

A energia utilizada está maioritariamente associada a combustíveis fósseis (petróleo bruto, gás natural), que são chamadas de fontes de energia não renováveis. Como estas fontes se encontram na natureza em quantidades limitadas e se extinguem com a sua utilização, a velocidade de consumo é maior do que o tempo da sua formação, elas acabam por ser finitas. Estas fontes de energia também correspondem a elevados níveis de poluição e são responsáveis por danos no meio ambiente e na sociedade, destruição de ecossistemas, doenças, culturas, entre outros. Com todos estes problemas surgem então incentivos à racionalização da utilização da energia e a prioridade nas energias renováveis (energia eólica,

biomassa, energia solar, energia maremotriz). A utilização destas energias têm vindo a crescer em todos os países, estando Portugal em 2012, inserido nos dez maiores produtores de energia eólica do mundo [1]. Como se verifica na Figura 2.1, as energias renováveis começam a marcar expressão na energia total produzida no país devido ao crescente número de parques eólicos que continuam a ser instalados.

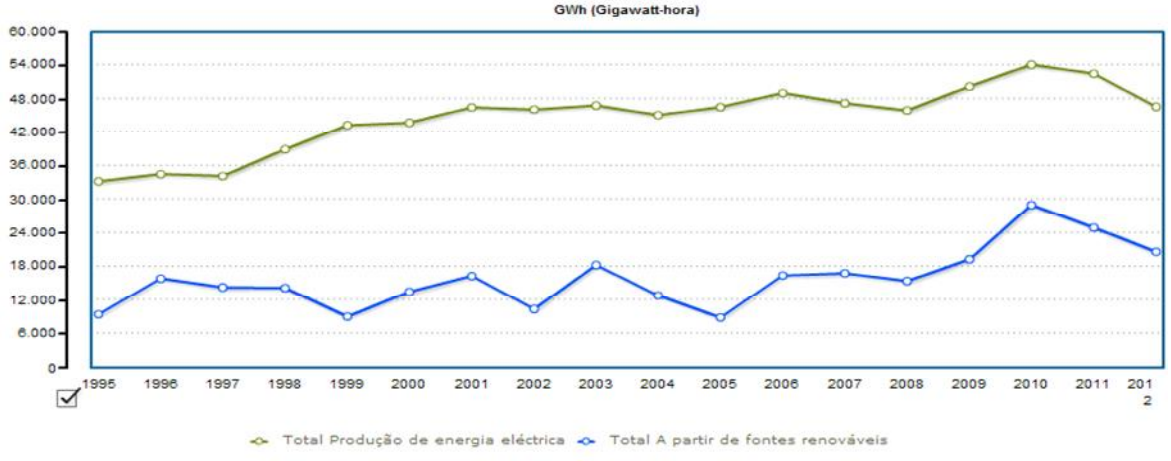


Figura 2.1 - Energia elétrica produzida a partir de fontes renováveis. Fonte: DGEG/MEE, PORDATA [2,3]

2.2. Caracterização do consumo de energia elétrica

A variação do consumo de energia elétrica está directamente relacionada com o desenvolvimento e o decréscimo socioeconómico de cada país. Na Figura 2.2 apresenta-se o consumo de energia verificado em Portugal entre 2000 e 2012.

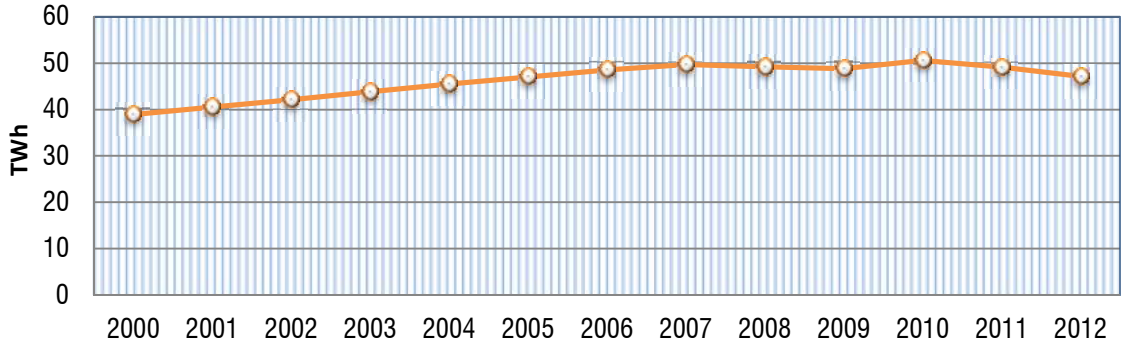


Figura 2.2 - Consumo de energia elétrica em Portugal nos últimos 12 anos. Dados: PORDATA [3]

Portugal entre 2007 e 2012, como demonstra a Figura 2.2, teve um consumo praticamente constante segundo os dados da plataforma online da PORDATA. Segundo a mesma, é na indústria que existe o maior consumidor deste recurso (36%), seguindo-se o

doméstico (28%) e o não doméstico (26%), conforme explícito na Figura 2.3. Logo a primeira conclusão a tirar é que o sector onde as preocupações de eficiência energética são mais importantes e mais significativas é na indústria. Graças a estas preocupações a União Europeia está empenhada num aumento da eficiência energética. Assim, como Portugal está inserido nesta política, começam a ser criados planos, como é o caso do Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética (PNAEE), onde, em 2008, foi criado um dos mais importantes regulamentos, o Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia (SGCIE), que surge para gerar a obrigatoriedade de auditorias energéticas para empresas com consumos acima dos 500 tep/ano, com objetivos específicos de redução de emissões e consumos.

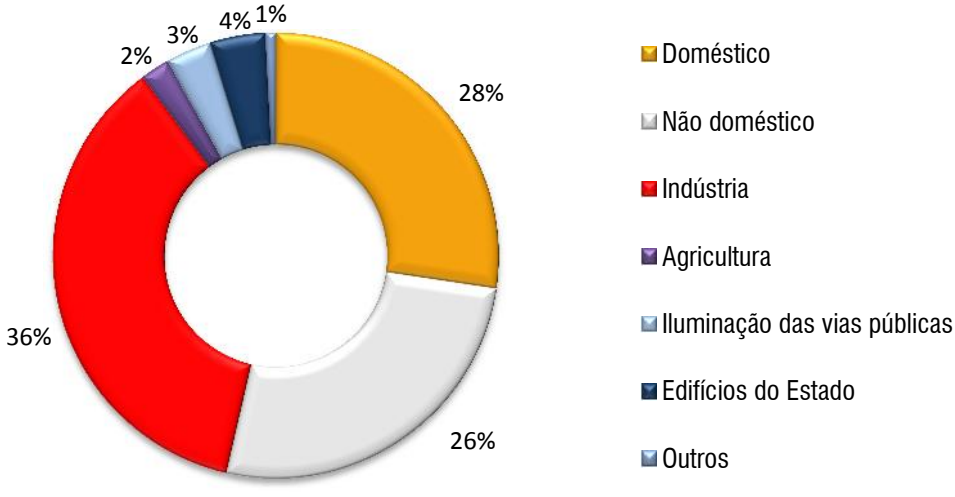


Figura 2.3 - Distribuição dos consumidores de energia elétrica a nível nacional no ano de 2012. Fonte: PORDATA [3]

Em toda esta indústria, o peso da fatura de energia em Portugal é muito significativo, limitando muitas vezes as margens dos produtores e, ou, aumentando o preço final do produto, ao cliente final. Outro facto que agrava o custo da energia em Portugal é a dependência que o país tem de energia vinda do exterior [4].

Importações energéticas mantêm peso de 6,9% no PIB
Em 2013 as importações de produtos energéticos em Portugal representaram 6,9% do Produto Interno Bruto (PIB), um valor em linha com o de 2012, e que é o mais alto desde 2006, de acordo com os números publicados pela DGEG.

Considerando o balanço da factura energética total (ou seja, subtraindo às importações o valor que Portugal conseguiu exportar), o saldo importador em matéria de energia assumiu um valor equivalente a 3,8% do PIB, abaixo dos 4,3% de 2012.

in Jornal de Negócios (05/05/2014) [4]

Segundo dados da Direção Geral de Energia e Geologia (DGEG), Figura 2.4, a dependência Energética de Portugal, teve um pico em 2005, e em 2011 e 2012 foi constante, ficando perto de 80%, o que revela a importância que a energia assume no dia a dia, das empresas e do cidadão [2].

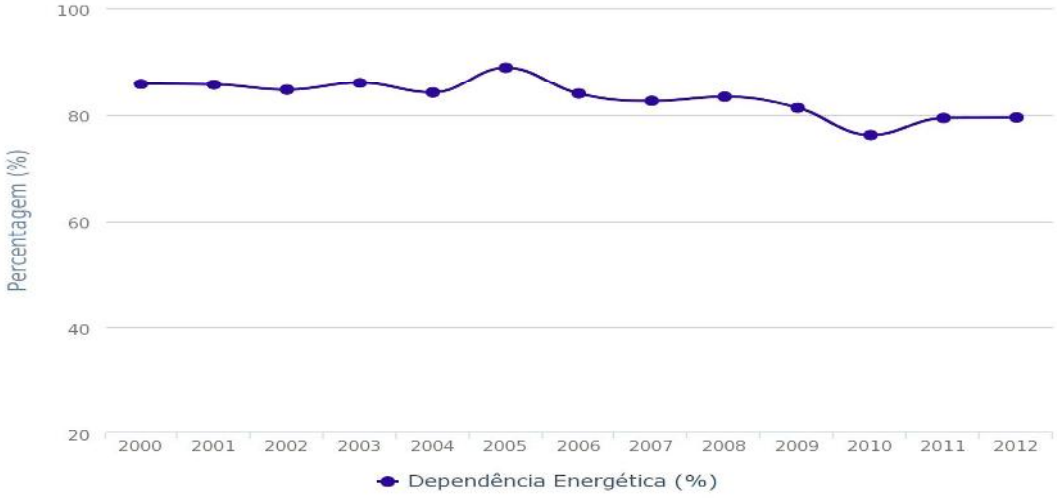


Figura 2.4 - Evolução da dependência energética (%). Fonte: DGEG [2]

2.3. Racionalização da energia

"Se você tem metas para um ano. Plante arroz. Se você tem metas para 10 anos. Plante uma árvore. Se você tem metas para 100 anos então eduque uma criança. Se você tem metas para 1000 anos, então preserve o meio ambiente."

Confúcio

2.3.1. Protocolo de Quioto

O Protocolo de Quioto foi o único tratado internacional até hoje cuja realização tem como objetivo limitar os gases com efeito de estufa, emitidos pelos países mais desenvolvidos. Este protocolo herda da Convenção-Quadro de Alterações Climáticas os princípios fundamentais do regime climático, mais especificamente, o princípio das responsabilidades comuns mas diferenciadas. Este princípio faz distinção entre países desenvolvidos, referenciados nos Anexo 1 do Protocolo e países em vias de desenvolvimento descritos no

Anexo 2 do mesmo documento. Para os países desenvolvidos, estabelece limites para as emissões, para os países em vias de desenvolvimento, não estabelece qualquer limite. O período de vigência do protocolo é referente ao período de 2008 a 2012, tendo havido de 2005 a 2007 o chamado período de teste, em que várias instalações foram submetidas a sanções por excesso de emissões [5].

Esta aplicação de diferenciação, liberava vários argumentos especiais para a consideração da meta de cada país. Contudo, nem todos eles se comprometeram a cumprir as reduções acordadas, mas, mesmo assim, a redução global esperada para os países desenvolvidos seria cerca de 5 %. O não cumprimento destas metas consentiria incumprimento, o que levava a ações sancionatórias [5].

Com a não ratificação por parte dos Estados Unidos da América e a representação que este tem a nível da poluição global, o protocolo ficou severamente limitado quanto à sua eficácia.[5]

Contudo, a União Europeia, desde cedo, se mostrou com vontade de adotar um regime internacional para as alterações climáticas, cuja decisão levou à plena participação das Comunidades Europeias e Estados-membros a assumirem a meta mais ambiciosa do Protocolo [5].

Tabela 2.1 - Metas das Partes do Anexo 1 do Protocolo de Quioto [5]

Partes do Anexo I do Protocolo de Quioto	Metas de redução/limitação (percentagem de redução em relação ao ano-base
União Europeia e Estados-membros (à altura da assinatura do Protocolo: EU-15), Bulgária, República Checa, Lituânia, Letónia, Mónaco, Roménia, Eslováquia, Eslovénia, Suíça	-8%
Estados Unidos	-7%
Japão, Canadá, Hungria, Polónia	-6%
Croácia	-5%
Nova Zelândia, Rússia, Ucrânia	0
Noruega	+1%
Austrália	8%
Islândia	10%

2.3.2. **Europa 2020**

Estamos dependentes dos recursos naturais para a nossa qualidade de vida e economia, no entanto, o seu consumo continua descontrolado. O controlo deste consumo é essencial para garantir um crescimento sustentável. A iniciativa Europa 2020 vêm apoiar este crescimento sustentável, baseando-se numa utilização eficiente dos recursos e economias de baixo carbono, para reduzir custos e aumentar a competitividade [6].

Nas metas europeias estabelecidas para 2020, encontra-se, relativamente à energia, três metas fundamentais: redução de 20 % das emissões de gases de efeito de estufa, quando comparado com os valores registados em 1990; atingir 20% da quota de energia proveniente de energias renováveis e redução do consumo de energia primária, comparada com o valor obtido pelo cálculo de uma projeção para 2020 (por aplicação do modelo PRIMES).

Para Portugal, este objetivo foi ampliado para uma redução de 25 % do consumo de energia primária, com uma proposta direcionada para a Administração Pública de redução de 30 %. Para as energias renováveis, o objetivo passa por esta ocupar 31 % da energia bruta final consumida e 10% das energias utilizadas nos transportes [6].

A Europa 2020 é a estratégia de crescimento da UE para a próxima década. Num mundo em mutação, pretendemos que a UE se torne uma economia inteligente, sustentável e inclusiva. Estas três prioridades, que se reforçam mutuamente, deverão ajudar a UE e os Estados-Membros a atingir níveis elevados de emprego, de produtividade e de coesão social.

Concretamente, a UE definiu cinco objectivos ambiciosos em matéria de emprego, inovação, educação, inclusão social e clima/energia que deverão ser alcançados até 2020. Cada Estado-Membro adoptou os seus próprios objectivos nacionais em cada uma dessas áreas. A estratégia é apoiada por acções concretas a nível nacional e da UE.

José Manuel Durão Barroso
Presidente da Comissão Europeia

Nasce, assim, mais uma oportunidade para a União Europeia reflectir e direccionar os seus objetivos para a eficiência dos recursos, estabelecendo um quadro que garanta medidas para a indústria, os transportes, a agricultura e as pescas que, a longo prazo, favoreçam os consumos de energia e as alterações climáticas.

2.3.3. **PNAEE 2016**

Os objetivos globais para reduzir o consumo de energia, leva cada país a definir políticas de atuação eficazes do cumprimento das metas esperadas [7]. O Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética é assim desenvolvido em conjunto com o Plana Nacional de Ação para Energias Renováveis (PNAER 2020) e o Programa de Eficiência Energética para a Administração Publica (ECO.AP) no sentido de ajudarem as empresas a apostarem num modelo energético racional e sustentável, com os objetivos traçados, para reduzir as emissões de efeito de estufa, reforçar a diversificação das fontes de energia primária, contribuir para o aumento da competitividade da economia e aumentar a eficiência energética [6, 7].

Segundo o *Diário da República, 1.ª série – N.º70 – 10 de abril de 2013*, o objetivo inicial do PNAEE 2016 passava pela redução de 1% do equivalente do consumo médio de energia final em 2001 - 2005, contudo, com a nova Diretiva nº 2012/27/EU passou para a redução de 20 % para o ano de 2020. O aparecimento da recessão económica veio alterar novamente estas metas, passando o valor a ter em conta de redução de 25% até 2020 [6, 7].

Para o cumprimento deste objetivo, começou-se por analisar o antigo PNAEE de 2008. Através dessa análise foi possível estabelecer uma continuidade no PNAEE 2016, com algumas modificações, tais como, melhoria nas medidas existentes, retiradas medidas não implementadas ou com impacto reduzido. Foram também criadas alterações devidas a realidade nacional. As novas medidas adicionadas tem em conta as novas diretivas e orientações europeias, tais como a Diretiva nº 2009/125/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 21 de outubro de 2009 e a Diretiva nº 2010/31/EU, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de maio de 2010 [6].

Os eixos de atuação destes planos (PNAEE 2016 e PNAER 2020) são bem específicos, sendo eles a ação, a monotorização e a governação. Estando o PNAEE inserido no plano de governação.

Este plano, possui um agregado de dez programas com medidas para uma maior eficiência energética, distribuídos pelas áreas específicas, transportes, residencial e serviços, indústria, estado, comportamentos e agricultura [7].

De acordo com *Diário da República, 1.ª série – N.º70 – 10 de abril de 2013.* A Figura 2.5 distribui numa tabela estes programas pelas áreas a aplicar.

	ÁREAS					
	Transportes	Residencial e Serviços	Indústria	Estado	Comportamentos	Agricultura
PROGRAMAS	Eco Carro	RenoveCasa & Escritório	Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia	Eficiência Energética no Estado	Comunicar Eficiência Energética	Eficiência no setor Agrário.
	Mobilidade Urbana	Sistema de Eficiência Energética nos Edifícios				
	Sistema de Eficiência Energética nos Transportes	Solar Térmico				

Figura 2.5 - Áreas e programas do PNAEE 2016 (*Diário da República, 1.ª série – N.º70 – 10 de abril de 2013*). [6]

O governo, através da aplicação do PNAEE aos vários setores de atividade, espera uma poupança induzida de 8,2 % de energia até 2016, relativamente ao período de 2001- 2005, sendo que a meta da União Europeia esta definida para 9 % [6, 7]. A Tabela 2.2 traduz o resumo das distribuições das reduções afetas ao PNAEE 2016.

Tabela 2.2 - Resumo dos impactos do PNAEE 2016 por programa (*Diário da República, 1.ª série – N.º70 – 10 de abril de 2013*). [6]

Programa	Potenciais Economias (tep)	%	Meta 2016 (tep)
Transportes	344.038	23%	1.501.305
Residencial e Serviços	634.265	42%	
Indústria	365.309	24%	
Estado	106.380	7%	
Comportamentos	21.313	1%	
Agricultura	30.000	2%	

O valor então estimado de poupança será de aproximadamente 1501 ktep. Este valor equivale assim ao valor de 8,2 % estipulado como meta.

2.3.4. SGCIE

O regulamento SGCIE surge no PNAEE (2008), mais propriamente na Resolução do Conselho de Ministros nº80/2008, aparecendo no âmbito da Estratégia Nacional para a Energia, devido às elevadas emissões existentes nas indústrias. Este regulamento tem o nome específico Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia [2, 7].

Este regulamento impõe uma meta às instalações consumidoras intensivas de energia (CIE), que realizem auditorias energéticas de forma periódica para cumprirem as reduções nos indicadores energéticos. Pede-se a estas CIE, auditorias que tenham como objetivo o aumento da eficiência energética, a verificação da utilização da energia e promoção da utilização de energias renováveis. O SGCIE tem como objetivo comprometer as empresas à elaboração do Plano de Racionalização de Energia (PREn), e com a implementação deste, através de acordos com a DGEG, para que a empresa não sofra penalidades pelo não cumprimento das metas exigidas por este regulamento [7].

A Figura 2.6 expressa assim os passos fundamentais e obrigatórios que o SGCIE tem definido [7].

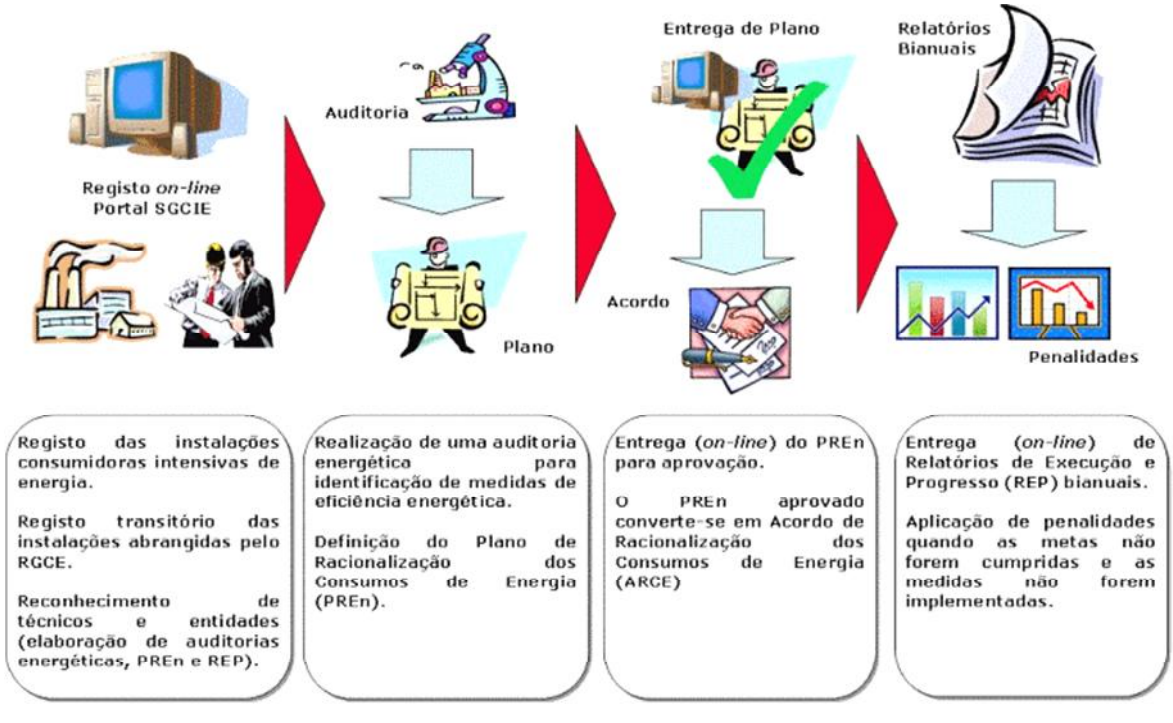


Figura 2.6 - Procedimento para o cumprimento do SGCIE (ADENE, 2010)[7]

Implementado para instalações consumidoras intensivas de energia com consumos superiores a 500 tep/ano, também é aplicado a empresas cujo consumo energético seja inferior a 500 tep/ano que pretendam, de forma voluntária, criar acordos para a racionalização de consumos de energia. Estão excluídas deste regulamento instalações de cogeração juridicamente autónomas, empresas de transporte e com frotas próprias consumidoras intensivas e energia, instalações com consumos intensivos de energia (CIE) sujeitas ao Plano Nacional de Atribuição de Licenças de Emissão (PNALE) e edifícios abrangidos pelos Decreto-Lei nº 78/2006, 79/2006 e 80/2006, exceto quando integrado na área de uma instalação industrial consumidora intensiva [2, 7, 8].

Este regulamento está regulamentado pelo Decreto-Lei nº71/2008, de 15 abril, e pela Portaria nº 519, de 25 junho, que estabelece as habilitações e experiência para reconhecimento dos técnicos e das entidades para a realização das Auditorias Energéticas (AE) [8].

Para os cálculos de emissões carbónicas e consumo de energia nas diversas formas, o documento que publica esses fatores de conversão é o Despacho nº 17313/2008, de 26 junho.

As regras na execução das AE e dos PREn vêm estabelecidas no Despacho nº 17449/2008, de 27 de junho [8].

2.3.5. **Sistema de Gestão de Energia (SGE) – ISO 50001:2011**

Elaborada, ao longo de três anos, por uma Comissão de Projeto da ISO, composta por peritos de energia, ambientais e de sistemas de gestão, publicada em 2011, a norma ISO 50001, define os requisitos para o sistema de gestão de energia, que tem como objetivo a redução dos custos operacionais com a energia consumida, sem afetar a produção e promover a redução das emissões de gases de efeito de estufa. Esta norma baseia-se na metodologia "*Plan-Do-Check-Act*" [Figura 2.7], conhecida pelos certificados com a norma ISO 14001, que

vem permitir às organizações otimizar o seu desempenho energético global através do estabelecimento dos sistemas e processos necessários [9].

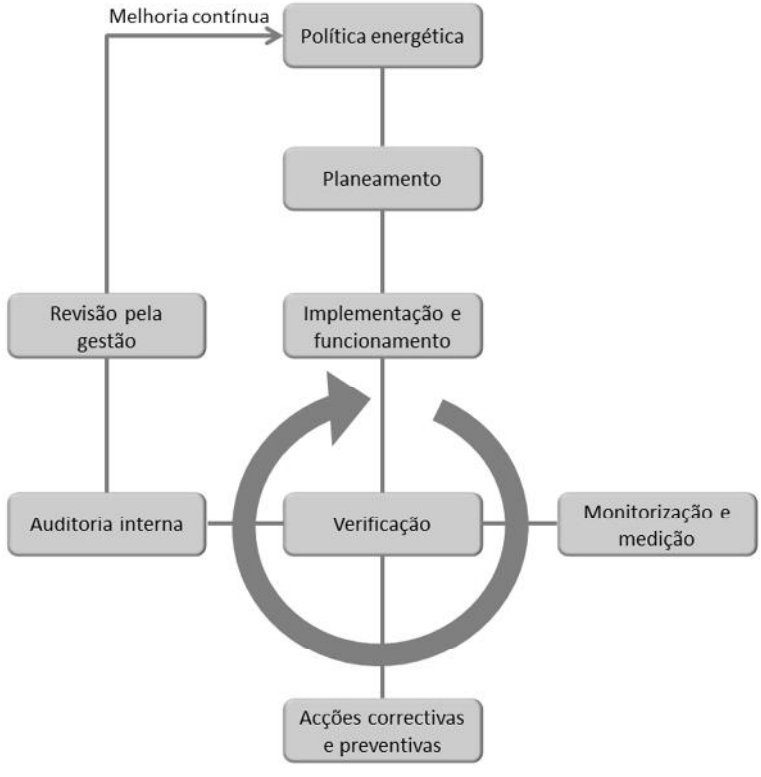


Figura 2.7 - Modelo esquemático para um Sistema de Gestão de Energia (adaptado da ISO 50001:2011). Fonte: APCER [9]

Uma gestão, segundo um Sistema de Gestão de Energia, tem planos de conhecer a razão do consumo de energia, como, onde e quando, contabilizar os consumos energéticos, dispor de dados para tomar decisões, agir aquando da otimização e controlar através da monotorização ações e investimentos.

Esta norma internacional é voluntária e pode ser aplicada por todas as organizações no sentido de as ajudar na avaliação das instalações e no melhor uso e gestão da energia para uma promoção da eficiência energética, sendo uma mais-valia quando agrupada a outros sistemas de gestão de organização, tais como a norma ISO 9001 e a da norma ISO 14001 [8, 9].

A utilização de SGE pode permitir um aumento da eficiência energética média de 3% [8].

2.4. Setor do Gás de Petróleo Liquefeito (GPL)

O Gás de Petróleo Liquefeito (GPL) consiste numa mistura de gases de hidrocarbonetos de baixo peso molecular, essencialmente em C3 e C4, condensáveis, presentes no gás natural ou dissolvidos no petróleo. Os seus principais componentes são o propano com três átomos de carbono e oito de hidrogénio, com ligações simples entre si (C_3H_8) e o butano com quatro átomos de carbono e dez de hidrogénio, também com ligações simples entre si (C_4H_{10}) [10,11,12].

Figura 2.8 - BM-C-33, Repsol Brasil [13]

A principal fonte de obtenção é no petróleo bruto, também chamado crude. Na refinação de petróleo ele aparece como um subproduto no processo de craqueamento catalítico (processo de quebra de cadeias longas em mais curtas). O craqueamento dos hidrocarbonetos do petróleo pode também ocorrer em condições naturais, no subsolo, devido ao próprio calor da energia geotérmica. Também pode ser obtido através da refinação do petróleo [10].

Os componentes do GPL, propano e butano, à temperatura e pressão ambiente, encontram-se no estado gasoso. Porém, como são fáceis de condensar (5 -10 atmosferas), é no estado liquido que a sua venda e transporte é efectuado, cumprindo os valores fixados no Anexo I do Decreto-Lei nº 89/2008 de 30 de maio, republicado pelo Decreto-Lei nº 142/2010 de 31 de dezembro [10,11,12].

Este produto é utilizado em vários aparelhos com os quais estamos familiarizados, tais como, fogões, aquecedores, caldeiras, automóveis, candeeiros, máquinas agrícolas, empilhadores, grelhadores, aparelhos de soldar e muitos outros. Devido à diversidade de utilizações, torna-se assim um produto essencial na nossa qualidade de vida.

2.4.1. Breve história do GPL em Portugal

Segundo a informação disponível na página online da *Associação Portuguesa de Empresas Petrolíferas* (APETRO) [14], a história do GPL, em Portugal, tem o seu desenvolvimento na ordem que está descrita na Tabela 2.3.

Tabela 2.3 - História do GPL em Portugal. Fonte: APETRO [14]

1938	*Inicia-se o projeto de distribuição de GPL em Portugal.*
	Em 31 de dezembro, é concedido a António Lopes Pinto Coelho o "Alvará nº 1 de Autorizações Gerais de Importação de 150 toneladas anuais de butano".
1939	*Em 6 de janeiro, é concedido à SACOR o "Alvará de Importação nº 1 de autorizações gerais de importação, sendo-lhe fixado um contingente anual de 150 toneladas.*
	É constituída a Sociedade CIDLA com 51% de capital SACOR, que adquire a António Lopes Pinto Coelho o respetivo Alvará.
1940	*Por Despacho Ministerial de 16 de fevereiro, são transferidos para a CIDLA todos os direitos conferidos à SACOR pelo seu "Alvará de Importação nº 1".*
	Inicia-se a importação de butano dos Estados Unidos da América em garrafas de 100 kg, sendo distribuído sob a designação comercial de GAZCIDLA, em garrafas de 10 e 13 kg.
	O consumo de butano atingiu, nesse ano, as 28 toneladas.
1953	*Deixam de ser fixados contingentes para os GPL*
	O consumo de butano atinge as 1807 toneladas anuais.
1954	*Em 15 de outubro, a SACOR inicia a produção de GPL na Refinaria de Cabo Ruivo.*
1960	*A Mobil Oil Portuguesa, SARL e a Shell Portuguesa, SARL iniciam a distribuição de GPL no mercado português.*
1964	*Entra no mercado de GPL a Companhia Portuguesa dos Petróleos, BP, SARL.*
1965	*Entra no mercado de GPL a Sociedade Nacional de Petróleos, SONAP, SARL.*
1968	*A Esso Portuguesa, SARL entra no mercado de GPL.*
1975	*São nacionalizadas as empresas SACOR, SONAP, CIDLA e PETROSUL.*
1976	*É criada a PETROGAL, que resulta da fusão e consequente extinção das empresas nacionalizadas em 1975. Os GPL, até aí comercializados pela SONAP e pela CIDLA, passam a sê-lo pela Petrogal.*
	Participam no mercado de GPL 5 empresas: PETROGAL, BP, SHELL, MOBIL e ESSO.
1992	*A REPSOL Portuguesa entra no mercado de GPL.*
2001	*Em julho, a Sigás A.C.E., Agrupamento Complementar de Empresas, formado pela Petrogal, BP e Borealis, inaugura em Sines um complexo de armazenagem subterrânea, constituído por uma caverna com cerca de 83.000 m3 de capacidade destinada à armazenagem de propano a receber, através do Porto de Sines, em barcos de grande tonelagem.*
2004	*A REPSOLYPF adquire os negócios de combustíveis líquidos e de GPL que o Grupo SHELL detém em Portugal.*

2.4.2. Importância do GPL em Portugal

A utilização do GPL em Portugal é iniciada em Lisboa em 1848 com o aparecimento dos primeiros candeeiros de rua alimentados a gás. Estes mantiveram-se em funcionamento até cerca de 1878, quando foram implementados os primeiros cadeeiros elétricos [15].

Figura 2.9 - Terreiro do Paço, destacando-se a estátua equestre de D. José I e o acendedor de candeeiros, Arquivo Municipal de Lisboa, AFML - A12592 [16]

A partir daqui, iniciou-se o conhecimento das potencialidades do produto e muitos equipamentos foram então criados para o seu consumo.

Estes equipamentos como, por exemplo, o fogão a gás, começava a ser utilizado em todos os edifícios, e assim se iniciava a expansão da utilização do gás, e a sua distribuição pelo resto do país.

Hoje em dia, o consumo de GPL no país continua, contudo, os equipamentos e a facilidade do uso do gás natural, em detrimento das conhecidas garrafas de gás, tem vindo a contribuir para o decréscimo deste negócio de distribuição. Mas nem todo o país tem à sua disponibilidade o gás natural, estando ainda estes locais dependentes do gás de garrafa. Para além disso, existem locais que, mesmo existindo o gás natural à sua disposição, preferem manter o uso de GPL devido ao seu poder calorifico superior ao do gás natural [17].

Apesar disso, o consumo de gás propano e gás butano em Portugal, tem vindo a decrescer, devido ao aumento constante do uso de energias renováveis, mais precisamente, a substituição das caldeiras de GPL por caldeiras de biomassa, a obrigatoriedade de os novos edifícios terem sistema de aquecimento solar térmico, o uso de placas elétricas em vez dos fogões a gás e o aumento do uso de gás natural nas zonas onde este está presente.

Figura 2.10 - Camião de distribuição de gás propano e butano embalado [18]

Contudo, a fatia de GPL destinada ao GPL Auto, tem aumentado, graças ao seu baixo preço comparativamente com gasóleo e gasolinas, que têm levado cada vez mais os cidadãos a implementar este sistema nos seus veículos [19].

Figura 2.11 - Dístico GPL Auto [19]

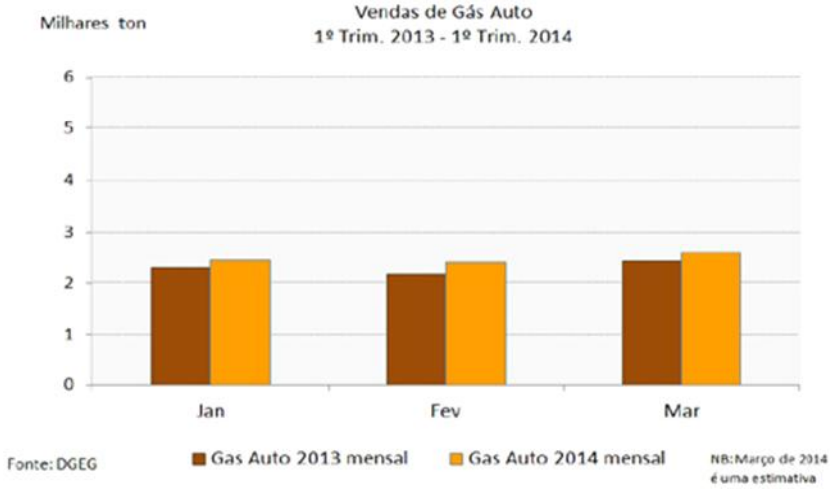


Figura 2.12 - Vendas de Gás Auto 1ºTrim 2013 / 2014 [2]

A Figura 2.13 elaborada com dados da PORDATA [3], demonstra as variações registadas relativamente aos vários tipos de produtos nos anos de 2010, 2011e 2012.

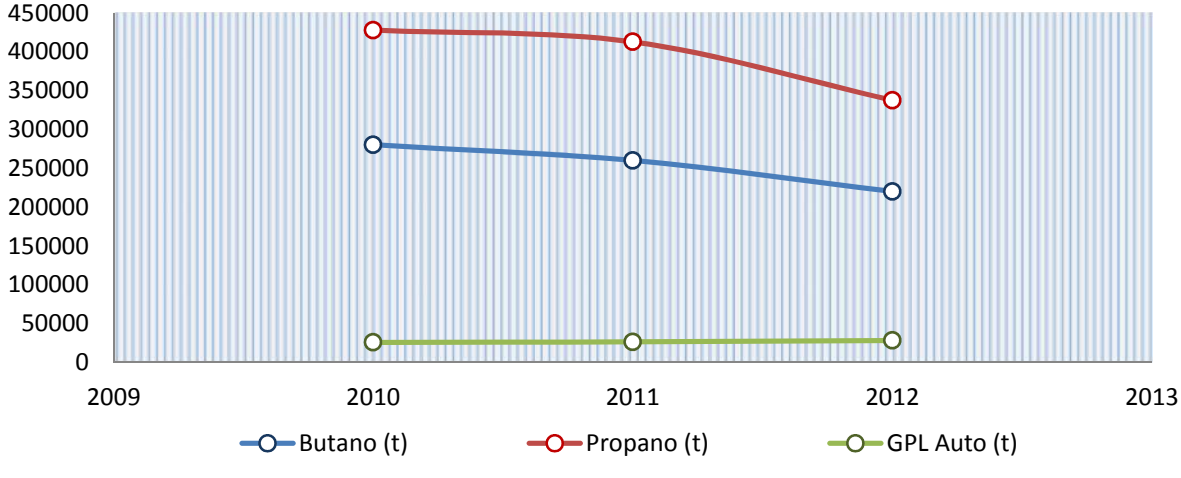


Figura 2.13 - Consumo de Butano, Propano e GPL Auto em Portugal. Fonte: PORDATA [3]

É então altura de repensar o negócio, métodos que permitam ao cidadão voltar a usufruir deste produto com todas as vantagens que dele conhece e como uma energia mais rentável, não só ao nível produtivo como ao nível económico.

3. CARACTERÍSTICAS DA INSTALAÇÃO EM ESTUDO

3.1. Infraestrutura

Localizada na Av. D. Afonso Henriques 1545, 4454 - 506 Matosinhos, a instalação da REPSOL PORTUGUESA, SA, é uma instalação de armazenagem e expedição de combustíveis líquidos (rodoviários), derivados do petróleo e de gases de petróleo liquefeito, com capacidade para 61.692 m^3 e de enchimento de garrafas e carros cisterna com gases de petróleo liquefeito, para expedição e comercialização [20].

Figura 3.1 - Vista panorâmica total da instalação, imagem disponível no folheto do Plano de Segurança da instalação

A localização desta instalação não foi escolhida ao acaso. A sua proximidade com o mar é a principal razão, visto que todos os combustíveis que aqui são transformados, provêm da refinaria do Porto, seja por pipeline ou por transporte terrestre.

Porém, ao redor da instalação, existem atualmente prédios de habitação, edifícios de escritórios, instalações comerciais, outras infraestruturas urbanas e espaços públicos, que têm de ser assegurados face à proximidade desses produtos perigosos, o que obriga a instalação ao cumprimento de determinadas regras específicas. Essas regras são cumpridas escrupulosamente pela REPSOL, através do cumprimento do Plano de Emergência Externo da cidade de Matosinhos para o complexo industrial, elaborado em 1992, sendo, posteriormente, atualizado em 2001 pela entrada em vigor da Diretiva Seveso II [21]. Estas regras de segurança

são muito restritivas no que respeita a vestuário que tem ser anti – estático e os aparelhos elétricos têm que ter proteção. O calçado tem que ter biqueira de aço e ser anti – estático. O uso de capacete, para proteção da cabeça de eventuais choques é obrigatório. Os espaços de circulação devem estar devidamente sinalizados e devem ser rigorosamente seguidos para circulação e para os casos de emergência. Tudo tem de estar de acordo com as condições exigidas por esta Diretiva.

Esta instalação tem duas zonas principais: a zona de armazenagem, circuitos de produtos e locais de expedição e uma zona de enchimento de garrafas com GPL. Existem também diversos edifícios de apoio [20].

A zona de foco deste estudo situa-se no espaço que está concedido à REPSOL GÁS PORTUGAL SA. Nesta zona encontra-se, o centro de enchimento de garrafas GPL, identificado no local como CEGPL (1e 2 na Figura 3.2) e o parque de enchimento de camiões tanque GPL, identificada como PEC (3 na Figura 3.2).

Figura 3.2 - Vista aérea da zona da instalação dedicada ao GPL. Fonte: Google mapas

A principal função destes espaços é a expedição de GPL por veículos cisterna, expedição em veículo de GPL embalado e o enchimento de garrafas GPL.

Para que esta atividade seja bem concebida, situam-se na zona sul da instalação os locais de armazenamento de propano e butano (GPL), que são no total quatro esferas, duas

de butano e duas de propano. Para além destas, existem ainda dois reservatórios horizontais de propano. As duas esferas de butano têm capacidade total de 4862 m^3 e as duas esferas de propano mais os dois reservatórios horizontais têm capacidade total de 3591 m^3.

Existe também em frente do CEGPL uma área livre denominada de armazém, que é utilizada para armazenamento de garrafas cheias e vazias, receção de garrafas vazias e expedição de garrafas cheias [20].

3.1.1. Regime de laboração

O regime de laboração desta zona da instalação difere consoante a época do ano. Durante o período compreendido entre os meses de setembro a abril inclusive, o horário de funcionamento é das 06.30 h às 21:00 h. No período de maio a agosto o horário de funcionamento é das 06:30 h às 15:30 h.

A instalação encontra-se sem operar aos fins de semana, feriados nacionais, feriado municipal da cidade de Matosinhos e dia de carnaval.

Durante o período de funcionamento há rotatividade laboral que é feita por turnos ajustados à época de funcionamento.

3.1.2. Paragens anuais

A única paragem de produção anual de referência trata-se do dia em que é efetuado o simulacro de incêndio na instalação.

3.2. Descrição do processo produtivo

O processo produtivo nesta instalação, inicia-se no GPL presente nas esferas e nos reservatórios. Quando chega a estes locais, vindo do gasoduto, é devidamente odorizado para ser facilmente detetada qualquer tipo de fugas que posso existir.

Este GPL quando sai das esferas é cuidadosamente encaminhado para as devidas secções, CEGPL e PEC, através de uma zona de bombagem, Figura 3.3, onde existem cinco bombas e dois compressores. Duas das bombas estão destinadas ao CEGPL, no caso identificadas como P1A e P1B, ambas com 37 kW de potência e outras duas destinadas ao

PEC, no caso P2A e P2B, ambas com 30 kW de potência. A particularidade da montagem destas bombas permite que cada uma tenha autonomia para encaminhar butano ou propano, sendo assim uma mais-valia em termos de segurança, no caso de avaria.

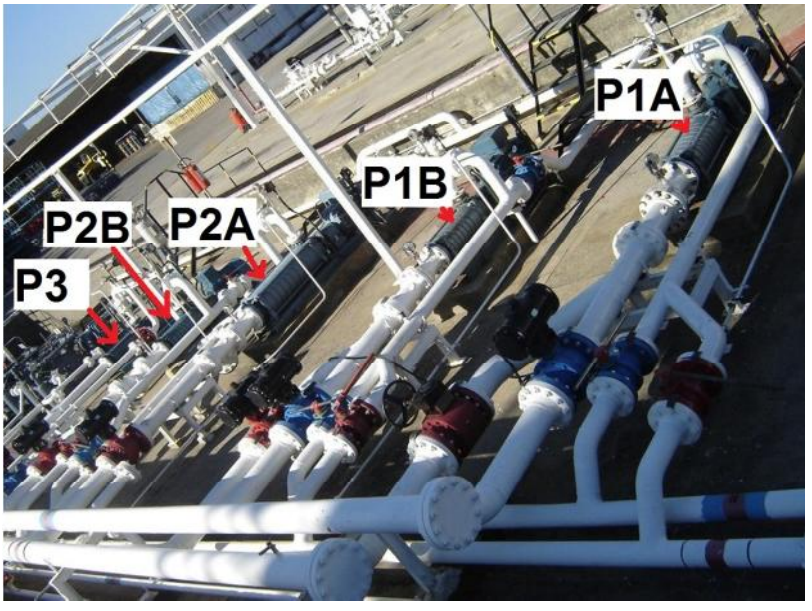


Figura 3.3 – Centro de bombagem

Outra mais valia é a capacidade de uma das bombas que está dedicada ao CEGPL também ter capacidade para trabalhar com o PEC, e uma dedicada ao PEC também ter capacidade de trabalhar com o CEGPL, no caso de avaria. Consegue-se, com estas opções, uma maior segurança no escoamento do produto, não havendo qualquer paragem na produção com avarias indesejadas nas bombas. Para além destas bombas, no mesmo local existe ainda uma bomba de emergência, identificada como P3 com uma potência de 15 kW, que não consegue manter todo o caudal necessário no CEGPL, mas serve para assegurar um pouco o trabalho urgente. Os dois compressores existentes, de 15 cv de potência cada, são usados durante o ano para vazamento do ar sobre pressão, presente nas esferas e viaturas.

No caso do GPL que é encaminhado para o CEGPL, a entrada no centro é realizada através de tubagem e é posteriormente encaminhado para as linhas presentes no centro. Uma linha direcionada às garrafas com 26 litros de capacidade em água (G26), outra linha direcionada às garrafas com 110 litros de capacidade em água (G110) e 84 litros de capacidade em água (G84) e ainda uma pequena linha de enchimento manual de garrafas com menor consumo. Caso estas linhas não necessitem de toda a quantidade de GPL que é enviado, existem linhas de retorno que devolvem o mesmo às esferas.

No que diz respeito ao GPL que é encaminhado para o PEC, a bombagem é feita para uma ilha que o encaminha diretamente para o camião cisterna.

3.2.1. CEGPL

Este centro é composto por um armazém exterior e um pavilhão onde se realiza o enchimento das várias garrafas disponíveis com gás butano e propano. Este espaço engloba quatro zonas principais: uma linha G26 automatizada dedicada ao enchimento de garrafas G26 com gás butano ou propano, uma linha G110 automatizada dedicada ao enchimento de garrafas G110 e G84 com gás propano e uma outra linha secundária para enchimento manual de garrafas K6 e de carburação. Ainda outra linha para enchimento manual de garrafas G84 e uma zona de vazamento de garrafas que vão para requalificação.

3.2.1.1. Linha G26

Na linha G26, o processo de produção inicia-se com a colocação de duas jaulas de trinta e cinco taras no início da linha com a ajuda de um empilhador. De seguida, através de uma unidade hidráulica, são empurradas para a linha de enchimento dois grupos de sete taras, sete da jaula de cima e sete da jaula de baixo. Após entrarem no circuito, são encaminhadas em linha para o centro de lavagem de baixa pressão (BP), onde recebem a primeira lavagem, ao que se segue uma lavagem na estação de alta pressão (AP). No final desta, encontra-se um operário que verifica a limpeza individual de cada uma, a presença do disco de identificação do produto e a tampa. Caso ainda exista sujidade, este operário envia a tara para uma linha paralela, onde a tara sofre um banho de sabão e passa numa máquina da escovagem para garantir a limpeza total, regressando posteriormente à linha antes da lavagem de alta pressão e assim se encontra de volta à sequência. Caso a tara não se encontre em condições de utilização, o operador coloca a garrafa numa linha onde esta será reencaminhada para requalificação. No caso de a tara estar em conformidade com os parâmetros exigidos, segue para a fase seguinte, onde passa por uma balança monitorizada por outro operador que insere um código referente ao peso da tara em vazio, para dar a informação ao carrossel de

Figura 3.4 - Garrafas de gás Repsol circulantes na linha G26

enchimento sobre a quantidade de GPL a encher. Dá-se assim a entrada da tara no carrossel de enchimento. Este tem capacidade para encher 24 garrafas e, ao mesmo tempo, reenviar a garrafa para a linha, assim que se verificar o seu enchimento com GPL. Quando é devolvida à linha, a garrafa é novamente pesada numa balança. Se não estiver de acordo com o peso que é permitido naquela tara com GPL, é empurrada para uma linha de verificação, onde fica em espera até um operador verificar o que de facto se está a passar com a mesma. Quando se encontra em conformidade, passa de imediato num sensor de fugas de gás. No caso de esta ter alguma fuga é empurrada para a linha de verificação. Logo que não se verifique nenhuma fuga, segue o curso na linha. Neste circuito, a etapa seguinte é a passagem por um sensor de contagem de taras, seguida da colocação da tampa na válvula da garrafa, feita por um operador. Depois de colocada esta tampa, a garrafa passa num equipamento que lhe coloca o devido selo que vai ser selado no aparelho seguinte, que é apoiado por uma caldeira de vapor. A tarefa seguinte passa pela verificação da presença deste selo por parte dum sensor que, caso não o detete, envia a tara para uma linha que volta a colocar a tara à entrada do equipamento de colocação de selo. Verificando-se a presença do selo, as garrafas seguem para junto da unidade hidráulica onde são colocadas catorze garrafas cheias de cada vez, sete em cada jaula, à medida que são empurradas outras catorze vazias para a linha de enchimento. Assim que se verifique o enchimento total das duas jaulas, no total de setenta garrafas, o empilhador pega nestas duas jaulas e coloca-as no armazém.

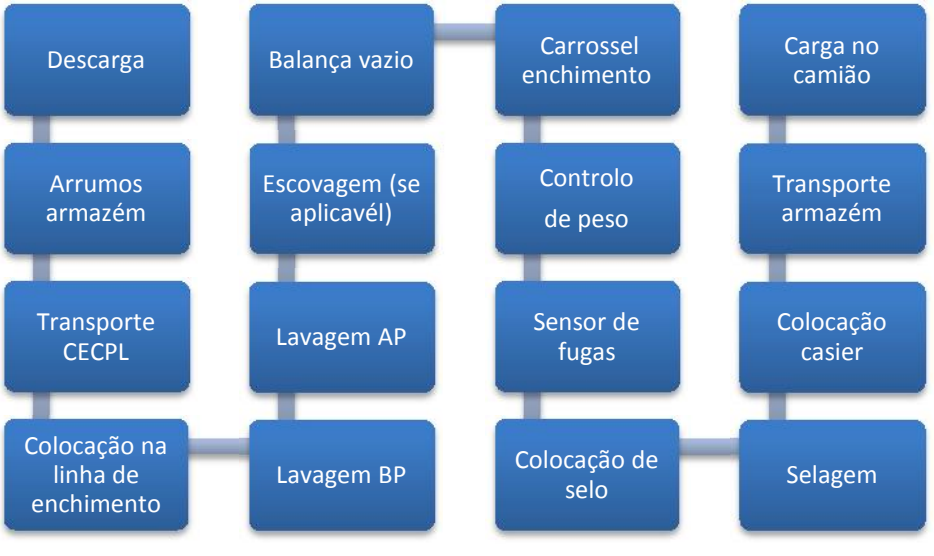


Figura 3.5 - Fluxograma generalizado do processo de enchimento de garrafas G26

3.2.1.2. Linha G110/G84

Na linha G110/G84, o processo de produção inicia-se com a colocação das jaulas com onze/quinze garrafas vazias junto da linha de enchimento, por um empilhador. De seguida, são movimentadas grupos de três garrafas das jaulas para a linha por um operador, com o auxílio de um pequeno elevador colocado na parte superior do edifício. As garrafas G110 são colocadas diretamente na linha e as garrafas G84 são colocadas em copos com a forma das garrafas G110 existentes na linha. Após a entrada no circuito, a primeira paragem é num operador que, em simultâneo com a pesagem da garrafa na balança, insere um código referente ao peso da tara em vazio. No caso das garrafas G110, essa informação é fornecida ao carrossel de enchimento para este calcular a quantidade de produto a encher na mesma. Segue-se a entrada da tara no carrossel de enchimento. Este tem capacidade para encher doze garrafas ao mesmo tempo e envia de volta a garrafa para a linha, assim que se verificar o seu enchimento completo com gás propano. No caso das garrafas G84, após pesagem, a garrafa segue uma linha independente, paralela ao carrossel de enchimento de garrafas G110, até à zona onde é efetuado o enchimento manual. Feito o enchimento, as garrafas são encaminhadas para a linha principal G110. Aqui as garrafas são novamente pesadas noutra balança. Caso se verifique a existência de alguma garrafa cujo peso não está de acordo com o que é permitido naquela tara com gás, é empurrada para uma linha de verificação, onde fica em espera até um operador verificar o que de facto se está a passar com ela. Quando se encontra em conformidade, passa de imediato num sensor de fugas de gás. No caso de existir alguma fuga é empurrada para a linha de verificação. Feita a verificação e não havendo fuga, segue o curso na linha. Neste circuito, a etapa seguinte passa por um sensor de contagem de taras que antecede a colocação da tampa na válvula da garrafa, por um operador. Depois de colocada esta tampa, a garrafa passa no equipamento que lhe coloca o selo e no aparelho seguinte, que é apoiado por uma caldeira de vapor, este selo é selado. De seguida passa pela verificação da presença deste selo por parte um sensor, que caso não o detete, envia a tara para uma linha onde vai aguardar a colocação do mesmo por parte de um operador. Verificando-se a presença do selo, as garrafas seguem para junto do início da linha onde são recolocadas três garrafas cheias de cada vez por

Figura 3.6 - Garrafas de gás Repsol circulantes na linha G110/G84

um operador, perfazendo onze em cada jaula. Assim que se verifique o enchimento total da jaula, o empilhador carrega-a para o local definido no armazém exterior.

Figura 3.7 - Fluxograma generalizado do processo de enchimento de garrafas G110/G84

3.2.1.3. Linha secundária

O tipo de garrafas que são cheias nesta zona, não têm consumo acentuado por parte do consumidor, tornando-se assim um produto auxiliar na venda dos outros. Por isso esta linha é manual, sendo realizada por um operador que faz todos os enchimentos, verificação de condições das garrafas e colocação nas devidas jaulas.

Figura 3.8 - Garrafas de gás Repsol (carburação e K6) cheias na linha secundária

3.2.1.4. Zona de vazamento para requalificação

Esta zona do pavilhão é destinada às garrafas que não se encontram em condições de serem enviadas para o mercado. Aqui, as garrafas são colocadas nuns apoios específicos e é conectado um compressor que envia os restos que possam existir na garrafa para um reservatório de 2400m^3 que, posteriormente, reenvia este GPL para as esferas com o auxílio de uma bomba.

3.2.1.5. Armazém

Situado na zona exterior frontal do pavilhão, este local é muito importante pois é aqui que os empilhadores se encontram em funcionamento para trocas de jaulas com garrafas vazias por jaulas com garrafas cheias, armazenamento das garrafas de gás, e é onde se dá o carregamento e descarregamento dos camiões que vão transportar as garrafas da instalação para os concessionários.

3.2.2. PEC

A zona destinada ao abastecimento dos camiões cisterna situa-se junto ao local onde estão as bombas de enchimento. Este local é de uma simples ilha com dois locais de enchimento de GPL.

3.2.2.1. Ilha de enchimento

Quando um camião cisterna dá entrada na instalação, este é revisto e pesado na receção. De seguida desloca-se para a ilha de enchimento. Onde a mangueira de enchimento é ligada ao camião cisterna, e são tomadas todas as medidas de segurança. Apenas é necessário ligar a bomba de enchimento para dirigir o GPL das esferas para dentro da cisterna. Depois de estar cheia, desliga-se a bomba e desconecta-se a mangueira. Na hora de abandonar a instalação, este camião é pesado para saber, ao certo, a quantidade de GPL que transporta. Cada operação de enchimento de um camião de 7 toneladas dura cerca de 20 minutos.

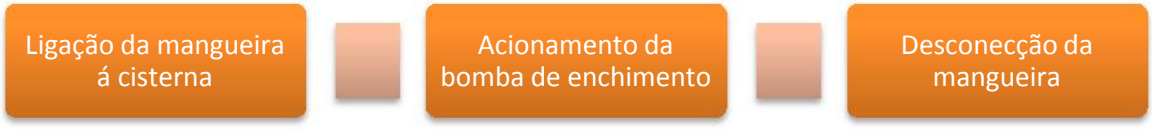


Figura 3.9 - Fluxograma generalizado do processo enchimento camião cisterna

3.2.3. **Consumíveis**

De acordo com o Plano de Emergência Interno [20], as materias consumidas nesta instalação são apresentadas de seguida.

3.2.3.1. Água potável

Alimentada pela rede geral dos Serviços Municipalizados de Matosinhos. Serve a reserva de água do Serviço de Incêndios, as instalações sanitárias, os balneários e outros serviços.

3.2.3.2. Água da rede de incêndios

Obtida a partir de um reservatório de Serviço de Incêndios, de 800 m^3, interligado com o reservatório da BP de 900 m^3. Existe também um furo que permite abastecer o Serviço de Incêndios.

3.2.3.3. Energia elétrica

Recebida da rede pública, a partir de um posto de transformação. Este posto possui dois transformadores, com duas entradas de cabos de alimentação. As características dos transformadores são:

Potência: 2x630 = 1.260 kVA;

Tensão: 6000V / 400V.

3.2.3.4. Rede de ar comprimido

Constituída por um reservatório de ar de 4 m^3, uma rede de tubagem e um compressor com secador de ar, que mantém a rede à pressão de 6 bar. A rede de ar comprimido alimenta os circuitos das válvulas eletropneumáticas, instalada na Rede de distribuição de GPL e as válvulas eletropneumáticas da Unidade de Recuperação de Gases.

3.2.3.5. Gasóleo

Posto de abastecimento interno de gasóleo, destinado a abastecer os empilhadores que trabalham na instalação e os geradores usados no Sistema de Incêndios.

4. CARACTERIZAÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA NA INSTALAÇÃO EM ESTUDO

4.1. Principais consumos de energia

O consumo de energia nesta zona da instalação tem como principais fontes o gasóleo e a energia elétrica. O gasóleo, como referido antes, é usado para o transporte de taras efetuado pelos empilhadores. Já a energia elétrica é utilizada para todos os componentes afetos às linhas de enchimento e iluminação. Os consumos totais de energia, registados nesta zona nos últimos três anos, estão listados na Tabela 4.1.

Tabela 4.1 - Quantidades consumidas nos últimos três anos por cada energia

	Energia. elétrica	Gasóleo	Total	Total
	[kWh]	[L]	[MJ]	[tep]
2011	509179	26097	1833993875	132,14
2012	453158	21960	1632167761	116,51
2013	427379	23841	1539431796	112,60

Combustível	Unidade	PCI		FE
		MJ / unidade	kgep / unidade	$kgCO_2e/tep$
Energia elétrica	kwh	3,6	0,215	2.186,05
Gasóleo / Diesel *	kg	42,8	1,022	3.098,20

Fonte: Diretiva 2006/32/CE
* superior a 93% metano
* 1000 litros de gasóleo = 0,835 t (Fonte: Portaria 228/90)

4.2. Indicadores Energéticos

A comparação energética entre várias instalações industriais, só é possível através da caracterização de diversos indicadores. Como consta no Artigo 7.º do Decreto-Lei nº 71/2008, os indicadores utilizados no âmbito das auditorias energéticas são: a Intensidade Carbónica (IC), o Consumo Específico de Energia (CEE) e a Intensidade Energética (IE). Estes indicadores têm um papel fundamental, pois permitem caracterizar a situação energética da

empresa na atualiade e ao longo dos anos, assim como a avaliação com padrões nacionais e internacionais no que diz respeito ao mesmo setor industrial. Nas secções seguintes é apresentada a descrição destes indicadores [8, 22].

4.2.1. Emissões e Intensidade Carbónica

O cálculo da Intensidade Carbónica de cada empresa é muito importante no que diz respeito à avaliação da poluição causada. Este cálculo é representado pelo quociente entre a quantidade de gases de efeito de estufa emitidos e a energia primária total consumida na instalação, definida pela equação 1. Segundo o SGCIE, e descrito no artigo 7º (Decreto-lei nº 71/2008, de 15 de abril) pede-se que este valor seja mantido ao longo dos anos, ou se possível reduzido [8, 22].

O seu levantamento é importante para futuras intervenções ou análises. Na Tabela 4.2 apresentam-se os valores obtidos para a instalação em estudo nos últimos três anos.

$$Intensidade\ Carbónica\ (IC) = \frac{Quantidade\ de\ Gases\ Emitida\ (kgCO2)}{Energia\ Primária\ Consumida\ (tep)} \quad (1)$$

Tabela 4.2 - Determinação da Intensidade Carbónica da instalação

Ano de referência	Produto	Consumo de energia [tep]	Emissões CO_2 [t CO_2]	Intensidade Carbónica [t CO_2e/tep]
2011	E. elétrica	109,47	239,31	2,19
	Gasóleo	22,67	70,24	3,10
	Global	132,15	309,55	2,34

Ano de referência	Produto	Consumo de energia [tep]	Emissões CO_2 [t CO_2]	Intensidade Carbónica [t CO_2e/tep]
2012	E. elétrica	97,43	212,98	2,19
	Gasóleo	19,08	59,10	3,10
	Global	116,51	272,08	2,34

Ano de referência	Produto	Consumo de energia [tep]	Emissões CO_2 [t CO_2]	Intensidade carbónica [t CO_2e/tep]
2013	E. elétrica	91,89	200,87	2,19
	Gasóleo	20,71	64,17	3,10
	Global	112,60	265,03	2,35

4.2.2. Consumo Específico de Energia

Este indicador é determinado pelo quociente entre o consumo total de energia primária (considerando apenas 50% da energia resultante de resíduos endógenos e de outros combustíveis renováveis) e o volume total de produção [7, 8, 22, 23], de acordo com a equação 2.

O SGCIE, como previsto no artigo 7º (Decreto-lei nº 71/2008 de 15 de abril) impõe reduções a esta intensidade, nomeadamente 4 a 6 % em 8 anos para empresas com consumos entre 500 e 1000 tep, e para consumos superiores a 1000 tep, uma redução de 6 % em 6 anos [7, 8, 22].

$$Consumo\ Específico\ de\ Energia\ (CEE) = \frac{Energia\ Primária\ Consumida\ (kgep)}{Produção\ (t)} \quad (2)$$

Tabela 4.3 - Determinação do Consumo Específico de Energia da instalação

Ano de referência	Produto	Cons. energia [tep]	Produção [1000 kg de GPL movimentado]	Consumo Específico [kgep/1000 kg GPL movimentado]
2011	Embalado	109,47	32030	
	Granel	22,67	20287	
	Global	132,14	52317	2,53

Ano de referência	Produto	Cons. energia [tep]	Produção [1000 kg de GPL movimentado]	Consumo Específico [kgep/1000 kg GPL movimentado]
2012	Embalado	97,42	30671	
	Granel	19,08	19289	
	Global	116,51	49960	2,33

Ano de referência	Produto	Cons. energia [tep]	Produção [1000 kg de GPL movimentado]	Consumo Específico [kgep/1000 kg GPL movimentado]
2013	Embalado	91,89	28753	
	Granel	20,71	17470	
	Global	112,60	46223	2,44

4.2.3. Intensidade Energética

O cálculo da Intensidade Energética relaciona o consumo total de energia primária (considerando apenas 50% da energia resultante de resíduos endógenos e de outros combustíveis renováveis) com o Valor Acrescentado Bruto (VAB) das atividades industriais diretamente ligadas a essas instalações industriais, de acordo com a equação 3. Cada tipo de indústria tem um indicador relacionado, tornando então este valor num índice económico de eficiência energética [7, 8, 22, 23].

O SGCIE, como previsto no artigo 7º (Decreto-lei nº 71/2008 de 15 de abril) impõe reduções a esta intensidade, nomeadamente 4 a 6 % em 8 anos para empresas com consumos entre 500 e 1000 tep, e para consumos superiores a 1000 tep, uma redução de 6 % em 6 anos [7, 8].

$$Intensidade\ Energética\ (IE) = \frac{Energia\ Primária\ Consumida\ (kgep)}{Valor\ Acrescentado\ Bruto\ (€)} \qquad (3)$$

Para a instalação em estudo não foi possível calcular este indicador, pois não foram fornecidos os dados do Valor Acrescentado Bruto (€).

4.3. Central de ar comprimido

A procura por equipamentos automáticos para controlo e regulação das linhas de produção, leva muitas empresas a adquirir serviços de ar comprimido para melhorar a produtividade da empresa e acelerar trabalhos. O ar comprimido é conseguido através de um compressor de ar. Existem vários tipos de compressores, contudo, todos têm o mesmo inconveniente dos elevados custos que as perdas representam no processo, com grande relevância para as perdas por calor [24].

Nesta instalação, o compressor existente foi adquirido há pouco tempo para combater vários desperdícios. Trata-se de um compressor de 55kW com Variador Elétronico de Velocidade (VEV) que mantêm uma pressão de serviço de 6,5 bar. Esta opção com VEV

combate os desperdícios nas horas de menor consumo, variando a potência do compressor de acordo com as necessidades.

$$Perdas\ de\ ar\ na\ linha\ (\%) = \frac{Pressão\ de\ saida\ do\ Compressor(bar)}{Pressão\ de\ chegada\ a\ caixa\ de\ ar\ (bar)} \square\ 100 - 100 \qquad (4)$$

Perdas até 10% são aceitáveis nestas linhas, acima deste valor pode indicar que existem fugas indesejadas na rede [8].

No caso da instalação em estudo, através da observação dos manómetros existentes, o valor da pressão de saída do compressor é de 6,5 bar e a pressão de chegada aos equipamentos consumidores é de 5,9 bar. Assim, com a aplicação destes valores na equação 4, o valor obtido para as perdas na linha é de aproximadamente 10 %. Assim, podemos concluir que as linhas de ar comprimido desta instalação encontram-se em boa condição de funcionamento.

4.4. Energia reativa

Grande parte das cargas elétricas existentes têm associado consumo de energia ativa e reativa. No caso da energia ativa, é utilizada para produzir trabalho, no caso dos motores para produzir a sua rotação. Já a energia reativa é necessária para produzir o fluxo magnético indispensável ao funcionamento dos motores. Contudo, a utilização deste tipo de energia constitui um elevado trabalho não útil, ocupando espaço no sistema que poderia ser usado por energia ativa, gerando perdas sobre a forma de calor em toda a rede, o que constitui um risco para a qualidade de todo o sistema [24, 25].

A má gestão, para além de por em risco a instalação, também aumenta os custos de operação, já que o consumo excessivo é contabilizado pelas companhias elétricas que penalizam financeiramente as empresas.

A melhor opção para um consumo controlado e adequado da energia eléctrica é através da correção do fator de potência (FP). Este fator mostra-nos o grau de eficiência do uso dos sistemas eléctricos. Caso os valores deste fator estejam próximos de 1,0 o uso da energia eléctrica é eficiente. Se os valores forem baixos, revelam o mau aproveitamento da energia eléctrica assim como uma sobrecarga em todo o sistema [24, 26].

Para a correção do fator de potência e a respetiva compensação da energia reativa é colocada uma compensação automática através da geração local de energia reativa na instalação, constituída por baterias de condensadores. Esta instalação possui essas baterias, no entanto não foi possível observá-las.

4.5. Energia térmica

Em muitas empresas, a energia térmica está associada a grande parte dos consumos de energia.

Nesta instalação existem duas caldeiras de vapor, situadas nas linhas de enchimento e que são responsáveis por criar vapor para a compressão dos selos nas garrafas de gás de cada linha.

Como, estas duas caldeiras têm potências individuais de 12kW e um volume de depósito de 24 litros, são mais que suficientes para criar o vapor necessário. Para rentabilizar este volume sobredimensionado, a empresa tomou a iniciativa de utilizar apenas uma caldeira em cada semana de laboração, distribuindo assim o vapor pelas duas linhas.

Esta opção representou assim uma elevada redução do consumo de energia elétrica e do desperdício de vapor.

4.6. Histórico de consumo de energia

As principais fontes de energia utilizadas na instalação são a energia elétrica e o gasóleo. Estas duas fontes de energia têm expressões diferentes no que diz respeito à quantidade consumida e aos custos anuais que cada uma causa na empresa.

Usando valores de preço de eletricidade e gasóleo médios dos últimos três anos, de respetivamente 0,094€/kwh e 1,17€ / litro [27], podendo ou não ser o que a empresa suporta, elaborou-se a Tabela 4.4, com os valores reais de consumo, mas com valores de custos estimados. Os custos obtidos não correspondem à realidade da empresa, contudo, a sua análise é importante para ter noção das variações que ocorreram ao longo dos anos.

Tabela 4.4 - Contabilidade de consumo de energia anual por tipo de combustível

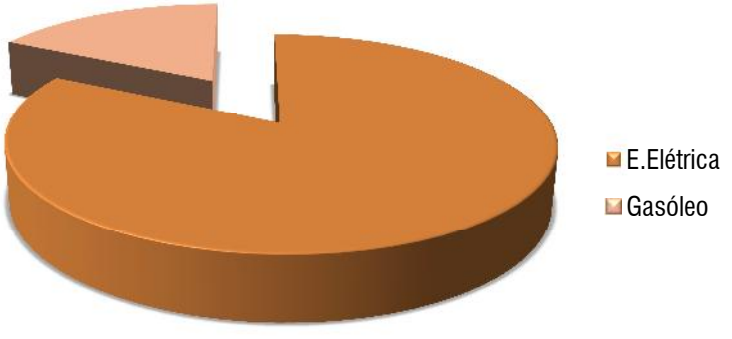
F. de energia	Consumo total anual (2011)							
	Unidade				[tep]	[MJ]	[t CO_2e]	[€]
E. elétrica	509179	kWh			109,5	1833044400	239,31	47361,54
Gasóleo	22,18	t	26097	L	22,7	949475,41	70,24	30048,11
TOTAL	-		-		**132,2**	**1833993875**	**309,55**	**77409,65**

F. de energia	Consumo total anual (2012)							
	Unidade				[tep]	[MJ]	[t CO_2e]	[€]
E. elétrica	453158	kWh			97,4	1631368800	212,98	42596,85
Gasóleo	18,67	t	21960	L	19,1	798960,80	59,10	26519,83
TOTAL	-		-		**116,5**	**1632167761**	**272,08**	**69116,68**

F. de energia	Consumo total anual (2013)							
	Unidade				[tep]	[MJ]	[t CO_2e]	[€]
E. elétrica	427379	kWh			91,89	1538564400	200,86	41028,38
Gasóleo	20,26	t	23841	L	20,71	867396,37	64,17	27608,48
TOTAL	-		-		**112,60**	**1539431796**	**265,03**	**68636,87**

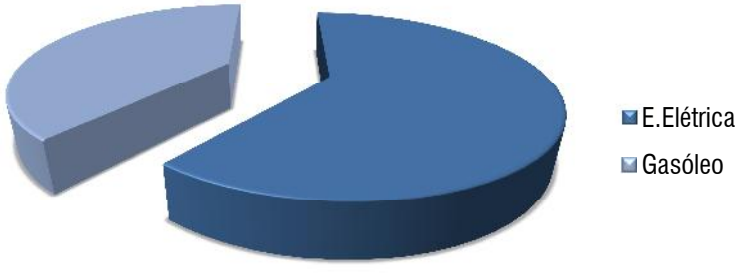
F. de energia	Consumo total anual (médio)							
	Unidade				[tep]	[MJ]	[t CO_2e]	[€]
E. elétrica	463239	kWh			99,60	1667659200	217,72	43662,26
Gasóleo	20,37	t	23966	L	20,82	871944,19	64,50	28058,81
TOTAL	**-**		**-**		**120,4**	**1668531144**	**282,22**	**71721,07**

Através da análise da Tabela 4.4, torna-se importante retirar as percentagens anuais, quer seja em termos de energia primária como de custos, que estão envolvidas nestes consumos. As Figuras 4.1 e 4.2, demonstram essa distribuição.



	2011	2012	2013
E. Elétrica (tep)	109,5	97,4	91,9
Gasóleo (tep)	22,7	19,1	20,7

Figura 4.1 - Dispersão dos consumos médios anuais em tep

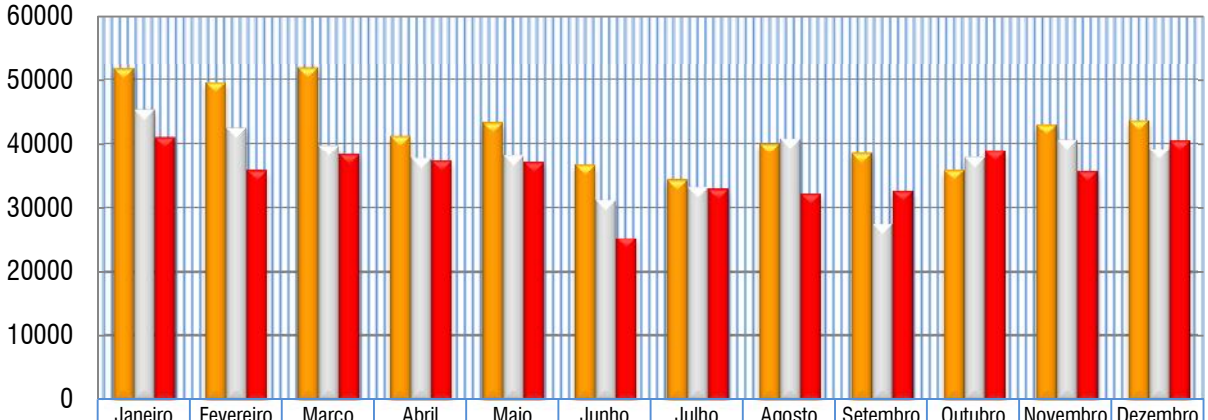


	2011	2012	2013
E. Elétrica (€)	47361,5	42596,9	41028,4
Gasóleo (€)	30048,1	26519,8	27608,5

Figura 4.2 - Dispersão dos custos médios anuais em euros

Verifica-se a importância que o consumo de gasóleo impõe nesta instalação. Apesar do seu volume de consumo ser relativamente mais baixo que o consumo de energia elétrica, o seu custo é superior, com relevância na fatura energética mensal da empresa, representando aproximadamente de 40%.

O consumo de energia eléctrica da zona dedicada à movimentação do GPL nesta instalação, está destinado a iluminação, bombas, compressores, centros de lavagem, transportadores, caldeiras vapor, e ETAR. Os valores apresentados de seguida foram fornecidos pelo levantamento existente do consumo mensal da instalação nos últimos três anos.

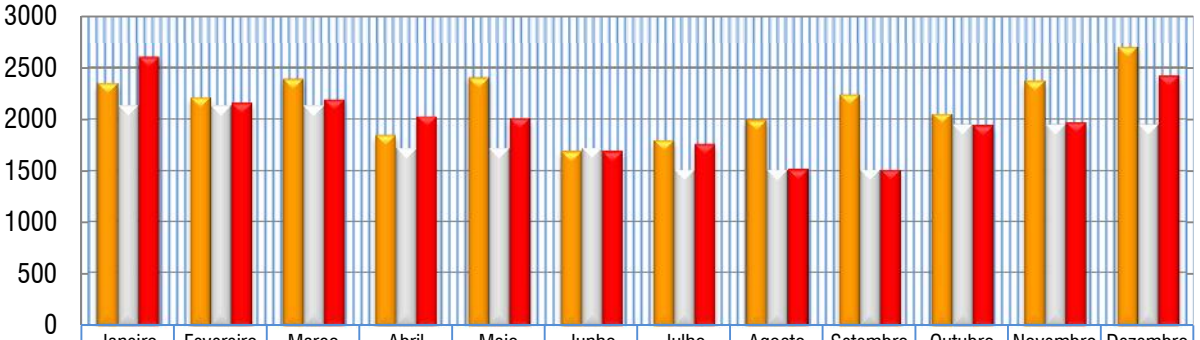


	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
2011	51610	49537	51767	41196	43278	36606	34345	40007	38445	35817	42955	43616
2012	45261	42456	39626	37636	38012	31196	33144	40751	27571	37802	40584	39119
2013	40983	35799	38301	37267	37035	25348	32904	32141	32622	38853	35636	40490

Figura 4.3 – Consumo mensal de energia elétrica nos últimos três anos em kWh

A observação mais relevante deste gráfico prende-se com a tendência de decréscimo da energia consumida na instalação, fruto da constante verificação de novas medidas que permitiram reduzir o consumo de energia elétrica e também da quebra de vendas. Há a salientar alguns meses em que esses valores se invertem, como é o caso de outubro, cuja explicação se relaciona com as estações do ano e variações climáticas ao longo deste, e como este produto é mais consumido em épocas frias, os meses de transição são, por norma, variáveis. O detalhe do consumo mensal nos últimos três anos encontra-se descrito no anexo A.

O consumo de gasóleo da instalação, está destinado maioritariamente aos empilhadores de transporte de jaulas de garrafas de gás e uma pouca quantidade é utilizada para os simulacros feitos no serviço de incêndio da instalação. A Figura 4.4 expressa os valores do relatório existente da quantidade de litros de gasóleo abastecido no depósito da instalação.



	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
2011	2356	2219	2396	1850	2409	1691	1797	1990	2247	2059	2379	2704
2012	2138	2138	2138	1721	1721	1722	1511	1511	1511	1949	1949	1951
2013	2609	2166	2197	2035	2009	1692	1763	1516	1515	1939	1972	2428

Figura 4.4 - Consumo mensal de gasóleo nos últimos três anos em litros [L]

A análise destes resultados não é esclarecedora, comparada com o consumo elétrico, já que há uma redução no consumo no ano de 2012 e volta a aumentar em praticamente todos os meses de 2013. Contudo, com a tendência de decréscimo de venda do produto, era de esperar que este consumo também diminuísse. O aumento deste consumo também pode estar relacionado com o aumento do desgaste dos empilhadores que estão a operar, causando assim um maior consumo. A distribuição do consumo mensal detalhada encontra-se descrita no anexo B.

Analisados estes consumos, torna-se importante verificar a disposição da energia consumida na instalação e comparar com as toneladas de GPL movimentadas nesta instalação. A Figura 4.5 demonstra esses números.

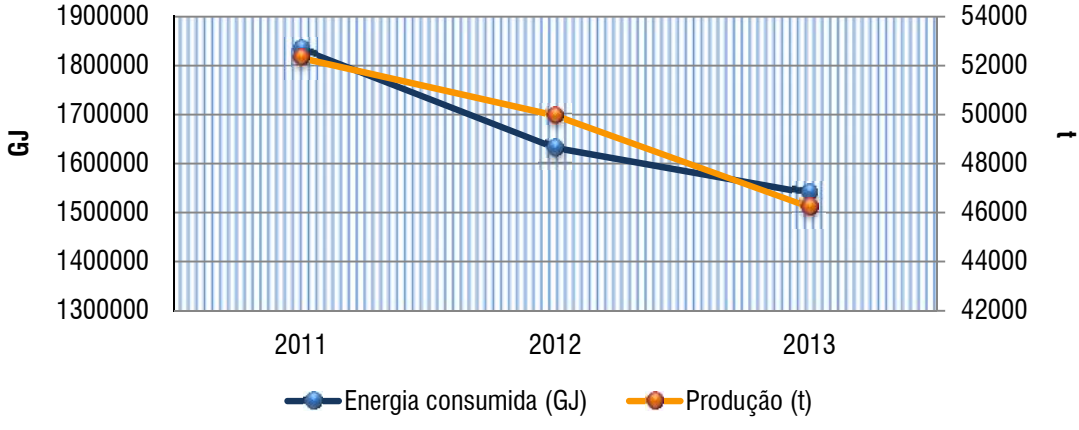


Figura 4.5 - Comparação anual da energia consumida com a produção

Como se pode observar, em 2012 ocorreu o melhor ponto favorável, sendo que se deu uma diminuição dos custos comparativamente com a produção, contudo nos anos de 2011 e 2013 não se observa isso. Uma vez que a amostra só se foca em três anos, é importante frisar, que algum acontecimento esteve na causa desse desvio no ano de 2013. A explicação parte do aumento do gasóleo consumido para movimentar um menor número de toneladas de GPL.

4.7. Desagregação dos consumos da energia elétrica

As horas de funcionamento de cada linha e aparelho não foram fornecidas, contudo foram fornecidas as quantidades de GPL expedidas nos últimos três anos. Comparando esta informação com um levantamento das percentagens de GPL vendidas a nível nacional e com o cálculo da quantidade de GPL que em média cada linha expede, chegou-se aos seguintes valores: 905 h para a linha G26, 2290 h para a linha G110/G84 e 832 h para o PEC.

Relativamente à iluminação, considerou-se um funcionamento de 6,5 h diárias ao longo de 252 dias, e para os períodos noturnos e fim de semana considerou-se 5% do valor total da instalação, que perfez um total de 5106 h.

Para o compressor geral, que têm variador de velocidade, considerou-se um consumo de 26 kW durante as 8 horas diárias de funcionamento nos 84 dias dos meses de verão e 13,5 h de funcionamento diário nos 168 dias dos meses de inverno, perfazendo no total 2940 h em funcionamento. Sendo que em repouso e fim de semana o valor passou a ser de 0,6 kW durante as restantes 5820 h anuais.

O valor total dos consumos considerando estas horas de laboração tem uma relação de 94,8% com o consumo apresentado referente ao ano de 2013, com se pode verificar no anexo C, logo próximo dos consumos reais. A percentagem de erro pode estar relacionada com o facto de ser necessário considerar o enchimento de propano também na linha de garrafas G26 e retirar algumas horas à linha G110. Mas, como a bomba principal trabalha em simultâneo com as duas linhas a funcionar e a distinção entre propano em garrafa G26 ou G110/G84, não foi possível calcular, optando-se pela solução de todo o propano ser considerado cheio na linha G110/G84.

Tabela 4.5 - Horas de funcionamento anuais

PEC		Gás (t)	Funcionamento [h]
20 Min - 7 toneladas	**2011**	20287	966
1 Hora - 21 toneladas	**2012**	19289	919
	2013	17470	832

CEGPL (Butano) (G26)		Gás (t)	Funcionamento [h]
1 Hora - 900*13 kg	**2011**	9999	1000
1 Hora - 10 toneladas	**2012**	9588	959
	2013	9050	905

CEGPL (Propano) (G110)		Gás (t)	Funcionamento [h]
	2011	20487	2561
1 Hora - 8 toneladas	**2012**	19604	2451
	2013	18317	2290

Compressor		Activo [h]	Repouso [h]
Ativo - 26 kW	**2011**	2940	5820
Repouso - 0,6 kW	**2012**	2940	5820
	2013	2940	5820

Iluminação		Tudo ligado [h]	5% Total [h]
Pot. total - 14,0 kW	2011	1638	5106
Noite e fins-de-semana - 5% Total	2012	1638	5106
5% Pot. total - 0,70	2013	1638	5106

Com o levantamento das horas de funcionamento de cada equipamento aliado à potência consumida, foi possível elaborar o gráfico da Figura 4.6, que permitiu identificar quais os setores com maior influência no custo energético, para sobre estes, iniciar o processo de procura de novas medidas de rentabilização energética com melhores resultados.

Como se pode observar, a maior fatia de consumo é referente à bombagem de GPL das esferas para o edifício (38%). Segue-se a central de ar comprimido (21%) e os transportadores das linhas (15%).

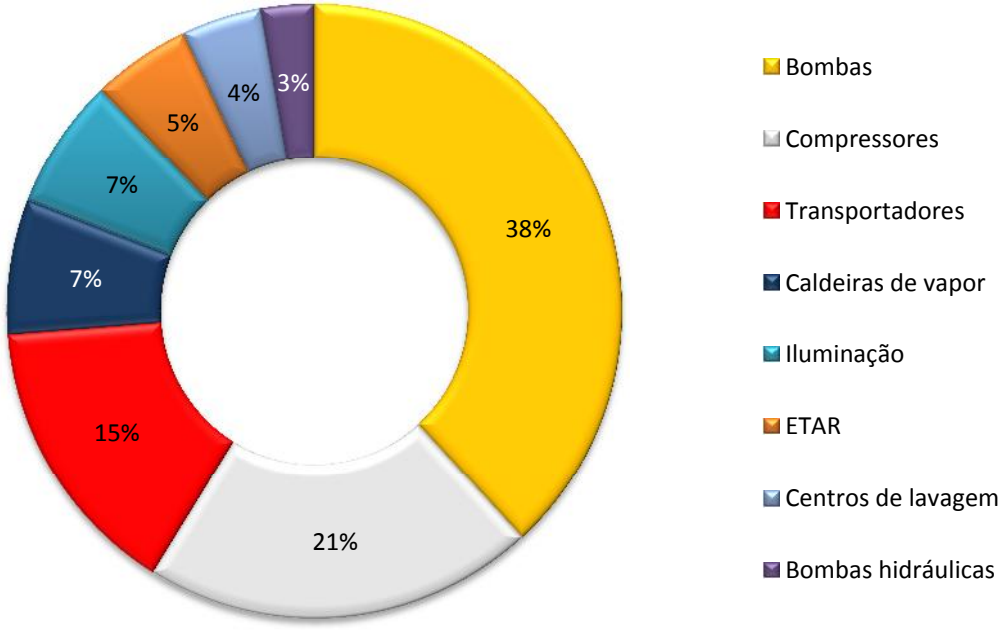


Figura 4.6 - Desagregação dos consumidores elétricos na instalação

4.7.1. Desagregação dos consumos no CEGPL

4.7.1.1. Linha G26

Esta linha, como descrito na secção 3.2.1.1, é responsável pelo enchimento das garrafas tipo G26. Aqui todos os consumíveis da instalação são utilizadas, desde o gasóleo para o transporte de taras, a eletricidade para os motores elétricos, o ar comprimido para as operações de seleção otimizadas e a ETAR para tratamento de águas utilizadas na lavagem das taras. Sendo esta linha tão importante ao nível dos consumos de energia, apresentam-se na Figura 4.7 os equipamentos elétricos presentes na linha de enchimento e a relevância que estes têm no consumo de energia.

G26		
Equipamento	**Consumo energia elétrica**	
	[kWh]	**[%]**
P1 B	37	22,9
Transportadores	35	21,6
Compressor	26	16,1
Etar	22	13,6
Lavagem A.P	15	9,3
Iluminação	7,9	4,9
UH3 (Paletizadora)	7,5	4,6
Caldeira vapor 1	6	3,7
Lavagem B.P	2,2	1,4
Linha escovagem	2,2	1,4
UH1 (Enchimento)	1,1	0,7
Total	161,9	100

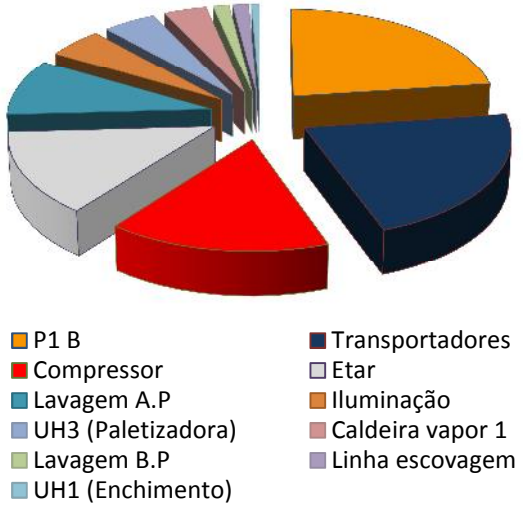


Figura 4.7 - Equipamentos da linha G26

Como se pode observar através da Figura 4.7, o maior consumidor desta linha é a bomba de enchimento, seguido dos transportadores e do compressor. No conjunto são responsáveis por cerca de 60% da energia consumida nesta linha.

Para efeitos de estudo, considerou-se que todos os equipamentos estão em funcionamento, sempre que a linha está em operação. Porém nem sempre esta situação se verifica uma vez que surgem situações em que alguns aparelhos estão deligados, como é o

caso da receção de taras novas, que não prevê a utilização da linha de lavagem e a linha para requalificação está desligada enquanto não se encontra nesta um número suficiente de taras para enchimento das devidas jaulas.

4.7.1.2. Linha G110/G84

Esta linha é responsável pelo enchimento de garrafas tipo G110 e G84. As fontes de energia aqui utilizadas são a eletricidade, o ar comprimido para operações de seleção automatizadas e o gasóleo para o transporte de taras. A potência total desta linha é inferior à da linha G26. Contudo, as horas de funcionamento desta linha são superiores, o que provoca que grande parte do consumo anual de energia do CEGPL esteja presente nesta linha. Encontram-se na Figura 4.8 os equipamentos presentes e a relevância que estes têm no consumo de energia.

G110/G84		
Equipamento	**Consumo energia elétrica**	
	[kWh]	**[%]**
P1 A	37	40,9
Compressor	26	28,7
Transportadores	8,8	9,7
Iluminação	7,9	8,7
Caldeira vapor 2	6	6,6
Lavagem manual	3,5	3,9
UH2 (Enchimento)	1,3	1,4
Total	87,5	100

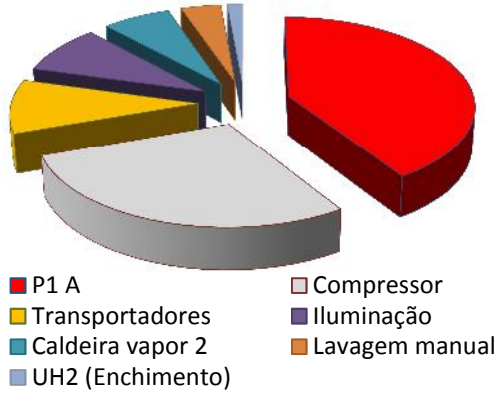


Figura 4.8 - Equipamentos da linha G110 / G84

Como se pode observar na Figura 4.8, o maior consumidor desta linha é a bomba de enchimento, seguida do compressor e transportadores. Neste caso, este conjunto é responsável por cerca de 78% da energia consumida. Esta é então, a ordem de prioridade de estudo.

4.7.2. Desagregação dos consumos no PEC

No PEC, praticamente todo o consumo é relativo ao processo da responsabilidade da bomba de enchimento, que envia o GPL das esferas para a cisterna, sendo que todos os restantes passos são efetuados por operadores, a quem cabe a responsabilidade de acender a iluminação quando há necessidade.

PEC		
Equipamento	**Consumo energia elétrica**	
	[kWh]	**[%]**
P2 B / P2 A	30	84,23
Iluminação	5,6	15,77
Total	35,6	100

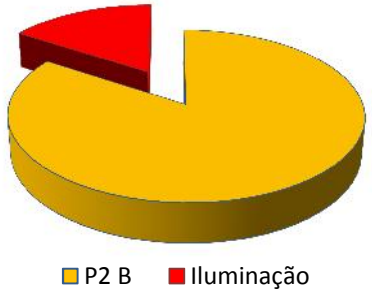


Figura 4.9 - Equipamentos do PEC

4.8. Propostas de medidas de racionalização de energia

A necessidade de combater o desperdício de energia levou o homem a procurar alternativas à sua utilização de modo a poupar nas contas de energia e, ao mesmo, tempo preservar os recursos naturais, evitando assim falhas no abastecimento e desequilíbrios ambientais.

Tudo isto exige, da parte de cada um, mudança de hábitos, atitudes e controlo assíduo em todos os processos cujo funcionamento depende exclusivamente do consumo de energia.

No estudo em causa e após verificação de todo o funcionamento, será possível uma racionalização da energia em determinados setores, que de seguida são descritos.

4.8.1. Iluminação

A iluminação Lighting Emitting Diode (LED) marcou mais uma evolução na luz artificial. A sua aplicação tem aberto novas portas na utilização da energia, não só ao nível da sua aplicação, como na redução do consumo, que esta nova tecnologia de iluminação apresenta. A sua utilização, para substituição de antigas luminárias, têm vindo a crescer. Porém os preços destas lâmpadas ainda continuam muito elevados apesar da tendência ser para descer. Como tal, o cálculo total da eficiência que a sua aplicação poderia trazer a esta instalação é apresentado de seguida.

Tabela 4.6 - Substituição da luminária, por iluminação LED

Medida	Qta. [un]	Economias anuais			Redução GEE	Investimento	Período de retorno
		Energia ativa					
		[kWh]	[tep]	[€]	[kgCO_2]	[€]	[anos]
Substituição de iluminação por LED	109	19175	4,12	1917,5	9012,2	7945,4	4,14

O cálculo do orçamento da substituição total foi efetuado através dos valores de venda ao público retirado de uma loja de venda deste tipo de produtos. No anexo D encontra-se discriminado o investimento individual em cada tipo de lâmpada [28].

Como se pode observar a poupança energética é cerca de 4 tep anuais. Contudo, o investimento total deixa um pouco a desejar. A melhor opção para não suportar um investimento tão elevado, passaria pela aplicação deste novo tipo de iluminação aquando da manutenção preventiva ou curativa de cada equipamento de iluminação.

4.8.2. Bombas

Três das quatro bombas existentes na instalação têm cerca de 23 anos de operação. A evolução dos motores elétricos nestes últimos anos foi muito grande, podendo colocar em causa a substituição dos mesmos por motores atualizados. Contudo esta aquisição poder-se-ia tornar muito dispendiosa, e como a permanência da instalação neste local está em causa num curto espaço de tempo, torna-se mais interessante achar medidas que não exijam elevado investimento e sim uma otimização dos recursos existentes.

Utilizando assim as quatro bombas principais existentes no local, com uma distribuição diferente da sua utilização, podemos obter poupança energética. Aproveitando o fato da bomba P2B (30 kW) ter capacidade para abastecer o CEGPL, utilizar esta como dedicada ao CEGPL em detrimento da bomba de P1A (37 kW).

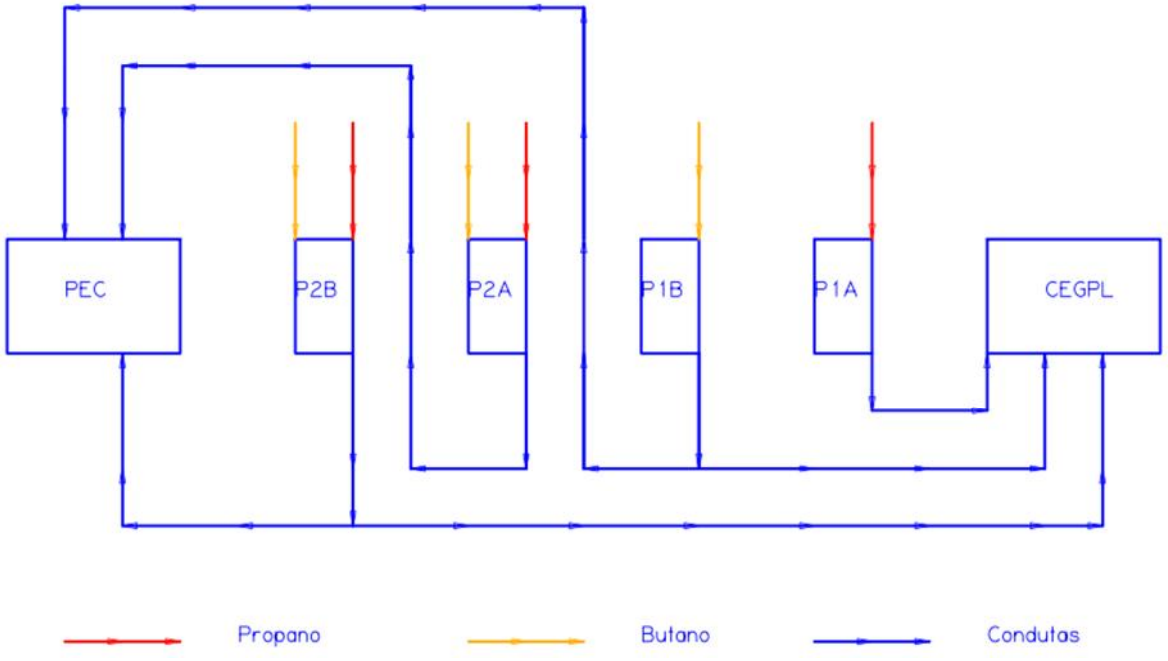


Figura 4.10 - Esquema das ligações presentes no centro de bombagem

Esta nova opção de distribuição, tem maior rendimento com uma utilização consciente, isto é, utilizar a bomba P2B (30 kW) o maior tempo possível dedicada ao CEGPL, ativando apenas a bomba P1B (37 kW) aquando do enchimento de dois produtos diferentes ao mesmo tempo, no caso do enchimento no PEC, utilizar sempre a bomba P2A (30 kW).

Os valores apresentados na Tabela 4.7 refletem a poupança obtida, utilizando como base as horas de trabalho consideradas nos cálculos anteriores.

Tabela 4.7 - Troca da bomba P1B por P2B

Medida	Economias anuais			Redução GEE	Investimento	Período de retorno
	Energia ativa					
	[kWh]	[tep]	[€]	[$kgCO_2$]	[€]	[anos]
Troca de P1A (37 kW) por P2B (30 kW), 0 h funcionamento no PEC e 2290 h no CEGPL	16017	3,44	1602	7527,7	0	0

4.8.3. Mudança na linha G26

O processo de lavagem das garrafas de gás é algo de muito importante, pois um produto limpo e com bom aspeto cativam o olhar do mais refinado consumidor. Neste momento, a linha de enchimento tem uma sequência de lavagem a baixa pressão, seguida de uma lavagem de alta pressão. Depois das garrafas passarem por estas duas estações, são analisadas por um operador que verifica o estado de cada uma delas. Caso a garrafa esteja em condições físicas favoráveis mas apresente ainda sujidade, de imediato, é enviada para a linha de escovagem para ser escovada e submetida novamente a linha de lavagem. Se a garrafa não estiver em condições físicas favoráveis, é enviada para a linha de requalificação para posterior reparação, conforme o esquema descrito na Figura 4.11.

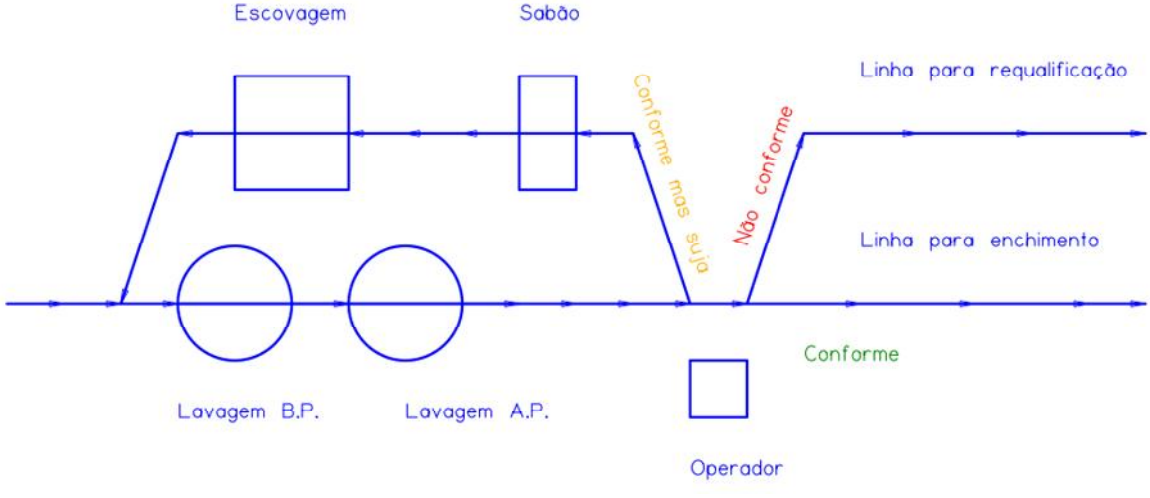


Figura 4.11 - Situação atual de lavagem e seleção de garrafas

Para evitar a limpeza de garrafas que não estão em condições físicas, a sua seleção deveria ser feita antes do processo de lavagem.

Esta sequência de lavagem poderia ser otimizada energeticamente, retirando a máquina de lavagem de alta pressão, cancelando a linha paralela de escovagem e colocando essa máquina na linha principal.

A sugestão da nova sequência da linha passaria então por: seleção da conformidade da garrafa, escovagem, lavagem baixa pressão, como está exemplificado na Figura 4.12.

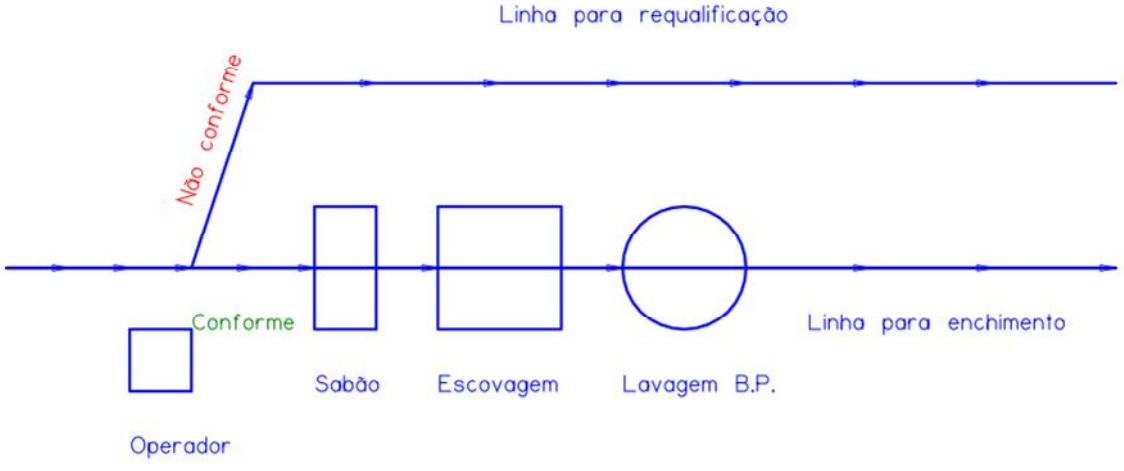


Figura 4.12 - Nova organização da linha

Esta opção, para além de melhorar a limpeza de cada garrafa, contribuiria para a diminuição do consumo de energia elétrica, assim como o consumo de água.

Tabela 4.8 - Eliminação da linha de escovagem (MLE) e da lavagem de alta pressão (AP)

Medida	Economias anuais			Redução GEE	Investimento	Período de retorno
	Energia ativa					
	[kWh]	[tep]	[€]	[kgCO_2]	[€]	[anos]
Eliminação da lavagem AP e da linha MLE, colocando a escovagem antes da lavagem BP	15566,2	3,35	1556,6	7315,98	N.C.*	0

* Valor não calculado

4.8.4. Redução da pressão no compressor

O consumo do compressor está diretamente relacionado com a pressão que este tem de manter na rede e no depósito de acumulação. Assim, quanto maior for a pressão de serviço, maior irá ser o consumo de energia. Torna-se então necessário manter o set-point do compressor no mínimo possível. Em norma, a redução de 1 bar pode contribuir para uma redução de 6 % no consumo [29].

No local, uma experiencia de redução de 1 bar revelou problemas em alguns automatismo, contudo, a redução de 0,5 bar não incidiu em nenhum problema, funcionando todo o sistema em plena qualidade. É com esses valores que o cálculo de economia energética foi feito e os resultados estão apresentados na Tabela 4.9.

Tabela 4.9 - Redução da pressão de serviço do compressor

Medida	Consumo atual estimado 6,5 bar	Consumo futuro estimado 6,0 bar	Economias anuais previstas				Investimento	Período de retorno
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[tep]	[t CO_2]	[€]	[€]	[anos]
Redução pressão do Compressor	79350	76970	2380	0,512	1,12	238	0	0

A preocupação com a central de ar comprimido é muito importante, pois nela reside grande parte do consumo da instalação. Dada a sua importância é necessário ter em conta alguns cuidados a manter para não haver desperdício de energia:

- Verificar fugas de ar no circuito, de forma periódica, porque são causadoras de um aumento do consumo de ar;
- Utilização inadequada, outro fim, que não seja a linha de automatização;
- Excessiva reserva de ar;
- Verificar estado e limpeza dos prés e pós filtros de ar. É costume neste local acontecer muitas perdas de carga.

A desconexão do compressor às linhas do centro de enchimento nos períodos de fim de semana e noite gera também alguma poupança. Porém, não foi possível calcular pois os valores do consumo do compressor nestas horas são relativos a estas linhas e outra linha da parte dos combustíveis líquidos.

5. CONCLUSÃO

É muito enriquecedor conhecer assim de perto uma instalação de uma companhia tão prestigiada. Sendo o GPL um produto que sempre me acompanhou de perto em toda a minha vida e com o qual fui aprendendo a lidar e a gostar ao longo do tempo, uma hipótese de proximidade com o início do ciclo de produção deste produto é sempre muito importante, para valorizar cada pormenor que a ele está associado.

Saber da possível mudança de local da instalação num curto espaço de tempo, tornou o estudo um pouco desmotivante na fase inicial, contudo, ao longo da elaboração do trabalho, o desafio passou a ser maior, pois todas as soluções teriam der ser adaptadas a cumprir algo produtivo com o material existente no local e no mínimo espaço de tempo, sem requisitos de maiores investimentos.

A eficiente preocupação com custos e qualidade existente e certificada nesta empresa, leva a que uma grande parte das medidas de eficiência energética já tenham sido adotadas, como é: o caso da substituição do compressor antigo por um compressor com VEV; a colocação de baterias de condensadores para aumentar o FP, e consequente redução da energia reativa desperdiçada; a automação das caldeiras para apenas trabalhar uma em cada semana, visto cada uma ser capaz de sustentar a quantidade de vapor necessária para as duas linhas e; a tomada de conhecimento por parte dos colaboradores para questões de desperdício de energia evitáveis.

Este tipo de avaliações e auditorias energéticas são cada vez mais importantes para a competição entre as empresas dos mais diversos sectores. Para além disto, a componente ambiental provoca cada vez mais pressão para a otimização dos consumos de energia e a subsequente redução de emissões.

Relativamente aos alvos do estudo, o levantamento das características dos equipamentos foi muito interessante de realizar. A recolha dos consumos registados nos últimos anos encontrava-se muito bem organizada. Contudo, houve alguma dificuldade na obtenção das horas de funcionamento de cada equipamento, tendo que se admitir consumos nacionais e com estas médias comparar enchimentos na instalação. Com a obtenção de um

conjunto de dados aceitáveis para um estudo viável foi possível, através da análise e tratamento destes dados, definir algumas opções de redução do consumo de energia e de custos. Estas são: a substituição da luminária antiga, por iluminação LED, que tem como estimativa uma poupança de 1918 euros e uma redução de 9012 kg de emissões de CO_2; uma alteração da ordenação do início da linha G26 na zona de lavagens, que tem uma estimativa de poupança de 1557 euros e redução de 7316 kg de emissões de CO_2; uma redistribuição das prioridades das bombas que reencaminham o GPL das esferas para os devidos locais, que tem como expetativa uma poupança de 1602 euros e redução de emissões de 7533 kg CO_2 e um ajuste na pressão de serviço do compressor, que tem como estimativa uma poupança de redução de 238 euros nos custos e uma redução de 1120 kg de emissões de CO_2. No total, estas medidas proporcionam uma redução de 10% na energia primária consumida relativamente ao ano de 2013, isto equivale a uma diminuição das emissões para o ambiente na ordem das 26 toneladas de CO_2, e uma poupança anual na fatura de energia de cerca de 5 mil e 400 euros.

Mesmo não sendo uma instalação abrangida pelos requisitos do SGCIE, é sempre importante seguir-se de perto esta legislação para se manter o mais possível junto das medidas de melhoria que vão surgindo e, assim, conseguir manter um máximo de produção com o mínimo de emissões e custos.

Devido ao elevado nível de segurança, não foi possível retirar qualquer fotografia da instalação e de todo o processo que, para além de enriquecer mais o trabalho, ajudaria a compreender, de uma forma mais real, toda a actividade que este produto exige

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Expresso (2012), "Portugal continua no top 10 mundial da energia eólica". Acedido a 27 de agosto de 2014, em http://expresso.sapo.pt/portugal-continua-no-top-10-mundial-da-energia-eolica=f761236

[2] DGEG, (2014), *DGEG - Direcção Geral de Energia e Geologia*, Acedido em 15 maio de 2014, em www.dgeg.pt

[3] Pordata, (24/01/2014), "*PORDATA – Estatísticas, gráficos e indicadores de Municípios, Portugal e Europa"*, Acedido em 15 maio de 2014, em http://www.pordata.pt/

[4] Jornal de Negócios (2014), "Empresas - Factura energética portuguesa cai para o valor mais baixo dos últimos três anos". Acedido em 3 de junho de 2014, em http://www.jornaldenegocios.pt

[5] Agência Portuguesa do Ambiente, "Alterações Climáticas – Resposta Internacional e Europeia", Acedido em 8 de julho de 2014 em http://www.apambiente.pt

[6] *Diário da República, 1.ª série – N.º70 – 10 de abril de 2013*.

[7] Agência para a energia (2014), "Indicadores da Evolução da Dependência Energética". Acedido em 29 maio de 2014, em http://www.adene.pt

[8] J.Silva e A.Pimenta, "Auditorias Energéticas". Slides da formação adquirida nas instalações da REPSOL Matosinhos pelo ISQ.

[9] APCER (13/07/2011), "Notícias, ISO 50001 – A nova norma de Sistemas de Gestão de Energia, Acedido em 9 de junho de 2014, em http://www.apcer.pt/

[10] Ebah (2013), "Processo de craqueamento do petróleo", Acedido em 12 junho de 2014, em http://www.ebah.com.br

[11] Especificação técnica, propano comercial, ET-03, 2ºedição de 2012, Repsol.

[12] Especificação técnica, butano comercial, ET-04, 2ºedição de 2012, Repsol.

[13] Lainformacion (24/05/12), "petróleo y gases secundarios, REPSOL confirma el "Gran Potencial " de Hidrocarburos en un bloque de Brasil", Acedido em 9 junho de 2014, em http://noticias.lainformacion.com

[14] APETRO (2014), "GPL em Portugal – Resumo Histórico", Acedido em 14 abril 2014, em http://www.apetro.pt/

[15] Centenário da República (2010), "Escolas – Iluminação das ruas", Acedido em 2 de junho de 2014, em http://centenariorepublica.pt

[16] Revelar Lx, "Iluminação no tempo", Acedido em 7 de julho de 2014, em http://revelarlx.cm-lisboa.pt/gca/?id=1246

[17] PROPANE 101, "Propane vs Natural Gas", Acedido em 12 de junho de 2014, em http://www.propane101.com/propanevsnaturalgas.htm

[18] Sociedade de Gás, "Noticias", Acedido em 7 de julho de 2014 em http://sociedadedegas.wix.com/sglnoticias#!distribuic/ckra

[19] Auto Fans, "Consumo de GPL Auto está a aumentar", Acedido em 14 maio 2014 em http://www.autofans.pt/consumo-de-gpl-auto-esta-a-aumentar-em-portugal/

[20] V. Matias e I. Reis, " Plano de Emergência Interno", Plano de Emergência Interno da Instalação REPSOL de Matosinhos, Matosinhos, 4/10/2012.

[21] PEE – REPSOL (maio de 2011), Câmara Municipal de Matosinhos, Plano de Emergência Externo, REPSOL, Acedido em 9 junho de 2014, em http://planos.prociv.pt/Documents/129865007100247302.pdf

[22] *Decreto-Lei n.º 71/2008,de 15 de abril,* Ministério da Economia e da Inovação, 2008.

[23] V. Fernandes, " Eficiência Energética no Terminal Multipurpose do Porto de Sines ", Dissertação de Mestrado, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, Portugal, 2009.

[24] RECTE, CTCV e outros, "Guia de Boas Práticas de Medidas de Utilização Racional de Energia (URE) e Energias Renováveis (ER), 2007.

[25] B. Cardoso, "Auditorias Energéticas na Indústria Agro-alimentar: Fileira dos Vinhos", Dissertação de Mestrado, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Coimbra, Coimbra, Portugal, 2014.

[26] A. Rios, "Medidas de eficiência energética e ambiental na indústria", Dissertação de Mestrado, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real, Portugal, 2008.

[27] Mais gasolina, (2014), "Estatística dos combustíveis", Acedido em 16 abril de 2014, em https://www.maisgasolina.com/estatisticas-dos-combustiveis/

[28] Robert Mauser, "Iluminação LED", Acedido em 7 de maio de 2014, em http://mauser.pt

[29] Kaeser Kompressoren, "Análise e aconselhamento", Acedido a 9 de maio de 2014, em http://www.kaeser.pt/Services/Analysis-and-advice/default.asp

[30] Repsol, "O Gás da Repsol", Acedido a 7 de maio de 2014, em http://www.repsol.com/

[31] Portal Energia, (setembro 2012), "A importância e as fases de uma auditória energética", Acedido em 2 de maio de 2014, em http://www.portal-energia.com/a-importancia-e-fases-de-uma-auditoria-energetica/

[32] *Despacho n.º 17449/2008,de 27 de junho, Direcção-Geral de Energia e Geologia*, 2008.

[33] PricewaterhouseCoopers, (2013), *Principais desafios na indústria em Portugal – 2013*, Acedido em 17 junho de 2014, em http://www.pwc.pt/pt/publicacoes/imagens/2013/pwc_principais_desafios_industria.pdf

[34] Portal Energia, (setembro 2012), "Exemplo modelo de estrutura para relatório de auditório energética", Acedido em 2 de maio de 2014, em http://www.portal-energia.com/exemplo-modelo-de-estrutura-para-relatorio-de-auditoria-energetica/

[35] *Portaria nº519, de 25 junho,* Ministério da Economia e da Inovação, 2008.

[36] *Despacho n.º 17313/2008,de 26 de junho,* DGEG, 2008.

ANEXO A

Desagregação do consumo de energia elétrica no ano de 2011.

Tabela A.1 - Histórico de consumo de energia elétrica no ano de 2011

Energia elétrica								
2011	Consumo				%	Custo estimado		
	[kWh]	[kgep]	[MJ]	[kgCO2]		[€]	[€/kWh]	[€/kgep]
Janeiro	51610	11096,15	185796	24256,74	10,13	4748,1	0,092	0,428
Fevereiro	49537	10650,46	178333,2	23282,43	9,73	4557,4	0,092	0,428
Março	51767	11129,91	186361,2	24330,53	10,17	4762,6	0,092	0,428
Abril	41196	8857,14	148305,6	19362,15	8,09	3913,6	0,095	0,442
Maio	43278	9304,77	155800,8	20340,69	8,50	4111,4	0,095	0,442
Junho	36606	7870,29	131781,6	17204,85	7,19	3441,0	0,094	0,437
Julho	34345	7384,175	123642	16142,18	6,75	3228,4	0,094	0,437
Agosto	40007	8601,505	144025,2	18803,32	7,86	3760,7	0,094	0,437
Setembro	38445	8265,675	138402	18069,18	7,55	3613,8	0,094	0,437
Outubro	35817	7700,655	128941,2	16834,02	7,03	3259,3	0,091	0,423
Novembro	42955	9235,325	154638	20188,88	8,44	3908,9	0,091	0,423
Dezembro	43616	9377,44	157017,6	20499,55	8,57	4056,3	0,093	0,432
Total	**509179**	**109473**	**1833044**	**239315**	**100**	**47361,5**	**-**	**-**
Val.Médio	**42431,6**	**9122,8**	**152754**	**19942,9**	**-**	**3946,8**	**0,093**	**0,433**

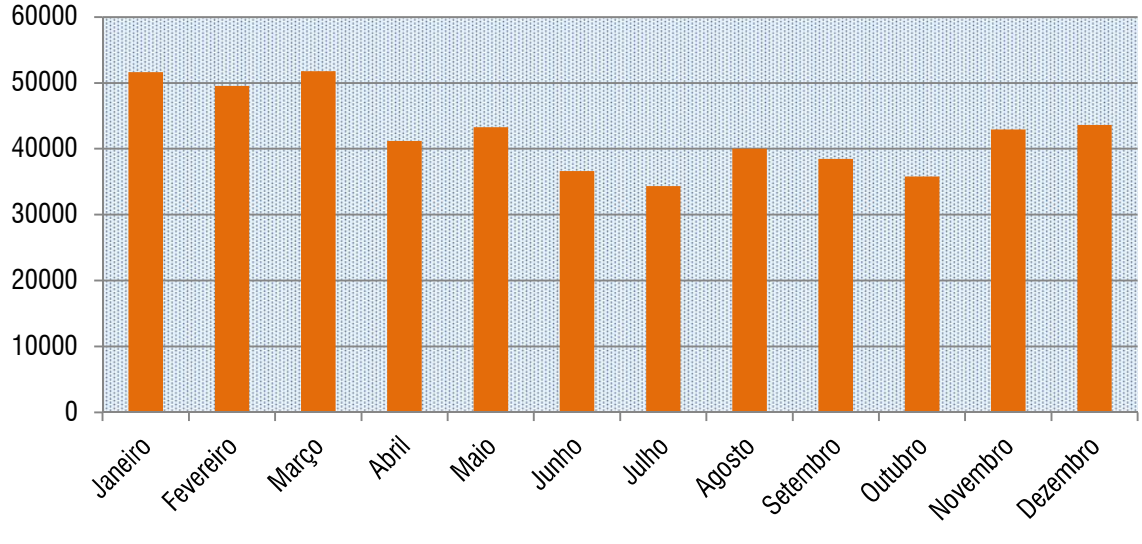


Figura A.1 - Distribuição de consumo de energia elétrica no ano de 2011 [kWh]

Desagregação do consumo de energia elétrica no ano de 2012.

Tabela A.2 - Histórico de consumo de energia elétrica no ano de 2012

Energia elétrica								
2012	Consumo				%	Custo estimado		
	[kWh]	[kgep]	[MJ]	[kgCO2]		[€]	[€/kWh]	[€/kgep]
Janeiro	45261	9731,12	162939,6	21272,7	9,99	4254,5	0,094	0,437
Fevereiro	42456	9128,04	152841,6	19954,35	9,37	3990,9	0,094	0,437
Março	39626	8519,59	142653,6	18624,25	8,74	3724,8	0,094	0,437
Abril	37636	8091,74	135489,6	17688,95	8,31	3537,8	0,094	0,437
Maio	38012	8172,58	136843,2	17865,67	8,39	3573,1	0,094	0,437
Junho	31196	6707,14	112305,6	14662,14	6,88	2932,4	0,094	0,437
Julho	33144	7125,96	119318,4	15577,7	7,31	3115,5	0,094	0,437
Agosto	40751	8761,47	146703,6	19153	8,99	3830,6	0,094	0,437
Setembro	27571	5927,77	99255,6	12958,39	6,08	2591,7	0,094	0,437
Outubro	37802	8127,43	136087,2	17766,97	8,34	3553,4	0,094	0,437
Novembro	40584	8725,56	146102,4	19074,51	8,96	3814,9	0,094	0,437
Dezembro	39119	8410,59	140828,4	18385,96	8,63	3677,2	0,094	0,437
Total	**453158**	**97428,97**	**1631369**	**212984,6**	**100**	**42596,9**	**-**	**-**
Val.Médio	**37763,2**	**8119,08**	**135947,4**	**17749**	**-**	**3549,7**	**0,094**	**0,437**

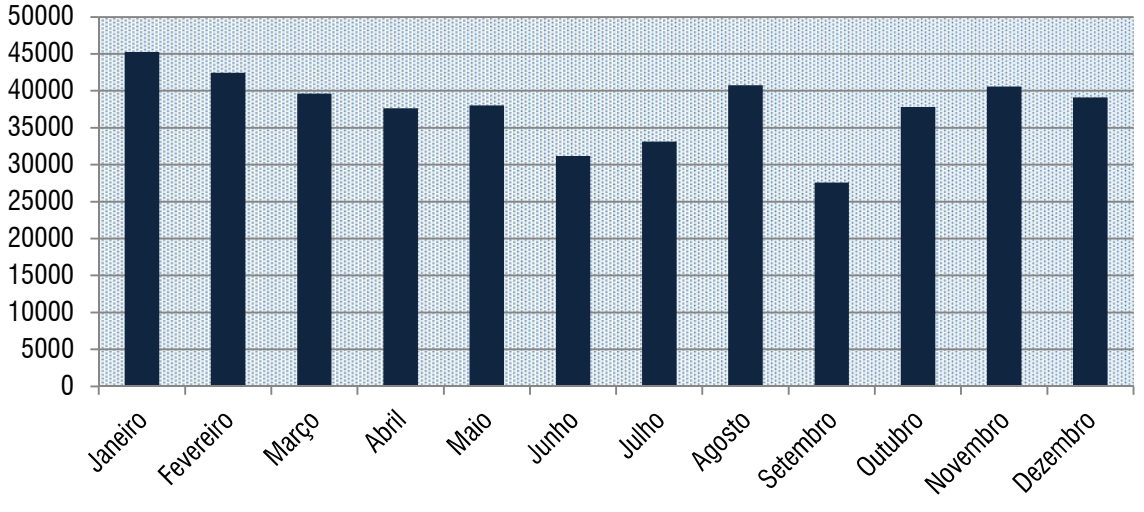


Figura A.2 - Distribuição de consumo de energia elétrica no ano de 2012 [kWh]

Desagregação do consumo de energia elétrica no ano de 2013.

Tabela A.3 - Histórico de consumo de energia elétrica no ano de 2013

Energia elétrica								
2013	Consumo				%	Custo estimado		
	[kWh]	[kgep]	[MJ]	[kgCO2]		[€]	[€/kWh]	[€/kgep]
Janeiro	40983	8811,3	147538,8	19262,04	9,59	3934,4	0,096	0,447
Fevereiro	35799	7696,8	128876,4	16825,56	8,38	3436,7	0,096	0,447
Março	38301	8234,7	137883,6	18001,5	8,96	3676,9	0,096	0,447
Abril	37267	8012,4	134161,2	17515,52	8,72	3577,6	0,096	0,447
Maio	37035	7962,5	133326	17406,48	8,67	3555,4	0,096	0,447
Junho	25348	5449,8	91252,8	11913,58	5,93	2433,4	0,096	0,447
Julho	32904	7074,4	118454,4	15464,9	7,70	3158,8	0,096	0,447
Agosto	32141	6910,3	115707,6	15106,29	7,52	3085,5	0,096	0,447
Setembro	32622	7013,7	117439,2	15332,36	7,63	3131,7	0,096	0,447
Outubro	38853	8353,4	139870,8	18260,94	9,09	3729,9	0,096	0,447
Novembro	35636	7661,7	128289,6	16748,95	8,34	3421,1	0,096	0,447
Dezembro	40490	8705,4	145764	19030,33	9,47	3887,0	0,096	0,447
Total	**427379**	**91886,5**	**1538564**	**200868,5**	**100**	**41028,4**	**-**	**-**
Val.Médio	**35614,9**	**7657,2**	**128213,7**	**16739**	**-**	**3419**	**0,096**	**0,447**

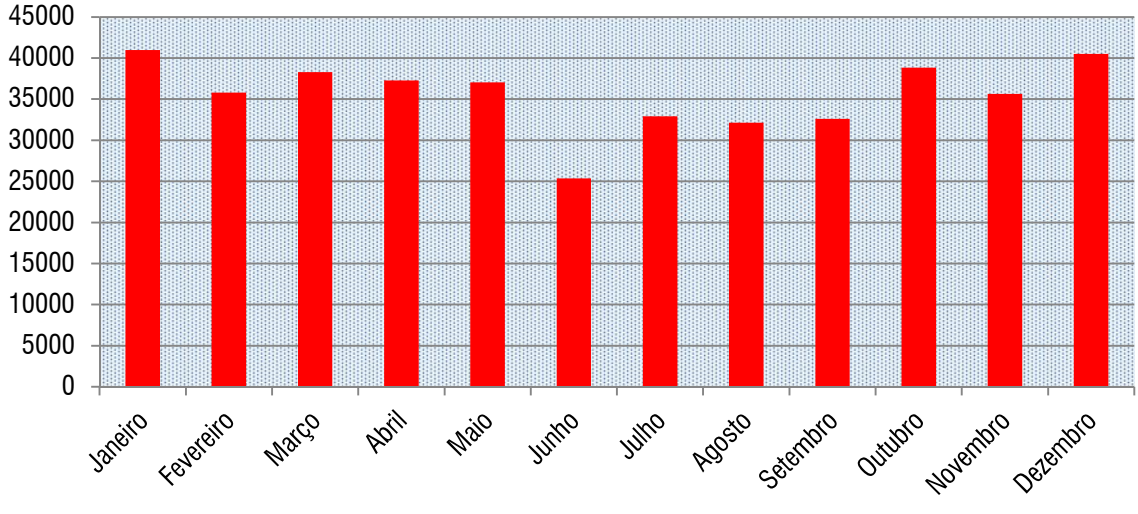


Figura A.3 - Distribuição de consumo de energia elétrica no ano de 2013 [kWh]

ANEXO B

Desagregação do consumo de gasóleo no ano de 2011.

Tabela B.1 - Histórico de consumo de gasóleo no ano de 2011

Gasóleo									
2011	Consumo					%	Custo		
	[L]	[t]	[kgep]	[MJ]	[kgCO2]		[€]	[€/1000L]	[€/kgep]
Janeiro	2356	1967,26	2010,54	84198728	6229,05	9,03	2634,01	1118	1,310
Fevereiro	2219	1852,87	1893,63	79302622	5866,84	8,50	2500,81	1127	1,321
Março	2396	2000,66	2044,68	85628248	6334,81	9,18	2786,55	1163	1,363
Abril	1850	1544,75	1578,74	66115300	4891,24	7,09	2166,35	1171	1,372
Maio	2409	2011,52	2055,77	86092842	6369,18	9,23	2714,94	1127	1,321
Junho	1691	1411,99	1443,50	60432958	4470,85	6,48	1937,89	1146	1,343
Julho	1797	1500,50	1533,51	64221186	4751,11	6,89	2086,32	1161	1,360
Agosto	1990	1661,65	1698,21	71118620	5261,38	7,63	2230,79	1121	1,314
Setembro	2247	1876,25	1917,52	80303286	5940,87	8,61	2586,30	1151	1,349
Outubro	2059	1719,27	1757,09	73584542	5443,81	7,89	2411,09	1171	1,372
Novembro	2379	1986,47	2030,17	85020702	6289,86	9,12	2842,91	1195	1,400
Dezembro	2704	2257,84	2307,51	96635552	7149,14	10,4	3150,16	1165	1,365
Total	**26097**	**21791**	**22270,4**	**932654586**	**68998,1**	**100**	**30048,1**	**1151,3**	**-**
Val.Médio	**2175**	**1815,92**	**1855,9**	**77721216**	**5749,9**	**-**	**2504**	**1151,3**	**1,349**

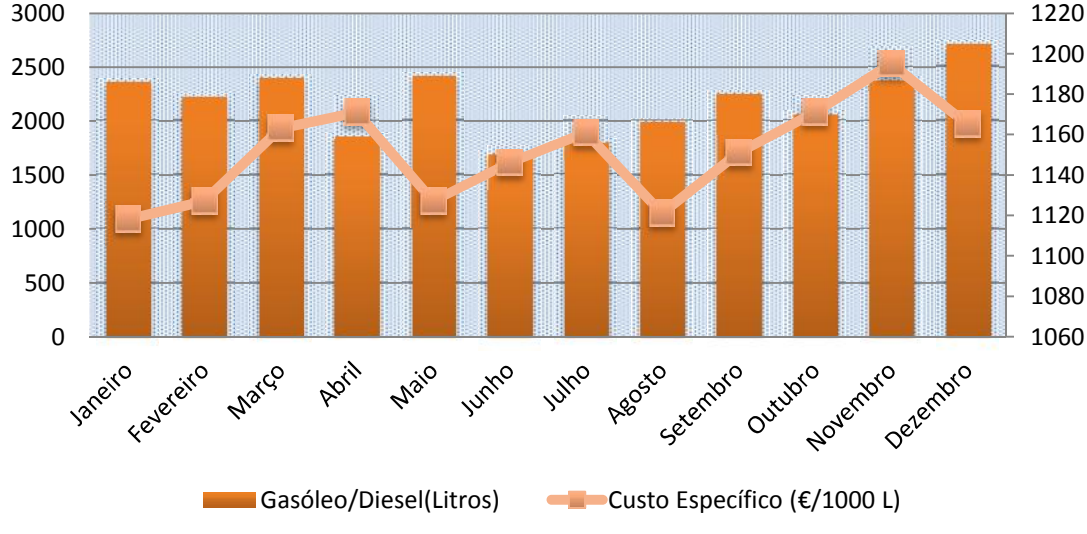


Figura B.1 - Distribuição de consumo de gasóleo no ano de 2011

Desagregação do consumo de Gasóleo no ano de 2012.

Tabela B.2 - Histórico de consumo de gasóleo no ano de 2012

Gasóleo									
2012	Consumo					%	Custo		
	[L]	[t]	[kgep]	[MJ]	[kgCO2]		[€]	[€/1000L]	[€/kgep]
Janeiro	2138	1785,23	1824,51	76407844	5652,68	9,74	2565,6	1200	1,406
Fevereiro	2138	1785,23	1824,51	76407844	5652,68	9,74	2584,8	1209	1,417
Março	2138	1785,23	1824,51	76407844	5652,68	9,74	2634,0	1232	1,444
Abril	1721	1437,04	1468,65	61505098	4550,17	7,84	2084,1	1211	1,419
Maio	1721	1437,04	1468,65	61505098	4550,17	7,84	2060,0	1197	1,403
Junho	1722	1437,87	1469,50	61540836	4552,81	7,84	1964,8	1141	1,337
Julho	1511	1261,69	1289,44	54000118	3994,95	6,88	1816,2	1202	1,409
Agosto	1511	1261,69	1289,44	54000118	3994,95	6,88	1900,8	1258	1,474
Setembro	1511	1261,69	1289,44	54000118	3994,95	6,88	1855,5	1228	1,439
Outubro	1949	1627,42	1663,22	69653362	5152,98	8,88	2399,2	1231	1,443
Novembro	1949	1627,42	1663,22	69653362	5152,98	8,88	2358,3	1210	1,418
Dezembro	1951	1629,09	1664,93	69724838	5158,27	8,88	2296,3	1177	1,380
Total	**21960**	**18336,6**	**18740,01**	**784806480**	**58060,3**	**100**	**26519,8**	**1208**	**-**
Val.Médio	**1830**	**1528,05**	**1561,67**	**65400540**	**4838,4**	**-**	**2210,0**	**1208**	**1,416**

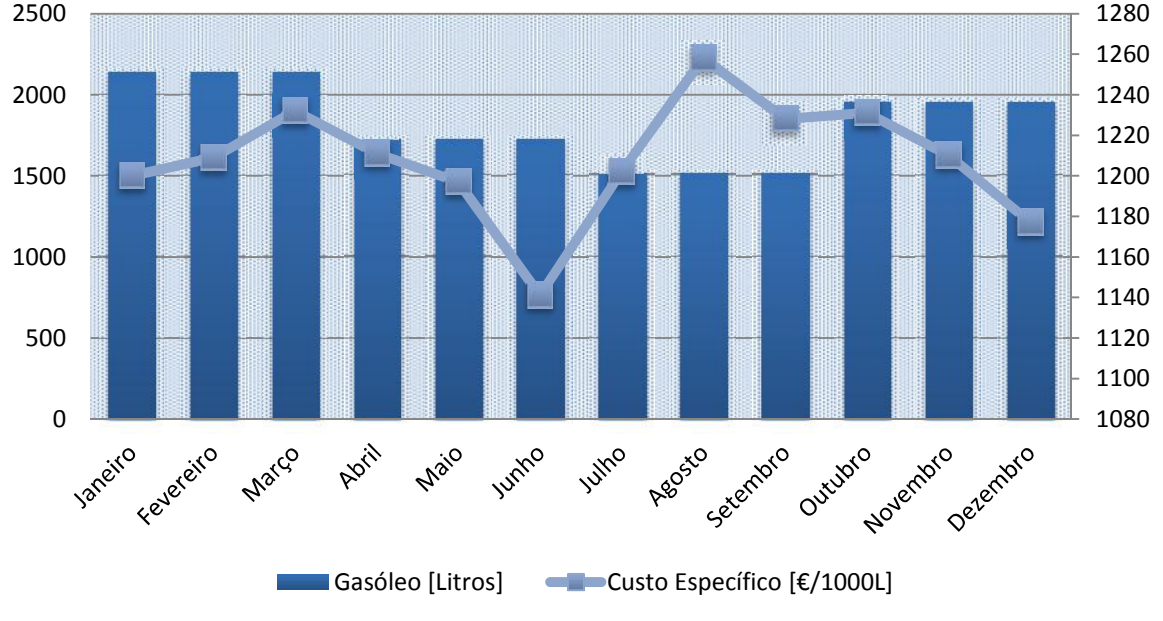


Figura B.2 - Distribuição de consumo de gasóleo no ano de 2012

Desagregação do consumo de gasóleo no ano de 2013.

Tabela B.3 - Histórico de consumo de gasóleo no ano de 2013

Gasóleo									
2013	Consumo					%	Custo		
	[L]	[t]	[kgep]	[MJ]	[kgCO2]		[€]	[€/1000L]	[€/kgep]
Janeiro	2609	2178,52	2226,44	93240442	6897,96	10,9	3076,01	1179	1,382
Fevereiro	2166	1808,61	1848,40	77408508	5726,71	9,09	2612,20	1206	1,413
Março	2197	1834,50	1874,85	78516386	5808,67	9,22	2570,49	1170	1,370
Abril	2035	1699,23	1736,61	72726830	5380,36	8,54	2266,99	1114	1,305
Maio	2009	1677,52	1714,42	71797642	5311,62	8,43	2288,25	1139	1,335
Junho	1692	1412,82	1443,90	60468696	4473,50	7,10	1910,27	1129	1,323
Julho	1763	1472,11	1504,49	63006094	4661,21	7,39	2050,37	1163	1,363
Agosto	1516	1265,86	1293,71	54178808	4008,17	6,36	1764,62	1164	1,364
Setembro	1515	1265,03	1292,86	54143070	4005,53	6,35	1749,83	1155	1,353
Outubro	1939	1619,07	1654,68	69295982	5126,54	8,13	2237,61	1154	1,352
Novembro	1972	1646,62	1682,85	70475336	5213,79	8,27	2267,8	1150	1,348
Dezembro	2428	2027,38	2071,98	86771864	6419,42	10,2	2814,05	1159	1,358
Total	**23841**	**19907,24**	**20345,19**	**852029658**	**63033,5**	**100**	**27608,5**	**1156,8**	**-**
Val.Médio	**1987**	**1658,94**	**1695,43**	**71002472**	**5252,8**	**-**	**2300,7**	**1156,8**	**1,356**

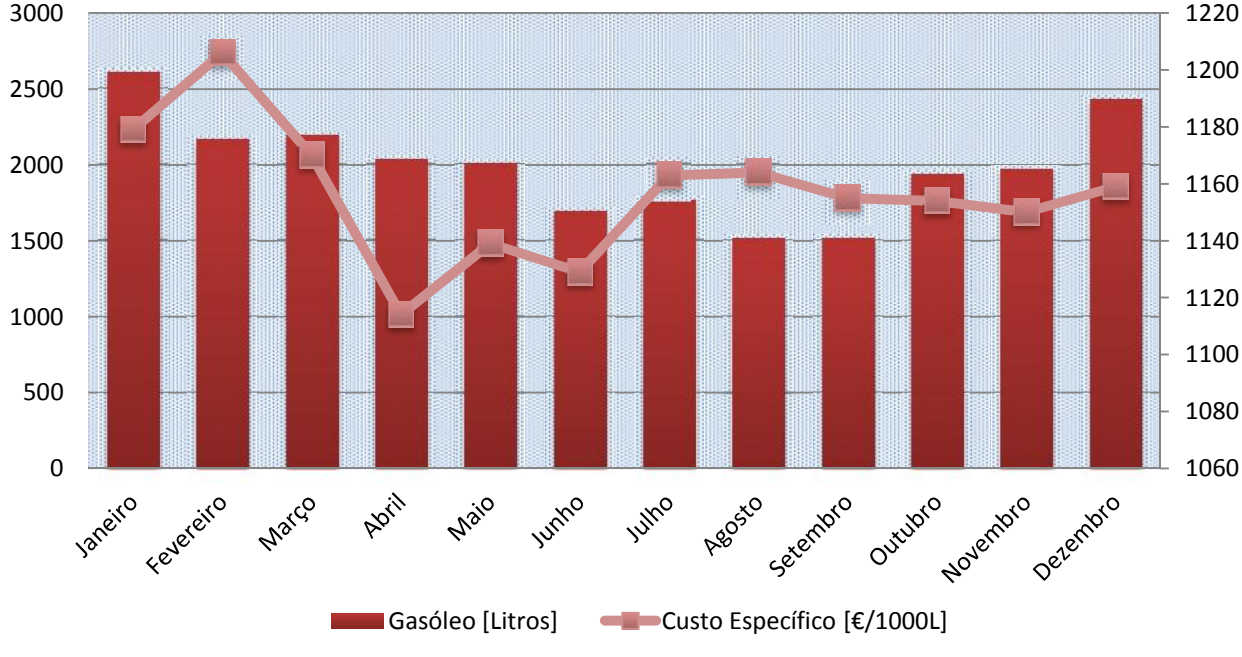


Figura B.3 - Distribuição de consumo de gasóleo no ano de 2013

ANEXO C

Tabela de potências de equipamentos, horas de funcionamento anual, potência anual consumida e peso económico de cada um para um custo de eletricidade de 0,096 € para 1kWh.

Tabela C.1 - Descriminação dos equipamentos

Bombas	Potência [kW]	Estimado [h]	Consumo anual [kWh]	Total [kWh]	Peso económico
P1A	37	2289,6	84715,9		8895,2
P1B	37	905	33485,5		3516
P2A	30	416	12480		1310,4
P2B	30	416	12480		1310,4
P3	15	0	0		0
Bomba c. vazamento	7,5	504	3780		396,9
				146941	15428,86
Compressores					
C1	11		0		0
C2	11		0		0
C3 (Vazamento)	7,5		0		0
	0,5	5820	2910		305,55
C. geral da instalação	26	2940	76440		8026,2
				79350	8331,75
Transportadores					
M1	4	905	3620,1		380,11
M2	4	905	3620,1		380,11
M3	5,5	905	4977,6		522,65
M4	3	905	2715,0		285,08
M5	3	905	2715,0		285,08
M6	3	905	2715,0		285,08
M7	5,5	905	4977,6		522,65
M8	4	905	3620,1		380,11
M9	3	2289,6	6868,9		721,23

M10	2,2	2289,6	5037,2		528,90
M11	3	2289,6	6868,9		721,23
M12	2,2	2289,6	5037,2		528,90
M13	3	905	2715,0		285,08
MLE	2,2	905	1991,0		209,06
				57478,6	6035,25
Bombas hidráulicas					
UH1 (Enchimento G26)	1,1	905,	995,52		104,53
UH2 (Enchimento G110)	1,3	2289,6	2976,5		312,53
UH3 (Paletizadora)	7,5	905	6787,6		712,70
				10759,6	1129,76
Centros lavagem					
Alta pressão (G26)	15	905	13575,2		1425,40
Baixa pressão (G26)	2,2	905	1991		209,06
Lavagem manual (G110 /G84)	3,5	190	665		69,83
				16231,2	1704,29
Caldeira vapor					
CV1	12	2289,6	27475		2884,92
CV2	12				0
				27475,4	2884,92
ETAR					
Conjunto motores	22,1	905	19974,6		2097,33
				19974,6	2097,33
Iluminação					
CECPGL	0,04	1638	58,97		6,19
	0,43	1638	707,6		74,30
	2,20	1638	3610,2		379,07
	5	1638	8190		859,95
	1	1638	1638		171,99
	1	1638	1638		171,99
PEC	0,07	1638	117,9		12,38
	0,25	1638	409,5		42,99
	4	1638	6552		687,96

Iluminação ao fim de semana e noite	0,70	5106	3572,7		375,13
				26494,8	2781,96
			TOTAL	384706	40394,11

O valor total e o consumo encontrado com base nos dados recolhidos no local e descritos no anexo E, diz respeito a uma consideração de uma eficiência de 100% na maquinaria da instalação.

Considerando que a instalação tem uma eficiência de 95%, visto que a potência indicada para os motores diz respeito a potência mecânica dos mesmos e não a potência de entrada nestes, sendo que a potência de estrada será maior.

Para o cálculo da potência de entrada para cada equipamento, pode usar-se a expressão seguinte.

$$Eficiência = \frac{\text{Pot. Mecânica}}{\text{Pot. Entrada}} \cdot 100 \tag{5}$$

Logo a soma de toda esta diferença individual aplicada as horas de funcionamento de cada uma, vamos ter uma energia total consumida:

$$Energia\ total\ consumida = 404954\ kWh$$

Sendo assim, comparando com o valor correto do consumo de 2013, 427379 kW, o valor estimado está desfasado 5,24 %. Considera-se assim um valor aceitável para estudo.

$$\frac{\text{Consumo real} - \text{Consumo calculado}}{\text{Consumo real}} \cdot 100 = desvio \tag{6}$$

$$\frac{427379 - 404954}{427379} \cdot 100 = 5{,}24\ \%$$

ANEXO D

Valor individual de substituição da iluminação.

Tabela D.1 - Iluminação LED descriminada

Medida	Qta [un]	Economias anuais Energia ativa			Redução GEE	Investimento	Período de retorno
		[kWh]	[tep]	[€]	[kgCO2]	[€]	[anos]
T8 Fluorescente (60 cm)(18W) por T8 LED (9W)	6	88,4	0,019	8,8	41,6	38,94	4,4

Medida	Qta. [un]	Economias anuais Energia ativa			Redução GEE	Investimento	Período de retorno
		[kWh]	[tep]	[€]	[$kgCO_2$]	[€]	[anos]
T8 Fluorescente (120 cm)(36W) por T8 LED (18W)	12	678	0,15	67,81	318,71	117,6	1,7

Medida	Qta. [un]	Economias anuais Energia ativa			Redução GEE	Investimento	Período de retorno
		[kWh]	[tep]	[€]	[$kgCO_2$]	[€]	[anos]
T8 Fluorescente (150 cm)(58W) por T8 LED (22W)	38	2241	0,48	224,1	1053,15	984,2	4,4

Medida	Qta. [un]	Economias anuais Energia ativa			Redução GEE	Investimento	Período de retorno
		[kWh]	[tep]	[€]	[$kgCO_2$]	[€]	[anos]
Campânula (250W) por Campânula LED (80W)	20	5569	1,20	556,92	2617,47	3190	5,7

Medida (2ºhipotese Campânulas)	Qta. [un]	Economias anuais Energia ativa			Redução GEE	Investimento	Período de retorno
		[kWh]	[tep]	[€]	[kgCO2]	[€]	[anos]
Lâmpada (250W) por Lâmpada LED (72W)	20	5831	1,25	583,13	2740,64	1920	3,3

Medida	Qta. [un]	Economias anuais Energia ativa			Redução GEE	Investimento	Período de retorno
		[kWh]	[tep]	[€]	[kgCO2]	[€]	[anos]
Descarga mista Ext (250W) por Lâmpada LED (72W)	5	1458	0,31	145,9	685,16	480	3,3

Medida	Qta. [un]	Economias anuais Energia ativa			Redução GEE	Investimento	Período de retorno
		[kWh]	[tep]	[€]	[kgCO2]	[€]	[anos]
Projetores interiores (250W) por Projetores LED (50W)	4	1310	0,28	131,04	615,9	289,39	2,2

Medida	Qta. [un]	Economias anuais Energia activa			Redução GEE	Investimento	Período de retorno
		[kWh]	[tep]	[€]	[kgCO2]	[€]	[anos]
Projetores exteriores (1000W) por Projetores LED (150W)	4	5569	1,197	556,92	2617,468	925,27	1,7

ANEXO E

Tabela E.1 - Características das bombas

	P1A	P1B	P2A	P2B	P3	P.req	
Marca	Loher	Loher	Loher	Siemens	Weq	Loher	
Modelo	DNGW-200LD-02A	DNGW-200LD-02A	DNGW-200LB-04A	1MJ62062 CA 60	AU84789	DNGW 132MB-04A	
Ano de fabrico	20-12-1990	20-12-1990	11-06-1991		02-2000	22-01-1992	
Potência	37	37	30	30	15	7,5	[kW]
Cos γ	0,90	0,90	0,86	0,89	0,85		
Δ/γ	380/660	380/660	380/660	400/690	380/660	380/660	[V]
I	68/39	68/39	58/33,5	56/32,5	30/17,3	15,7/9	[A]
r.p.m.	2955	2955	1470		1450	1480	[rpm]
F	50	50	50				[Hz]
Peso	325	325		247			[Kg]
	IMB3	IMB3	IMB3	IMB3			
	Ex	Ex	Ex	Ex ATEX	Ex		

Tabela E.2 - Características compressores

	Compressor 1	Compressor 2	C. requalificação	C. geral da instalação	
Marca	Enclosed Motor	Enclosed Motor	Soferna	Worthington CreyssenssC	
Modelo	R-3479-00-271	R-3479-00-270		RLR 75V7 T	
Potência	15hp =11	15hp =11	7,5	55	[kW]
Δ/γ	220/380	220/380	220/380	400	[V]
I	52/30,1	52/30,1			[A]
r.p.m.	1460	1460	1430	1652	[rpm]
F			50	50	[50]
bar.máx				9,25	[bar]
Nº serie				WCF253509	
Tipo				RLR 75V7 T	
Ano				2009	

Tabela E.3 - Características dos motores dos transportadores

	M1/M2/M8	M3/M7	M4/M5/M6 M9/M11	M13	M10/M12	MLE	
Marca	Brook Crompton	Brook Crompton	Brook Crompton	Brook Crompton	Brook Crompton	Nancy	
Modelo	AE112MD	AE132SD	AE100LDB	AE100LR10	AE100LAD	R100L-4	
Potência	4	5,5	3	3	2,2	2,2	[kW]
Cos γ	0,81		0,75			0,78	
Δ/γ	380/660	380/660	220/380	220/380	220/380	220/380	[V]
I	8,9/5,1		13/7,5	13/7,5	9,4/5		[A]
r.p.m.	1430	1440	1430	1430		1400	[rpm]
F	50	50	50	50		50	[Hz]

Tabela E.4 - Características centros de lavagem

	Lavagem alta pressão	Lavagem baixa pressão	Lavagem G110	
Marca	Brook Crompton	Brook Crompton	Erfy	
Modelo	AE180L		100L/4 7B	
Potência	15	2,2	3,5	[kW]
Cos γ	0,82		0,80	
Δ/γ	380/660		380	[V]
I	32/18,5		7,7	[A]
r.p.m.	970	2860	1360	[rpm]
F	50	50	50	[Hz]

Tabela E.5 - Características das caldeiras

	Caldeira vapor 1	Caldeira vapor 2	
Marca	A&B Co - TT Boilers	A&B Co - TT Boilers	
Modelo	STAALINDSUTRY DKA-5	STAALINDSUTRY DKA-5	
Ano de fabrico	2008	2008	
Potência	12	12	[kW]
V	24	24	[L]
	3x400	3x400	[V]
PS	-1 ; 35	-1 ; 35	[bar(g)]
PT	52	52	[bar(g)]
TS	0 – 140º	0 – 140º	[ºC]

Tabela E.6 - Características das unidades hidráulicas

	UH1	UH2	UH3	
Marca	Brook Crompton	Weq	Brook Crompton	
Modelo	AE90SD	HK56122	AE132MD	
Potência	1,1	1,3	7,5	[kW]
	380	380	380	[V]
r.p.m.	1420	1390	1450	[rpm]
V. Óleo	70	70	70	[L]