



Relatório de Estágio

Mestrado em Engenharia da Energia e do Ambiente

Eficiência Energética aplicada à indústria do vidro

- Estudo de caso aplicado à empresa Gallo Vidro, S.A. -

Tiago Filipe Oliveira Pereira

Leiria, *setembro* de 2015

Esta página foi intencionalmente deixada em branco



Relatório de Estágio

Mestrado em Engenharia da Energia e do Ambiente

Eficiência Energética aplicada à indústria do vidro

- Estudo de caso aplicado à empresa Gallo Vidro, S.A.

Tiago Filipe Oliveira Pereira

Dissertação de Mestrado realizada sob a orientação do Doutor João Miguel Charrua de Sousa, Professor da Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Leiria.

Leiria, *setembro* de 2015

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

Agradecimentos

Em primeiro lugar gostaria de agradecer ao professor Doutor João Sousa, pela excelente orientação e disponibilidade constante ao longo destes meses, tendo a capacidade de identificar e proporcionar elementos sempre relevantes para a elaboração deste trabalho, permitindo a criação de um relatório mais completo ou rico, impedindo que me perdesse com todo o conhecimento que fui adquirindo.

Agradeço a todas as pessoas que contribuíram para a realização deste estágio dentro da Gallo Vidro, em especial ao meu orientador dentro da empresa, o Eng. Paulo Barbosa, pela sua preciosa orientação, disponibilidade e apoio constante nos projetos desenvolvidos.

Uma palavra também para os Srs. Fernando Bom e Carlos Leal pela sua partilha de conhecimento constante e disponibilidade ao longo destes meses em muitos dos projetos elaborados.

Por fim, à minha família e amigos pelo apoio e paciência infinita ao longo desta caminhada, os quais me levaram a observar as situações de outra forma.

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

Resumo

Tendo em conta a competitividade crescente e as exigências cada vez maiores por parte da União Europeia, nomeadamente ao nível das emissões de gases de efeito de estufa e consumo energético, a indústria vidreira encontra-se obrigada a desenvolver um plano de melhoria contínua sustentável e eficiente energeticamente. A este respeito o trabalho permitiu avaliar os indicadores energéticos típicos na União Europeia e confrontá-los com os que se apuraram na empresa onde se realizou o estudo.

Deste modo, um dos objetivos deste trabalho passou pela implementação e depuração de uma ferramenta de monitorização, análise e tratamento dos consumos das diversas formas de energia consumidas na instalação. Esta ferramenta tem o nome de SGE – Sistema de Gestão de Energia.

Atualmente a implementação encontra-se bastante adiantada para os contadores de energia elétrica, conseguindo-se atualmente monitorizar com sucesso a maioria dos consumos com um elevado grau de desagregação. No que diz respeito a outras formas de energia, devido à falta de uma ferramenta que permita a adição de novos contadores, a estratégia que viabiliza a monitorização encontra-se menos avançada.

Outro dos principais objetivos correspondeu à identificação e estudo de oportunidades de racionalização do consumo no funcionamento das diversas áreas, nomeadamente a nível da iluminação, sistemas de ar comprimido, compensação de energia reativa, entre outros.

Os resultados obtidos demonstram que as ações propostas, se forem implementadas, poderão permitir à organização racionalizar os seus consumos e custos, alcançando-se uma poupança anual estimada de cerca de 23 000 €.

Outra medida analisada foi a alteração da opção tarifária de ciclo semanal normal pelo ciclo semanal opcional, estimando-se uma redução de encargos anuais de aproximadamente 14 000 €.

Palavras-chave: eficiência energética, racionalização de consumos e encargos, setor da indústria vidreira.

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

Abstract

Given the growing competitiveness and increasing demands from the European Union, particularly in terms of emissions of greenhouse gases and energy consumption, the glass industry is required to develop a sustainable and efficient continuous improvement energy plan. In this regard the work allowed the evaluation of the typical energy indicators in the European Union, and compare them with those who were established in the company where the study was conducted.

Thus, one of the objectives of this study include the implementation and debugging of a monitoring tool, analysis and processing of consumption of various forms of energy consumed at the facility. This tool is called the SGE, a software dedicated to energy management systems.

Currently the implementation is well advanced for electrical energy meters, currently managing to successfully monitor most consumption with a high degree of desegregation. With respect to other forms of energy, due to lack of a tool that allows the addition of new meters, the strategy that enables the monitoring finds itself less advanced.

Another main objective corresponded to the identification and study of demand side management opportunities in different areas, particularly in terms of lighting, compressed air systems, reactive power compensation, among others.

The results demonstrate that the proposed actions, if implemented, will allow the organization to rationalize its consumption and costs, achieving an estimated annual savings of about € 23 000.

Another measure analyzed and discussed was the change in the rate structure: if the actual normal weekly cycle rate is changed to the optional weekly cycle rate, it is estimated a a reduction of approximately € 14 000 in the annual charges.

Keywords: energy efficiency, Demand Side Management, container glass industry.

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

Lista de figuras

Figura 1: Esquema resumido do processo produtivo.....	7
Figura 2: Misturadores da composição do vidro.	8
Figura 3: Silos de enforna e enforadores.....	8
Figura 4: Ponção do vidro (lado esquerdo), bem como corte do vidro pelas tesouras (lado direito).	10
Figura 5: Formação do esboço e da marissa (à esquerda) e formação da garrafa (à direita).	11
Figura 6: Zona de Fabricação de uma linha (à esquerda) e entrada da arca de recozimento (à direita).	11
Figura 7: Máquina de inspeção automática de controlo da qualidade das garrafas....	12
Figura 8: Consumo de água mensal proveniente das diferentes fontes existentes na instalação.....	22
Figura 9: Consumo médio de água nos diversos circuitos presentes.....	23
Figura 10: Quantidade de água tratada pela ETARI para uso próprio e destinada a saneamento.	24
Figura 11: Circuito das águas na instalação.	25
Figura 12: Demonstração da possibilidade de usar apenas água tratada pela ETARI na reposição da masseira, ao invés de água do furo.	26
Figura 13: Distribuição do consumo de energia elétrica por fusão (utilizada na fabricação do vidro) e por não fusão.....	28
Figura 14: Principais grupos consumidores de energia elétrica (Não Fusão).	28
Figura 15: Partição do consumo de gás natural afeto aos fornos e restantes consumidores.	30
Figura 16: Principais agregados consumidores de gás natural (não fusão).	31
Figura 17: Desagregação dos consumos e custos energéticos.	33
Figura 18: Consumo específico verificado mensalmente para os compressores de baixa pressão.....	35
Figura 19: Consumo específico registado para os ventiladores de máquina.....	36
Figura 20: Organização definida para a instalação por zonas, secção, equipamentos e grupo de carga.	40

Figura 21: Especificação para cada contador, nomeadamente descrição, unidade, tipo de energia, etc.....	41
Figura 22: Exemplificação da janela de trabalho obtida através do SGE análise.	42
Figura 23: Exemplo de uma pesquisa realizada, de forma a obter o consumo diário de energia ativa para as diferentes zonas.....	43
Figura 24: Demonstração do gráfico obtido referente ao consumo nas diversas zonas.	44
Figura 25: Apresentação do SGE <i>Web</i> , expondo-se o consumo e custo semanal da organização.	45
Figura 26: Consumo e custo de energia elétrica para as diferentes secções e períodos horários.	46
Figura 27: Consumo energético diário observado para o compressor GA200 (17 a 22 de abril).	46
Figura 28: Potência ativa consumida pelos compressores da rede de 3 bar durante o período de monitorização.....	50
Figura 29: Representação do peso de cada compressor, no consumo de energia para geração de ar comprimido de baixa pressão.	51
Figura 30: Evolução do caudal de ar comprimida e da potência consumida.....	52
Figura 31: Comparação da potência total registada no período de modulação do C700/2, face ao do ZA250 [entre 11/12/2014 e 18/01/2015].	54
Figura 32: Energia consumida na geração de ar comprimido de baixa pressão [entre 11/12/2014 e 22/01/2015].....	54
Figura 33: Esquema geral de alimentação da instalação.	56
Figura 34: Potência reativa consumida pelos compressores da rede de 3 bar durante o período de monitorização.....	57
Figura 35: Relação entre Q/P obtidos para a instalação durante o tempo monitorizado.	58
Figura 36: Redução do consumo de gás natural verificada após a aplicação da curva de recozimento.	62
Figura 37: Fluxo monetário respetivo ao <i>feeder</i> do forno 4.	68
Figura 38: Representação das cores associadas a níveis de iluminação.....	68
Figura 39: Mapa de iluminância obtido para o local, com a solução de LED'S desenvolvida.....	69
Figura 40: Variação da pressão no ventilador durante 24 horas.	73

Figura 41: Variância da potência consumida pelo ventilador ao longo de um dia de operação.	74
Figura 42: Valores de pressão pedida (SP) e debitada (PV) pelo ventilador diariamente.	75
Figura 43: Alteração dos parâmetros de ação do ventilador durante o mês de janeiro.	76
Figura 44: Diagrama de carga semanal (domingo a sábado).	84
Figura 45: Alteração dos parâmetros de entrada entre duas obras (a 26 de novembro de 2014).....	90
Figura 46: Mudanças verificadas ao longo da obra (entre 25 e 29 de novembro), para os valores parametrizados.	90
Figura 47: Variação do caudal de ar comprimido e da velocidade de corte registada nas mudanças observadas.	91
Figura 48: Alteração do caudal de ar comprimido e do número de secções a operar, durante as mudanças observadas.	91
Figura 49: Caudal de ar comprimido e peso das garrafas verificados ao longo das mudanças.	92
Figura 50: Relação existente entre o caudal de ar comprimido com a velocidade de corte e o peso das garrafas.....	92
Figura 51: Diminuição do consumo de ar comprimido, devido à redução de uma secção.	93
Figura A 1: Consumo específico verificado nos compressores de alta pressão ao longo do ano.	103
Figura A 2: Consumo específico determinado para os outros consumos durante o ano.....	104
Figura B 1: Fluxo monetário respetivo à Zona Fria.....	109
Figura B 2: Mapa de iluminância obtido para a nave, com a solução de LED'S implementada.....	109
Figura B 3: Fluxo monetário obtido para a zona de embalagem.	112
Figura B 4: Mapa de iluminância adquirido para a proposta LED calculada.	112
Figura B 5: Fluxo monetário referente à zona fria das arcas do forno 5.....	114

Figura B 6: Mapa de iluminância obtido para o local, com a solução de LED'S desenvolvida.....	115
Figura B 7: Mapa de iluminância determinado para o local, com a solução de LED'S desenvolvida.....	117
Figura B 8: Fluxo monetário alcançado para o corredor.	119
Figura B 9: Mapa de iluminância adquirido para a proposta LED calculada.	120
Figura B 10: Fluxo monetário alcançado para o pavilhão 2600.	122
Figura B 11: Mapa de iluminância determinado para o local, com a solução de LED'S desenvolvida.....	122
Figura C 1: Alternância dos parâmetros de funcionamento do ventilador para o mês de dezembro.	123
Figura C 2: Variação dos parâmetros registados na atividade do ventilador para o mês de dezembro.	124

Lista de tabelas

Tabela 1: Indicadores energéticos verificados para a UE a 25, bem como para a Gallo Vidro.	2
Tabela 2: Identificação das substâncias que são suscetíveis de originar a poluição dos solos e das águas subterrâneas.	17
Tabela 3: Identificação das substâncias que são suscetíveis de originar a poluição dos solos e das águas subterrâneas.	17
Tabela 4: Identificação das substâncias que apresentam uma “real” possibilidade de provocar contaminação dos solos e das águas subterrâneas – Parte I.	18
Tabela 5: Identificação das substâncias que apresentam uma “real” possibilidade de provocar contaminação dos solos e das águas subterrâneas – Parte II.	18
Tabela 6: Consumos mensais de energia elétrica.	27
Tabela 7: Consumos mensais de Gás Natural.	29
Tabela 8: Características e consumo de gasóleo pelos empilhadores.	31
Tabela 9: Características e consumo de GPL no ano de 2014.	32
Tabela 10: Consumos energéticos e custos da instalação por fonte energética.	32
Tabela 11: Consumos e indicadores energéticos determinados, bem como produção anual.	34
Tabela 12: Alterações e melhorias solicitadas pela organização.	44
Tabela 13: Requisitos realizados para otimização do SGE <i>web</i>	47
Tabela 14: Caudais máximos produzidos pelos compressores.	49
Tabela 15: Consumo específico de cada compressor.	51
Tabela 16: Características necessárias para analisar as alterações registadas no consumo de ar comprimido.	53
Tabela 17: Consumo médio diário registado para ambos os compressores e respetiva diminuição de consumo.	55
Tabela 18: Poupança diária obtida e poupança associada ao período entre 11/12/2014 e 28/01/2015.	55
Tabela 19: Potência reativa máxima e média consumida durante o período monitorizado.	59
Tabela 20: Baterias de condensadores propostas e seus escalões de potência.	59

Tabela 21: Análise técnico-económica relativa ao dimensionamento da bateria de condensadores.	60
Tabela 22: Consumos de gás natural registados e respetiva poupança obtida.	62
Tabela 23: Solução ambiente e local na zona dos <i>spouts</i> das linhas existente.	66
Tabela 24: Solução ambiente e local na zona dos <i>spouts</i> das linhas proposta.	66
Tabela 25: Apresentação dos dados de entrada para o <i>feeder</i> do F4 e análise monetária envolvida.	66
Tabela 26: Análise económica referente à solução proposta.	67
Tabela 27: Potencial de poupança quer energética, quer monetária para as diversas zonas.	69
Tabela 28: Número de armaduras e potência consumida em cada local.	70
Tabela 29: Energia elétrica consumida e poupança obtida anualmente.	71
Tabela 30: Características de fabricação das garrafas, bem como de operação do ventilador da linha 4.1.	76
Tabela 31: Consumos específicos (kWh/Tvf) referentes às linhas de produção, para o mês de abril.	78
Tabela 32: Custo anual associado às fugas estimadas para 6 bar.	79
Tabela 33: Encargos semanais obtidos para o ciclo semanal normal (inverno).	85
Tabela 34: Encargos semanais verificados para o ciclo semanal opcional (inverno).	85
Tabela 35: Poupanças obtidas utilizando o ciclo semanal opcional (inverno).	85
Tabela 36: Encargos semanais obtidos para o ciclo semanal normal (verão).	86
Tabela 37: Encargos semanais verificados para o ciclo semanal opcional (verão). ..	86
Tabela 38: Poupanças obtidas utilizando o ciclo semanal opcional (verão).	86
Tabela 39: Dados médios determinados mensalmente, para os indicadores definidos.	94
Tabela 40: Valores médios obtidos, filtrando-se por gama de peso bem como por número de secções.	94

Tabela B 1: Proposta desenvolvida para a zona de fabricação.....	105
Tabela B 2: Estudo realizado para o <i>Feeder</i> do F5.	106
Tabela B 3: Dimensões da Zona Fria, bem como da altura dos projetores.....	106
Tabela B 4: Solução atualmente implementada na Zona Fria.....	107
Tabela B 5: Soluções de iluminação LED desenvolvidas para esta situação.....	107
Tabela B 6: Apresentação dos dados de entrada e respetivo estudo monetário para ambas as soluções.	107
Tabela B 7: Análise económica alusiva à solução desenvolvida.....	108
Tabela B 8: Alturas do espaço, bem como da localização dos projetores.	110
Tabela B 9: Solução existente na zona de embalagem.	110
Tabela B 10: Propostas de iluminação LED desenvolvidas para este sítio.....	110
Tabela B 11: Exposição dos dados de entrada, bem como a análise monetária para as duas propostas.....	111
Tabela B 12: Análise económica respeitante à proposta estudada.	111
Tabela B 13: Solução implementada atualmente na zona das arcas.....	112
Tabela B 14: Dimensões da Zona Fria das arcas do forno 5, bem como da altura dos projetores.....	113
Tabela B 15: Proposta estudada para este local, utilizando iluminação LED.....	113
Tabela B 16: Apresentação dos dados de entrada, tal como a análise monetária envolvida.	113
Tabela B 17: Análise financeira relativa à proposta exposta.	114
Tabela B 18: Dimensões relativas ao pavilhão de cargas intermédias.	115
Tabela B 19: Solução atualmente presente.	115
Tabela B 20: Solução proposta utilizando iluminação LED.....	116
Tabela B 21: Exposição dos valores iniciais e respetivo estudo monetário para as duas propostas.....	116
Tabela B 22: Alturas do espaço, bem como da localização dos projetores.	117
Tabela B 23: Solução implementada atualmente no corredor.....	117
Tabela B 24: Proposta estudada para este local, utilizando iluminação LED.....	118
Tabela B 25: Apresentação dos dados de entrada, tal como a análise monetária envolvida.	118
Tabela B 26: Análise financeira associada à proposta descrita.....	118
Tabela B 27: Dimensões relativas ao pavilhão 2600.....	120
Tabela B 28: Solução presentemente em uso.	120

Tabela B 29: Solução proposta utilizando iluminação LED.....	121
Tabela B 30: Exposição dos valores iniciais e respetivo estudo monetário para as duas propostas.	121
Tabela B 31: Análise económica respeitante à proposta estudada.....	121
Tabela C 1: Características de produção das garrafas, bem como de operação do ventilador da linha 4.1.	123
Tabela C 2: Especificações da produção das garrafas, bem como do funcionamento do ventilador da linha 5.3.	124

Lista de siglas

- ADENE: Agência para a Energia
- AIA: Avaliação de Impacte Ambiental
- APA: Agência Portuguesa do Ambiente
- CAS: *Chemical Abstracts Service*
- CEE: consumo específico de energia
- CPM: Cortes por minuto
- DIA: Declaração de Impacte Ambiental
- ETARI: Estação de tratamento de águas residuais
- GPL: Gás de petróleo liquefeito
- IC: índice carbónico
- IS: *Individual Section*
- LA: Licença Ambiental
- LED: *Light Emitting Diode*
- mmCA: milímetros de coluna de água
- OLAP: *On-line Analytical Processing*
- PNALE: Plano Nacional de Atribuição de Licenças de Emissão
- PREn: Plano de Racionalização de Consumo de Energia
- PV: *point value*
- REACH: *Registration, Evaluation, Authorization and Restriction of Chemicals*
- ROI: retorno do investimento
- SGCIE: Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia
- SGE: Sistema de Gestão de Energia
- SP: *set point*
- Tap: Toneladas equivalentes de Petróleo

TIR: taxa interna de rentabilidade

Tvf: Toneladas de vidro fundido

VAL: valor atual líquido

VEV: Variador eletrônico de velocidade

Índice

AGRADECIMENTOS	I
RESUMO	III
ABSTRACT	V
LISTA DE FIGURAS	VII
LISTA DE TABELAS	XI
LISTA DE SIGLAS	XV
ÍNDICE	XVII
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Enquadramento	1
1.1.1. Eficiência energética como um dos principais desafios da Indústria vidreira	2
1.1.2. Organização e História da empresa	3
1.1.3. Organização do relatório	4
2. DESCRIÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO	7
3. LEGISLAÇÃO APLICÁVEL	13
3.1. Licenciamento Ambiental	13
3.2. Legislação Energética	19
4. CARACTERIZAÇÃO DE CONSUMOS DE ENERGIA NA ORGANIZAÇÃO	21
4.1. Identificação e análise de diferentes formas de energia consumidas	21
4.1.1. Águas	22
4.1.2. Energia elétrica	27
4.1.3. Gás Natural	29

4.1.4.	Gás propano e Gasóleo	31
4.2.	Análise do histórico do consumo de energia	32
4.3.	Indicadores energéticos globais	33
4.3.1.	Consumos específicos	34
5.	SGE	39
5.1.	Passos para a implementação	39
5.1.1.	Configuração dos contadores	40
5.2.	Análise SGE	42
5.3.	SGE Web	45
6.	OPORTUNIDADES DE RACIONALIZAÇÃO DE CONSUMO E ENCARGOS	49
6.1.	Geração de Ar comprimido de Baixa Pressão	49
6.1.1.	Oportunidade de redução do consumo de energia elétrica na geração de ar comprimido	52
6.1.2.	Análise do equipamento para correção do fator de potência	55
6.2.	Arcas de Recozimento	60
6.3.	Iluminação	63
6.3.1.	Metodologia de análise económica	64
6.3.2.	Avaliação de alternativas para o sistema de iluminação	65
6.3.3.	Instalação de sensores	70
6.4.	Ventiladores	71
6.4.1.	Operação dos ventiladores	72
6.4.2.	Exemplos de Aplicação	75
6.5.	Otimização do consumo elétrico na produção das garrafas	77
6.6.	Outras medidas de otimização	78
6.6.1.	Fugas de ar relativas ao ar comprimido	78
6.6.2.	Motores e Variadores eletrónicos de velocidade	80
6.6.3.	Desequilíbrio de tensão	81
6.6.4.	Composição	81

6.6.5. Outras medidas	82
6.6.6. Acompanhamento da evolução dos consumos energéticos e tecnologia	83
6.7. Oportunidade de racionalização de encargos	83
6.7.1. Análise das opções tarifárias relativas a ciclo de contagem	84
7. DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS QUE INFLUENCIAM O CONSUMO DE AR	89
7.1. Estimativa do consumo de ar para todas as linhas	93
8. CONCLUSÃO	97
BIBLIOGRAFIA	101
ANEXOS	103
Anexo A – Análise dos consumos específicos	103
Anexo B – Análise técnico-económica de soluções de iluminação para os outros locais	105
Anexo C – Otimização do funcionamento de ventiladores	123

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

1. Introdução

O trabalho apresentado foi elaborado no âmbito de um estágio curricular integrado no curso de Mestrado em Engenharia da Energia e do Ambiente.

O estudo tem como principais objetivos a identificação e análise de oportunidades de racionalização de consumo na operação das diversas áreas, equipamentos e fontes de energia da instalação, bem como a definição de um plano de atuação sobre as mesmas. Outro dos principais objetivos passou pela implementação e depuração do programa SGE na organização.

Há também que referir a recolha de informação e desenvolvimento de toda a estrutura necessária, para a elaboração do Relatório Base por parte da organização.

Para o desenvolvimento destes objetivos contribuíram em grande parte os conhecimentos adquiridos, nomeadamente nas unidades curriculares de Utilização Racional de Energia, Políticas de Gestão Ambiental, entre outras.

1.1. Enquadramento

Nesta secção realiza-se uma análise relativa às emissões de CO₂ e consumo energético na indústria vidreira de embalagem, dentro da realidade europeia, tendo por base indicadores energéticos.

Ao nível da indústria vidreira, a União Europeia representa 30 % da produção mundial, tendo como subsectores dominantes o vidro de engarrafamento e plano, com um peso total de 83 % (aproximadamente 30 milhões de toneladas).

Focando apenas a indústria vidreira de engarrafamento, no que respeita às emissões de CO₂ verificou-se um total de 12,4 milhões de toneladas emitidas no ano de 2007 (ao nível da União Europeia) (Schmitz, Kaminski, & Soria, 2010).

Já no que se refere ao consumo de energia a nível europeu, cerca de 15% corresponde a eletricidade, 30% a fuelóleo e 55% ao gás natural, tendo-se registado um

consumo total na indústria vidreira de engarrafamento de 157,8 PJ ^[1] (Scalet, Garcia Muñoz, Sissa, Roudier, & Delgado Sancho, 2013).

De forma a avaliar a eficiência atual da indústria vidreira de engarrafamento referente às emissões de CO₂ e consumo energético, recorreu-se a indicadores energéticos, nomeadamente o consumo específico de energia (CEE) e índice carbónico (IC) respetivamente (Tabela 1).

Tabela 1: Indicadores energéticos verificados para a UE a 25, bem como para a Gallo Vidro.

Indicadores	UE (25)	Gallo Vidro
CEE (GJ ^[2] /Tvf ^[3])	6,4	6,9
CEE (tep/Tvf)	0,187	0,197
IC (tCO ₂ eq./Tvf)	0,48	0,45

Com base no estudo realizado e referente ao ano de 2007, é possível constatar-se que a nível europeu o consumo específico de energia se situa em média por volta dos 0,187 tep/Tvf (EU 25), enquanto o índice carbónico ronda os 0,48 tCO₂eq./Tvf (Schmitz, Kaminski, & Soria, 2010).

Na Gallo Vidro, e para o ano de 2014 determinou-se um consumo específico de energia de 0,197 tep/Tvf, estando este muito próximo da média obtida, enquanto o índice carbónico obtido se situa abaixo da média europeia. Para este valor mais reduzido do que a média da União Europeia a 25, contribui a utilização exclusiva de gás natural, originando menores emissões face a outras organizações que usam fuelóleo.

1.1.1. Eficiência energética como um dos principais desafios da Indústria vidreira

Num mundo globalizado, o nível de competitividade entre as empresas é cada vez maior, assumindo um papel muito importante no seu crescimento e desenvolvimento sustentado.

^[1] 1 PJ equivale a 10¹⁵ J

^[2] 1 GJ equivale a 0,02388 tep, ou 1 tep equivale a 41,868 GJ

^[3] Tvf: Toneladas de vidro fundido

Tendo isso em conta, o desenvolvimento e implementação de medidas de melhoria contínua, nomeadamente no que respeita à eficiência energética, representa igualmente um papel importante neste crescimento.

Neste sentido, a realização de uma auditoria energética pode ser uma grande ajuda, devendo-se para isso identificar os diferentes tipos de energia consumida, bem como os seus respetivos usos e principais equipamentos consumidores. Após a análise dos dados recolhidos deve definir-se o conjunto de medidas de otimização e racionalização dos consumos a serem implementadas.

Outra medida que poderá ter a maior relevância é a sensibilização e envolvimento dos colaboradores, já que muitas vezes o sucesso das medidas a implementar, está dependente da alteração de hábitos por parte dos mesmos. Por este motivo devem também existir canais de comunicação que permitam aos colaboradores expressar a sua opinião.

Atualmente os principais desafios com que a indústria vidreira se depara, são as elevadas emissões de gases de efeito de estufa e elevado consumo energético. Como o fabrico de vidro é um processo que se realiza a uma temperatura e densidade energética elevadas, origina uma atmosfera oxidante dando origem a produtos de combustão como o azoto, óxidos de enxofre, dióxido de carbono ou óxidos de azoto (Scalet, Garcia Muñoz, Sissa, Roudier, & Delgado Sancho, 2013).

As diferentes estratégias e políticas energéticas postas em prática nos diferentes países, influenciam diretamente a quantidade e qualidade das emissões gasosas associadas ao ciclo produtivo.

1.1.2. Organização e História da empresa

A Gallo Vidro localiza-se na Marinha Grande, operando no setor industrial vidreiro, dedicando-se à produção de garrafas quer para bebidas, quer para alimentos, tendo como principais mercados França e Espanha. Esta é composta por 2 fornos de fusão, produzindo cerca de 210 000 toneladas de vidro anualmente.

A empresa faz parte do grupo internacional Vidrala, que conta com 8 fábricas de produção de vidro de embalagem (distribuídas por Espanha, Portugal, Itália, Bélgica e Reino Unido), com um total de 17 fornos de fusão.

A família Gallo foi uma das primeiras dinastias de vidreiros de origem alemã, que rumaram ao nosso país, no período da reconstrução de Lisboa, após o terramoto de 1755, época em que se registava uma enorme procura de vidro para janelas.

Estes mantiveram-se na sua maioria ligados ao vidro durante mais de um século, quer na Marinha Grande, quer em outras fábricas espalhadas pelo país, encontrando-se nos primórdios ou fundação de outras fábricas portuguesas de vidro, como é o caso da Santos Barosa, fundada em 1889.

Em 1899, Ricardo dos Santos Gallo Júnior funda a fábrica Ricardo Gallo, dedicando-se nos primeiros anos à produção de cristais, telhas e vidraças. O grande interesse na produção de garrafas surge mais tarde durante a 1ª Guerra Mundial, passando este a ser o principal foco de produção (Mendes & Rodrigues, 1999).

No ano de 2003 a empresa é adquirida pelo grupo espanhol Vidrala, passando a designar-se Gallo Vidro.

1.1.3. Organização do relatório

No presente capítulo é feita uma breve introdução e enquadramento do tema, analisando-se a situação atual da indústria vidreira ao nível europeu, bem como da própria organização. Para além disso são igualmente apresentados os objetivos do presente trabalho.

No segundo capítulo dá-se a conhecer o processo de produção de uma indústria vidreira de engarrafamento.

O terceiro capítulo refere-se à legislação aplicável à organização, em termos de política energética. É ainda descrito o trabalho realizado no âmbito da apresentação do relatório base pela organização.

No quarto capítulo procede-se à análise do histórico de consumo das diferentes formas de energia consumidas na instalação, nomeadamente água, energia elétrica e gás natural. Esta análise inclui ainda os principais indicadores energéticos (CEE e IC), bem como a análise dos consumos específicos aos principais grupos consumidores de energia elétrica da organização, excluindo a fusão.

No quinto capítulo expõe-se o trabalho desenvolvido na implementação e depuração do Sistema de Gestão de Energia (SGE), bem como as potencialidades do mesmo.

No sexto capítulo apresentam-se as oportunidades de racionalização de consumo identificadas e propostas, nomeadamente ao nível de ar comprimido, arcas de recozimento, ventiladores, entre outras.

Neste mesmo capítulo apresenta-se o consumo elétrico associado a cada linha de produção, bem como o respetivo consumo específico (kWh/Tvf), tendo como objetivo determinar a linha mais produtiva. Esta recolha de dados tem como meta permitir no futuro, determinar qual a linha de produção mais eficiente para produzir um determinado modelo.

No sétimo capítulo aborda-se a geração de ar comprimido, de forma a estabelecer os parâmetros que influenciam o seu consumo, nomeadamente a velocidade de corte da máquina, o número de secções, entre outros.

No último capítulo são apresentadas as principais conclusões deste relatório, sendo também justificada a escolha das medidas de racionalização de consumos apresentadas, apontando igualmente áreas potenciais ao desenvolvimento de trabalho futuro.

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

2. Descrição do processo produtivo

O procedimento de produção de uma garrafa envolve diferentes processos, apresentando-se em seguida um resumo do mesmo (Figura 1).

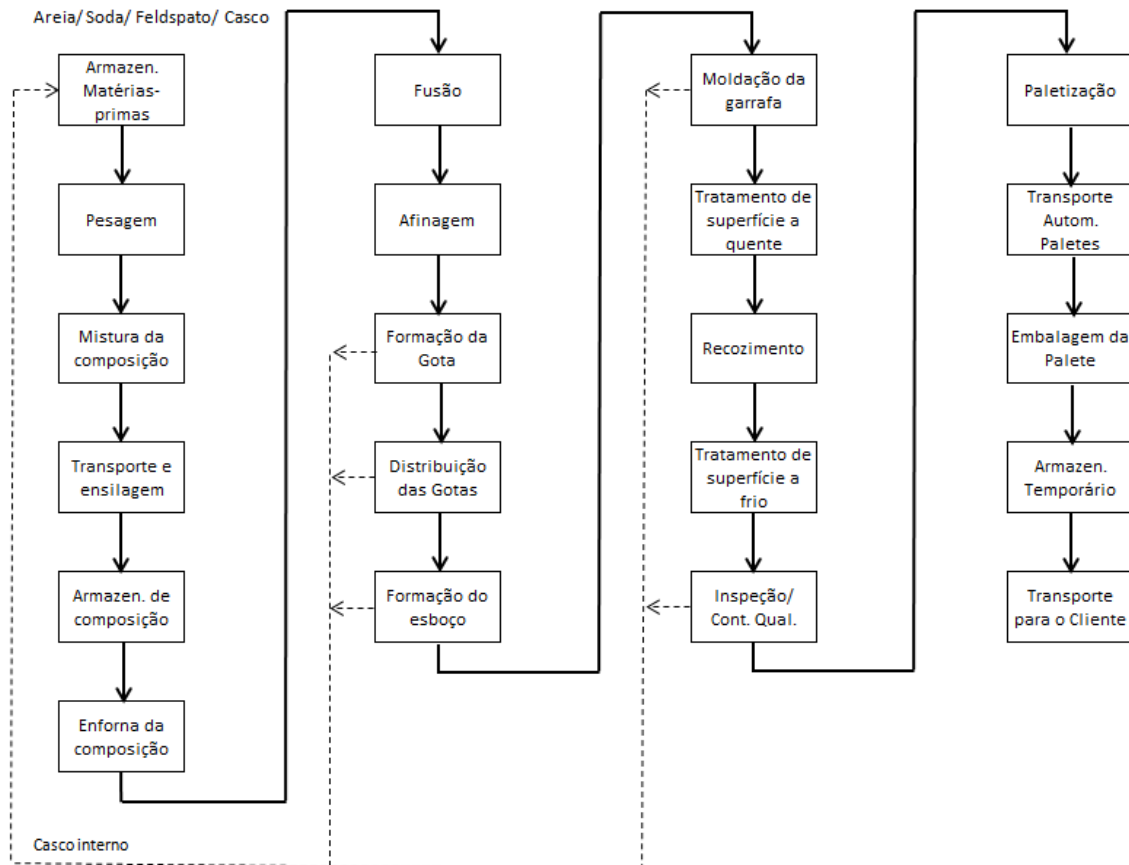


Figura 1: Esquema resumido do processo produtivo.

Composição

No início do processo existem diversos silos com diferentes componentes (areia para fabricação, calcário, etc.), que irão fornecer as quantidades necessárias de cada componente para elaborar a composição, passando por uma balança e caindo para o tapete.

Ao circular pelo tapete, podem ainda ser adicionados outros componentes (óxido de ferro ou crómína) e, no final deste trajeto, a mistura é adicionada ao misturador branco ou verde consoante o seu objetivo (Figura 2).



Figura 2: Misturadores da composição do vidro.

Após este processo a composição segue o seu trajeto, adicionando-se casco verde ou branco, respetivamente, transportando-se até aos silos de enforna onde permanece (Figura 3). De seguida a composição é inserida no forno pelos enfornadores ^[4] (“pás”).



Figura 3: Silos de enforna e enfornadores.

Atualmente a percentagem de casco utilizado na composição é de 10 % para o vidro branco e de 50 % para o vidro verde.

Forno/*Boosting*

A fundição do vidro é realizada recorrendo à queima de gás natural e ao *Boosting*, ou seja, utilizando um conjunto de elérodos que irá promover um “aquecimento elétrico”, permitindo assim diminuir a quantidade de gás natural necessária, diminuindo a fatura energética.

^[4] Este termo técnico é utilizado na organização, bem como de agora em diante no relatório.

Naturalmente existe a tendência para aumentar a percentagem de contribuição do *Boosting*, no entanto os combustíveis fósseis não poderão ser totalmente substituídos por um aquecimento elétrico, devido à atmosfera necessária para a fundição do vidro. No caso de falha do *Boosting*, o aquecimento será realizado aumentando a queima de gás natural caso exista capacidade, ou não sendo possível, reduzindo-se a tiragem do forno.

Os fornos existentes são de fusão regenerativa, sendo constituídos por duas câmaras, funcionando alternadamente por períodos de 20 minutos, garantindo assim que a temperatura da câmara não diminua em demasia, levando a uma maior necessidade de energia para o seu aquecimento.

A inversão do forno é realizada, movendo-se as placas que se situam à entrada das câmaras, permitindo a entrada de ar de combustão para a câmara ativa, enquanto a saída dos gases de escape se procede pela segunda câmara.

Assim promove-se o aproveitamento do calor dos gases de escape conduzindo-os pela segunda câmara, que irá absorver o calor através das paredes de cerâmica do forno. Aquando da inversão, o calor retido nas paredes é fornecido ao ar de combustão, cortando-se inicialmente o fornecimento de gás e deixando circular o ar de combustão que vai pré-aquecer o forno, voltando-se a injetar o gás apenas quando tudo estiver posicionado. A pressão dentro do forno tem que ser superior à pressão atmosférica para garantir calor suficiente para fundir, prevenindo a entrada de ar e insetos.

O nível de vidro base dentro do forno que assegura a existência da quantidade necessária para formar a gota, encontra-se pré – definido. Este valor é então considerado como o “zero”, encontrando-se o nível do vidro medido sempre a rondar valores próximos deste, de forma a garantir a porção necessária para obter a gota.

Feeders

O vidro fundido, será em seguida conduzido através dos canais (*feeders* ^[5]), sendo distribuído pelas respetivas linhas de produção. Nas camisas ou *spout* ^[6] o vidro sofre uma ponção, isto é, é empurrado através de orifícios que facilitam a formação da gota, cortando-se em seguida o vidro de forma adequada (Figura 4), obtendo-se assim as gotas que serão entregues às diferentes secções da máquina IS ^[7] (*Individual Section*).

^[5] Este termo técnico é utilizado na organização, bem como de agora em diante no relatório.

^[6] Este termo técnico é utilizado na organização, bem como de agora em diante no relatório.

^[7] Este termo técnico é utilizado na organização, bem como de agora em diante no relatório.



Figura 4: Ponção do vidro (lado esquerdo), bem como corte do vidro pelas tesouras (lado direito).

Zona Quente

A máquina IS é onde se transforma a gota no produto final, sendo esta composta por diversas secções individualizadas. Inicialmente a gota é levada para o contra molde, onde se forma a marissa e um esboço da garrafa (Figura 5).

Esta fase do processo pode ocorrer de duas formas: ou através do uso de ar comprimido (para garrafas de grandes dimensões) denominando-se processo soprado, ou através do uso de buchas assegurando uma melhor distribuição do vidro (usado com garrafas de pequenas dimensões), denominando-se processo prensado.

De seguida a gota é transportada para o molde de produto final, onde é soprada formando-se assim a garrafa pretendida (Figura 5). No seguimento é também realizado o transporte das mesmas, sofrendo posteriormente um tratamento de superfície a quente.



Figura 5: Formação do esboço e da marissa (à esquerda) e formação da garrafa (à direita).

Procede-se entretanto ao recozimento das garrafas, através de uma curva de temperatura definida em função das suas características, reduzindo as tensões térmicas criadas na sua formação (Figura 6). Esta etapa decorre numa arca de recozimento.



Figura 6: Zona de Fabricação de uma linha (à esquerda) e entrada da arca de recozimento (à direita).

Zona Fria

Após o recozimento, as garrafas sofrem um tratamento superficial a frio, sendo sujeitas a uma inspeção automática, de forma a garantir o controlo do processo e qualidade, rejeitando as que não se encontram conforme os parâmetros estabelecidos (Figura 7).



Figura 7: Máquina de inspeção automática de controlo da qualidade das garrafas.

Por fim estas são paletizadas, assegurando-se elevadas condições de transporte e higiene. As paletes são então conduzidas para a linha de embalagem e reatualização térmica, sendo estes processos (incluindo a paletização) completamente automáticos.

3. Legislação Aplicável

Neste capítulo expõe-se a regulamentação mais relevante no âmbito da realização do estágio, bem como os principais requisitos aplicáveis à organização, tendo em conta a sua atividade. Em função do trabalho desenvolvido, apresentam-se também os passos desenvolvidos para elaboração do relatório base, enquadrado no processo de licenciamento ambiental.

3.1. Licenciamento Ambiental

Tendo em conta que a atividade da instalação consiste na produção de garrafas de vidro, naturalmente encontra-se sujeita a diversos requisitos legais nas mais diversas áreas, nomeadamente responsabilidade e licenciamento ambiental, emissões para a atmosfera, ruído, recursos hídricos, resíduos, entre outras.

Visto que a produção média de vidro da instalação supera as 20 toneladas por dia, esta encontra-se abrangida pelo Decreto-Lei n.º 127/2013, de 30 de agosto, segundo a alínea e), do anexo I do próprio diploma.

Assim uma instalação enumerada no anexo I do respetivo Decreto-Lei deve dispor de Licença Ambiental e assegurar que a atividade é explorada e mantida de acordo com o Projeto aprovado e as condições impostas pela Licença Ambiental.

Como o trabalho desenvolvido se focou na elaboração do relatório base, sendo este uma das obrigações de comunicação das instalações abrangidas pela Licença Ambiental (LA), Decreto-Lei n.º 127/2013, de 30 de agosto, apresenta-se em seguida as principais obrigações às quais a organização se encontra sujeita, no âmbito do licenciamento ambiental por este Decreto-Lei.

Para isso a organização deve:

- assegurar o cumprimento dos Valores Limite de Emissão especificados na Licença Ambiental.
- garantir as condições de monitorização especificadas na LA.

- enviar à Agência Portuguesa do Ambiente (APA) os relatórios e informações requeridos na LA, previamente validados por verificadores qualificados, através do formulário eletrónico.
- comunicar qualquer proposta de alteração da instalação à entidade coordenadora, nomeadamente quando da modificação das características, do funcionamento ou de uma ampliação da instalação que possa ter consequências no ambiente, ou a alteração substancial nas atividades desenvolvidas numa instalação (artigo 19.º do Decreto-Lei n.º 127/2013).
- no caso de alterações substanciais da instalação, deve remeter à Entidade Coordenadora e à APA, informação relativa à data de início de construção bem como memória descritiva de eventuais alterações ao projeto licenciado.
- requerer à APA a renovação da Licença Ambiental até 6 meses antes da data de fim de vigência da mesma, nomeadamente quando se verifique a ausência de atividade de uma instalação por motivo imputável ao operador (por período igual ou superior a três anos, no caso da LA), ou se verifique uma diminuição da capacidade instalada para valores inferiores aos limiares de abrangência (artigo 22.º do Decreto-Lei n.º 127/2013).
- quando do pedido de licenciamento ou no momento da 1ª renovação da licença ambiental, de alteração substancial ou atualização da licença, encontra-se definido no n.º 1 do art. 42.º do Decreto-Lei n.º 127/2013, de 30 de agosto, a obrigação de apresentar um Relatório Base.

O mesmo deve incluir informações que permitam determinar o estado de contaminação do solo e das águas subterrâneas, de modo a permitir estabelecer uma comparação quantitativa com o estado do local após a cessação definitiva das atividades.

Este relatório deve ser elaborado tendo em conta as diretrizes da Comissão Europeia, respeitantes à elaboração do relatório base nos termos do n.º 2, do artigo 22.º da Diretiva 2010/75/UE relativa às emissões industriais (2014/C 136/03) a 06-05-2014.

Com base no trabalho realizado pretende-se analisar e apresentar uma base com a fundamentação técnica para a potencial isenção de elaboração do Relatório Base por parte da organização, como previsto no art. 42ª do Decreto-Lei n.º 127/2013, de 30 de agosto.

Metodologia

A metodologia de trabalho utilizada baseou-se no procedimento estabelecido pela Comissão Europeia e pela APA (nota interpelativa nº5/2014 – Relatório Base, de 17 de julho de 2014), de acordo com a qual se deve começar por avaliar a necessidade de elaboração do Relatório de Base, definida da subseqüente forma:

1. Identificação das substâncias perigosas usadas, produzidas ou libertas na instalação, de acordo com a classificação do art.º 3.º do Regulamento (CE) nº 1272/2008, de 16 de dezembro, relativo à classificação, rotulagem e embalagem de substâncias e misturas (Tabela 2).

Neste ponto analisaram-se todas as substâncias existentes na instalação, sejam elas matérias-primas, matérias subsidiárias, produtos, etc., utilizadas ou produzidas no decorrer das atividades.

2. Reconhecimento das substâncias registadas no ponto anterior que são passíveis de provocar contaminação dos solos e águas subterrâneas.

Este reconhecimento, tem por base as propriedades químicas e físicas, tais como: composição, o estado físico (sólido, líquido ou gasoso), solubilidade, toxicidade, mobilidade, entre outros, tendo como objetivo determinar se a substância tem ou não potencial para provocar a contaminação do solo e águas subterrâneas.

Com esta análise procedeu-se ao preenchimento dos campos evidenciados na Tabela 3, através das respetivas fichas de segurança.

3. Identificação das substâncias listadas no ponto 2 que, atendendo às suas características, são suscetíveis de provocar contaminação do local onde se encontra a instalação.

Neste sentido, para as substâncias previamente registadas, deve ser feita a pesquisa da real possibilidade de contaminação do solo ou das águas subterrâneas no local da instalação, tendo em linha de conta os seguintes aspetos para cada substância:

- i. comunicação da quantidade máxima passível de armazenamento na instalação.
- ii. indicação das condições de armazenamento.

- iii. forma de transporte dentro da instalação.
- iv. indicação da operação e/ou forma de utilização de cada substância.
- v. medidas de contenção adotadas ou a adotar para prevenir, evitar ou controlar a contaminação do solo e/ou águas subterrâneas.

Na Tabela 4 e Tabela 5 pode observar-se o exemplo relativo ao preenchimento da tabela para a fase 3.

Por fim, com base na informação fornecida, a APA tomará uma decisão sobre o pedido de dispensa de apresentação do Relatório Base por parte da organização.

De seguida apresenta-se um exemplo relativo ao processo elaborado, onde se optou pelo carbonato de sódio para servir de modelo de aplicação.

Tabela 2: Identificação das substâncias que são suscetíveis de originar a poluição dos solos e das águas subterrâneas.

Passo 1 – Identificação de resíduos perigosos e substâncias perigosas, usadas, produzidas ou libertadas na instalação							
Designação da substância	Código	n.º REACH	n.º CAS	n.º CE ^[8]	Categoria de Perigo	Advertências / Frases H ^[9]	Passa para a fase 2?
Carbonato de Sódio	MP1	01-2119485498-19	497-19-8	207-838-8	GHS07 ^[10]	H319 ^[11]	SIM

Tabela 3: Identificação das substâncias que são suscetíveis de originar a poluição dos solos e das águas subterrâneas.

Passo 2 – Identificação das substâncias que são passíveis de provocar contaminação dos solos e das águas subterrâneas.							
Composição	Estado Físico	Solubilidade	Toxicidade	Mobilidade	Persistência	Passível de contaminar solo e águas subterrâneas?	Passa para a fase 3?
Carbonato de sódio >= 99%	Sólido (pó)	Solúvel em água	- Peixes, <i>Lepomis macrochirus</i> , CL50, 96 h, 300 mg/l	Sim (água)	Não	Sim	Sim

^[8] n.º CE: número identificador do produto.

^[9] Frases H: advertências de Perigo.

^[10] Irritação ocular, categoria 2.

^[11] Provoca irritação ocular grave.

Tabela 4: Identificação das substâncias que apresentam uma “real” possibilidade de provocar contaminação dos solos e das águas subterrâneas – Parte I.

Fase 3 – Identificação das substâncias que apresentam uma “real” possibilidade de provocar contaminação dos solos e das águas subterrâneas.				
Quantidade máxima armazenada	Quantidade anual consumida	Condições de armazenamento	Forma de transporte	Operação e/ou forma de utilização
102,9 ton		Armazenado em silos, enchimento por sistema pneumático	O abastecimento dos silos é efetuado por via pneumática a partir de camiões cisterna	O transporte no interior da instalação é efetuado de forma automática, através de calha vibrada fechada e por telas transportadoras também fechadas.

Tabela 5: Identificação das substâncias que apresentam uma “real” possibilidade de provocar contaminação dos solos e das águas subterrâneas – Parte II.

Fase 3 - Identificação das substâncias que apresentam uma “real” possibilidade de provocar contaminação dos solos e das águas subterrâneas.		
Medidas de contenção adotadas e/ou a adotar	Passível de efetivamente contaminar o solo e águas subterrâneas?	Conclusão
O processo de abastecimento dos silos (a partir de camiões cisterna) é efetuado em local coberto, pavimentado, com um desnível que impede que qualquer eventual derrame contamine as águas pluviais e/ou o solo.	Não	
Toda a restante movimentação é efetuada no interior da instalação fabril, em locais fechados e pavimentados, minimizando-se desta forma qualquer eventual contaminação das águas subterrâneas e/ou do solo.	Pelo descrito, considera-se altamente improvável a possibilidade de esta substância contaminar efetivamente o solo e/ou as águas subterrâneas.	Não

3.2. Legislação Energética

Uma instalação que apresente um consumo energético superior a 500 tep/ano, é considerada uma instalação consumidora intensiva de energia, encontrando-se abrangida pelo Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia (SGCIE), Decreto-Lei nº 71/2008 de 15 de abril.

Após o levantamento e análise dos consumos anuais energéticos da organização para o ano de 2014, verificou-se que esta ultrapassa o requisito mínimo de 500 tep/ano, bem como o limiar de consumo de 1000 tep/ano, que implicaria o cumprimento de diferentes requisitos, como se poderá ilustrar no ponto 4.3. Em grande medida este consumo provém do gás natural e da energia elétrica, representando um peso total de 70 % e 30 % respetivamente.

No entanto a empresa encontra-se sujeita a um regime de exceção de acordo com o Decreto-Lei nº 38/2013, de 15 de março.

Este Decreto-Lei prevê a isenção de instalações de consumo intensivo de energia sujeitas ao PNALE (Plano Nacional de Atribuição de Licenças de Emissão), nomeadamente empresas de produção de vidro com capacidade de fusão superior a 20 toneladas por dia, no período 2013-2020.

Caso a organização não estivesse isenta excedendo os limites definidos no SGCIE deveria:

- encontrar-se registada na Agência para a energia (ADENE);
- efetuar auditorias energéticas, para avaliar e identificar todos os aspetos relativos à melhoria e promoção da eficiência energética;
- elaborar os Planos de Racionalização de Consumo de Energia (PREn), a partir das auditorias realizadas;
- implementar e cumprir o PREn;

Tendo em conta um consumo de energia superior a 1000 tep/ano, uma organização fica obrigada a cumprir as seguintes metas:

- realização de uma auditoria energética com uma periodicidade de 6 anos;
- proceder nos 3 primeiros anos de vigência do PREn, à implementação de todas as medidas identificadas com um *payback* inferior ou igual a 5 anos;

- através do PREn, alcançar uma melhoria de 6% dos indicadores de intensidade energética num período máximo de 6 anos, bem como a manutenção dos valores históricos de intensidade carbónica;

A implementação e cumprimento dos PREn aprovados, deve ser realizado por um técnico habilitado.

Apesar do regime de isenção, os processos de auditoria são importantes permitindo a análise e caracterização do consumo energético sob as suas várias formas (energia elétrica, energia térmica, combustível), com o objetivo de implementar medidas orientadas para a racionalização/redução de consumos energéticos. Todas as outras vantagens são inerentes à melhoria do processo produtivo, otimização da instalação do ponto de vista operacional e energético, e conseqüente redução dos custos de exploração. Outra vantagem provém do apuramento de indicadores energéticos, úteis para a própria organização, bem como para comparação entre empresas do setor.

4. Caracterização de consumos de energia na organização

Neste capítulo apresentam-se os valores dos consumos mensais de energia utilizada na instalação (águas, energia elétrica e diferentes combustíveis), bem como a desagregação do consumo pelos principais setores consumidores da instalação. Os valores de conversão para tep utilizados são os que constam no Despacho nº 17313/2008 do SGCIE.

Para além disso realizou-se igualmente a análise não só dos consumos energéticos, como também dos respetivos custos associados e determinação dos indicadores energéticos globais, relativamente ao ano de 2014.

Por fim efetuou-se o estudo dos consumos específicos da instalação, definindo-se os maiores consumidores de energia elétrica não incluindo a fusão. Este consumo específico corresponde à relação entre energia consumida e o total de toneladas de vidro fundido.

Para obtenção dos dados referidos em vários pontos deste capítulo, nomeadamente consumos elétricos e de gás natural recorreu-se ao SGE (Sistema de Gestão de Energia), que se trata de um *software* que permite a monitorização, gestão e controlo dos consumos energéticos, bem como a gestão de alarmes, pelo que sem este não seria fácil proceder à aquisição e análise dos mesmos.

4.1. Identificação e análise de diferentes formas de energia consumidas

Nesta secção analisam-se as diferentes formas de energia utilizadas na instalação, procedendo-se igualmente à desagregação de consumos em função dos circuitos existentes, no caso da água consumida, ou em função dos principais equipamentos ou setores consumidores para as outras formas de energia.

4.1.1. Águas

Numa instalação vidreira a água é um bem essencial ao seu funcionamento, sendo utilizada nomeadamente no arrefecimento das águas em mudanças de obra, dos enforadores, compressores, masseiras ^[12] (local para onde são encaminhadas as garrafas rejeitadas), lubrificação das tesouras, tratamento a frio, entre outros usos.

De forma a assegurar o fornecimento de toda a água necessária aos diversos processos, a organização conta com um furo, bem como três ligações de água municipal, sendo que apenas duas se encontram ativas. Na Figura 8 pode-se observar o consumo médio mensal dos últimos dois anos, bem como para o ano de 2015.

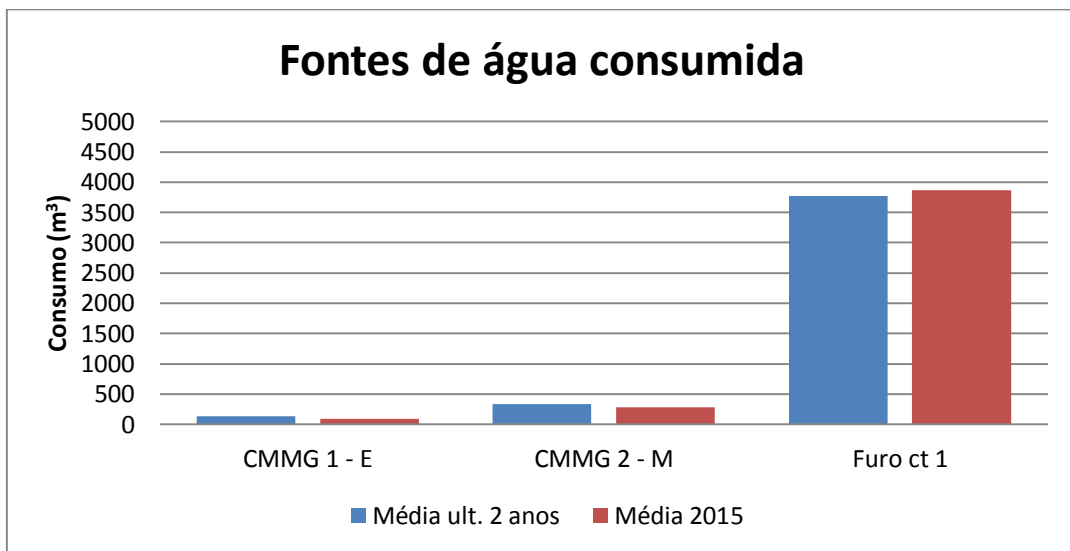


Figura 8: Consumo de água mensal proveniente das diferentes fontes existentes na instalação.

A água necessária é então encaminhada para os diversos circuitos e usos (compressores, enforadores, eléctrodos, balneários, etc.), apresentando-se tal como para as fontes de água, o consumo médio mensal dos últimos dois anos e do ano corrente até ao momento (Figura 9).

^[12] Este termo técnico é utilizado na organização, bem como de agora em diante no relatório.

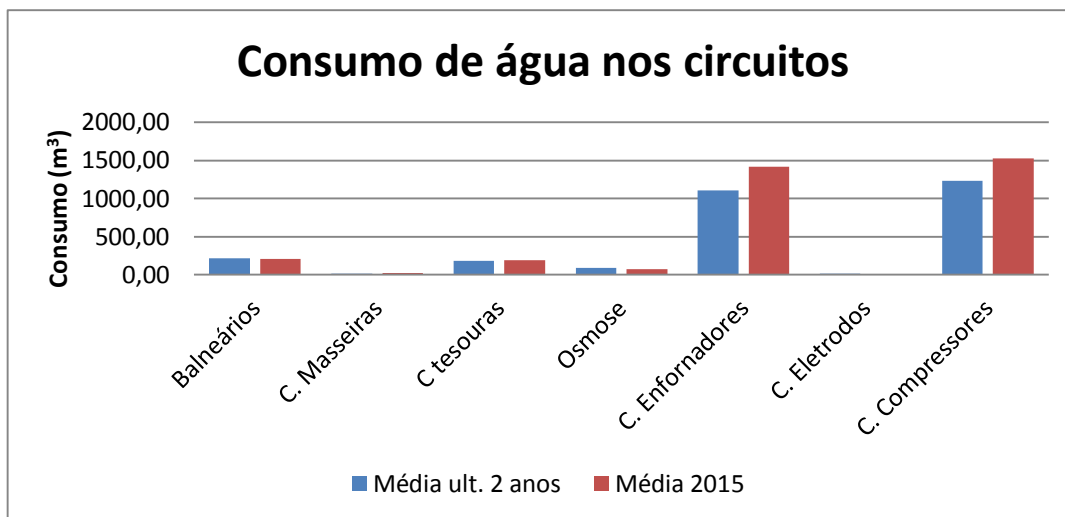


Figura 9: Consumo médio de água nos diversos circuitos presentes.

Como se pode verificar, grande parte do consumo de água na instalação reside nos compressores, devendo-se este às perdas de água quer pela purga, quer pela evaporação de água na refrigeração dos compressores.

O circuito dos enfornadores tem igualmente um peso muito grande no consumo de água, já que a água de refrigeração acaba por estar sujeita às elevadas temperaturas que se registam durante a operação dos enfornadores, conduzindo à sua evaporação. Os restantes consumos têm um peso muito inferior comparativamente aos dois mencionados, já que necessitam de quantidades muito inferiores de água.

Por fim, a água resultante das purgas dos circuitos, balneários, sanitários é enviada para a estação de tratamento de águas residuais (ETARI) para ser tratada, sendo depois encaminhada para o tanque das águas industriais. Como esta água tratada em grande medida não é consumida na instalação, quando o tanque atinge a sua capacidade, grande parte da água é “purgada” para o exterior (Figura 10).

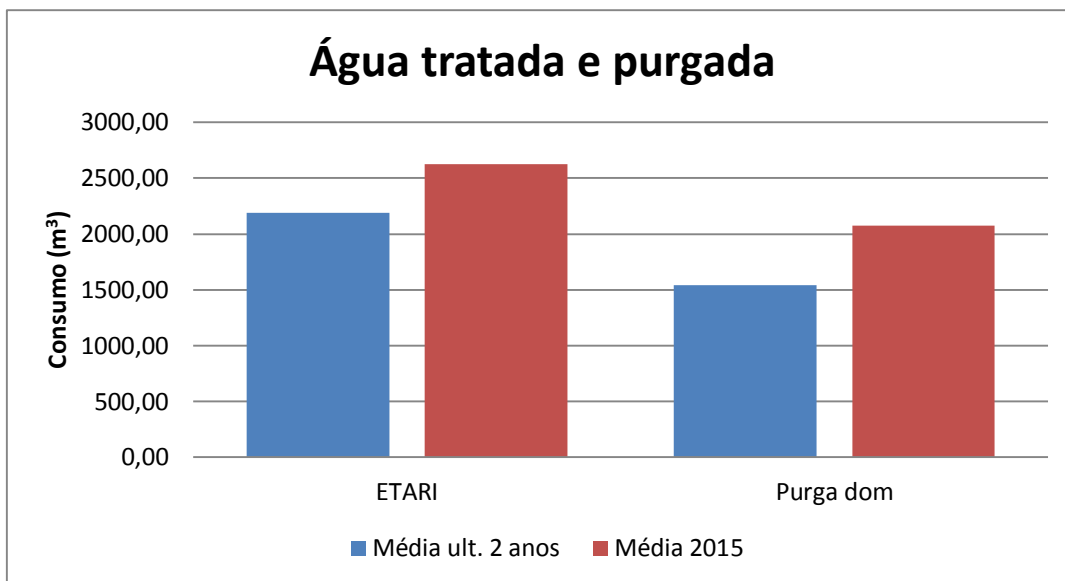


Figura 10: Quantidade de água tratada pela ETARI para uso próprio e destinada a saneamento.

Segundo o que foi apurado por responsáveis/colaboradores da organização, esta purga ocorre já que a água obtida não cumpre os requisitos de qualidade necessários para ser utilizada noutros locais. Nesta seção será apresentada uma medida de melhoria que se poderia implementar para permitir uma diminuição da quantidade de água purgada.

Projeto desenvolvido

Com o objetivo de monitorizar a água consumida mensalmente, realiza-se atualmente a leitura dos contadores, não só nas fontes como também para os diferentes processos e circuitos.

No entanto, com as alterações realizadas ao longo dos anos nas tubagens e com o objetivo de realizar um controlo mais efetivo dos consumos, elaborou-se um esquema que permitisse determinar as ligações existentes, de forma a conhecer com exatidão por onde circula a água. De seguida afigura-se o esquema elaborado (Figura 11).

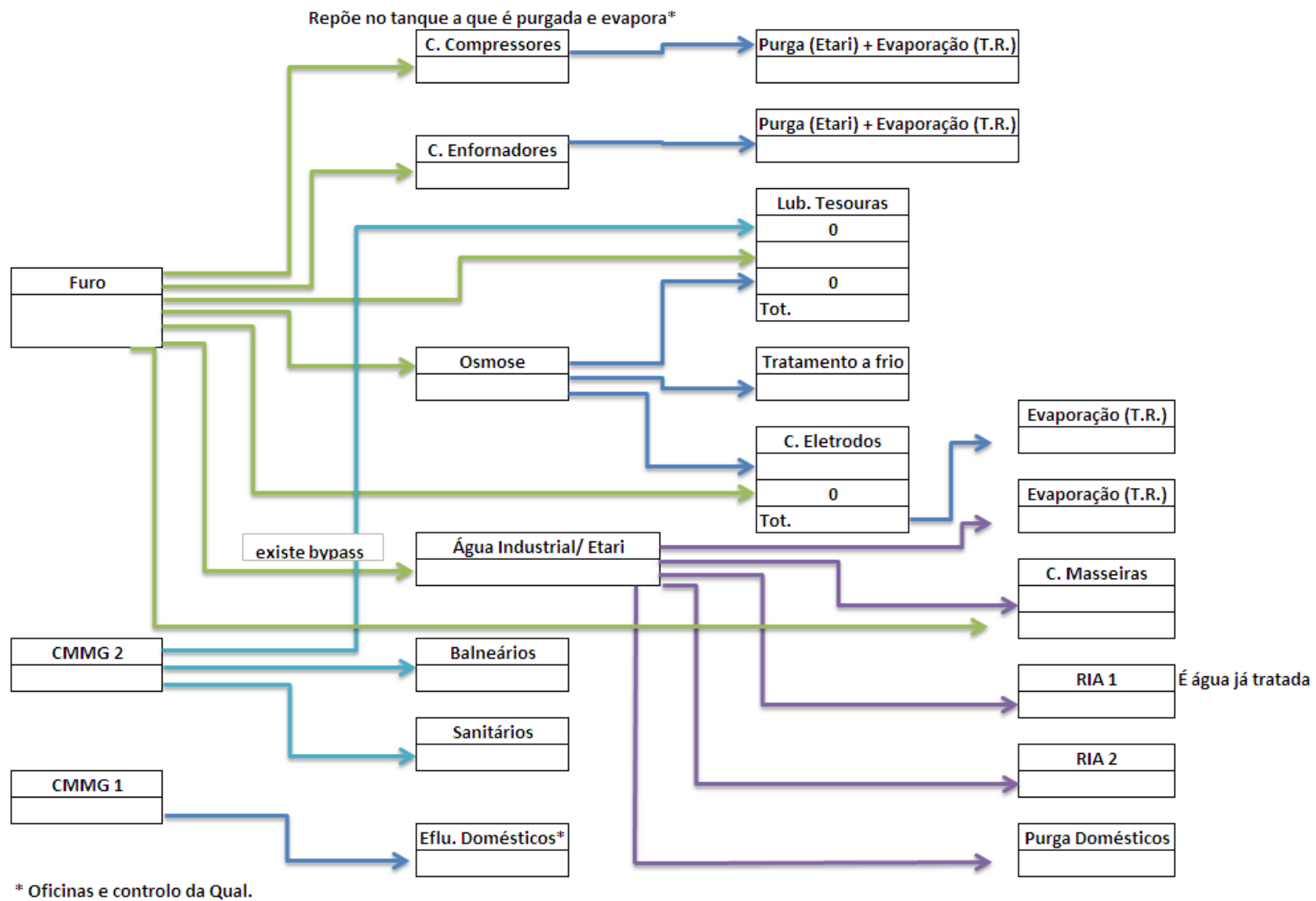


Figura 11: Circuito das águas na instalação.

Como é possível observar, o furo é a principal fonte de água da instalação, nomeadamente dos circuitos que apresentam maiores consumos. Já a água camarária é utilizada essencialmente nos balneários, oficinas, controlo de qualidade e sanitários. A água osmotizada é usada em certos processos que assim o exigem, nomeadamente o tratamento a frio.

Por outro lado, as águas industriais não têm uma determinada fonte, ou seja, é água tratada pela ETARI sendo armazenada no tanque para posterior utilização, ou purgada quando em excesso.

Embora não seja visível no esquema elaborado, pode-se verificar no local a existência de picagens que permitem ao furo fornecer a água para reposição das masseiras do forno 5, sendo igualmente usada no arrefecimento da água nas mudanças da linha 5.1. Ora, se no forno 4 as águas industriais são utilizadas para realizar estas funções, naturalmente o mesmo deve acontecer no forno 5, já que não é obrigatória a utilização de água proveniente do furo, sendo gerada uma quantidade de águas industriais que permite suprir esta necessidade (Figura 12).

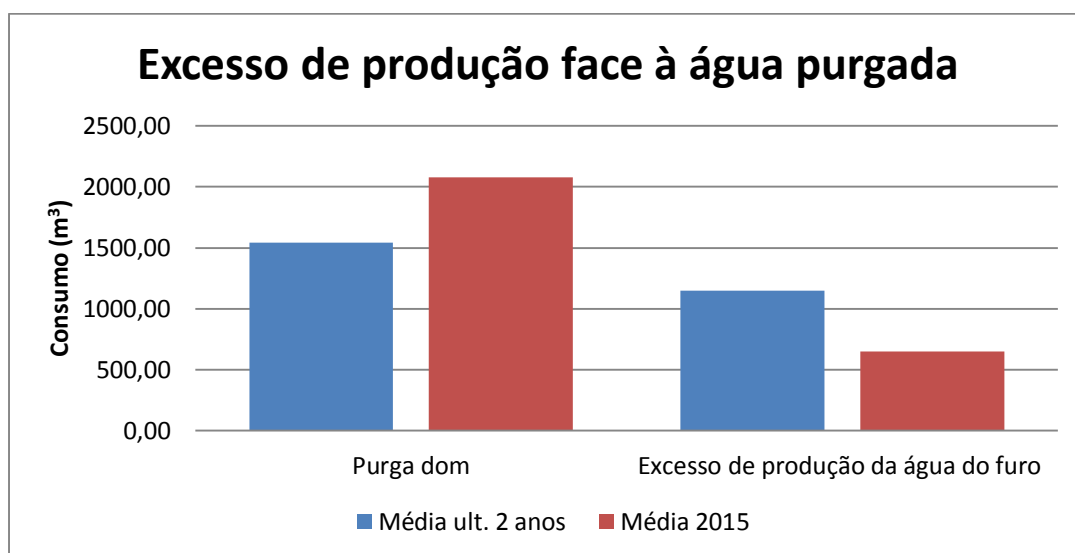


Figura 12: Demonstração da possibilidade de usar apenas água tratada pela ETARI na reposição da masseira, ao invés de água do furo.

Esta ação permite diminuir os desperdícios de água, já que assim para além da diminuição de água purgada para o exterior, bem como da água consumida do furo, consegue-se igualmente uma redução da quantidade de água a ser tratada pela ETARI, já que entra menos água no sistema e se reaproveita uma parte da existente.

De momento não é possível utilizar a restante água tratada na ETARI, devendo-se continuar a otimizar o sistema atualmente existente, de forma a reduzir ao mínimo o desperdício de água ou a sua incorreta utilização como era este o caso.

4.1.2. Energia elétrica

Na Tabela 6 apresentam-se os valores dos consumos mensais de energia elétrica, reportando ao ano de 2014.

Tabela 6: Consumos mensais de energia elétrica.

	kWh	tep
janeiro	4 055 255	872
fevereiro	3 630 121	780
março	3 827 019	823
abril	3 745 588	805
maio	3 917 213	842
junho	3 845 948	827
julho	3 778 856	812
agosto	3 553 319	764
setembro	3 874 948	833
outubro	3 827 360	823
novembro	3 858 100	829
dezembro	4 146 440	891
Total	46 060 167	9 903

A conversão do consumo de eletricidade para tep, resulta dos fatores de conversão que constam no Despacho n.º 17313/2008 ^[13].

Como se pode observar, o consumo é bastante constante ao longo do ano, o que seria expectável já que esta instalação labora 365 dias por ano em contínuo, logo o seu consumo não sofre grandes variações.

Na Figura 13 expõe-se a distribuição de eletricidade associada à fusão e não fusão.

^[13] Fator de conversão para a energia elétrica: $1 kWh = 215 * 10^{-6} tep$.

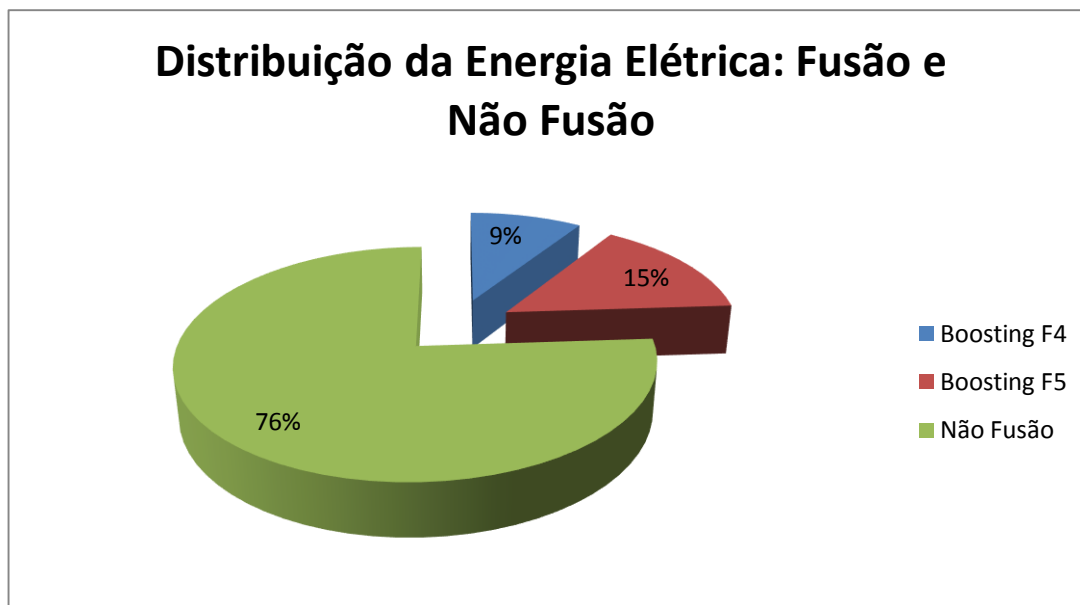


Figura 13: Distribuição do consumo de energia elétrica por fusão (utilizada na fabricação do vidro) e por não fusão.

Tendo em conta que a energia consumida associada diretamente à fusão do vidro corresponde apenas ao *Boosting*, sendo este apenas uma parte menor de toda a energia consumida na fundição do vidro, é natural que não apresente um peso muito elevado no consumo elétrico, advindo grande parte dos equipamentos associados à não fusão.

Assim, na Figura 14, pode-se observar a divisão do consumo de energia elétrica correspondente aos diferentes setores e equipamentos da não fusão.

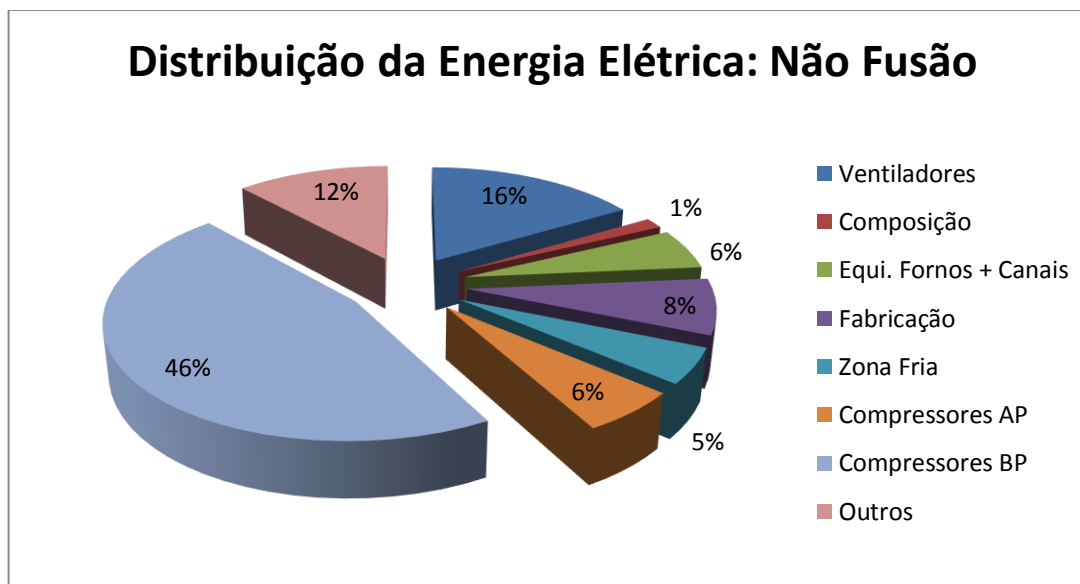


Figura 14: Principais grupos consumidores de energia elétrica (Não Fusão).

Como se pode verificar, cerca de metade de toda a energia consumida provém dos compressores da rede de baixa pressão, o que é natural já que este é necessário por exemplo para a fabricação das garrafas, bem como para o funcionamento das máquinas IS,

Seguidamente os consumos mais elevados são os ventiladores de máquina e tapete, que realizam o arrefecimento dos moldes e contra-moldes, bem como das garrafas até à sua entrada na arca. Os outros consumos representam também uma percentagem relevante, provindo estes da iluminação, electrofiltro, oficinas de manutenção, entre outros. Para as restantes zonas identificam-se pesos similares, estando estes associados ao funcionamento dos diversos motores utilizados nas linhas, ventiladores usados no arrefecimento dos canais e forno, etc.

4.1.3. Gás Natural

A desagregação por pontos de consumo foi realizada a partir da distribuição percentual resultante de medições realizadas pelos contadores existentes nesses pontos. Na tabela seguinte expõem-se os valores dos consumos mensais de gás natural registados em 2014 (Tabela 7). Como se pode observar existem duas colunas com valores de tep (toneladas equivalentes de petróleo), devendo-se ao facto de o fator de conversão utilizado na organização conduzir à obtenção de valores em tep diferentes dos obtidos usando os fatores de conversão provenientes do despacho nº 17313/2008, daí que se apresentem duas colunas com valores em tep.

Tabela 7: Consumos mensais de Gás Natural.

	kWh	Nm³	tep*	tep
janeiro	27 116 428	2 314 973	2 095	2 331
fevereiro	24 436 335	2 086 170	1 888	2 101
março	26 972 142	2 302 656	2 084	2 319
abril	25 442 683	2 172 083	1 966	2 187
maio	27 103 167	2 313 841	2 094	2 330
junho	26 273 387	2 243 002	2 030	2 259
julho	27 312 451	2 331 708	2 110	2 348
agosto	27 408 680	2 339 923	2 118	2 356
setembro	26 162 387	2 233 525	2 022	2 249
outubro	26 974 433	2 302 851	2 084	2 319
novembro	26 323 806	2 247 306	2 034	2 263
dezembro	27 085 243	2 312 311	2 093	2 328
Total	318 611 142	27 200 350	24 619	27 391

Nos dados apresentados consideraram-se os seguintes fatores de conversão:

- Para o gás natural: $9,051 \cdot 10^{-4}$ Nm³/tep (utilizado na instalação)*;
- 3,6 MJ/kWh;
- 45,1 MJ/ kg ^[14];
- 1,077 tep/t ^[15];

Tal como referido anteriormente para a eletricidade, também na situação do gás natural se observa um consumo muito constante ao longo do ano, já que a instalação se encontra em laboração contínua.

Na Figura 15 pode-se identificar a partição do consumo de gás natural relativo aos fornos e outros consumos remanescentes.

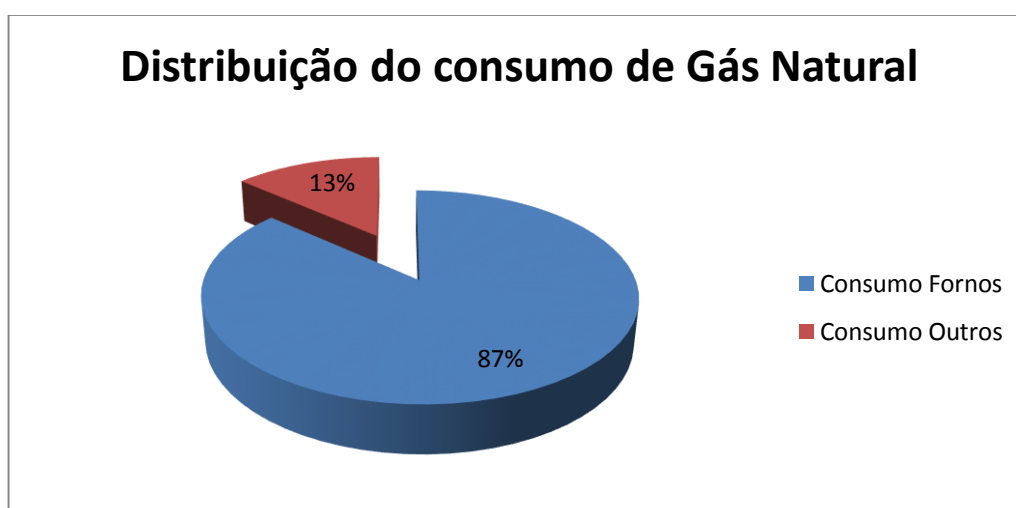


Figura 15: Partição do consumo de gás natural afeto aos fornos e restantes consumidores.

Naturalmente a maioria do consumo provém da fusão, ou seja, dos fornos, de forma a realizar a fundição do vidro, restando apenas uma pequena parte associada aos restantes equipamentos ou processos.

Seguidamente apresenta-se a desagregação do consumo respeitante a outros processos (Figura 16).

^[14] Este valor foi obtido através do despacho n.º 17313/2008.

^[15] Este valor foi obtido através do despacho n.º 17313/2008.

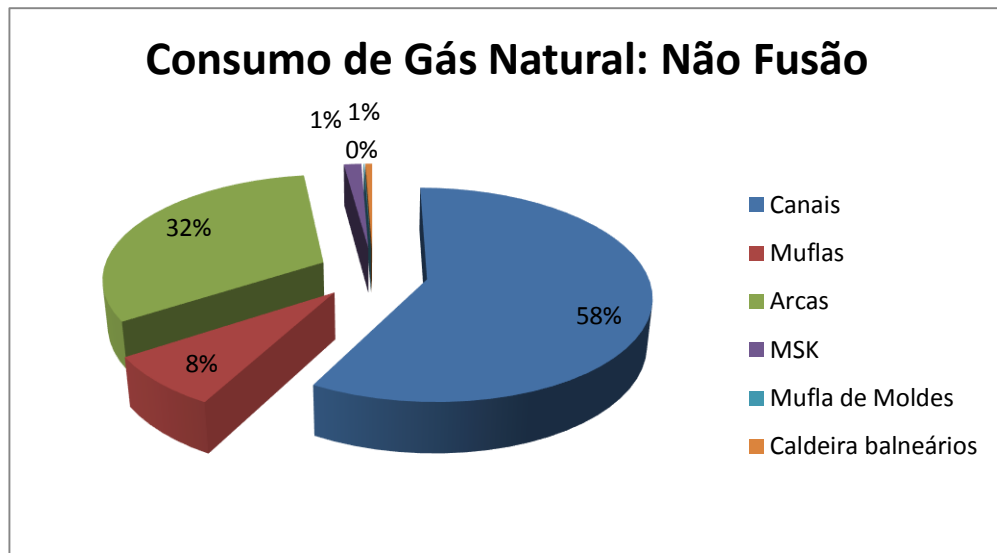


Figura 16: Principais agregados consumidores de gás natural (não fusão).

Como é possível registar, os canais e as arcas são os locais de maior consumo a seguir aos fornos, o que é natural, já que nos canais o gás é utilizado para garantir a temperatura pretendida no vidro até que este chegue à camisa ^[16]. No que respeita às arcas, estas são usadas para o recozimento das garrafas, isto é, removendo-se a tensão térmica a que as garrafas se encontram sujeitas aquando da sua saída das linhas de produção.

4.1.4. Gás propano e Gasóleo

O consumo de gás propano e gasóleo existente na instalação provém da utilização dos empilhadores, apresentando-se em seguida os respetivos consumos (Tabela 8 e Tabela 9).

Tabela 8: Características e consumo de gasóleo pelos empilhadores.

Empilhadores	Gasóleo
Gasóleo consumido (Lt)	46 233
Densidade (kg/Lt)	0,832 ^[17]
Gasóleo consumido (ton)	38,5
Total (tep)	39,3

^[16] Este termo técnico é utilizado na organização, bem como de agora em diante no relatório.

^[17] (BP, 2007)

Tabela 9: Características e consumo de GPL no ano de 2014.

GPL (Botijas)	169
Peso Unitário (kg/Botija)	11
GPL consumido (ton)	1,86
Total (tep)	2,07

Estes valores foram determinados a partir dos seguintes fatores de conversão:

- Poder calorífico inferior do gasóleo: 1,022 tep/ton ^[18];
- Poder calorífico inferior do GPL: 1,114 tep/ton ^[19];

Como se pode verificar este consumo é irrisório quando comparado com o de gás natural ou eletricidade. Para além disso o consumo destes combustíveis tem vindo a diminuir, graças à utilização crescente de empilhadores elétricos.

4.2. Análise do histórico do consumo de energia

Partindo dos consumos anuais relativos ao ano de 2014, procedeu-se à análise dos consumos dos diversos tipos de energia consumida na organização, bem como dos custos associados, estando estes expressos na tabela seguinte (Tabela 10).

Tabela 10: Consumos energéticos e custos da instalação por fonte energética.

Forma de Energia	Consumo de Energia				Custo Energético	
	Quant.	Unid.	Energia (tep)	%	€	%
Energia Elétrica	46 060 167	kWh	9 902,9	26,52	3 284 089,9	22,42
Gás Natural	318 611 142	kWh	27 390,7	73,36	11 310 695,5	77,23
Gasóleo	38,5	ton	39,3	0,11	47 707	0,33
GPL	1,86	ton	2,07	0,01	3 507	0,02
Total			37 345		14 645 999,4	

Para esta determinação considerou-se:

- Fator de conversão da energia elétrica: $1 kWh = 215 * 10^{-6} tep$ ^[20];

^[18] Este valor foi obtido através do despacho n.º 17313/2008.

^[19] Este valor foi obtido através do despacho n.º 17313/2008.

- Preço de energia elétrica: 0,0713 €/kWh ^[21];
- Preço do gás natural: 0,0355 €/kWh ^[22];

Na Figura 17 é apresentada a desagregação dos consumos por fonte, bem como dos custos associados a cada uma.

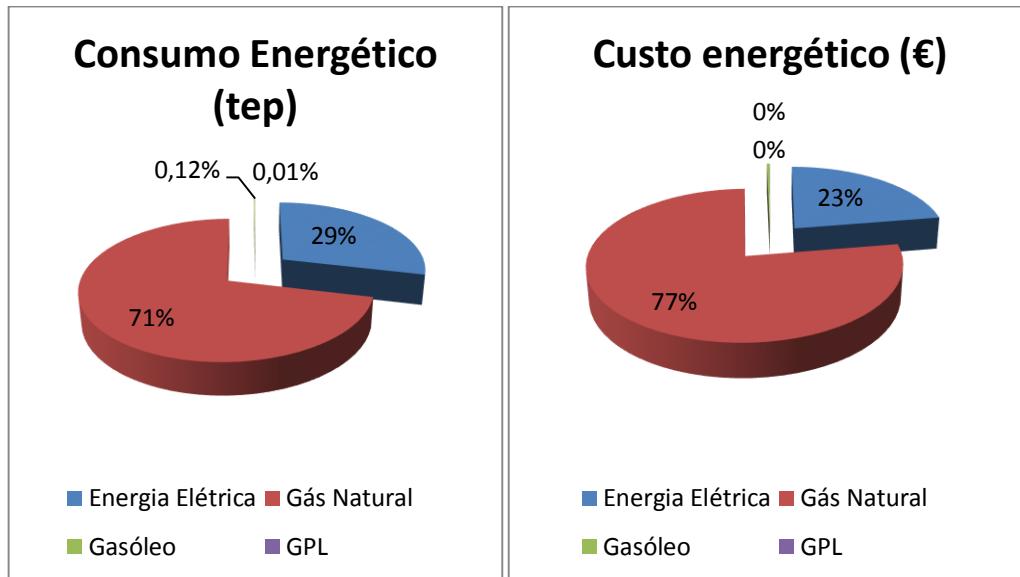


Figura 17: Desagregação dos consumos e custos energéticos.

Como se pode verificar grande parte do consumo energético provém do gás natural, seguido da energia elétrica. Tal verifica-se graças ao elevado consumo de gás natural gasto nos fornos para realizar a fundição do vidro.

No que respeita aos encargos, embora o preço pago por kWh de energia elétrica seja quase o dobro em comparação com o que é pago pelo gás natural, a maior parte da despesa resulta do gás natural tendo em conta a enorme quantidade que é consumida nas instalações.

4.3. Indicadores energéticos globais

O uso de indicadores energéticos como ferramenta de gestão no que respeita ao uso racional de energia é uma prática corrente da organização. Diante desta realidade, é

^[20] Este valor foi obtido através do despacho n.º 17313/2008.

^[21] Preço médio de energia elétrica utilizado na organização, não particularizando por períodos horários.

^[22] Preço médio de gás natural utilizado na organização.

essencial salientar a importância da análise e caracterização energética, por forma a permitir à empresa definir os seus próprios indicadores.

Os indicadores energéticos globais determinados são o consumo específico de energia e índice carbónico, sendo estes apresentados na tabela seguinte (Tabela 11).

Tabela 11: Consumos e indicadores energéticos determinados, bem como produção anual.

Valor Anual	Energia Elétrica (tep)	Energia Gás Natural (tep)	Tvf	CEE (kgep/Tvf)	IC (kgCO₂eq./tep)
	9 902,9	27 390,6	189 148,5	197,2	2 511,55

Para esta determinação considerou-se:

- Fator de emissão para o gás natural: 2683,7 kgCO₂eq./tep^[23];
- Fator de emissão para o consumo de eletricidade: 0,47 kgCO₂eq./kWh^[24];

Estes indicadores energéticos podem ser aplicados na caracterização e comparação energética de diferentes áreas da empresa.

Deste modo, a construção de indicadores de referência (*benchmarking*) entre as diversas identidades do mesmo setor industrial contribuirá para o desenvolvimento de ferramentas necessárias e, conseqüentemente para a melhoria das empresas e da sua competitividade.

No caso da empresa em estudo, esta faz parte do grupo internacional Vidrala que adota uma prática interna de cruzamento/comparação de indicadores energéticos entre as fábricas do grupo, através dos consumos específicos desenvolvidos. Há também que referir que o desenvolvimento dos mesmos partiu da empresa Gallo Vidro, sendo os pioneiros na elaboração dos indicadores energéticos e na análise dos respetivos encargos.

4.3.1. Consumos específicos

Tendo em atenção a energia elétrica despendida na instalação ao longo dos meses, determinaram-se os principais grupos consumidores da mesma, sem incluir a fusão, isto é,

^[23] Este valor foi obtido através do despacho n.º 17313/2008.

^[24] Este valor foi obtido através do despacho n.º 17313/2008.

o *Boosting* dos fornos. Assim definiram-se quatro grandes grupos: compressores de baixa pressão, compressores de alta pressão, ventiladores e outros consumos da não fusão.

Com base nos seus respetivos consumos elétricos e nas toneladas de vidro fundido produzidas mensalmente na instalação, determinaram-se consumos específicos, permitindo a realização de um controlo e análise da tendência dos mesmos. De seguida apresenta-se a análise aos consumos específicos com maior peso (compressores de baixa pressão e ventiladores), encontrando-se os restantes expostos no Anexo A.

No que se refere aos compressores de baixa pressão (Figura 18), grande parte do seu consumo advém do fornecimento do ar comprimido necessário ao funcionamento das máquinas IS, variando o seu consumo em função da produção.

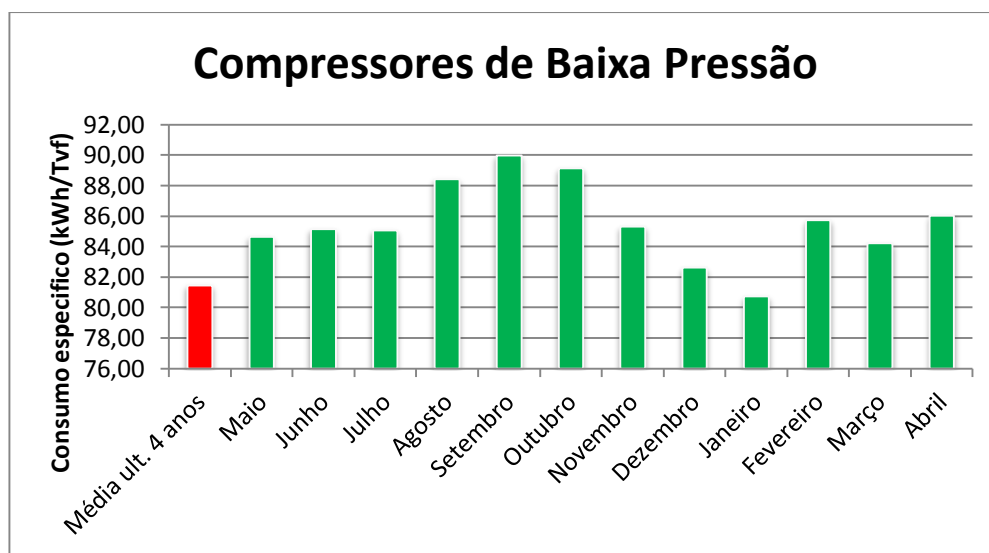


Figura 18: Consumo específico verificado mensalmente para os compressores de baixa pressão.

Como se pode observar o consumo é mais elevado nos meses de maior calor, apesar da produção se manter mais ou menos constante. Esta situação ocorre devido às altas temperaturas levando a que o ar se encontre mais rarefeito, sendo necessária uma maior energia para o comprimir, conduzindo à necessidade de ligar outro compressor em certas alturas. Esta situação verificou-se no mês de outubro onde as temperaturas ainda se encontravam elevadas.

Em novembro com a diminuição da temperatura o consumo decresce. Esta descida acentuou-se nos meses de dezembro e janeiro devido à campanha de vidro escuro (em vez de esmeralda) que se produziu, registando-se uma diminuição do número de secções, velocidade de corte e conseqüentemente menor consumo de ar comprimido.

Em fevereiro a produção já se encontrava novamente em esmeralda, verificando-se um número mais elevado de secções e velocidade de corte na produção, o que levou ao aumento do consumo.

Por fim, nos meses de março e abril o consumo de energia elétrica manteve-se praticamente constante, no entanto como a produção foi superior em março o seu consumo específico foi menor.

No que respeita aos ventiladores de máquina (Figura 19), estes procedem ao arrefecimento do molde e contramolde da máquina IS, bem como no tapete da mesma como referido anteriormente.

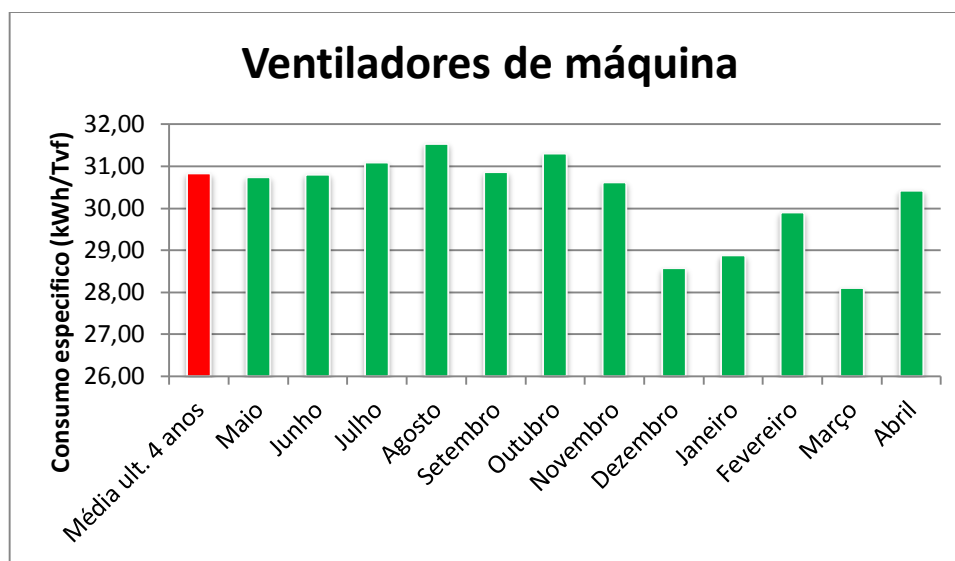


Figura 19: Consumo específico registado para os ventiladores de máquina.

Como o arrefecimento é feito através do ar, também estes se encontram sujeitos à influência da temperatura. Por este motivo, também nos ventiladores se observa um consumo superior nos meses mais quentes do ano, já que o ar se encontra mais rarefeito, levando a que seja necessário consumir mais energia para comprimir e injetar o ar.

Para além deste fator o consumo depende também de pressão exigida ao ventilador, sendo que naturalmente pressões mais elevadas conduzem a consumo superiores. Assim a variância apresentada neste consumo específico depende dos modelos produzidos mensalmente, em função do seu peso e pressão de refrigeração exigida. Por exemplo nos meses de fevereiro e abril, verificou-se um consumo muito elevado para as linhas 5.2 e 5.1 respetivamente.

Embora os consumos de energia nos meses de março e abril sejam muito semelhantes, denota-se que no mês de março o consumo específico de energia foi substancialmente inferior, justificando-se pela produção ter sido superior.

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

5. SGE

O programa SGE ou Sistema de Gestão de Consumos permite, como o próprio nome indica, realizar a gestão dos diferentes consumos existentes na instalação, facilitando a análise e controlo dos mesmos. Cada SGE deve ser específico para cada organização, já que em função do tipo de indústria, observam-se diferentes tipos de consumos.

De referir que este SGE não tem qualquer ligação com a ISO 50001 e respetiva implementação de um sistema de gestão de energia numa organização, correspondendo simplesmente a um *software* com as potencialidades já referidas.

5.1. Passos para a implementação

Primeiramente é necessário definir quais os consumos que se pretendem gerir, como eletricidade, águas, gás natural, etc., bem como quais os equipamentos, locais ou sistemas que se pretende monitorizar.

Para isso é preciso assegurar a existência de contadores, analisadores de energia ou um outro equipamento onde o SGE possa recolher os consumos ou dados pretendidos. Após esta fase, cada medição recolhida fica associada a um contador do SGE. Neste caso os contadores foram divididos em energia elétrica e outros. Os outros contadores incluem gás natural, águas, bem como todo o tipo de alarmes relativos às máquinas, linhas, etc.

O SGE é constituído por dois programas, o primeiro onde se configuram os contadores do Sistema de Gestão de Energia e o segundo onde se realiza a análise dos dados pretendidos.

No programa de configuração pode-se proceder à configuração da instalação, ou seja, definindo os diferentes períodos da tarifa de energia e das redes, assim como os custos unitários de energia. Estes dados podem ser introduzidos não só para a energia ativa, como também para a energia reativa indutiva e capacitiva.

5.1.1. Configuração dos contadores

Inicialmente atuou-se no programa de configuração, onde se formatou a opção “organização”, que permite organizar a empresa de acordo com as zonas, secções, equipamento e o grupo de carga a que se encontra associado cada contador e/ou analisador (Figura 20).

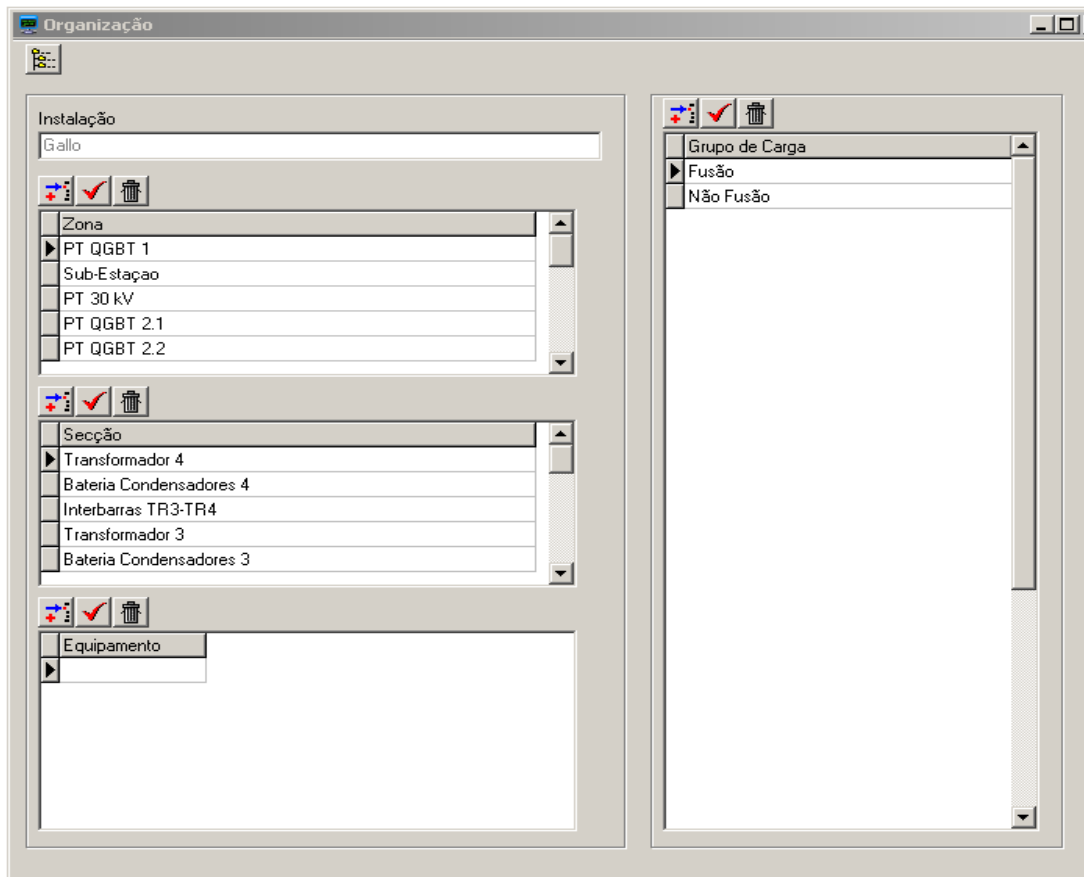


Figura 20: Organização definida para a instalação por zonas, secção, equipamentos e grupo de carga.

Em seguida, no menu “contadores de energia elétrica” para adicionar um novo contador ou alterar um existente é necessário referir a descrição do contador, a unidade de medida da grandeza, a escala, o tipo de energia (ativa ou reativa). É ainda necessário referir o custo unitário de energia e fatores de conversão para tep, GJ e toneladas de CO₂.

No que respeita à localização do contador esta é descrita por zona, secção, equipamento e grupo de carga.

No âmbito do trabalho realizado, o que se realizou foi a alteração de contadores, nomeadamente ao nível da descrição tendo em conta alterações que ocorreram no sistema

elétrico, bem como na localização devido ao esquema da organização que se elaborou (Figura 21).

ID	N.Instalação	Descrição	ESCALA	Custo/Unidade	Unidades	TIPO	Grandeza	Unidade Fabril	Zona	Seção
CNTE001		GERAL EDP - ACT	10	0 kWh		E.Activa	Elétrico	GALLO	Total da Fábrica	Total E.ACT Plant
CNTE002		GERAL EDP - IND	10	kVAr		E.Reactiva Ind.	Elétrico	GALLO	Sub-Estação	
CNTE003		GERAL EDP - CAP	10	kVAr		E.Reactiva Cap.	Elétrica	GALLO	Sub-Estação	
CNTE004		ENTRADA 60kV	10	kWh		E.Activa	Elétrica	GALLO	Sub-Estação	Chegada EDP
CNTE005		ENTRADA 60 kV	10	kVAr		E.Reactiva Ind.	Elétrica	GALLO	Sub-Estação	Chegada EDP
CNTE006		GERAL 30 kV	10	kWh		E.Activa	Elétrica	GALLO	Sub-Estação	Saída p/ Central 3
CNTE007		GERAL 30 kV	10	kVAr		E.Reactiva Ind.	Elétrico	GALLO	Sub-Estação	Saída p/ Central 3
CNTE008		SAIDA 1	100	kWh		E.Activa	Elétrico	GALLO	Sub-estação	
CNTE009		SAIDA 1	100	kVAr		E.Reactiva Ind.	Elétrico	GALLO	Sub-estação	
CNTE010		SAIDA 2	100	kWh		E.Activa	Elétrico	GALLO	Sub-estação	
CNTE011		SAIDA 2	100	kVAr		E.Reactiva Ind.	Elétrico	GALLO	Sub-Estação	
CNTE012		BOOSTING FORNO 4	100	kWh		E.Activa	Elétrico	GALLO	Boosting	Boosting F4
CNTE013		BOOSTING FORNO 4	100	kVAr		E.Reactiva Ind.	Elétrico	GALLO	Boosting	Boosting F4
CNTE014		Compressores	100	kWh		E.Activa	Elétrico	GALLO	Compressores BP	Alimentação PT c
CNTE015		COMPRESSORES	100	kVAr		E.Reactiva Ind.	Elétrico	GALLO	Compressores BP	Alimentação PT c
CNTE016		RESERVA - CELA 4	100	kWh		E.Activa	Elétrico	GALLO	PT 30 kV	
CNTE017		RESERVA - CELA 4	100	kVAr		E.Reactiva Ind.	Elétrico	GALLO	PT 30 kV	
CNTE018		BATERIA CONDENSADORES	100	kWh		E.Activa	Elétrico	GALLO	PT 30 kV	Reserva
CNTE019		BATERIA CONDENSADORES	100	kVAr		E.Reactiva Ind.	Elétrico	GALLO	PT 30 kV	Reserva
CNTE020		TRANSFORMADOR 1	100	kWh		E.Activa	Elétrico	GALLO	PT 30 kV	Alimentação TR1
CNTE021		TRANSFORMADOR 1	100	kVAr		E.Reactiva Ind.	Elétrico	GALLO	PT 30 kV	Alimentação TR1
CNTE022		TRANSFORMADOR 3	100	kWh		E.Activa	Elétrico	GALLO	PT 30 kV	Alimentação TR3
CNTE023		TRANSFORMADOR 3	100	kVAr		E.Reactiva Ind.	Elétrico	GALLO	PT 30 kV	Alimentação TR3
CNTE024		TRANSFORMADOR 2	100	kWh		E.Activa	Elétrico	GALLO	PT 30 kV	Alimentação TR2
CNTE025		TRANSFORMADOR 2	100	kVAr		E.Reactiva Ind.	Elétrico	GALLO	PT 30 kV	Alimentação TR2
CNTE026		TRANSFORMADOR 4	100	kWh		E.Activa	Elétrico	GALLO	PT 30 kV	Alimentação TR4
CNTE027		TRANSFORMADOR 4	100	kVAr		E.Reactiva Ind.	Elétrico	GALLO	PT 30 kV	Alimentação TR4
CNTE028		BATERIA CONDENSADORES	100	kWh		E.Activa	Elétrico	GALLO	PT 30 kV	Reserva
CNTE029		BATERIA CONDENSADORES	100	kVAr		E.Reactiva Ind.	Elétrico	GALLO	PT 30 kV	Reserva
CNTE030		RESERVA - CELA 12	100	kWh		E.Activa	Elétrico	GALLO	PT 30 kV	Reserva
CNTE031		RESERVA - CELA 12	100	kVAr		E.Reactiva Ind.	Elétrico	GALLO	PT 30 kV	Reserva
CNTE032		RESERVA - CELA 13	100	kWh		E.Activa	Elétrico	GALLO	PT 30 kV	Reserva
CNTE033		RESERVA - CELA 13	100	kVAr		E.Reactiva Ind.	Elétrico	GALLO	PT 30 kV	Reserva
CNTE034		BOOSTING FORNO 5	100	kWh		E.Activa	Elétrico	GALLO	Boosting	Boosting F5

Figura 21: Especificação para cada contador, nomeadamente descrição, unidade, tipo de energia, etc.

O procedimento para acrescentar e alterar contadores no menu “Outros contadores” é igual ao descrito anteriormente para os contadores elétricos. Também aqui se alterou a descrição e localização de diversos contadores de forma a ajustar à realidade atualmente existente.

Para além destes, existe um menu “contadores virtuais”, onde se podem adicionar novos contadores elaborados para a obtenção de dados, por exemplo o consumo total de todos os compressores, já que se recebem apenas os seus consumos individualizados, entre outros.

Para situações em que existem certos dados que se pretendem utilizar, mas os quais não é possível medir pelo SGE, existe o menu “Variáveis externas” que permite trabalhar em simultâneo dados do SGE como dados externos. Estes dados externos podem ser importados para o SGE recorrendo ao menu “Importar dados”.

5.2. Análise SGE

A Análise SGE tem como base a tecnologia de análise *On-line Analytical Processing* (OLAP) tendo a capacidade de manipular e analisar um grande volume de dados sob múltiplas perspetivas. Neste modelo de dados a informação é organizada em cubos que armazenam valores quantitativos ou medidas. As medidas são identificadas por duas ou mais categorias descritivas denominadas dimensões que formam a estrutura de um cubo.

Graças a esta capacidade, o processo de pesquisas complexas torna-se mais simplificado, permitindo criar relatórios, efetuar análises comparativas e visualizar subconjuntos de maior interesse.

Este programa possibilita a análise dos consumos num determinado período definido pelo utilizador, podendo esta pesquisa ser realizada para períodos de integração horários, diários ou mensais. Nesta situação existem quatro menus para efetuar esta procura, um referente aos contadores de energia elétrica, outro para os contadores de energia não elétrica, para os consumos virtuais e por fim para análise das variáveis externas.

O estudo dos dados é feito em cubo, facilitando assim a análise de uma grande quantidade de dados em simultâneo. Após selecionar o período de integração dos consumos, tal como o período temporal que se pretende analisar, surge a janela seguinte onde é necessário estabelecer os campos a correlacionar (Figura 22).

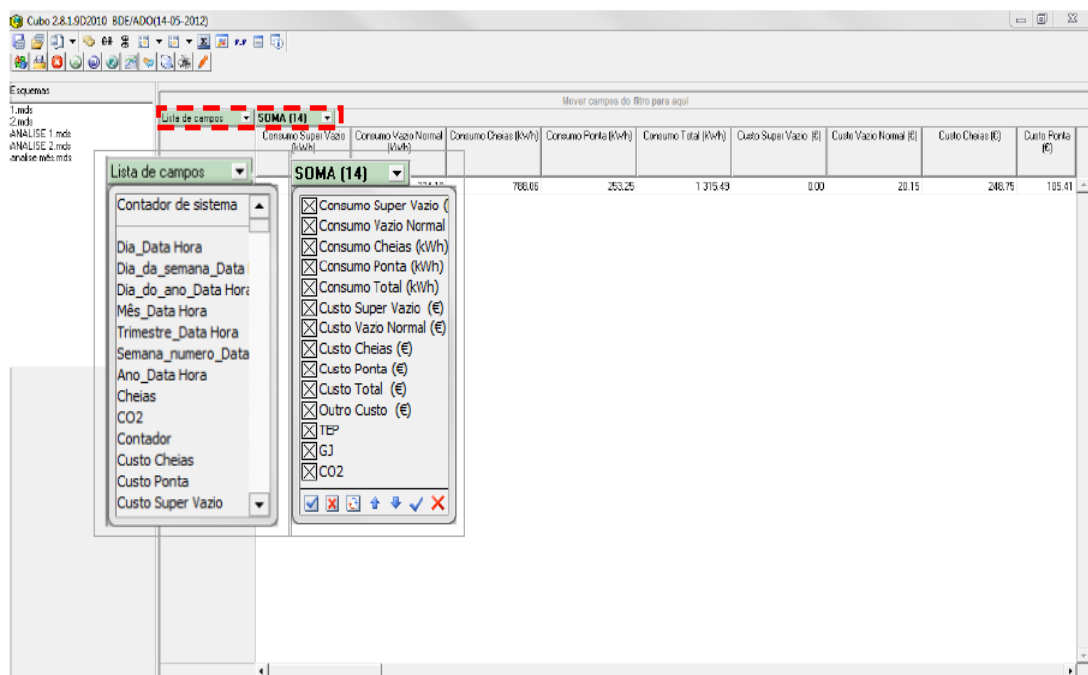


Figura 22: Exemplificação da janela de trabalho obtida através do SGE análise.

A Lista de Campos indica as variáveis seleccionáveis para a coluna, por outro lado a Soma apresenta as variáveis que poderão ser relacionadas com os campos. As variáveis da Soma são os consumos e os custos da energia nos diversos períodos tarifários.

Para seleccionar as variáveis da lista de campos tem que se arrastar a variável pretendida para a coluna, no caso das variáveis da Soma basta seleccionar ou desseleccionar as mesmas.

Por exemplo, caso se pretenda num certo dia avaliar os consumos dos maiores grupos da organização, basta arrastar o campo “Zona”, seleccionando os grupos pretendidos, bem como o campo “Dia_data” para a coluna. Nesta situação arrastou-se também para a linha o campo “Tipo”, já que se desejava apenas a energia ativa e seleccionou-se a variável “Consumo Total”, das variáveis Soma (Figura 23).

DESCRICÃO	Equipamento	Seção	Medições /	Tipo
Lista de campos				
Consumo Total (kWh)				
E.Activa				
ZONA	Dia_Data H...			
Boosting	1			44.200,00
	2			46.800,00
Compressores AP	1			5.946,00
	2			5.891,00
Compressores BP	1			44.533,00
	2			44.397,00
Electrofiltro	1			3.146,00
	2			3.149,00
Outros	1			23.128,00
	2			24.539,00
Total da Fábrica	1			138.840,00
	2			142.860,00
Ventiladores	1			15.857,00
	2			15.922,00

Figura 23: Exemplo de uma pesquisa realizada, de forma a obter o consumo diário de energia ativa para as diferentes zonas.

A ordem dos campos a analisar é alterável, bastando para isso arrastar com o botão esquerdo do rato, o campo que se pretende relacionar para a esquerda. Esta opção é importante já que possibilita a análise dos dados de diferentes perspectivas, bem como quando se pretende elaborar um gráfico, uma vez que será o campo da esquerda que será ilustrado (Figura 24).

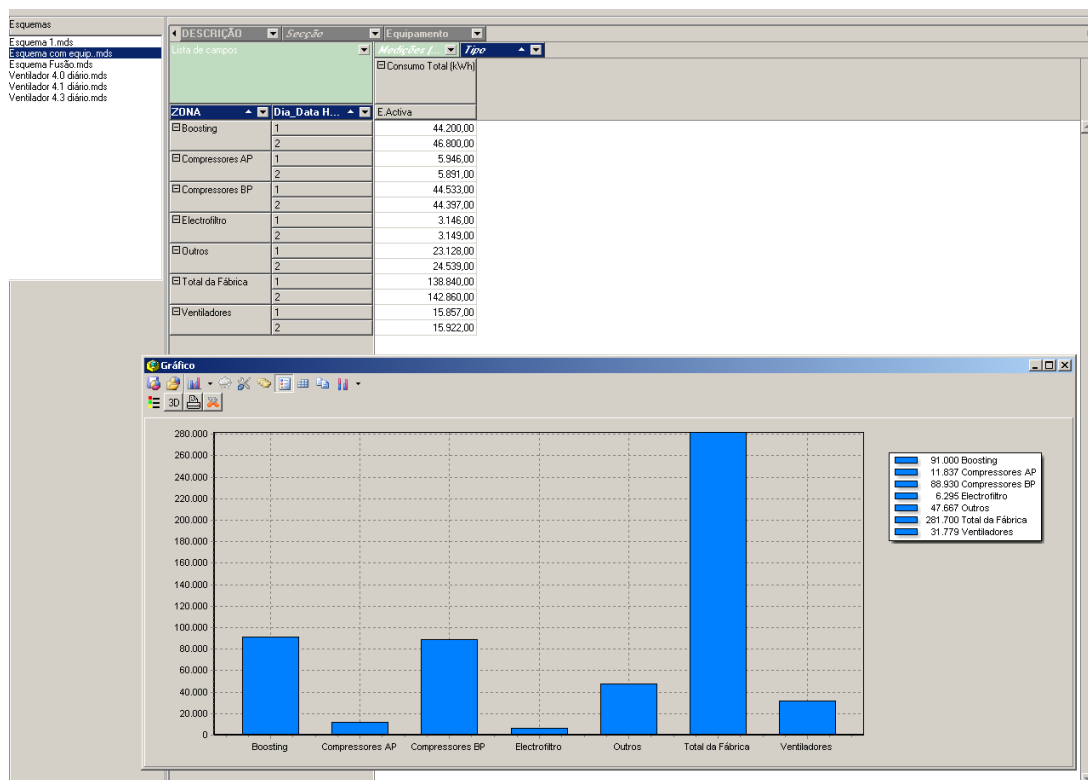


Figura 24: Demonstração do gráfico obtido referente ao consumo nas diversas zonas.

Para além disso, após se definir a pesquisa que se pretende, esta pode ser guardada sob a forma de um esquema, bastando seleccionar o esquema alvo para obter automaticamente os dados solicitados nas próximas pesquisas. Os valores e gráficos obtidos podem igualmente ser transferidos para o formato *word*, *excel*, entre outros, possibilitando o seu posteriormente tratamento.

Embora esta seja uma ferramenta bastante útil, naturalmente identificaram-se certas alterações ou melhorias de forma a ajustar o programa ao que era pretendido pela organização. Na Tabela 12 apresentam-se alguns dos principais requisitos registados.

Tabela 12: Alterações e melhorias solicitadas pela organização.

- Adicionar uma ferramenta que permita a adição de novos contadores.
- Acrescentar uma ferramenta que permita a adição de novos contadores de diferentes tipos (tais como pressão, toneladas de vidro fundido e velocidades).
- Admitir a importação de dados externos para o SGE.
- Tornar mais fácil a criação de novos campos e somas.
- Os contadores virtuais, devem permitir relacionar contadores de diferentes tipos entre si, não apenas dos contadores eléctricos.
- Permitir a visualização de contadores de diferentes menus conjuntamente.
- Possibilidade de acesso de forma remota (a partir de qualquer computador)

Como se pode verificar, esta é uma ferramenta com um elevado potencial que facilita bastante o armazenamento, a procura, a comparação, a análise e o controlo de consumos energéticos, bem como a gestão e emissão de alarmes, entre outras mais valias decorrentes da sua utilização.

5.3. SGE *Web*

Como o SGE se encontra limitado no seu acesso necessitando de estar instalado no computador a usar, a organização decidiu adquirir a versão *online* do SGE, ou seja, SGE *Web*.

Com esta versão consegue-se aceder à plataforma de qualquer ponto do mundo, através de um *browser*. Esta utiliza os dados provenientes da base de dados do SGE, permitindo a visualização de todos os tipos de energia, contadores, secções ou apenas aqueles aos quais se permite o acesso, expondo-os graficamente (Figura 25).

No que respeita à observação dos dados, pode definir-se uma resolução quarto-horária, diária ou mensal, para o período pretendido.



Figura 25: Apresentação do SGE *Web*, expondo-se o consumo e custo semanal da organização.

Com base no trabalho realizado no SGE, procedeu-se à configuração do SGE *Web*, ajustando as zonas, secções e equipamentos na “configuração de contadores” (do SGE), tal como apresentado anteriormente.

Para além deste passo, procedeu-se igualmente à criação de utilizadores específicos delimitando o seu acesso em função dos dados que se pretendam observar.

Como exemplo apresenta-se a conta criada para visualização dos consumos de energia elétrica, expondo-se os consumos e encargos verificados para as diferentes secções (Figura 26), bem como o consumo diário do compressor GA200 (Figura 27).

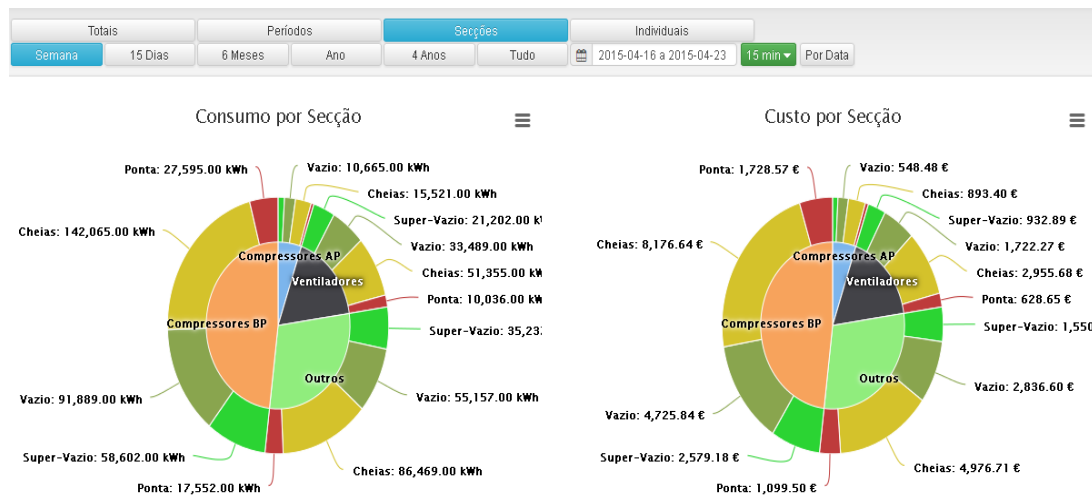


Figura 26: Consumo e custo de energia elétrica para as diferentes secções e períodos horários.

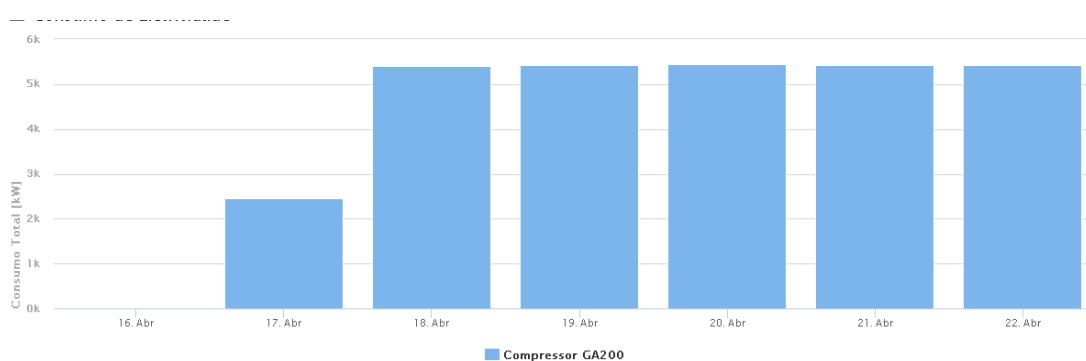


Figura 27: Consumo energético diário observado para o compressor GA200 (17 a 22 de abril).

Esta ferramenta tem também como grande vantagem a facilidade de utilização face ao SGE, bastando selecionar o que se pretende visualizar, logo não é necessário um conhecimento elevado do funcionamento do programa para o seu uso, comparativamente ao SGE.

No entanto também neste caso se identificaram melhorias a serem implementadas, de forma a otimizar o seu funcionamento tendo em conta as pretensões da organização (Tabela 13).

Tabela 13: Requisitos realizados para otimização do SGE web.

Menu <i>Dash Board</i>
Necessidade de aparecerem primeiro os INDICADORES
Menu Indicadores
Retirar os valores parciais nos indicadores
Permitir a seleção de contadores e secções
Alterar as médias de consumos para 6 meses
Permitir exportar os indicadores (PDF, EXCEL...)
Menu Eletricidade consumida
Retirar períodos SV, V, C, P
Adicionar botão período "Mensal"
Permitir aparecerem também os consumos e custos nas diferentes secções
Permitir a visualização dos "contadores" das secções, para além dos individuais
Trocar o botão "Por Data" para "PESQUISAR"
Possibilitar que o Botão "15 Dias" possa ser em intervalos de dias e não de 15 minutos
Executar ferramenta para adição de contadores

Tal como o SGE, esta é uma ferramenta que contribui para a monitorização e análise dos consumos e custos energéticos associados a uma atividade, no entanto é necessário que haja sempre por parte dos colaboradores um bom envolvimento de forma a aproveitar o seu potencial. Só assim será possível caminhar no sentido da melhoria contínua e eficiência energética.

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

6. Oportunidades de Racionalização de Consumo e Encargos

Neste capítulo abordam-se as diferentes oportunidades de racionalização do consumo energético identificadas na organização, nomeadamente ao nível do ar comprimido, ventiladores, iluminação (instalação de iluminação LED), compensação de energia reativa (dimensionamento de baterias de condensadores) e também em outros setores.

Incluem-se ainda os estudos realizados com o objetivo de determinar os consumos de ar comprimido em função da velocidade de corte ou número de secções em funcionamento, entre outros, de forma a poder prever o consumo expectável do mesmo.

Por fim apresenta-se um conjunto de medidas para as diversas áreas da empresa, tendo como objetivo contribuir para esta melhoria e otimização do consumo da mesma.

6.1. Geração de Ar comprimido de Baixa Pressão

O ar comprimido de baixa pressão (3 bar) é necessário em diversos processos, nomeadamente na produção das garrafas e operação das máquinas IS, sendo por isso mesmo o maior consumidor de energia elétrica dentro dos diversos grupos na instalação.

A sua geração é assegurada por quatro compressores de maior capacidade e por outros dois de menor capacidade. Com base nas características fornecidas elaboraram-se as seguintes tabelas que contêm o caudal de ar comprimido que cada compressor é capaz de gerar (Tabela 14).

Tabela 14: Caudais máximos produzidos pelos compressores.

Compressores	Caudais máximos (m ³ /min)
ZH7000	105
C100	98
C700/1	98
C700/2	98*
ZA5	59
ZA250	58

*Este é o valor máximo de caudal, mas que pode ser ajustado pelo VEV.

Habitualmente encontram-se a operar os primeiros quatro compressores, sendo que o C700/2 se encontra equipado com variador eletrónico de velocidade, permitindo realizar a modulação face à quantidade de ar necessária, enquanto os restantes se encontram a funcionar habitualmente à plena carga.

Nesse sentido, de forma a determinar as condições de operação dos mesmos, nomeadamente a energia ativa e reativa consumida, procedeu-se à monitorização dos seus consumos recorrendo a um analisador de energia portátil, sendo configurada uma resolução quarto-horária e um período de medição médio de 3 dias por compressor. Na Figura 28, pode-se observar o comportamento dos mesmos no que respeita à potência ativa consumida por cada um.

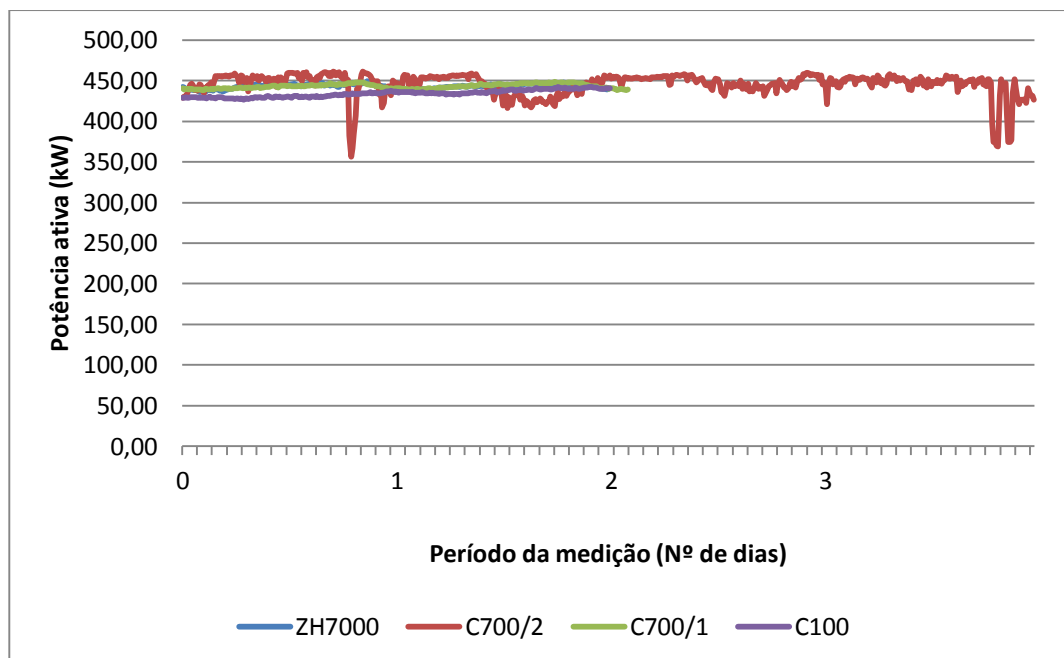


Figura 28: Potência ativa consumida pelos compressores da rede de 3 bar durante o período de monitorização.

Como se pode verificar a potência ativa consumida pelos compressores é bastante idêntica (cerca de 440 kW), notando-se maiores variações no compressor C700/2, o que é natural já que é este o responsável pela modulação.

A partir destes dados determinou-se o peso de cada compressor no consumo médio diário (Figura 29).

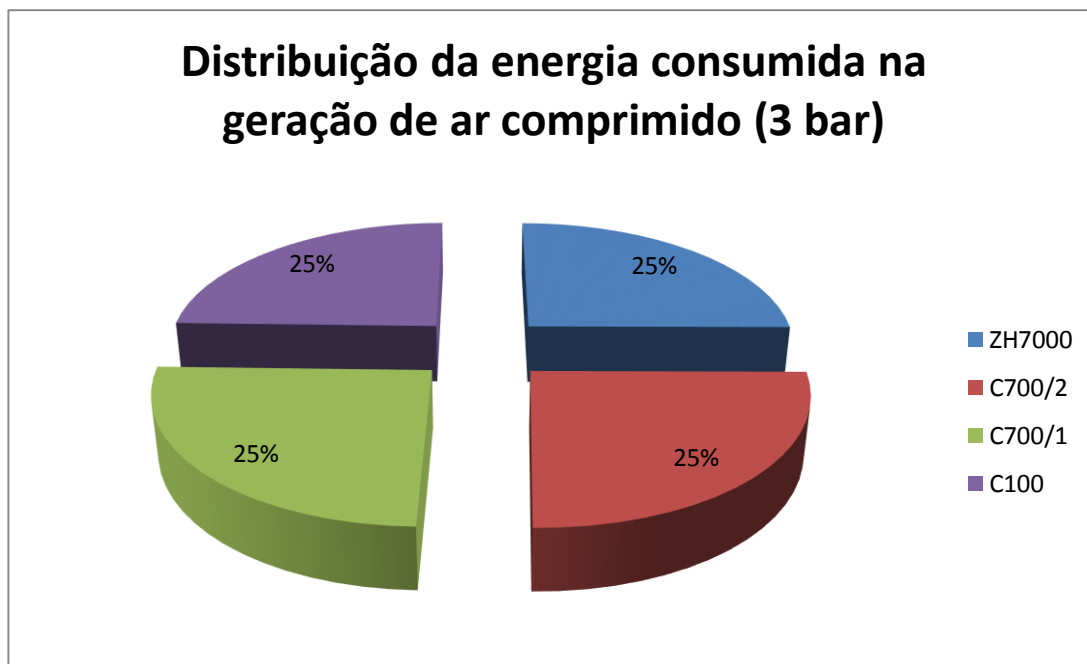


Figura 29: Representação do peso de cada compressor, no consumo de energia para geração de ar comprimido de baixa pressão.

Como é fácil de verificar o peso de cada compressor é de 25%, ou seja, analisando o peso que cada compressor tem no consumo relacionado com a geração de ar comprimido, verifica-se que os compressores têm contribuições muito similares, no entanto estes não têm a mesma capacidade de geração levando assim à obtenção de consumos específicos (kWh/m^3) diferentes.

Deste modo, determinou-se o consumo específico para cada compressor, considerando-se a potência média consumida diariamente, bem como o caudal de ar comprimido gerado (Tabela 15).

Tabela 15: Consumo específico de cada compressor.

Consumo específico (kWh/m^3)	ZH7000	C700/2	C700/1	C100
	0,070	0,076	0,075	0,074

Através destes valores pode-se observar que o compressor mais eficiente é o ZH7000, seguido do C100. Já o pior compressor é o C700/2 apresentando o consumo específico mais elevado, mesmo estando este equipado com o variador eletrónico de velocidade (VEV) realizando a modulação face ao consumo de ar necessário.

6.1.1. Oportunidade de redução do consumo de energia elétrica na geração de ar comprimido

Com base na evolução do caudal de ar comprimido de 3 bar registado diariamente ao longo dos meses, bem como na potência consumida pelos compressores que o produzem, verificou-se uma queda dos dois parâmetros, entre o início de dezembro e fim de janeiro, como se pode verificar (Figura 30).

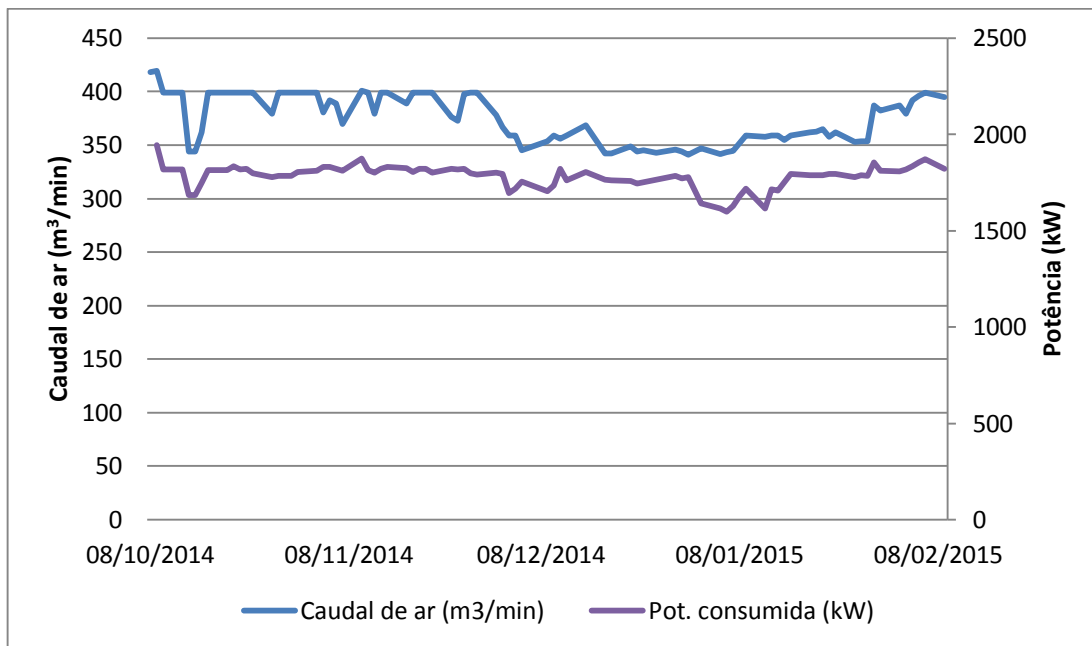


Figura 30: Evolução do caudal de ar comprimida e da potência consumida.

Esta diminuição está diretamente relacionada com a mudança do tipo de vidro produzido no forno 5, sendo que em dezembro e janeiro, a produção neste forno mudou de esmeralda para oscuro.

Assim procedeu-se à análise dos dados recolhidos na zona de produção/planeamento, de forma a identificar as diferenças entre garrafas produzidas, com ambos os tipos de vidro. Os parâmetros tidos em conta foram o peso das garrafas, o número de secções, a velocidade de corte, as toneladas de vidro fundido, bem como o caudal de ar, para todas as linhas de produção. Na Tabela 16 apresentam-se os resultados obtidos.

Tabela 16: Características necessárias para analisar as alterações registadas no consumo de ar comprimido.

	Peso das garf. (g)	Nº secções	Vel. Máquina (CPM ^[25])	Tvf	Caudal de ar (rede de 3 bar) (m ³ /min)
Média Nov.	2 369,7	80,4	739,2	519	391,9
Média Dez.	2 517	78	652	523	354
Média Jan.	2 659	79	670	525	358

Como se pode observar em média houve um aumento do peso de garrafas, o que seria expectável, já que as garrafas produzidas com escuro são normalmente mais pesadas. Consequentemente se as garrafas são mais pesadas a velocidade de corte naturalmente diminui, levando a que as máquinas IS necessitem de realizar um menor número de movimentos, contribuindo para a redução do caudal de ar comprimido consumido. Também se identifica uma diminuição do número de secções a operar.

No caso das toneladas de vidro fundido estas aumentam, o que faz todo o sentido já que o peso das garrafas aumenta e naturalmente a quantidade de vidro fundido será igualmente superior.

Assim pode-se considerar que a diminuição do consumo de ar se deveu à diminuição do número de secções em funcionamento, bem como da velocidade de corte.

Oportunidade de melhoria

Tendo em conta a redução do consumo de ar comprimido em grande parte no período de produção em escuro, identificou-se uma oportunidade de otimização do funcionamento dos compressores. Para este tipo de produção é suficiente o recurso a uma combinação de apenas três compressores de maior capacidade, conjuntamente com um dos de menor capacidade, neste caso o ZA250 que também permite a modulação a partir de VEV. Deste modo realizou-se a comparação com o período em que o C700/2 se encontrou a realizar a modulação neste ciclo, de forma a determinar o que permitiria obter maior poupança energética (Figura 31).

^[25] CPM: cortes por minuto.

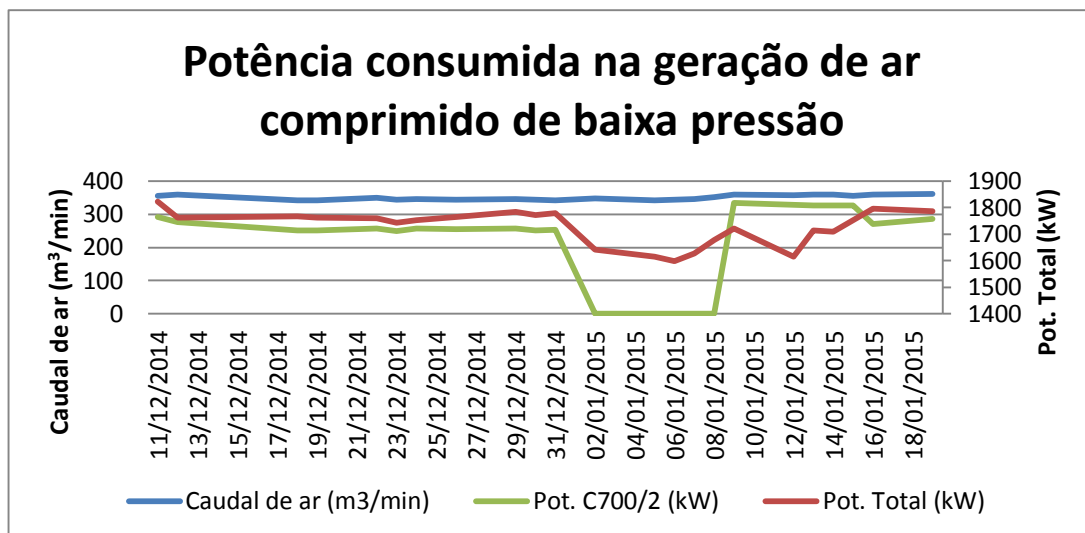


Figura 31: Comparação da potência total registada no período de modulação do C700/2, face ao do ZA250 [entre 11/12/2014 e 18/01/2015].

No período entre 2 e 14 de janeiro, o ZA250 esteve em funcionamento, podendo-se verificar nesse tempo uma redução da potência total consumida pelos compressores, face ao restante período no qual era o C700/2 que se encontrava em funcionamento.

Esta diferença regista-se igualmente na energia ativa consumida nesses dias, como se pode observar na Figura 32.

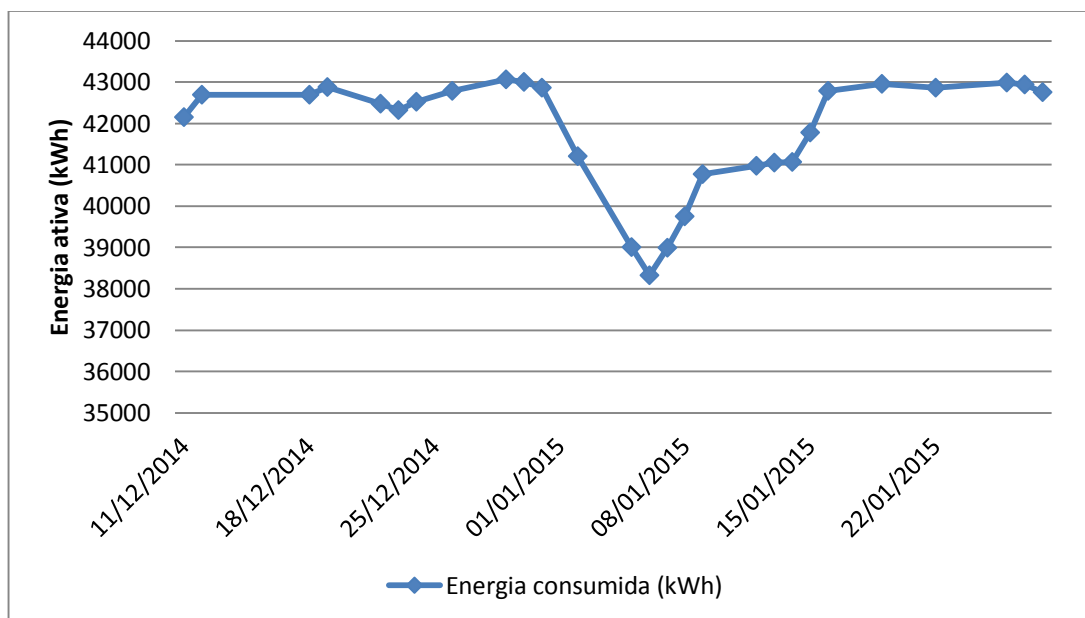


Figura 32: Energia consumida na geração de ar comprimido de baixa pressão [entre 11/12/2014 e 22/01/2015].

Partindo destes valores determinaram-se os consumos médios, para as duas situações, ou seja, com o ZA250 a realizar a modulação, tal como para C700/2, expondo-se na Tabela 17 os resultados obtidos.

Tabela 17: Consumo médio diário registado para ambos os compressores e respetiva diminuição de consumo.

Consumo médio (kWh por dia)	C700/2	ZA250	Redução do consumo
	42 697,6	40 127,4	2 570,2

Com se pode verificar, a utilização do compressor ZA 250 garante uma redução do consumo que não deve ser desprezada, já que a diferença supera os 2500 kWh por dia. Assim determinou-se o impacto desta medida em termos monetários para este período (27 dias), expondo-se em seguida os valores alcançados (Tabela 18).

Tabela 18: Poupança diária obtida e poupança associada ao período entre 11/12/2014 e 28/01/2015.

Redução do consumo diária (kWh por dia)	Poupança diária (€)	Poupança nos 27 dias (€)
2 570,2	183,2	4 947,9*

*tarifa considerada para a energia elétrica: 0,0713 €/kWh

Consequentemente a elevada poupança que se atinge em termos energéticos, reflete-se igualmente nos encargos, permitindo obter uma poupança na ordem dos 4950 € em cerca de um mês. Tendo em conta que esta alteração no tipo de vidro produzido pode ocorrer duas vezes por ano, esta oportunidade de racionalização de consumos e encargos deve ser tida em atenção.

6.1.2. Análise do equipamento para correção do fator de potência

A energia reativa corresponde a um “formato” de energia elétrica que não origina trabalho, mas que é no entanto necessária, nomeadamente para o funcionamento de motores elétricos, os quais absorvem uma parcela de corrente elétrica que inclui esta componente.

Tendo em conta a existência de penalizações tarifárias associadas ao consumo de energia reativa (indutiva) e também ao fornecimento de energia reativa (capacitiva) em contratos MAT, AT, MT e BTE, devido ao efeito provocado por este género de consumo na exploração das redes de transporte e distribuição, as organizações devem atender a uma adequada correção do fator de potência.

Esta compensação pode ser realizada atuando localmente (num determinado equipamento), por setores ou para toda a instalação. Na situação da organização a energia elétrica abastece a instalação em alta tensão (60 kV), sendo convertida para média tensão (30 kV) por um transformador de 8,7 MVA. Em seguida esta é transformada para baixa tensão (0,4 kV) por 4 transformadores de 1250 kVA, que se encontram a operar em paralelo (Figura 33).

A compensação global é realizada do lado da baixa tensão à saída de cada transformador, através de baterias de condensadores.

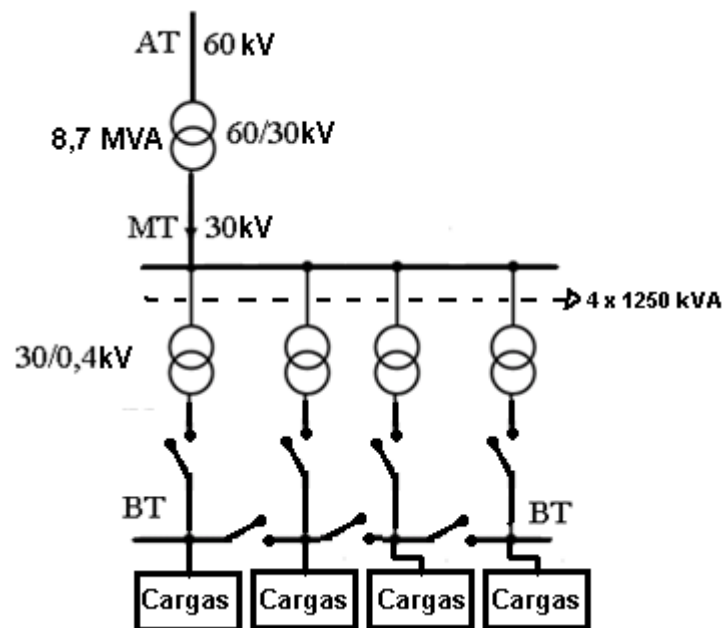


Figura 33: Esquema geral de alimentação da instalação.

No que respeita aos principais equipamentos alimentados por cada transformador, estes são:

- os ventiladores de máquina do forno 5 (transformador 1);
- a composição, a zona fria 5 e fabricação 5, no caso do transformador 2;
- a zona fria 4, fabricação 4 e as oficinas de manutenção, para o transformador 3;
- por fim os ventiladores de máquina do forno 4, bem como o compressor de geração de ar comprimido de alta pressão GA200 (transformador 4).

Nesta situação a organização optou pela compensação local, já que os compressores de ar comprimido de baixa pressão são os principais consumidores de energia reativa, flexibilizando também o ajuste em caso de alteração da instalação.

Com base nos dados obtidos através do analisador de energia determinou-se a potência reativa consumida pelos compressores, expondo-se em seguida o diagrama obtido (Figura 34).

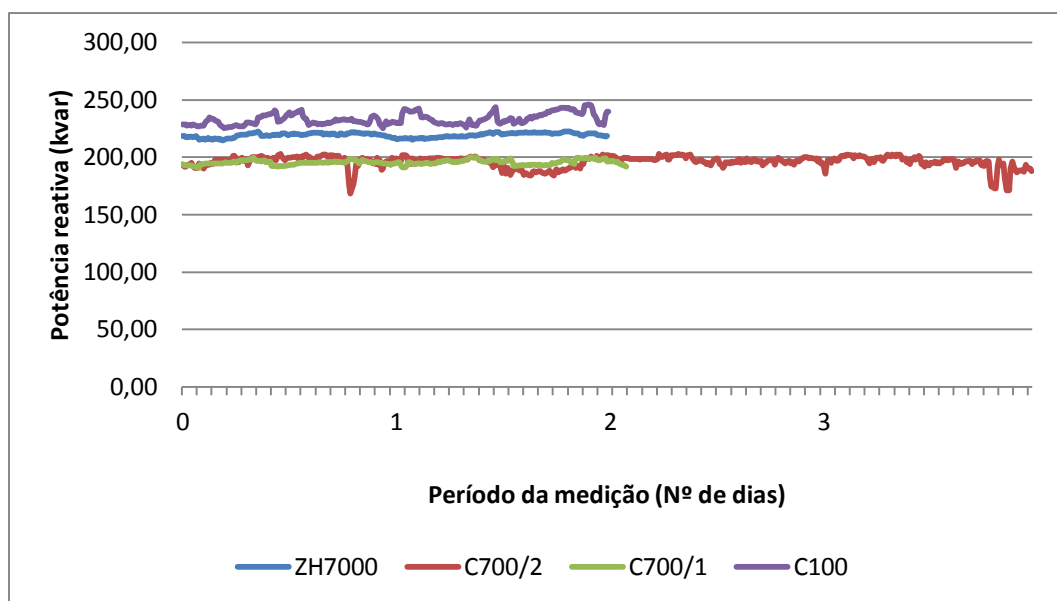


Figura 34: Potência reativa consumida pelos compressores da rede de 3 bar durante o período de monitorização.

Através da figura é possível verificar que a potência reativa consumida não difere muito para todos os compressores, o que se justifica já que estes se encontram a operar à plena carga na maioria do tempo. Para além disso os dois compressores que apresentam maiores valores de potência reativa consumida são o C100 e o ZH7000 (entre 225 kvar e 245 kvar).

Atualmente apenas os compressores C100 e C700/2 têm baterias de condensadores acopladas, sendo que estas já se encontram em fim de vida (não se encontravam em funcionamento durante as medições).

A partir dos valores de potências reativa e ativa consumidas na instalação, determinou-se a relação Q/P de forma a determinar o valor máximo de potência reativa a compensar, tendo em conta que um consumo de energia reativa até 30 % da potência ativa não é cobrada (durante as horas fora de vazio). Seguidamente expõem-se os valores associados a penalizações a que a empresa foi sujeita (Tabela 21) durante o mês de fevereiro, período para o qual as baterias de condensadores dos compressores se encontraram desligadas (Figura 35).

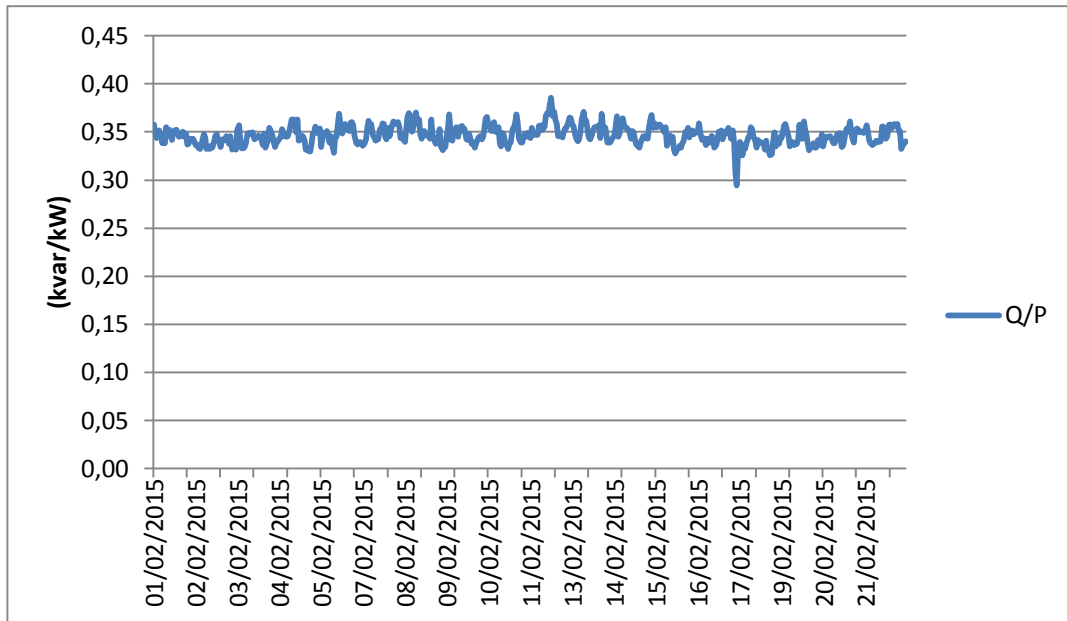


Figura 35: Relação entre Q/P obtidos para a instalação durante o tempo monitorizado.

Como é possível observar o valor máximo obtido é de 0,39 (valor alcançado nas horas fora de vazio). Assim determinou-se a potência reativa a compensar através da seguinte fórmula:

$$Q_{cond.} = 1.1 * (Q - 0,3 * P) \quad (1)$$

sendo:

Qcond.: Potência reativa a compensar (kvar);

Q: Potência reativa (kvar);

P: Potencia ativa (kW);

Considerou-se uma margem de segurança de 10 %, por forma a prevenir eventuais picos ou aumentos de energia reativa consumida que pudessem tornar a bateria de condensador pouco eficiente. Deste modo determinaram-se os valores máximo e médio de potência reativa a compensar na instalação em horas fora de vazio, sendo estes de 467,5 kvar e 277 kvar, respetivamente (considerando-se a inexistência das baterias).

Como referido anteriormente estes compressores são os maiores consumidores de energia reativa, como tal a organização definiu uma estratégia de compensação local dos mesmos de forma a permitir minimizar a parcela de energia reativa da fatura de energia elétrica. Em seguida apresentam-se os valores de potência reativa consumida para cada compressor no período monitorizado (Tabela 19).

Tabela 19: Potência reativa máxima e média consumida durante o período monitorizado.

	ZH7000	C700/2	C700/1	C100
Potência reativa máxima (kvar)	223	203	200	246
Potência reativa média (kvar)	219	196	195	233

No que se refere à distorção harmónica esta situou-se sempre entre 1 % e 2 %, pelo que não é considerada para o dimensionamento das baterias de condensadores. Já o desequilíbrio de tensão entre fases observado para os diferentes compressores encontra-se sempre abaixo dos 1,1 %. Caso este valor se encontre acima de 1 % poderia levar a uma redução da eficiência dos motores dos compressores, podendo mesmo encurtar as suas vidas úteis (Worrell, Galitsky, Masanet, & Graus, 2008).

Atualmente só existem condições para compensar os compressores C100 e C700/2, sendo por isso sobre estes que se realiza o dimensionamento.

Com base nestes dados selecionaram-se as baterias de condensadores *Italfarad* PFM/R e PFI/R (CAIADO, 2015), adequando-se a potência do conjunto e também as potências associadas a cada escalão a cada um dos compressores. Na tabela seguinte é apresentada a solução escolhida (Tabela 20).

Tabela 20: Baterias de condensadores propostas e seus escalões de potência.

	ZH7000	C700/2	C700/1	C100
Q_n (kvar)	225	195	195	240
Escalões	15+30+60+120	15+30+60+90	15+30+60+90	2*30+3*60

A partir dos valores de potência reativa média consumida, realizou-se a análise económica do investimento por compressor (Tabela 21), considerando-se o custo total da bateria como sendo 1,6 vezes o preço da bateria (incluindo o transformador de corrente, cabos, aparelhos de proteção e custo de instalação).

Tabela 21: Análise técnico-económica relativa ao dimensionamento da bateria de condensadores.

	Preço da Bateria (€)	Custo total (€)	Faturação mensal de Energ. Reat. consumida (€)	Payback (número de meses)
C700/2	2 520	4 032	578,13	19
C100	4 345	6 952		

Como é possível verificar o investimento nas baterias de condensadores deve ser realizado, permitindo obter uma poupança total na ordem dos 578,13 €/mês, e apresentando um *payback* de 19 meses aproximadamente.

6.2. Arcas de Recozimento

A garrafa saída do forno, está sujeita a várias tensões térmicas (a sua estrutura molecular está bastante agitada), por isso realiza-se o tratamento superficial a quente, bem como o recozimento para diminuir estas tensões (estabilizando a sua estrutura). O recozimento das garrafas ocorre nas arcas, através de uma curva de temperatura definida em função das características das garrafas.

Este é um processo de arrastamento, ou seja, a garrafa entra a 200 °C e a temperatura vai variando por arrastamento, devido à atuação dos queimadores e recirculadores.

Por sua vez o funcionamento dos queimadores e chaminé é definido através dos controladores de temperatura, bem como os seus intervalos com maior ou menor desvio. Deste modo, ao se alterarem as temperaturas da curva de recozimento nas arcas, atua-se sobre os controladores.

No que respeita ao consumo este é menor para:

- uma garrafa de maior peso graças à sua carga térmica superior, contribuindo para a existência de temperaturas mais elevadas e consequentemente menor esforço da arca para assegurar a temperatura pretendida;
- uma temperatura alvo menor, conduzindo naturalmente a um menor consumo da arca (para modelos idênticos);
- uma temperatura de entrada das garrafas mais elevada (menor diferença para a temperatura que se pretende atingir).

- um maior número de garrafas, uma vez que com o dobro das garrafas a carga térmica é o dobro, logo reduz-se a velocidade garantindo o recozimento, podendo também reduzir-se o consumo de gás graças à maior carga térmica. No entanto um defeito leva mais tempo a ser detetado, não existindo interesse nesta ocorrência por parte do controlo de qualidade.

Para além da definição da curva há que analisar igualmente o tempo de funcionamento dos queimadores, pois é expectável que o maior tempo de funcionamento esteja associado aos queimadores das primeiras secções já que as temperaturas exigidas são mais elevadas, enquanto nas secções mais avançadas da arca estes devem apenas servir de apoio trabalhando pouco tempo.

Por vezes durações elevadas de operação destes queimadores indica a entrada de ar frio pelo fim da arca que atinge estas zonas levando a que não se alcancem as temperaturas pretendidas. Nestas situações pode-se abrir a chaminé da secção seguinte de forma a promover a saída do ar frio, estabilizando-se novamente o funcionamento do queimador e reduzindo o consumo de gás.

Passos para a implementação das curvas de recozimento

Assim recolhem-se os dados necessários dos diferentes modelos para a elaboração das curvas, sendo estes:

- o peso da garrafa;
- o seu diâmetro;
- a espessura de fundo;
- e o número de garrafas por fiada.

Atualmente a situação que se verifica é a inexistência do ajuste da curva de recozimento em função das características das diferentes garrafas, encontrando-se as arcas a operar constantemente com temperaturas muito elevadas. Esta situação ocorre pois assim garante-se o recozimento pretendido, não dando origem a problemas.

No entanto do ponto de vista da eficiência energética esta circunstância é bastante discutível, existindo um elevado potencial de poupança energética através do acerto das curvas aos diferentes modelos, atingindo-se igualmente níveis de recozimento adequados.

Como zona de teste escolheu-se a arca da linha 4.1, implementando-se a curva de recozimento específica para um determinado modelo, registando-se uma diferença de consumo de aproximadamente 28 kWh, como se pode observar na Figura 36.

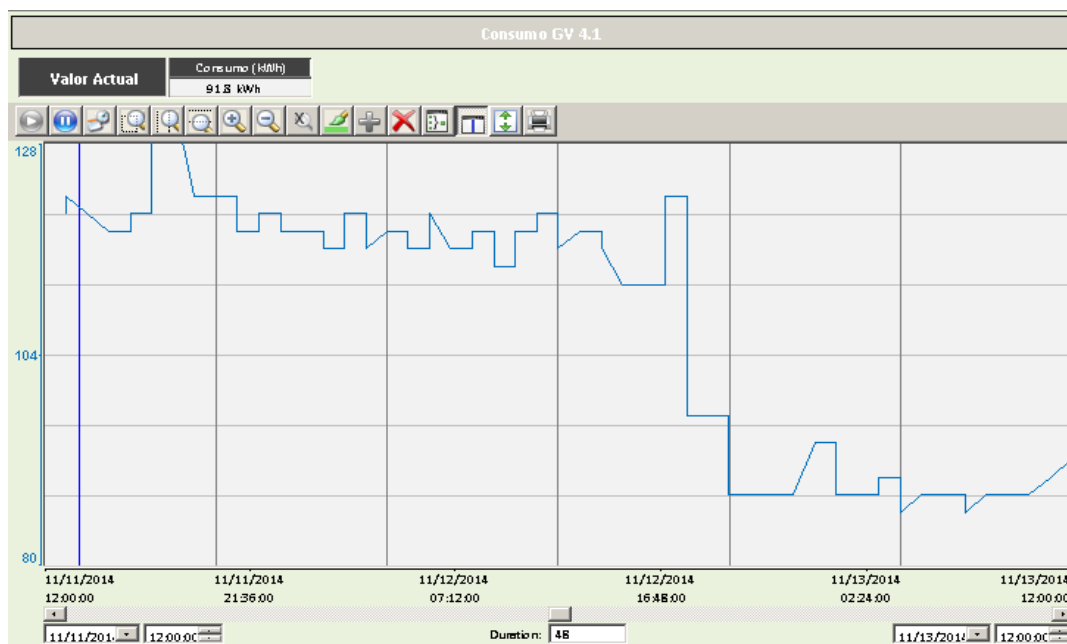


Figura 36: Redução do consumo de gás natural verificada após a aplicação da curva de recozimento.

Com base nestes dados determinou-se o consumo obtido nos dias antecedente e posterior à implementação da curva, bem como a poupança diária obtida (Tabela 22).

Tabela 22: Consumos de gás natural registados e respetiva poupança obtida.

	Consumo diário (m ³)	Consumo diário (kWh)	Poupança diária (€)
12-11-2014	153,49	2874,24	23,97
13-11-2014	117,43	2199,12	

* tarifa considerada para o gás natural: 0,0355 €/kWh

Como se pode verificar a redução quer de consumo, quer de custos é bastante interessante, principalmente tendo em conta que corresponde apenas a um dia para uma arca. Estimando-se uma diferença de consumo média igual para todo o ano, conseguia-se alcançar uma diminuição de encargos de 8 749,84 € nesta arca.

Naturalmente em função dos diversos modelos produzidos em todas as arcas e das suas respetivas características, o potencial de diminuição dos consumos altera-se. No entanto, a implementação desta curva comprova o elevado potencial de poupança existente, devendo a execução desta medida ser tida em conta por parte da organização.

Para além da definição das curvas, inicialmente é necessário proceder à sensibilização e formação dos colaboradores, pois sem a sua colaboração e envolvimento a implementação de muitas destas medidas fica condicionada, já que estes são os responsáveis pela utilização dos equipamentos.

6.3. Iluminação

Tendo em conta a construção de um novo forno no ano de 2015, a organização decidiu aproveitar esta oportunidade para proceder não só à reformulação da iluminação nas zonas de fabricação e *feeders* do novo forno como também em outras áreas. As zonas identificadas como prioritárias foram:

- zona fria;
- zona das arcas do forno 5;
- zona de embalagem;
- pavilhão de cargas intermédias;
- corredor na zona fria das oficinas;
- pavilhão 2600.

Neste projeto recorreu-se ao programa *Dialux 4*, para realizar o dimensionamento da iluminação para as diversas zonas, tendo em conta a inserção de iluminação LED para as mesmas, já que este era um requisito da organização. Há ainda a referir que na potência consumida não se consideram os balastros eletrónicos utilizados pelas luminárias atualmente em uso na empresa.

No cálculo da análise económica para todos os sistemas foram consideradas as seguintes premissas:

- o valor de investimento apresentado nas diversas propostas, inclui o custo de montagem, considerando-se este como 5 % do custo das luminárias.
- a tarifa média considerada para a energia elétrica foi de 0,0713 €/kWh;
- a vida útil das luminárias LED de 50 000 horas;
- a vida útil das campânulas e projetores atualmente em uso de 20 000 horas (iodetos metálicos ^[26] e de vapor de sódio);

^[26] (Sylvania, 2015).

- os custos de exploração anuais de 1 % do investimento inicial;
- a taxa de atualização do custo de energia de 1 % por ano;
- a taxa de atualização do custo de capital de 4 %.

6.3.1. Metodologia de análise económica

A avaliação económica deste projeto recorreu aos indicadores económicos mais usados, que são:

VAL: valor atual líquido;

TIR: taxa interna de rentabilidade;

ROI: retorno do investimento;

Payback: número de anos que o investimento demora a pagar-se a ele próprio.

O VAL corresponde à diferença entre os valores atualizados das entradas e saídas de dinheiro durante o período de vida útil do projeto.

$$VAL = \sum_{j=1}^n \frac{R_{lj}}{(1+i)^j} - I_t \quad (2)$$

$$R_{lj} = R_j - C_{ej} \quad (3)$$

R_{lj} : receita líquida do ano j ;

n : vida útil do projeto;

I_t : investimento total atualizado para o ano 0;

i : taxa de atualização;

R_j : receita de bruta do ano j ;

C_{ej} : custos de exploração do ano j ;

O investimento só deve avançar caso a taxa de atualização definida, permita a obtenção de um valor atual líquido positivo.

A Taxa de atualização é conhecida por custo de oportunidade do capital ou taxa mínima de rentabilidade do projeto. Este parâmetro não é mais do que a rentabilidade que o investidor exige para implementar um projeto de investimento e irá servir para atualizar os *cash flows* gerados pelo mesmo. Esta taxa deve ser criteriosamente escolhida, de modo a

poder corresponder ao mais alto rendimento que se possa conseguir de investimentos alternativos.

A TIR corresponde à taxa de atualização que anula o VAL, sendo que o investimento deve ser aceite se a TIR for superior à taxa de atualização requerida e rejeitada se for inferior.

O ROI é um índice de rentabilidade efetiva por unidade de capital investido. Após o cálculo deste, o projeto só deve ser aceite caso o valor de ROI seja superior a 1.

$$ROI = \frac{\sum_{j=1}^n \frac{R_{tj}}{(1+i)^j}}{I_t} \quad (4)$$

O *Payback* consiste no período de tempo necessário para recuperar o investimento realizado. Este retorno verifica-se quando:

$$\sum_{j=1}^P \frac{R_{tj}}{(1+i)^j} \geq I_t \quad (5)$$

Onde P é o período de recuperação do capital investido.

6.3.2. Avaliação de alternativas para o sistema de iluminação

Seguidamente expõe-se uma zona dos canais do forno 4, apresentando-se a solução atualmente existente, bem como a proposta LED e respetiva análise económica. Os restantes locais, bem como outras propostas estudadas encontram-se visíveis no Anexo B.

Zona dos canais

Este local encontra-se acima da zona de fabricação, acedendo-se ao mesmo para se efetuar o controlo e monitorização do funcionamento adequado no *spout*, sendo as restantes zonas apenas de passagem.

A solução presente é composta por 6 luminárias de iodetos metálicos que garantem a iluminação ambiente, bem como 3 projetores de iodetos metálicos e 2 LED que efetuam a iluminação local no *spout*. Atualmente obtém-se uma iluminância de 185 lux na zona do *spout* e um nível médio de 50 lux nas restantes zonas (Tabela 23).

Tabela 23: Solução ambiente e local na zona dos *spouts* das linhas existente.

Solução	Tipo de luminárias	Nº de unidades	Potência p/ luminária (W)	Potência Total (W)	Nível médio de iluminação (lux)
Ambiente	Iodetos Metálicos	6	400	2 400	50
Local (<i>spout</i>)	Iodetos Metálicos	3	70	270	280
	LED	2	30		180

Na Tabela 24 apresenta-se a proposta desenvolvida para a zona tendo em atenção a área, tal como a distribuição da iluminação ambiente e local, de forma a alcançar o nível de iluminação pretendido.

Tabela 24: Solução ambiente e local na zona dos *spouts* das linhas proposta.

Solução	Tipo de luminárias	Nº de unidades	Potência p/ luminária (W)	Potência Total (W)	Nível médio de iluminação (lux)
Ambiente	LED	4	150	790	80 a 130
		1	50		
		2	30		
		4	20		
Local (<i>spout</i>)	LED	7	30	330	200
		6	20		

Após a otimização da disposição das luminárias determinou-se o investimento necessário, a energia consumida anualmente e respetivo custo, a poupança em relação ao sistema de iluminação existente, o *payback* e, por fim, a durabilidade das luminárias a partir do seu tempo útil de vida e o uso anual na fábrica (8760 horas para a iluminação ambiente e 600 horas para a local) (Tabela 25).

Tabela 25: Apresentação dos dados de entrada para o *feeder* do F4 e análise monetária envolvida.

Solução	Investimento (€)	Energia consumida (kWh)	Custo anual (€)	Poupança anual (€)	<i>Payback</i> (anos)	Vida útil (ano)
Atual		21 186	1 510,5*			2,3
Proposta 1	1 424 ^[27]	7 118	507,5	1 003	1,4	5,7

*tarifa de energia elétrica considerada: 0,0713 €/kWh

^[27] Os preços foram obtidos diretamente do fornecedor da organização.

Há que referir que na iluminação específica do *spout* se regista um aumento de potência. Isto deve-se ao facto de se ter considerado que a iluminação atualmente existente não era suficiente para garantir condições de trabalho adequadas, reforçando-se assim a mesma na proposta apresentada.

Naturalmente este reforço conduz a um aumento de consumo de energia elétrica e respetivo custo associado, muito embora este incremento seja irrisório, já que o tempo de funcionamento é muito curto, representando apenas 0,1 % da energia consumida anualmente neste espaço.

No entanto tendo em conta os valores atingidos, pode-se verificar que esta é uma medida que permite obter uma elevada redução quer no consumo energético, quer nos custos associados (67 %). Além disso o *payback* obtido é igualmente reduzido, reforçando a ideia de que esta é uma proposta que deve ser seriamente avaliada.

Com base nestes dados determinaram-se os indicadores económicos que se alcançam com a iluminação LED durante a sua vida útil face à solução real, designadamente no que respeita aos custos de exploração, substituição das lâmpadas e respetiva montagem e manutenção. Na Tabela 26 exibem-se os valores atingidos.

Tabela 26: Análise económica referente à solução proposta.

VAL (€)	3 851
TIR (%)	68,2
ROI	3,7
<i>Payback</i> (anos)	1,5

Como se pode avaliar este é um espaço que possibilita a racionalização dos seus consumos, registando-se um VAL favorável. É de notar que o ROI é bastante elevado pelo que esta é uma solução a ter realmente em linha de conta, tal como referido.

Na Figura 37 apresenta-se a evolução do fluxo monetário durante a vida útil do projeto, ou seja 5 anos, 8 meses e 15 dias, sendo o montante total acumulado estimado no fim de vida útil de 3 851 €.

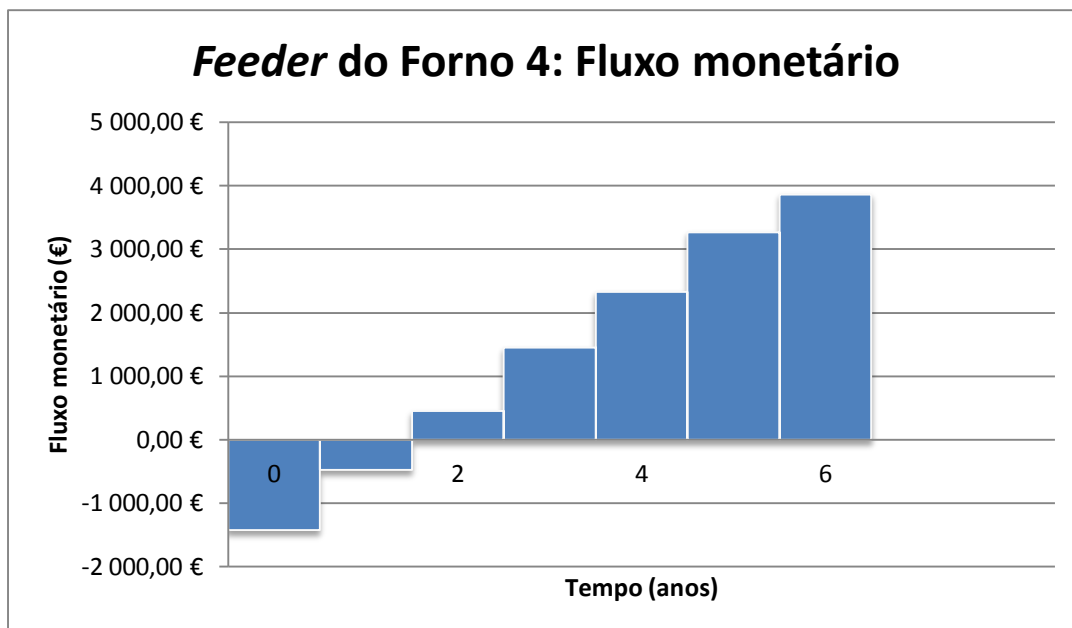


Figura 37: Fluxo monetário respetivo ao *feeder* do forno 4.

Nesta situação a análise realizada teve em atenção a durabilidade da iluminação ambiente, já que esta representa praticamente a totalidade do consumo nesta zona, incluindo na mesma os custos associados para a solução total.

Em seguida expõe-se a representação de cores para o mapa de iluminância (Figura 38), bem como o respetivo mapa de iluminância elaborado pelo *Dialux* para a solução estudada (Figura 39).

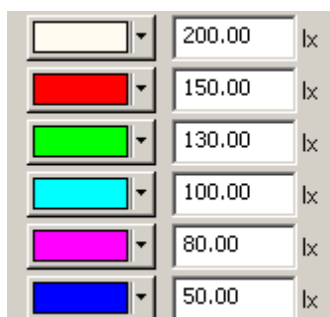


Figura 38: Representação das cores associadas a níveis de iluminação.



Figura 39: Mapa de iluminância obtido para o local, com a solução de LED'S desenvolvida.

A partir dos projetos desenvolvidos para todos os locais determinou-se a redução de consumo, bem como o custo de energia anual correspondente, apresentando-se na Tabela 27 os valores obtidos.

Tabela 27: Potencial de poupança quer energética, quer monetária para as diversas zonas.

	Redução anual do consumo (kWh)	Poupança anual (€)
P2600	24 309	1 733
Corredor	3 504	250
ZF Arcas	16 688	1 190
ZF Embalagem	8 541	609
Zona Fria	48 618	3 466
Feeder F4	14 068	1 003
Total	115 727	8 251

Naturalmente a capacidade de redução de consumos varia entre os diferentes projetos, nomeadamente em função da dimensão das áreas a implementar bem como das

soluções atualmente existentes. No entanto, analisando os valores determinados, verifica-se que os locais que apresentam maior potencial para reduções de consumo e encargos são a zona fria e o pavilhão 2600.

No seu conjunto consegue-se economizar cerca de 8 250 € por ano, sendo a implementação dos projetos uma vantagem para a empresa.

6.3.3. Instalação de sensores

De forma a reduzir o consumo de energia elétrica, procedeu-se à instalação de sensores que desligam a iluminação quando determinados locais não se encontram ocupados. Deste modo instalaram-se sensores nos sanitários, no refeitório e na sala do forno 4.

Para o caso dos sanitários estes contêm armaduras com 2 lâmpadas de 58 W, enquanto a sala dos fornos e refeitório são compostas por armaduras com 4 lâmpadas de 18 W. Com base nestes dados determinou-se a potência consumida em cada um dos locais (Tabela 28).

Tabela 28: Número de armaduras e potência consumida em cada local.

Local	Tipo de luminárias	Nº de armaduras	Potência total (W)
Sanitários	Fluorescentes compactas	12	1 392
Refeitório		12	864
Sala dos fornos		12	864

A partir destes dados colocaram-se 6 sensores nos sanitários, 1 no refeitório e outro na sala dos fornos. Assim estimou-se a poupança obtida anualmente, considerando uma redução de 50 % no consumo dos sanitários, na sala do forno e 30 % no refeitório. Na Tabela 29 apresentam-se os resultados obtidos (considera-se um custo de 20 € ^[28] por sensor).

^[28] Os preços foram obtidos diretamente do fornecedor da organização.

Tabela 29: Energia elétrica consumida e poupança obtida anualmente.

Local	Energia consumida anualmente (kWh)		Redução do consumo	Poupança anual (€)	Payback (meses)
	sem sensores	com sensores			
Sanitários	12 194	6 097	6 097	434,7	3,3
Refeitório	7 567	5 361	2 207	157,4	1,5
Sala dos fornos	7 569	3 705	3 863	275,4	0,9

* tarifa de energia elétrica considerada: 0,0713 €/kWh

Como se pode observar para todos os casos apresentados, o *payback* obtido é muito inferior a um ano, conseguindo-se com uma medida muito simples reduzir o consumo nestes locais em pelo menos 30 %.

Naturalmente tendo em conta o consumo avultado da instalação, esta redução é muito pequena no entanto é uma medida muito viável, pelo que se deve continuar a otimizar a utilização dos espaços, existindo ainda outras áreas passíveis de serem sujeitas a uma estratégia idêntica.

6.4. Ventiladores

O ciclo de produção da garrafa encontra-se dividido nos seus diferentes momentos, sendo a soma total de 360°. Neste ciclo além dos graus definidos aos movimentos da máquina IS para criação da garrafa, inclui-se o *timing* de arrefecimento que pode necessitar de uma determinada janela (10 ou 12°), para uma determinada pressão e velocidade, podendo-se sempre que possível aumentar esta janela (15 ou 16°), levando assim a uma diminuição do estrangulamento no ventilador, reduzindo igualmente a sua potência.

O arrefecimento é feito em instantes distintos. Primeiramente este é realizado pelo ventilador de máquina no molde e contra molde (*vertiflow*), de forma a assegurar a temperatura adequada dos mesmos, garantindo a obtenção de garrafas de qualidade.

Em caso de excesso de temperatura (falta de arrefecimento) o vidro em contacto com o molde, como que fervilha formando uma espécie de bolhas (queimado ^[29]). Por outro

^[29] Este termo técnico é utilizado na organização, bem como de agora em diante no relatório.

lado, o excesso de arrefecimento do molde leva a que o vidro se comece a apegar ao molde (arrepanhado ^[30]).

O segundo momento em que se procede ao arrefecimento dá-se quando a garrafa se encontra parada, isto é, na “placa morta” (enquanto aguarda o instante para ser introduzida no tapete) e no próprio tapete.

Como a garrafa se encontra a temperaturas elevadas, nomeadamente a sua base, caso esta não seja suficientemente esfriada tem tendência a deformar-se, notando-se este efeito quer devido à falta de altura da garrafa, face ao valor *standard*, quer por esta tombar para o lado.

6.4.1. Operação dos ventiladores

Cada ventilador encontra-se equipado com um VEV, que ajusta a velocidade de funcionamento em função da pressão pretendida ou também, em determinadas linhas, em função da temperatura pretendida.

Deste modo o operador de máquina apenas deverá definir um determinado valor de pressão e o VEV ajusta a velocidade de forma a garantir esta pressão. Em determinadas situações a frequência máxima pode ser atingida, não restando outra opção que não seja o aumento da pressão, de forma a assegurar o arrefecimento necessário, já que aumentar o diâmetro da tubagem é impossível.

A variação da temperatura do ar também influencia a refrigeração das garrafas, já que o ar quente é mais rarefeito (existe maior espaço entre as moléculas), logo é precisa uma maior quantidade de energia para comprimir e injetar o ar.

Por outro lado, de noite o ar encontra-se mais frio e “concentrado”, diminuindo a energia necessária à injeção do ar, no entanto esta situação conduz a um aumento de pressão caso se mantivesse a velocidade. Consequentemente, a utilização de um VEV no motor permite ajustar a pressão de ar injetado na formação das garrafas em função da temperatura, o que poderá proporcionar a diminuição dos consumos de energia.

O acerto é realizado recorrendo à fórmula apresentada seguidamente.

$$P_{controlo} = P_{operador} + k * (T - 25) \quad (6)$$

^[30] Este termo técnico é utilizado na organização, bem como de agora em diante no relatório.

P_{controle} : pressão de ar injetado na formação das garrafas;

P_{operador} : pressão de ar definida pelo operador;

k: valor a definir para efetuar o ajuste da pressão em função da temperatura;

T: valor de temperatura existente ($^{\circ}\text{C}$);

Para isso há que primeiramente testar o valor de k máximo para operar com a menor pressão possível garantindo a qualidade das garrafas produzidas, essencialmente em cenários de temperaturas reduzidas. Naturalmente as diferentes condições atmosféricas e tipos de garrafas produzidas levam à existência de diferentes valores k ótimos para as diferentes linhas.

É possível observar-se que na grande maioria das noites a temperatura é menor que 25°C , logo a pressão exercida sobre o vidro pode diminuir, graças à ação do VEV, diminuindo a frequência e potência consumidas.

Por outro lado, caso durante o dia a temperatura ultrapasse os 25°C , naturalmente o sistema ajustará a pressão por forma a obter a melhor qualidade. Este sistema pode funcionar em modo manual enviando o valor de frequência pré definido, e não atendendo à fórmula, ou em automático entrando em linha de conta com a mesma.

A implementação deste sistema passaria pela atribuição de diferentes valores ao k, até se atingir o valor ótimo de operação para cada ventilador. Neste momento este sistema encontra-se implementado nos ventiladores do forno 4, no entanto apenas na linha 4.0 se atribui um valor efetivo a k, apresentando-se em seguida as curvas de pressão e potência registadas ao longo de um dia de funcionamento (Figura 40 e Figura 41).

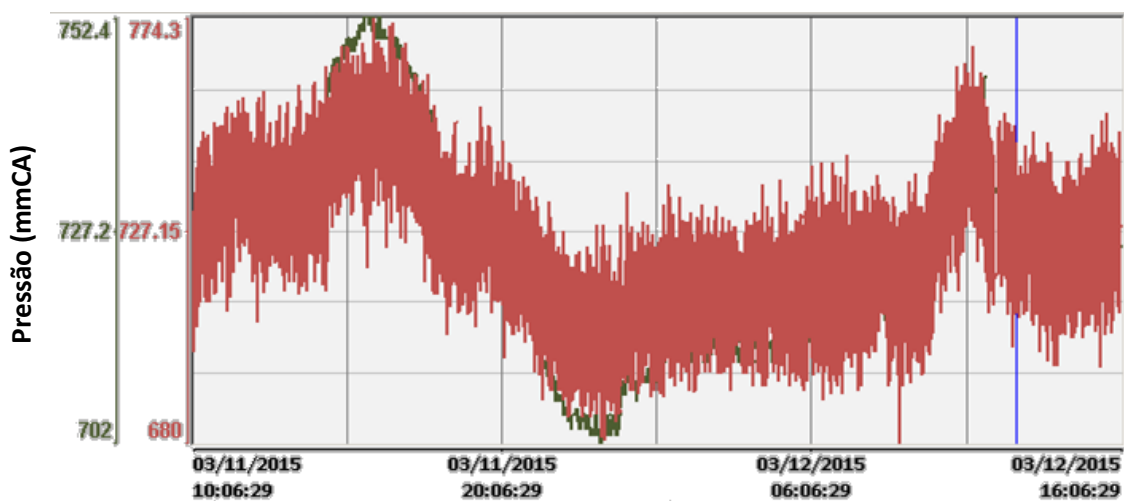


Figura 40: Variação da pressão no ventilador durante 24 horas.

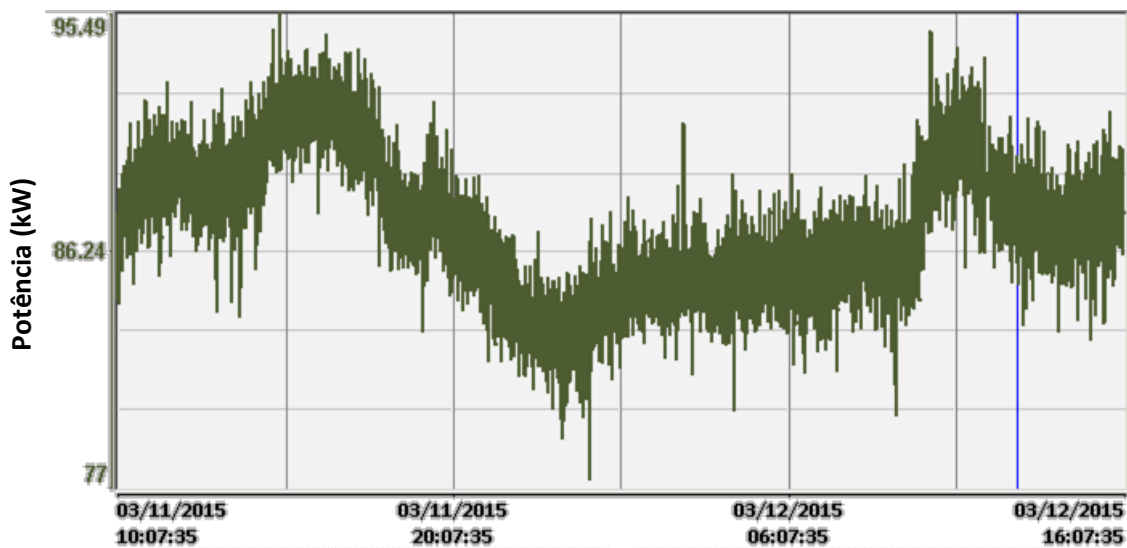


Figura 41: Variação da potência consumida pelo ventilador ao longo de um dia de operação.

Como é perceptível as curvas apresentam a mesma forma, atingindo-se valores mais elevados de pressão e potência consumida durante o dia, e valores mínimos durante o período noturno. Este seria o resultado esperado, já que para a maioria dos dias a temperatura ultrapassa os 25 °C durante o dia, enquanto no período noturno esta se situa abaixo, alcançando-se pressões de operação menores e consequentemente obtendo-se poupanças no consumo de energia.

Naturalmente o peso da garrafa influencia igualmente a pressão definida, já que pode não ser suficiente maximizar o *timing*, levando a um aumento da pressão, bem como da própria potência do ventilador, pois quanto maior a carga térmica, maior será a necessidade de refrigeração.

Para além disso também a velocidade de corte pode influenciar a necessidade de arrefecimento, já que garrafas de menor peso podem produzir-se com velocidades de corte muito superiores, diminuindo o *timing* de arrefecimento possível, podendo conduzir a maiores pressões, velocidades e potências de funcionamento do ventilador.

Consequentemente deve-se procurar atingir a melhor conjugação possível de forma a alcançar o menor consumo.

No entanto atualmente observa-se que raramente este conhecimento é posto em prática. Com base na recolha de dados realizada diariamente para todas as linhas chegou-se à conclusão que na maior parte das mudanças de obra, os ajustes de pressão e de *timing* de

arrefecimento que possam existir são realizados sem qualquer preocupação com a eficiência energética.

O único objetivo passa por garantir que não haverá falta de pressão para arrefecer tanto os moldes, como as garrafas. Na seção seguinte demonstra-se esta situação através de alguns exemplos identificados em certas linhas.

6.4.2. Exemplos de Aplicação

Partindo das medições realizadas ao longo dos meses, expõem-se exemplos registados em diferentes linhas, nas quais se poderia otimizar o funcionamento do ventilador, sendo possível observar outras situações no Anexo C.

O valor de pressão definido pelo operador corresponde ao *set point* (SP), já o valor que é fornecido pelo ventilador designa-se *point value* (PV). Neste caso deve ter-se em atenção determinados valores de SP para os quais o ventilador não consegue dar resposta, visto já se encontrar a operar à plena carga, logo não faz sentido exigir mais pressão (Figura 42).

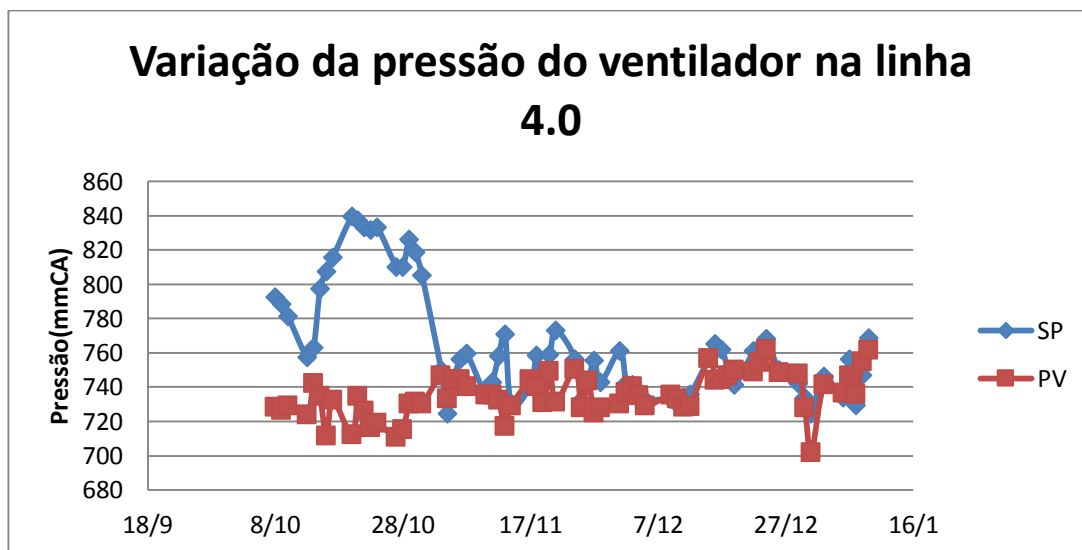


Figura 42: Valores de pressão pedida (SP) e debitada (PV) pelo ventilador diariamente.

Como se pode verificar esta situação verificou-se nos meses de outubro e novembro para a linha 4.0, tendo depois vindo a baixar aproximando-se de valores aos quais o ventilador já conseguia responder. Naturalmente esta situação deve ser evitada, ajustando o SP ao tipo de garrafa.

Em seguida apresentam-se os parâmetros de produção das duas garrafas fabricadas (Tabela 30) nos dias considerados, bem como a variação dos parâmetros do ventilador para o mês de janeiro (Figura 43), na linha 4.1.

Tabela 30: Características de fabricação das garrafas, bem como de operação do ventilador da linha 4.1.

Data	Peso das garf. (g)	Nº secções	Vel. Máquina (CPM)	Freq. (Hz)	Pressão (mmCA ^[31])	Potência (kW)
26-Jan	160	8	82	42,8	870	48,2
27-Jan	163	8	80	34,1	555	25,8

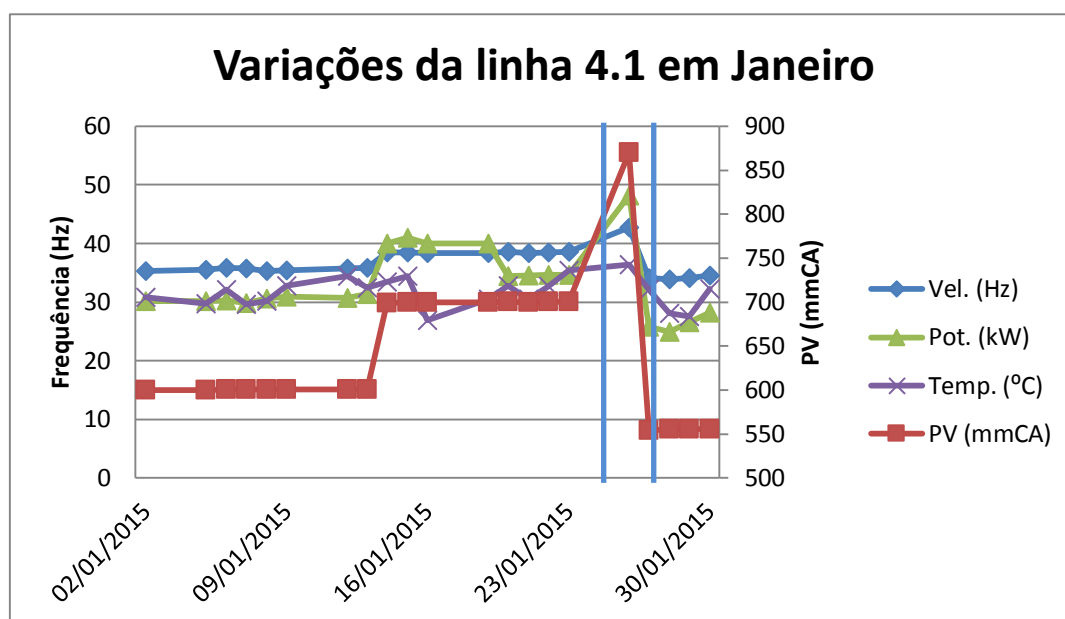


Figura 43: Alteração dos parâmetros de ação do ventilador durante o mês de janeiro.

A partir dos valores de produção pode-se verificar que estes são bastante semelhantes, quer em termos de peso da garrafa, número de secções e velocidade de corte. Consequentemente não existe razão para a enorme diferença de pressão pedida ao ventilador antes da mudança, que consequentemente levou a um acréscimo da sua velocidade e potência consumida. Eventualmente algum ajuste que fosse necessário, passaria apenas pelo ajuste do *timing* de arrefecimento, ou da velocidade que seria realizada de forma automática pelo VEV.

Através destes exemplos, pretende-se demonstrar que existe potencial de racionalização dos consumos na operação dos ventiladores. Embora este seja difícil de quantificar de momento, esta melhoria passa pela determinação da melhor conjugação entre a maximização do *timing* de arrefecimento e diminuição da pressão exigida, quando

^[31] mmCA: milímetros de coluna de água.

das mudanças de obra, de forma a garantir a qualidade do produto e simultaneamente a eficiência energética.

Para além disso deve-se também proceder à implementação e utilização do sistema de regulação da pressão em função da temperatura, não só no forno 4 como no forno 5, pois como é visível na situação exposta, esta contribui para a otimização do funcionamento e eficiência energética dos ventiladores. Para assegurar a correta implementação desta medida é crucial a formação e envolvimento dos colaboradores, pois sem o seu envolvimento esta medida não conseguirá traduzir o seu potencial real.

6.5. Otimização do consumo elétrico na produção das garrafas

Apesar da existência de diversos analisadores de energia espalhados pelos principais equipamentos ou zonas consumidoras de energia elétrica, ainda há muitas situações nas quais se desconhece o consumo particular, nomeadamente associado às diferentes linhas na zona quente, fria, paletizadores, ventiladores do forno, composição, arcas, entre outros. Nesse sentido, adotou-se uma medida de medição mensal do respetivo consumo destes equipamentos.

A monitorização dos consumos associados a cada linha e zona (quente ou fria), realizou-se com a intenção de avaliar a variação dos consumos em função das obras em produção nesse momento, ao longo da cadeia de equipamentos que contém a linha de produção.

Neste caso consideraram-se os consumos elétricos na zona quente relativos à linha, ventiladores e arcas. Na zona fria teve-se em conta o consumo da linha e paletizadores.

Para além disso o objetivo deste controlo passa também por determinar os consumos específicos por linha (kWh/Tvf), de forma a determinar a sua eficiência e a permitir a comparação entre linhas.

No futuro a intenção passa por conhecer o consumo de energia necessário para produzir uma determinada garrafa, escolhendo assim a linha mais eficiente para o modelo pretendido de entre as fábricas do grupo.

Seguidamente apresentam-se os consumos específicos (kWh/Tvf) obtidos para as diferentes linhas, na medição realizada no mês de abril (Tabela 31).

Tabela 31: Consumos específicos (kWh/Tvf) referentes às linhas de produção, para o mês de abril.

Linhas	4.0	4.1	4.2	4.3	5.1	5.2	5.3	5.4
ZQ	1,94	1,19	1,41	1,41	1,65	1,93	2,24	1,91
ZF	0,16	0,24	0,17	0,12	0,11	0,11	0,31	0,14
Total	2,1	1,43	1,58	1,53	1,76	2,04	2,54	2,05

Como se pode verificar, a maioria do consumo provém da produção da garrafa relativa à zona quente, o que é natural já que é nessa zona que se encontram os equipamentos que consomem mais energia, ou seja, arcas e ventiladores.

Este é ainda um projeto muito recente, necessitando de um grande período de recolha de dados antes que possa ser efetivamente implementado em grande escala. No entanto a longo prazo este contribuirá para uma produção mais eficiente energeticamente.

6.6. Outras medidas de otimização

Para além das situações verificadas na organização previamente descritas, recorreu-se a um estudo realizado sobre a indústria vidreira de embalagem (Worrell, Galitsky, Masanet, & Graus, 2008), apresentando-se um conjunto de medidas mais genéricas aplicáveis a diferentes setores, fontes de energia e equipamentos da instalação com o objetivo de promover e contribuir para a sua eficiência energética.

Por último, realiza-se uma breve análise ao acompanhamento da evolução tecnológica e consumo das diversas formas de energia dentro da instalação.

6.6.1. Fugas de ar relativas ao ar comprimido

A forma de energia mais dispendiosa existente numa instalação industrial é o ar comprimido, tendo em conta a sua reduzida eficiência. Normalmente a eficiência do ar gerado até ao seu uso final é de aproximadamente 10%.

Uma das principais formas de desperdício de ar comprimido deve-se à existência de fugas de ar na instalação, nomeadamente acoplamentos, mangueiras, tubos, conexões, reguladores de pressão, armadilhas de condensados abertas, válvulas de corte, juntas dos tubos e vedantes.

Por exemplo um compressor a operar 2500 horas por ano, a uma pressão de 6 bar e com uma fuga com um diâmetro de 0,5 mm, conduz a uma perda estimada de 250 kWh anualmente; uma fuga de 1 mm equivalerá a uma perda de 1 100 kWh por ano; uma fuga de 2 mm a uma perda de 4 500 kWh por ano e uma fuga de 4 mm a uma perda de 11 500 kWh (Worrell, Galitsky, Masanet, & Graus, 2008).

No que respeita aos custos, estes são apresentados em seguida, caso estas situações se aplicassem à organização (Tabela 32), embora devido ao baixo número de horas de funcionamento deste exemplo, este exercício não seja replicável.

Tabela 32: Custo anual associado às fugas estimadas para 6 bar.

Diâmetro da fuga (mm)	Energia perdida por ano (kWh)	Custo (€)
0,5	250	17,8
1	1 100	78,4
2	4 500	320,8
4	11 500	819,9

De forma a combater este problema a organização adquiriu uma pistola de ultrassons para deteção de fugas de ar, elaborando-se um plano de inspeção das diferentes zonas da instalação.

Para além deste plano a organização deve igualmente realizar uma inspeção e monitorização contínua de forma a assegurar:

- a adequação dos filtros, já que filtros bloqueados conduzem a uma queda de pressão e perda de energia (2 %);
- a lubrificação e limpeza dos motores dos compressores, reduzindo assim a corrosão e degradação destes equipamentos;
- a qualidade da água do sistema de refrigeração do mesmo (pH e sólidos totais dissolvidos), temperatura e caudal;
- que as purgas não se encontram entupidas, ou a operar sempre abertas ou fechadas;
- uso do ar comprimido à menor pressão possível;
- a inexistência de aplicações que utilizem pressões excessivas. Para situações que exigem pressões máximas do sistema devem-se utilizar reguladores de pressão no próprio equipamento;

- evitar quedas de pressão muito elevadas, que levam a uma diminuição da eficiência e maior consumo, já que qualquer restrição no sistema origina pressões superiores ao necessário. Habitualmente as maiores quedas de pressão situam-se em tubos, válvulas, fugas de ar, etc.

Outra medida passa pela substituição do uso de ar comprimido por outras fontes alternativas, nomeadamente para arrefecimento, limpeza ou remoção de detritos, optando por exemplo por bombas de vácuo, entre outros.

A temperatura do ar de entrada também influencia o consumo dos compressores, sendo que em média uma redução de 3°C traduz-se numa redução de 1 % no consumo. Assim a modificação da disposição atual da admissão de ar de forma a adquirir ar mais fresco poderá ser uma vantagem para a organização.

Naturalmente uma das potenciais poupanças mais significativas pode advir da instalação de VEV e do uso de motores de alta eficiência.

Por fim a instalação de um sistema de controlo que efetue o ajuste do funcionamento dos compressores em função das necessidades de ar comprimido da instalação, representa também uma oportunidade de racionalização do consumo de energia (Worrell, Galitsky, Masanet, & Graus, 2008) , como aliás se pretendeu ilustrar na seção 6.1.

6.6.2. Motores e Variadores eletrónicos de velocidade

Numa indústria grande parte do consumo elétrico está associado ao funcionamento de motores, bombas, ventiladores, compressores, logo o correto dimensionamento e operação destes equipamentos deve ser assegurado.

Para além de avaliar a adequação do motor às necessidades do equipamento, deve ser tida também em linha de conta a troca deste por um motor de alta eficiência, nomeadamente aquando a necessidade da sua bobinagem, reparação ou justificando-se também pelo número de horas de operação.

No que respeita aos variadores eletrónicos de velocidade e à potencial poupança que poderá estar associada à sua utilização, apresentam-se algumas das aplicações na empresa onde os mesmos podem ser introduzidos:

- bombas de arrefecimento da água ou bombas de água;
- caudal das torres de refrigeração;
- ventiladores do ar de combustão e arrefecimento do forno, já que estes operam de forma contínua à plena carga não ajustando o seu funcionamento em função das necessidades de ar do forno, caso exista;
- ventiladores de garganta;
- composição, entre outros.

Como possível medida de melhoria pode-se equacionar a substituição das bombas de água por bombas de menor caudal, mais eficientes e com VEV (Worrell, Galitsky, Masanet, & Graus, 2008).

6.6.3. Desequilíbrio de tensão

Outra medida passa por verificar o desequilíbrio de tensão existente entre fases nos diferentes motores que conduz a uma distorção de corrente, levando a uma aumento da vibração e desgaste mecânico do motor, a perdas e a aquecimento do mesmo. Consequentemente estes fatores não só reduzem a eficiência do motor como podem encurtar a sua vida útil.

Para um motor de 75 kW a operar 8 000 horas por ano, a diminuição da distorção da tensão de 2,5 % para 1 % pode resultar em poupanças de 9 500 kWh por ano (ou 677,35 € caso se verificasse nesta organização).

De forma a combater este problema pode-se recorrer a uma inspeção termográfica dos motores ou a um analisador de energia com esta opção, permitindo a identificação destes desequilíbrios (Worrell, Galitsky, Masanet, & Graus, 2008).

6.6.4. Composição

A produção do vidro começa pela pesagem e mistura de todas as matérias-primas para criar a composição usada no forno.

Os diferentes métodos de transporte utilizados são o transporte pneumático ou correia, sendo este último o mais eficiente energeticamente. A melhoria da eficiência

energética destes sistemas passa pelo redimensionamento dos motores, instalação de VEV, correias mais eficientes e um novo *design* do sistema de transporte.

Muitas vezes os motores associados encontram-se sobredimensionados, operando muito tempo a baixa carga levando a perdas de energia. Assim deve-se avaliar a hipótese de instalar motores de menores dimensões e mais eficientes, reduzindo os períodos de pico para que estes consigam dar resposta.

Outra hipótese passa pela utilização de VEV em motores sobredimensionados, que procede ao ajuste da velocidade de operação necessária em função da carga a transportar. Ao diminuir-se a velocidade da correia com o VEV, reduz-se a quantidade de material transportada bem como a energia consumida, comparativamente à operação de carga parcial (Worrell, Galitsky, Masanet, & Graus, 2008).

6.6.5. Outras medidas

Por último apresentam-se algumas medidas referentes às diferentes fases do processo produtivo:

- no que se refere à estrutura do forno esta deve ser bem selada, bem como os próprios queimadores, de forma a evitar a entrada do ar ambiente, contribuindo para a eficiência energética (uma redução de 5 % de excesso de ar reduz o consumo energético entre 2 – 3 %).
- as fugas de ar frio para as arcas devem ser reduzidas ao mínimo possível, através do uso de cortinas isolantes.
- nas arcas de recozimento devem-se utilizar matérias de baixa condutividade térmica, nomeadamente nas suas paredes e tapete reduzindo assim as perdas de calor (Worrell, Galitsky, Masanet, & Graus, 2008).

Este conjunto de propostas corresponde aquelas que apresentam maior potencial de poupança quer energético, quer monetário, no entanto existem naturalmente muitas outras que podem vir a ser exploradas, já que este deve ser um processo de procura e melhoria contínua.

6.6.6. Acompanhamento da evolução dos consumos energéticos e tecnologia

Neste momento na organização a gestão dos consumos energéticos é realizada através da leitura mensal dos contadores de gás, água e energia elétrica. Com base nestes consumos determinam-se os consumos específicos (kWh/Tvf), pelo menos ao nível da energia elétrica, de forma a avaliar a sua evolução ao longo dos meses, propondo-se igualmente ações que sejam necessárias tomar sobre certos setores.

O acompanhamento tecnológico é também efetuado pela organização, procedendo-se à formação dos colaboradores aquando a aquisição de novos equipamentos, utilização de *software* de gestão, definição e acompanhamento de planos de manutenção e consciencialização sobre impactos de diferentes regimes de funcionamento. No entanto, muitas vezes o que ocorre é uma resistência dos colaboradores à mudança, sendo essa a grande dificuldade quer o uso de nova tecnologia, quer na alteração da forma de trabalho e operação associada à sua função.

Por isso mesmo deve-se explicar e demonstrar de forma clara o funcionamento e vantagens obtidas através das medidas que estejam a ser implementadas, envolvendo os colaboradores nas mesmas, assegurando a sua efetiva colocação em prática. Esta colaboração passa por ouvir as sugestões dos colaboradores, nomeadamente através de existência de caixas de sugestões, reuniões com os responsáveis, ações de sensibilização, entre outros. Importa também sublinhar a necessidade de fornecimento de *feedback* aos trabalhadores por parte da direção.

6.7. Oportunidade de racionalização de encargos

Com base nos dados obtidos no SGE, elaborou-se o diagrama de carga apresentado (Figura 44), representando um período temporal de uma semana com início num domingo, sendo cada medição efetuada do lado MT com uma resolução horária.

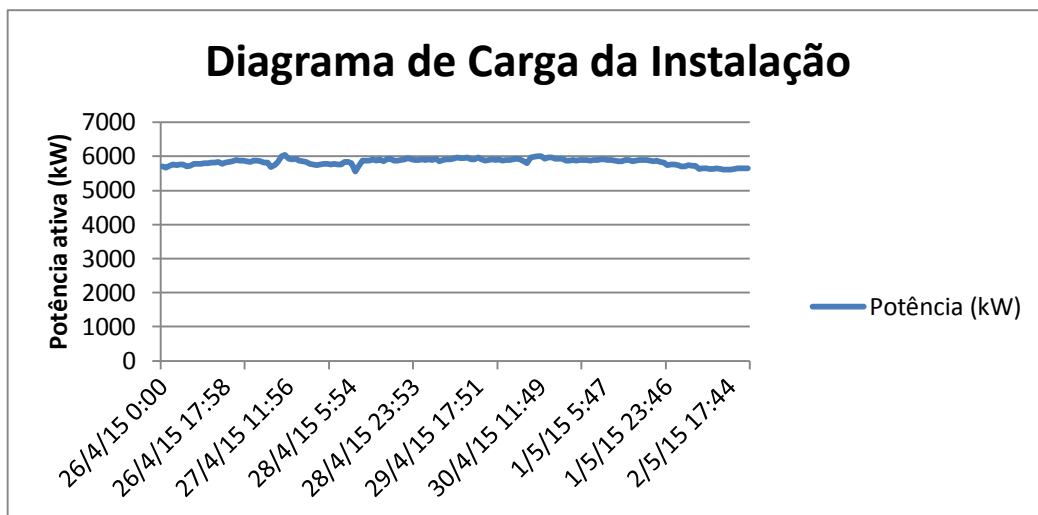


Figura 44: Diagrama de carga semanal (domingo a sábado).

Analisando o diagrama de carga acima representado é possível observar que este é bastante plano, o que seria de esperar tendo em conta que a instalação opera em regime de laboração contínua. Como se pode constatar, não se verificam as paragens ao fim do dia ou ao fim de semana como ocorre nas empresas que laboram apenas no período diurno.

No que respeita à análise da potência consumida, o valor máximo observado situa-se próximo dos 6 000 kW, logo a potência contratada é adequada já que se encontra nos 6 100 kW.

6.7.1. Análise das opções tarifárias relativas a ciclo de contagem

Com base nos consumos de energia de uma semana típica, procedeu-se à comparação e determinação do ciclo de contagem mais vantajoso para a empresa, isto é, a comparação entre ciclo semanal normal e ciclo semanal opcional. Atualmente a empresa encontra-se a utilizar o ciclo semanal normal.

De seguida são apresentados os custos obtidos para as duas opções no período de inverno (Tabela 33 e Tabela 34), considerando-se nos cálculos a tarifa transitória para alta tensão referente ao ano de 2015 ^[32]. Por último expõem-se as poupanças estimadas, alterando o ciclo (Tabela 35).

^[32] Valores obtidos através da Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos.

Tabela 33: Encargos semanais obtidos para o ciclo semanal normal (inverno).

Encargos com Energia ativa por períodos horários	Energia Consumida (kWh)	Unidades	Custo (€/kWh)	Total (€)
Horas de Ponta	147 360	kWh	0,1177	17 344
Horas Cheias	392 420	kWh	0,0949	37 241
Horas de Vazio Normal	277 750	kWh	0,0722	20 054
Horas de Super Vazio	163 360	kWh	0,0607	9 916
Encargos com Potência	Potência (kW)	Unidades	Custo (€/kW dia)	Total (€)
Potência em horas de ponta	5 894	kW	0,2009	8 288
Total de encargos semanais:				92 843

Tabela 34: Encargos semanais verificados para o ciclo semanal opcional (inverno).

Encargos com Energia ativa por períodos horários	Energia Consumida (kWh)	Unidades	Custo (€/kWh)	Total (€)
Horas de Ponta	117 340	kWh	0,1177	13 811
Horas Cheias	422 930	kWh	0,0949	40 136
Horas de Vazio Normal	277 280	kWh	0,0722	20 020
Horas de Super Vazio	163 340	kWh	0,0607	9 915
Encargos com Potência	Potência (kW)	Unidades	Custo (€/kW dia)	Total (€)
Potência em horas de ponta	5 867	kW	0,2009	8 250
Total de encargos semanais:				92 131

Tabela 35: Poupanças obtidas utilizando o ciclo semanal opcional (inverno).

Poupança obtida (€)	
Semanal	711,6
Mensal	2 846,5
Período de inverno	14 232,6

Como se pode verificar pelos resultados obtidos, o ciclo semanal opcional é mais vantajoso para a organização, pelo menos no que toca ao período de inverno. Isto deve-se ao facto de o ciclo opcional considerar horas de ponta apenas ao fim do dia (a partir das 17h) e, tendo em conta que o horário de trabalho referente ao turno de dia terminar entre as 16h30m e as 17h, conduzindo assim a menores custos associados à energia consumida em horas de ponta, bem como encargos relativos à potência em horas de ponta (paragem das máquinas nas oficinas, iluminação, etc.). Deste modo, o ciclo semanal opcional é o tarifário que deve ser adotado, pelo menos no período de inverno.

Seguidamente expõem-se os custos obtidos para as duas opções no período de verão (Tabela 36 e Tabela 37), considerando-se como em vigor a tarifa para alta tensão de 2015. Para além disso apresentam-se as poupanças estimadas, modificando o ciclo (Tabela 38).

Tabela 36: Encargos semanais obtidos para o ciclo semanal normal (verão).

Encargos com Energia ativa por períodos horários	Energia Consumida (kWh)	Unidades	Custo (€/kWh)	Total (€)
Horas de Ponta	88 860	kWh	0,1167	10 370
Horas Cheias	450 940	kWh	0,0973	43 876
Horas de Vazio Normal	277 730	kWh	0,0742	20 608
Horas de Super Vazio	163 360	kWh	0,068	11 108
Encargos com Potência	Potência (kW)	Unidades	Custo (€/kW dia)	Total (€)
Potência em horas de ponta	5 924	kW	0,2009	8 330
Total de encargos semanais:				94 292

Tabela 37: Encargos semanais verificados para o ciclo semanal opcional (verão).

Encargos com Energia ativa por períodos horários	Energia Consumida (kWh)	Unidades	Custo (€/kWh)	Total (€)
Horas de Ponta	88 730	kWh	0,1167	10 355
Horas Cheias	451 580	kWh	0,0973	43 939
Horas de Vazio Normal	277 250	kWh	0,0742	20 572
Horas de Super Vazio	163 330	kWh	0,068	11 106
Encargos com Potência	Potência (kW)	Unidades	Custo (€/kW dia)	Total (€)
Potência em horas de ponta	5 915	kW	0,2009	8 318
Total de encargos semanais:				94 289

Tabela 38: Poupanças obtidas utilizando o ciclo semanal opcional (verão).

Poupança obtida (€)	
Semanal	2,74
Mensal	10,9
Período de verão	76,7

Como se pode verificar pelos resultados obtidos, a diferença entre as duas opções é muito reduzida, no entanto o ciclo semanal opcional é mais vantajoso para a organização. Isto verifica-se pois na semana considerada o consumo de energia em horas de ponta é superior para o horário do ciclo semanal opcional, levando a que também a potência em horas de ponta seja maior, garantindo assim menores custos associados à energia para o

ciclo semanal opcional. Assim o ciclo semanal opcional é o tarifário que deve ser adotado também para o período de verão.

Como se pode constatar, mesmo não implementando nenhuma das medidas de racionalização de consumos propostas, e apenas com uma simples alteração para ciclo semanal opcional no período de inverno, conseguem-se obter poupanças interessantes (ERSE, Aplicação dos ciclos de contagem das tarifas de acesso em MAT, AT e MT, em Portugal, 2011).

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

7. Determinação dos parâmetros que influenciam o consumo de ar

Neste capítulo abordam-se as diversas relações verificadas entre os diferentes parâmetros medidos diariamente ao longo dos meses que antecederam a escrita deste documento, nomeadamente o peso das garrafas, velocidade de corte da máquina, caudal de ar consumido, número de secções, potência, etc.

Estes parâmetros influenciam diretamente o funcionamento de certos equipamentos, designadamente ventiladores, compressores ou outros pertencentes às linhas de produção quer na zona quente, quer na zona fria.

Muitos dos dados recolhidos foram obtidos no I.Plant, um programa que permite visualizar os valores instantâneos da instalação, quer de potências consumidas pelos equipamentos, peso e modelos das garrafas, número de secções, velocidade de corte, gás natural consumido, entre outros. No entanto este apenas possibilita a visualização dos dados de forma limitada, daí a necessidade e aposta da organização no SGE.

Análise da linha 4.3

Tendo em conta que esta é a única linha com um caudalímetro que mede todo o ar comprimido de 3 bar consumido pela mesma, tentou-se determinar quais as variáveis mais influentes na variação do consumo de ar.

Com base nas medições diárias efetuadas, elaboraram-se figuras que mostram a variabilidade entre as diferentes obras (Figura 45) ^[33], bem como as alterações que ocorrem nos parâmetros durante a obra (Figura 46).

^[33] Na figura um dos parâmetros apresentados reporta a *Cavity Rate*, que representa a relação entre a velocidade da máquina e o número de secções.

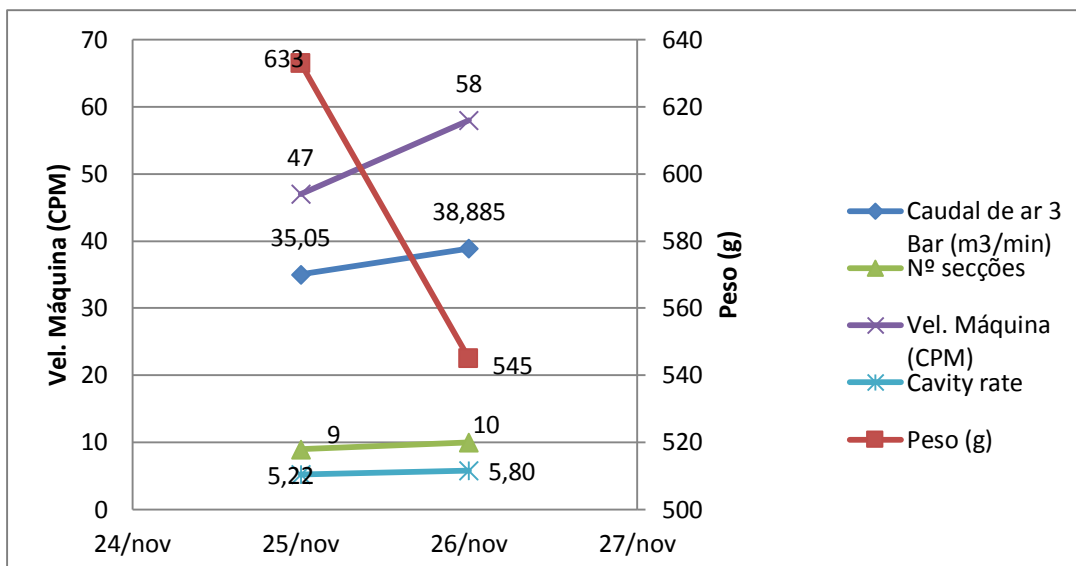


Figura 45: Alteração dos parâmetros de entrada entre duas obras (a 26 de novembro de 2014).

Para este caso verificou-se uma diminuição de peso (cerca de 90g) e acréscimo de velocidade (11 CPM), bem como de uma secção. O caudal de ar comprimido também aumenta (3,8 m³/min).

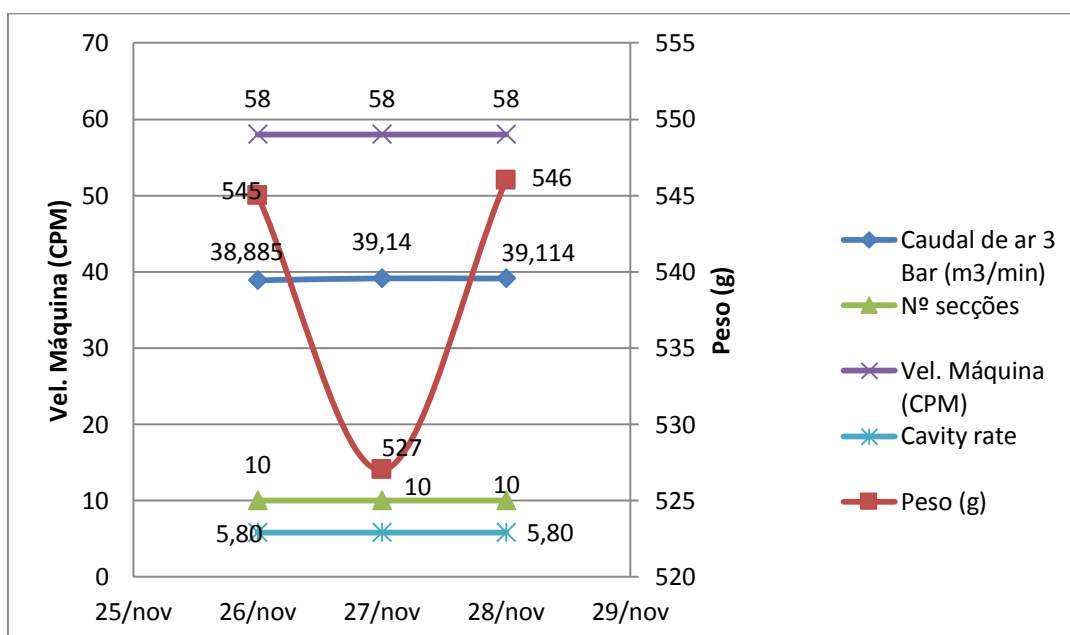


Figura 46: Mudanças verificadas ao longo da obra (entre 25 e 29 de novembro), para os valores parametrizados.

No que respeita a alterações verificadas durante a produção da garrafa, as principais diferenças que se verificaram foi a alteração de peso, não tendo esta praticamente influência alguma no consumo de ar comprimido.

- velocidade de corte, quer para caudal de ar - peso da garrafa, a reta de regressão linear obtida apresenta um coeficiente de correlação muito baixo.

Por fim, no que se refere à variação do número de secções, conseguiu-se determinar que em média uma secção parada diminui o consumo de ar comprimido em cerca de 2 m³/min. Este valor foi determinado após a observação de diversas paragens de secções e consequente queda do valor de ar comprimido consumido, como mostra a Figura 51.

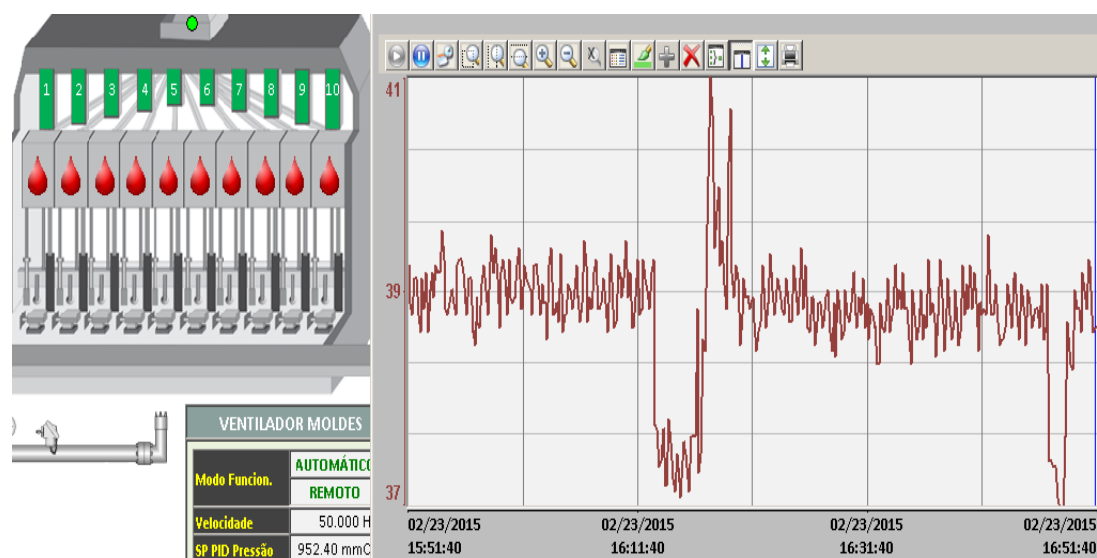


Figura 51: Diminuição do consumo de ar comprimido, devido à redução de uma secção.

7.1. Estimativa do consumo de ar para todas as linhas

Tal como referido anteriormente, a linha 4.3 é a única que contém um caudalímetro a monitorizar o consumo de ar da linha, como tal, de forma a analisar o consumo da instalação, foi considerado o consumo total de todas as linhas em conjunto. Esta análise tinha como objetivo tentar determinar intervalos de velocidades de corte, número de secções ou peso das garrafas que incluíssem um certo consumo de ar.

Anteriormente os dados foram recolhidos diariamente, sendo o consumo total de ar consumido estimado em função da percentagem de carga dos compressores, já que os caudalímetros se encontravam inoperacionais.

Com base nestes registos determinaram-se os valores médios obtidos mensalmente para os parâmetros monitorizados (Tabela 39).

Tabela 39: Dados médios determinados mensalmente, para os indicadores definidos.

	Peso das garrafas (g)	Nº secções	Vel. Máquina (CPM)	Toneladas de vidro fundido	Caudal de ar (rede de 3 bar) (m ³ /min)
Média Nov.	2 370	80	739	519	392
Média Dez.	2 517	78	652	523	354
Média Jan.	2 659	79	670	525	358
Média Fev.	2 386	80	740	522	384
Média Mar.	2 397	81	715	530	390

Tal como verificado na linha 4.3, também para o somatório das linhas se regista um menor consumo de ar para um menor número de secções e velocidade de corte, bem como para maiores pesos das garrafas.

Estimativa do consumo de ar

A recolha efetuada tinha também como objetivo conseguir estimar o consumo de ar em função da velocidade, número de secções e peso das garrafas.

Deste modo, após a análise dos dados verificou-se que a melhor forma de tratar os mesmos seria definindo intervalos de 100 g no peso das garrafas, determinando-se os valores médios de velocidade de corte, número de secções, toneladas de vidro fundido e caudal de ar consumido para cada gama.

Em certos intervalos de peso, filtrou-se ainda o número de secções e por vezes definiram-se igualmente intervalos de velocidade, já que na campanha de produção de vidro escuro que decorreu houve uma elevada variação dos valores.

Na Tabela 40 apresentam-se os resultados obtidos para cada gama de peso considerada.

Tabela 40: Valores médios obtidos, filtrando-se por gama de peso bem como por número de secções.

	Peso das garrafas (g)	Nº secções	Vel. Máquina (CPM)	Toneladas de vidro fundido	Caudal de ar (rede de 3 bar) (m ³ /min)
	2 189	81	786	506	378
2 100-2 200	2 176	82	750	526	383
	2 128	84	791	520	394

Como se pode analisar neste exemplo, um peso menor e maior número de secções conduziu a um consumo de ar superior. Naturalmente o peso não deverá ter grande influência tendo em conta a proximidade dos valores.

No que respeita à velocidade de corte, como para este caso a relação existente não é linear, não se pode retirar nenhuma conclusão.

Apesar das conclusões retiradas este é um trabalho que deve continuar a ser realizado, pois com o aumento da quantidade de dados recolhidos também a amostra será cada vez maior e robusta, obtendo-se uma representação crescente para todas as variáveis, face às variações sofridas pela organização ao longo do ano.

Para além disso a instalação de caudalímetros permitirá monitorizar o consumo de ar efetivo consumido na instalação, bem como os consumos existentes individualizados não pertencentes às linhas, contribuindo para a aproximação dos resultados obtidos à realidade.

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

8. Conclusão

No que respeita à elaboração do relatório base, efetuou-se a recolha e tratamento dos dados para todos os produtos químicos e substâncias perigosas utilizadas, produzidas ou libertadas pela instalação. No momento de finalização do estágio a documentação tinha já sido entregue, não se sabendo ainda a decisão sobre a isenção ou não da organização da elaboração do relatório base.

Um dos principais objetivos passou pela implementação e depuração do programa SGE, tendo esta sido realizada com sucesso, nomeadamente ao nível dos contadores de energia elétrica, onde a rede existente permite monitorizar com sucesso a maioria dos consumos.

No que se refere aos contadores de gás natural e águas, estes ainda se encontram longe do nível pretendido, não só devido à falta de contadores que permitam realizar a monitorização dos consumos, mas também devido à falta de ferramentas que permitam adicionar novos contadores ao SGE, sempre que se pretenda.

A aquisição do *SGE Web*, permitiu ultrapassar outras das limitações existentes no SGE, nomeadamente na facilidade de acesso ao mesmo, através da utilização de um *browser* tradicional. Outra grande vantagem do *SGE Web* prende-se com a facilidade de utilização, não necessitando de um grande conhecimento do programa como no SGE.

No entanto como o *SGE Web* vai obter os dados ao SGE, mantém-se a inexistência de um instrumento que permita a inclusão de novos contadores. Esta é uma das principais sugestões de melhoria identificadas, sendo absolutamente necessária para que se consiga continuar a complementar e a melhorar esta ferramenta.

Embora estes programas contribuam para a monitorização e análise dos consumos e custos energéticos associados a uma atividade, é necessário que haja sempre por parte dos colaboradores um bom envolvimento de forma a aproveitar o seu potencial.

Outro dos objetivos fundamentais deste trabalho passava pela identificação de oportunidades de racionalização de consumos, nas diversas formas de energia. No que respeita ao ar comprimido de baixa pressão verificou-se na campanha de produção de vidro escuro, que os modelos produzidos são mais pesados, diminuindo a velocidade e número de secções em funcionamento das máquinas IS. Consequentemente verifica-se uma diminuição do consumo de ar, observando-se que é mais eficiente alterar o compressor que

se encontra a realizar a modulação do consumo de ar (C700/2 pelo ZA250). Esta mudança conduz a uma poupança de cerca de 4 950 € por campanha, tendo esta a duração habitual de um mês.

No que se refere ao consumo de energia reativa, procedeu-se ao dimensionamento de baterias de condensadores para dois compressores de geração de ar comprimido de baixa pressão (C100 e C700/2), tendo em conta que estas se encontram em fim de vida. A sua substituição permite à organização abater a fatura de energia elétrica, referente à parcela de energia reativa consumida. O *payback* associado a este investimento é de 16 meses.

Nas arcas de recozimento, identificou-se a inexistência de acerto das curvas de recozimento aos diferentes modelos produzidos nas arcas, nomeadamente em função das suas características. Embora não seja garantida a diminuição do consumo de gás natural para todos os modelos, naturalmente o ajuste da curva a cada modelo assegura a qualidade pretendida e o respetivo menor consumo possível. Na única curva implementada ao longo do período de estágio, conseguiu-se uma redução do consumo de 28 kWh. Caso esta diferença se verifique ao longo do ano, conduz a uma poupança anual de cerca de 8 500 €, o que demonstra o elevado potencial associado a esta medida.

No que respeita à iluminação, através do dimensionamento elaborado para os diferentes espaços (pavilhões, zona fria, canais), conseguiu-se alcançar uma redução de consumo total na ordem dos 115 700 kWh por ano, o que se traduz numa poupança anual de 8 250 €. Para além disso a substituição da iluminação existente por LED, permitiu igualmente melhorar as condições de trabalho existentes, sendo este um ponto muito importante.

Outra medida passou pela instalação de sensores de movimento em locais pouco utilizados, como o refeitório ou casas de banho. Com esta medida estimou-se uma redução do consumo de cerca de 50 %, o que se traduz numa poupança de aproximadamente 800 € por ano.

O funcionamento dos ventiladores encontra-se em muitos dos casos sobredimensionado, não se observando a preocupação de encontrar o ponto ótimo de operação dos mesmos. Assim há que envolver e formar os colaboradores, de forma a encontrar a melhor opção entre a maximização do *timing* de arrefecimento e redução da pressão imposta, aquando das mudanças de obra, garantindo a qualidade do produto e eficiência energética.

No entanto, caso nenhuma destas medidas seja implementada, analisando apenas os encargos associados à fatura de energia elétrica, estima-se que a alteração do ciclo semanal normal para o ciclo semanal opcional permite à empresa obter uma poupança na ordem dos 14 000 € por ano, graças em grande parte ao período de inverno. Esta estimativa pressupõe que o diagrama de carga semanal serve de referência para todo o ano e tem como base a tarifa transitória de Alta Tensão para o ano de 2015.

No que respeita aos fatores que influenciam o consumo de ar comprimido, concluiu-se que o peso das garrafas tem uma relação inversa com o consumo de ar, ou seja, uma diminuição do peso conduz a um aumento no consumo de ar. Já uma diminuição do número de secções tem uma repercussão direta na diminuição do consumo de ar comprimido.

No entanto, analisando o peso de cada fator no consumo, apenas para as secções se conseguiu determinar que a paragem de uma secção equivale a uma diminuição do consumo de ar na ordem dos 2 m³/min.

Existem ainda outras áreas, processos ou equipamentos que poderão ser alvo de ações de melhoria, como as fugas de ar relativas ao ar comprimido, dimensionamento de motores e utilização de VEV, desequilíbrio de tensão, pesagem dos tratamentos de superfície, entre outros.

Em todas as medidas é imprescindível o envolvimento e formação dos colaboradores, pois sem o seu compromisso determinadas propostas desenvolvidas numa organização podem não se conseguir concretizar. Em ações desta natureza é essencial a participação efetiva de todos os colaboradores, bem como uma política de avaliação contínua dos resultados alcançados, de identificação de causas para desvios sentidos face ao projetado e de se encontrarem mais medidas de eficiência energética.

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

Bibliografia

BP. (14 de fevereiro de 2007). *BP*. Obtido em 20 de abril de 2015, de BP: http://www.bp.com/content/dam/bp-country/pt_pt/produtos-servicos/fichasseguranca/pdf/Ficha_Seguranca_Gasoleo.pdf

CAIADO. (25 de julho de 2015). EFICSEVEN. *Tabela de preços N° 01/2015*. Leiria.

Despacho n° 17313/2008. Poderes Caloríficos Inferiores e Fatores de Emissão para Combustíveis. (27 de junho de 2008). *Direção-Geral de Energia e Geologia*, pp. 27912-27913.

ERSE. (15 de junho de 2011). *Aplicação dos ciclos de contagem das tarifas de acesso em MAT, AT e MT, em Portugal*. Obtido em 28 de maio de 2015, de ERSE - Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos: <http://www.erse.pt/pt/legislacao/Legislacao/Attachments/1625/Parecer%20Interpretativo%20ERSE%201-2012%20%28Aplica%C3%A7%C3%A3o%20dos%20ciclos%20hor%C3%A1rios-jun2012%29.pdf>

ERSE. (15 de dezembro de 2014). *Tarifas reguladas em 2015*. Obtido em 2015 de maio de 20, de ERSE - Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos: <http://www.erse.pt/pt/electricidade/tarifaseprecos/2015/Paginas/default.aspx>

Mendes, J. M., & Rodrigues, M. F. (1999). *Ricardo Gallo Um século de Tradição e Inovação no Vidro, 1899 - 1999*. Marinha Grande: Ricardo Gallo - Vidro de Embalagem, SA.

Scalet, B. M., Garcia Muñoz, M., Sissa, A. Q., Roudier, S., & Delgado Sancho, L. (2013). *Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Manufacture of Glass*. Institute for prospective technological studies. Seville: Joint Research Centre, European Commission.

Schmitz, A., Kaminski, J., & Soria, A. (14 de outubro de 2010). Energy consumption and CO2 emissions of the European Glass Industry. *Energy Policy*, p. 14.

Sylvania. (2015). *Sylvania*. Obtido em 25 de fevereiro de Sylvania, de Sylvania: <http://www.havells-sylvania.com/product/es/products/0020546>

Worrell, E., Galitsky, C., Masanet, E., & Graus, W. (2008). *Energy Efficiency Improvement and Cost Saving Opportunities for the Glass Industry*. Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory, Energy Analysis Department. Berkeley, California: Energy Star.

Anexos

Anexo A – Análise dos consumos específicos

Neste anexo, pretende-se expor a análise realizada para os outros consumos específicos definidos pela organização, ou seja, compressores de alta pressão e outros consumos.

Na Figura A 1 pode-se verificar a variação destes consumos ao longo do período de estágio, para os compressores de alta pressão.

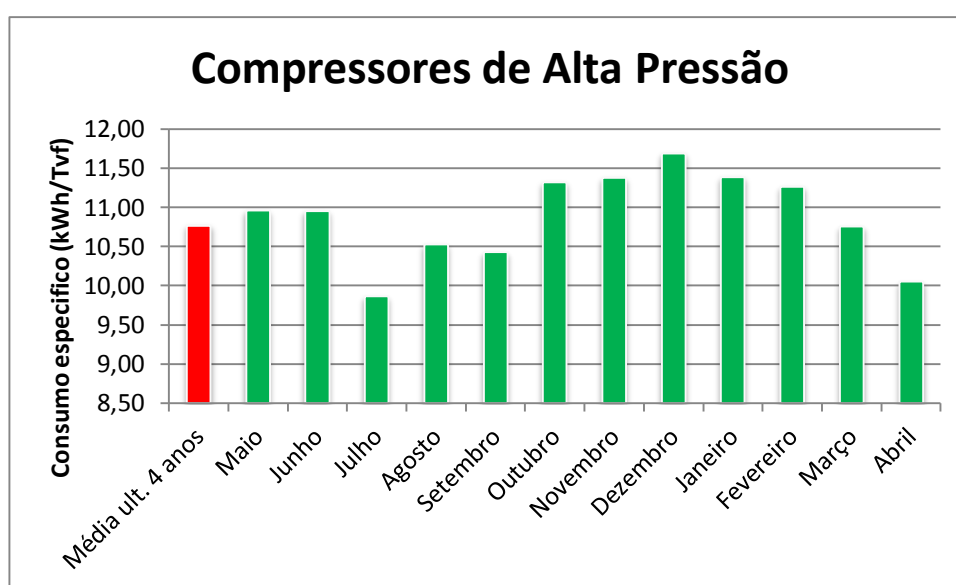


Figura A 1: Consumo específico verificado nos compressores de alta pressão ao longo do ano.

Tendo em conta que o consumo de ar de alta pressão é praticamente constante, o seu consumo específico também não varia muito.

No entanto este apresenta uma tendência descendente a partir de janeiro, devendo-se esta descida à manutenção realizada nos compressores de geração, bem como diminuição dos ciclos de operação do filtro de mangas da composição (onde o ar de 7 bar é utilizado para remoção das partículas dos filtros).

No mês de abril o compressor GA200 encontrou-se parado estando a operar um compressor que não se encontra contabilizado, daí a diminuição que se registou neste mês.

Nos outros consumos incluem-se oficinas de manutenção, escritórios, zona quente e fria, iluminação, electrofiltro, entre outros, apresentando-se abaixo a alternância desses consumos (Figura A 2).

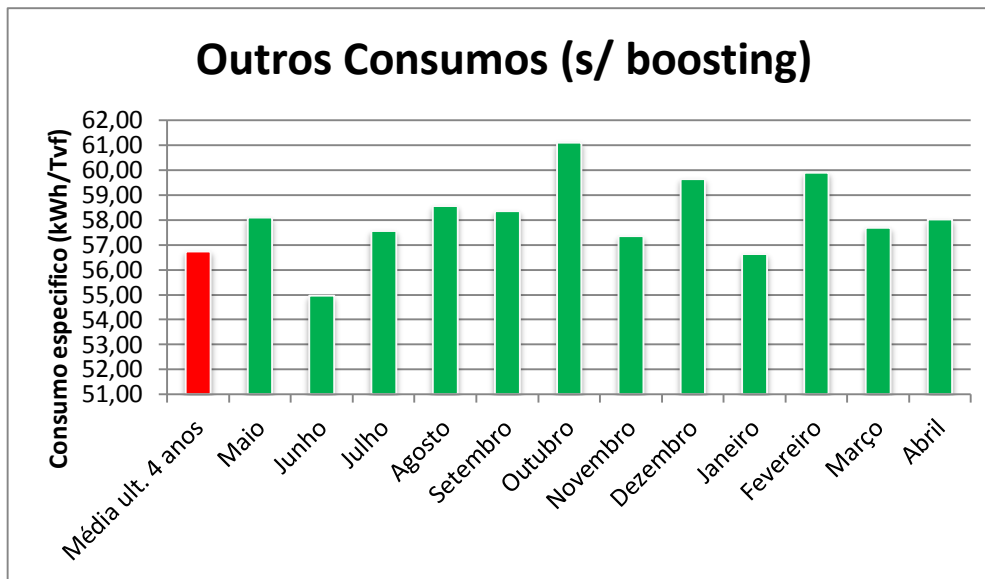


Figura A 2: Consumo específico determinado para os outros consumos durante o ano.

Para este caso a diminuição registada nos meses de março e abril, deve-se às ações realizadas na composição (limpeza e alteração dos ciclos de funcionamento do filtro de mangas), tal como no verificado no próprio electrofiltro.

Para além disso, na época quente é possível constatar que o aumento das temperaturas e duração dos dias, permitiu desligar alguma da iluminação durante mais tempo e parar a utilização do ar condicionado para aquecimento dos espaços.

Anexo B – Análise técnico-económica de soluções de iluminação para os outros locais

Este anexo tem como objetivo apresentar as soluções de iluminação desenvolvidas para os espaços ou locais pedidos pela organização, não incluindo apenas iluminação LED.

Zona de Fabricação do forno 5

A divisão de fabricação é o local onde se encontram as diferentes linhas de produção das garrafas, realizando-se o controlo contínuo do funcionamento adequado de toda a linha, bem como da qualidade da garrafa obtida.

A iluminação existente localmente tem como objetivo garantir a visualização dos movimentos da máquina, nomeadamente aquando da sua manutenção e troca de modelos. Há que ter ainda em conta a lubrificação regular da máquina realizada pelo operador para evitar que o vidro se “cole”.

Nesta situação a organização preferiu desenvolver um projeto luminotécnico recorrendo à tecnologia em uso, ou seja, projetores de iodetos metálicos para a iluminação ambiente das máquinas IS (400 W), bem como para a iluminação da boca de arca (250 W). Já no que respeita à iluminação do piso intermédio utilizaram-se armaduras para lâmpadas fluorescentes de vidro temperado (com 2 lâmpadas de 36 W), enquanto para iluminar o piso de passagem e o lado preliminar das máquinas recorreu igualmente a armaduras de vidro temperado (com 2 lâmpadas de 58 W). Por fim para iluminação da zona de passagem em volta das máquinas recorreu-se também a armaduras para lâmpadas fluorescentes (com 2 lâmpadas de 58 W).

Na Tabela B 1 pode-se observar a solução proposta.

Tabela B 1: Proposta desenvolvida para a zona de fabricação.

Modelo	Projektor	Projektor	Armaduras para lâmpadas Fluorescentes		
	250 W	400 W	T8 2x58 W	T8 2x36 W	T8 2x58 W
5-1	1	4	2	2	
5-2	1	4	2	2	
5-3	1	4	2	2	9
5-4	1	6	4	4	
Total Fab.5	4	18	10	10	

Esta foi a solução escolhida devido às altas temperaturas que se fazem sentir neste local, tornando inviável de momento a opção LED.

Para a situação do *Feeder* do forno 5 a organização optou igualmente pela realização de um projeto com base no mesmo tipo de equipamento, utilizando-se projetores de iodetos metálicos (250 W) para iluminação da camisa e luminárias fluorescente compactas com vidro temperado para iluminação ambiente, bem como do corredor de passagem (com 1 lâmpadas de 36 W) e escadarias (com 2 lâmpadas de 36 W). Na Tabela B 2 apresenta-se a proposta estudada.

Tabela B 2: Estudo realizado para o *Feeder* do F5.

	Projektor	Armaduras para lâmpadas Fluorescentes	
		T8 1x36 W	T8 2x36 W
Modelo	250 W	T8 1x36 W	T8 2x36 W
Quantidade	9	29	2

Zona Fria

Nesta zona procede-se ao controlo da qualidade e escolha das garrafas para as diversas obras, quer de forma automática (realizada pelas máquinas), quer por intervenção humana. Neste local existem dois tipos de iluminação, ambiente e local, sendo que neste projeto apenas se irá atuar sobre a ambiente.

Na Tabela B 3 expõem-se as alturas do edifício, bem como aquela a que os projetores se encontram montados, sendo que esta foi a altura considerada para as luminárias nas propostas posteriormente apresentadas.

Tabela B 3: Dimensões da Zona Fria, bem como da altura dos projetores.

Cúpula (m)	Colunas (m)	Projetores (m)
9,3	6,8	6,5

Este espaço contém um total de 50 campânulas de vapor de sódio (13*2 e 12*2), obtendo-se uma iluminância entre os 120 e 150 lux (Tabela B 4).

Tabela B 4: Solução atualmente implementada na Zona Fria.

Tipo de luminárias	Nº de unidades	Potência p/ luminária (W)	Potência Total (W)	Nível médio de iluminação (lux)
Vapor de sódio	50 ((13*2)+(12*2))	250	12 500	120 a 150

De seguida realizaram-se várias simulações no *Dialux*, para determinar as propostas mais adequadas para o local tendo em conta o espaço, a homogeneidade da iluminação na área e garantir o nível de iluminação pretendido, neste caso 200 lux ^[34]. Na Tabela B 5 apresentam-se as duas melhores alternativas obtidas.

Tabela B 5: Soluções de iluminação LED desenvolvidas para esta situação.

Solução	Tipo de luminárias	Nº de unidades	Potência p/ luminária (W)	Potência Total (W)	Nível médio de iluminação (lux)
Proposta 1	LED	34 ((4*8)+2)	150	5 100	194
Proposta 2	LED	25 ((3*8)+1)	200	5 000	196

Após otimização da disposição das luminárias calculou-se o investimento necessário, a energia consumida anualmente e respetivo custo, a poupança em relação ao sistema de iluminação existente, o *payback* e, por fim, a duração das luminárias, tendo em conta o seu tempo útil de vida e o uso anual na fábrica (6 570 horas). Desta forma tornou-se possível verificar se o investimento chegaria a ser amortizado. Os valores obtidos estão representados na Tabela B 6:

Tabela B 6: Apresentação dos dados de entrada e respetivo estudo monetário para ambas as soluções.

Solução	Investimento (€)	Energia consumida (kWh)	Custo anual (€)	Poupança anual (€)	<i>Payback</i> (anos)	Vida útil (ano)
Atual		82 125	5 855,5*			3,04
Proposta 1	10 978,8 ^[35]	33 507	2 389	3 466,4	3,2	7,6
Proposta 2	9 522,7 ^[36]	32 850	2 342,2	3 513,3	2,7	

* tarifa de energia elétrica considerada: 0,0713 €/kWh

Como se pode verificar ambas as opções são viáveis, já que o seu *payback* é inferior a 3,5 anos, sendo bem menor que a sua vida útil. Assim é possível obter-se níveis de

^[34] Todos os valores tiveram como base parâmetros definidos na empresa.

^[35] Os preços foram obtidos diretamente do fornecedor da organização.

^[36] Os preços foram obtidos diretamente do fornecedor da organização.

poupança quer na energia consumida, quer nos custos associados na ordem dos 59 %, sendo por isso muito interessante a implementação de uma das propostas apresentadas.

No entanto, no que respeita ao menor investimento e poupança energética e monetária superior, a melhor proposta é a que utiliza os projetores de LED 200 W, tendo também em conta que o tempo de vida útil será normalmente igual.

Após análise das propostas a organização preferiu a proposta com os projetores de LED 150 W, pois esta garantia uma distribuição mais uniforme para o local.

Com base nestes dados e incluindo os montantes relativos à exploração, troca das lâmpadas bem como à sua operação e manutenção, elaborou-se a respetiva análise económica, determinando-se os principais indicadores habitualmente utilizados.

A Tabela B 7 apresenta os indicadores económicos resultantes da análise económica efetuada, para a proposta 1.

Tabela B 7: Análise económica alusiva à solução desenvolvida.

VAL (€)	13 105
TIR (%)	28,5
ROI	2,2
<i>Payback</i> (anos)	3,6

Como se pode observar esta solução é claramente viável do ponto de vista económico, apresentando um VAL bastante elevado, um ROI superior a 1 e tal como referido anteriormente um *payback* reduzido. Assim recomenda-se a implementação desta solução o mais rapidamente possível.

Em seguida expõe-se a figura que apresenta a variação do fluxo monetário ao longo dos anos, sendo o valor total acumulado de 13 105 € ao fim de 7 anos e 7 meses, (que corresponde ao fim de vida útil) (Figura B 1).

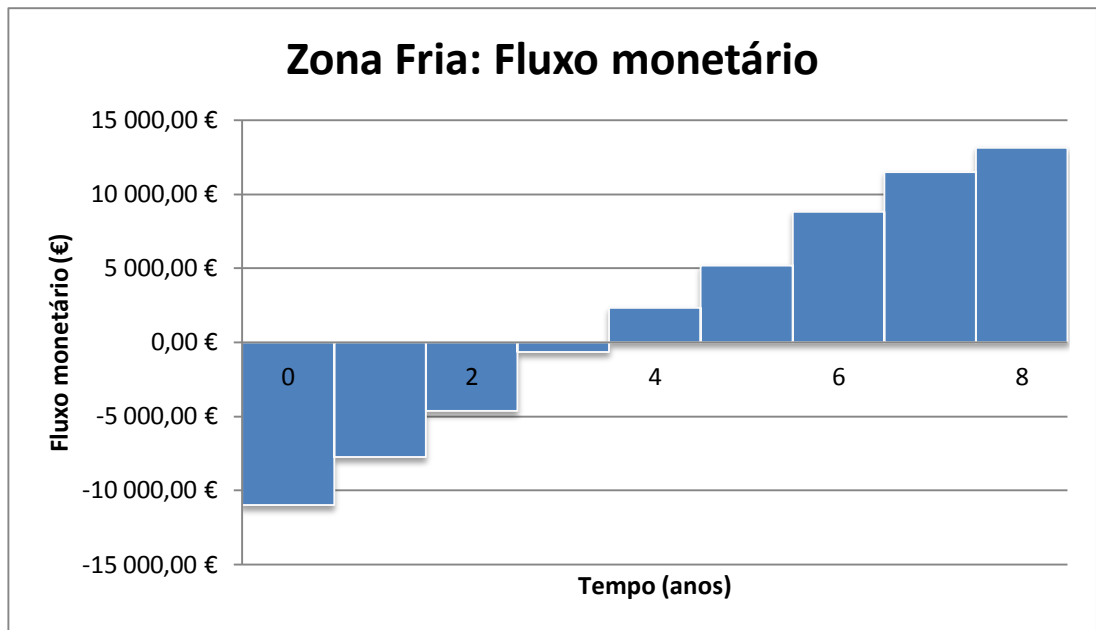


Figura B 1: Fluxo monetário respectivo à Zona Fria.

De seguida apresenta-se o mapa de iluminância produzido pelo *Dialux* para a proposta 1 (Figura B 2).

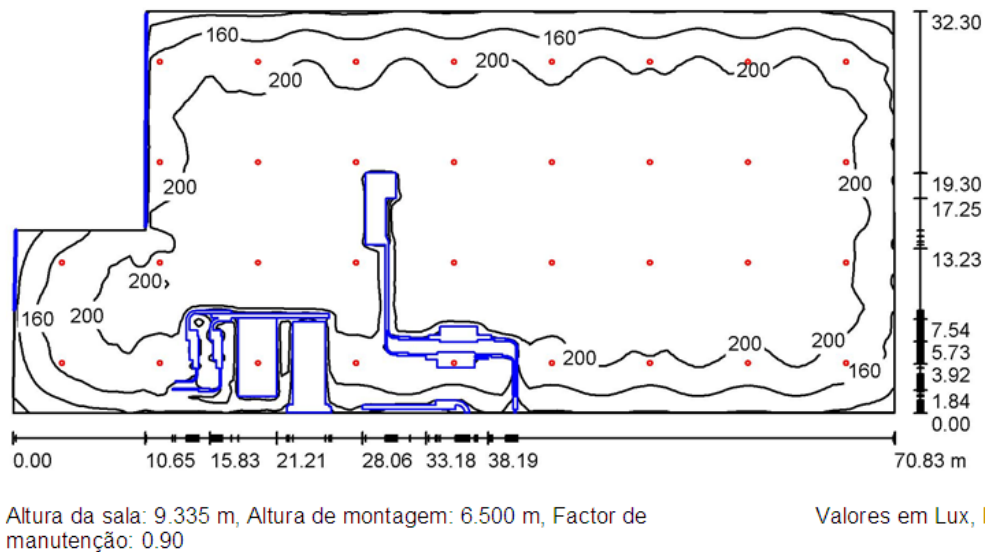


Figura B 2: Mapa de iluminância obtido para a nave, com a solução de LED'S implementada.

Zona de Embalagem

No local de embalagem realiza-se a embalagem e retractilização térmica, sendo estes processos completamente automáticos, como referido anteriormente. Também aqui se verifica a existência de iluminação local e ambiente, sendo que apenas se irá atuar sobre a iluminação ambiente.

Na tabela seguinte apresentam-se as características do edifício no que respeita a alturas, incluindo aquelas a que os projetores se encontram colocados. Esta foi a altura utilizada para as luminárias nas propostas posteriormente expostas (Tabela B 8).

Tabela B 8: Alturas do espaço, bem como da localização dos projetores.

Cúpula (m)	Colunas (m)	Projetores (m)
9,3	6,8	6,5

A solução existente é composta por 13 campânulas de vapor de sódio (9+4), apresentando um nível médio de iluminação entre os 100 e os 200 lux (Tabela B 9).

Tabela B 9: Solução existente na zona de embalagem.

Tipo de luminárias	Nº de unidades	Potência p/ luminária (W)	Potência Total (W)	Nível médio de iluminação (lux)
Vapor de sódio	13 (9+4)	250	3 250	100 a 120

Na tabela abaixo apresentam-se as propostas mais adequadas para a zona tendo em atenção a área, a distribuição da iluminação na área e o nível de iluminação esperado, nesta situação os 200 lux (Tabela B 10).

Tabela B 10: Propostas de iluminação LED desenvolvidas para este sítio.

Solução	Tipo de luminárias	Nº de unidades	Potência p/ luminária (W)	Potência Total (W)	Nível médio de iluminação (lux)
Proposta 1	LED	13	150	1 950	190
Proposta 2	LED	10	200	2 000	195

A partir da solução atual e propostas previamente apresentadas, calculou-se a energia elétrica consumida anualmente e custos associados, bem como o respetivo investimento, poupança, *payback* e vida útil (considerando 6 570 horas de funcionamento das luminárias) relacionados com as duas hipóteses. Na tabela seguinte apresentam-se os dados referidos (Tabela B 11).

Tabela B 11: Exposição dos dados de entrada, bem como a análise monetária para as duas propostas.

Solução	Investimento (€)	Energia consumida (kWh)	Custo anual (€)	Poupança anual (€)	Payback (anos)	Vida útil (ano)
Atual		21 353	1 522,4*			3,04
Proposta 1	4 197,8 ^[37]	12 812	913,5	608,9	6,9	7,6
Proposta 2	3 809,1 ^[38]	13 140	936,9	585,5	6,5	

* tarifa de energia elétrica considerada: 0,0713 €/kWh

Como é possível observar-se ambas as propostas apresentam valores muito idênticos, tanto de investimento como de energia consumida, apresentando um *payback* muito próximo do limite de vida útil.

Analisando as duas hipóteses com base nestes dados, a mais vantajosa será a de LED 200 W, no entanto a organização preferiu a opção de LED 150 W, já que esta garante uma disposição mais homogênea para o espaço.

Recorrendo à redução do consumo anual, custos de exploração e substituição das lâmpadas atuais e tendo em conta o tempo de vida útil das luminárias LED, determinaram-se os indicadores económicos. Na Tabela B 12 colocam-se os valores alcançados.

Tabela B 12: Análise económica respeitante à proposta estudada.

VAL (€)	29
TIR (%)	4,2
ROI	1
Payback (anos)	9

Como se pode observar, embora este espaço permita racionalizar os seus diversos consumos, regista-se um VAL muito pequeno. Assim a implementação neste local não é interessante do ponto de vista económico, mas garante uma efetiva melhoria nas condições de trabalho dos operadores, sendo esta a principal razão para a sua instalação.

A Figura B 3 demonstra a alteração do fluxo monetário durante a durabilidade das luminárias LED (7 anos e 7 meses), atingindo-se um volume final acumulado de 29 €.

^[37] Os preços foram obtidos diretamente do fornecedor da organização.

^[38] Os preços foram obtidos diretamente do fornecedor da organização.

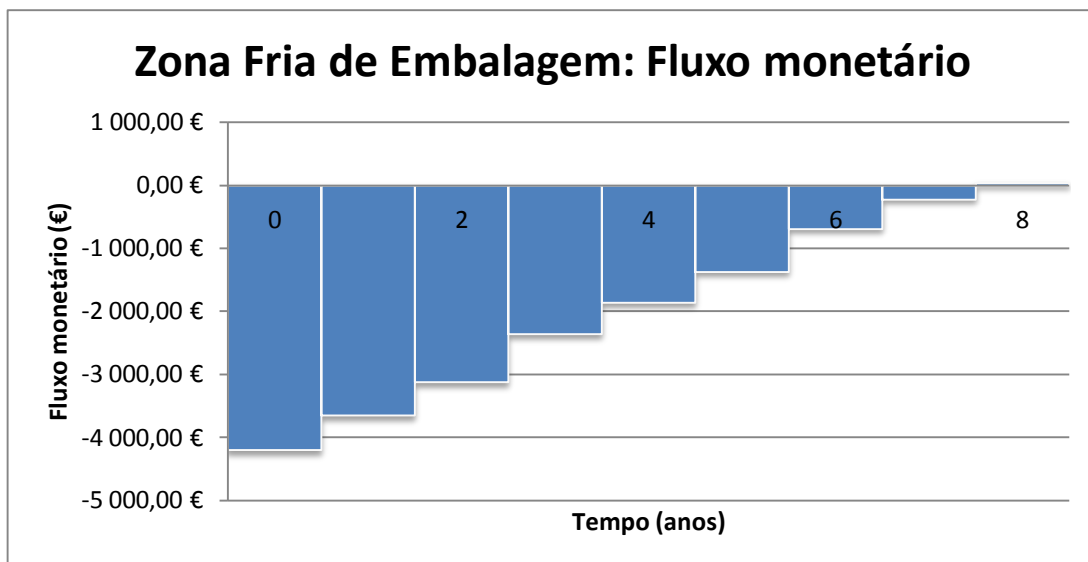


Figura B 3: Fluxo monetário obtido para a zona de embalagem.

De seguida apresenta-se o mapa de iluminância produzido pelo *Dialux* para a proposta 1 (Figura B 4).

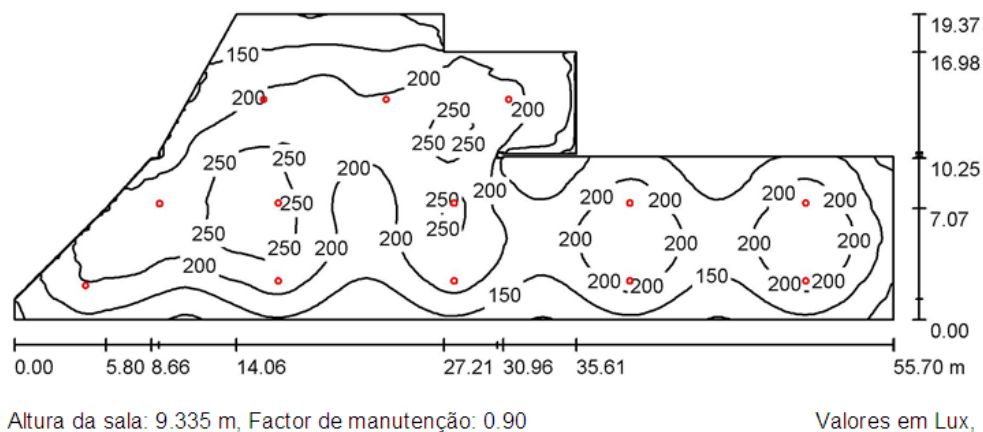


Figura B 4: Mapa de iluminância adquirido para a proposta LED calculada.

Zona das Arcas do Forno 5

Nesta zona a iluminação existente serve maioritariamente para a passagem pelas arcas, sendo a solução implementada constituída por 14 projetores com lâmpadas de vapor de sódio (7*2), identificando-se um nível de iluminação entre os 60 e 80 lux (Tabela B 13).

Tabela B 13: Solução implementada atualmente na zona das arcas.

Tipo de luminárias	Nº de unidades	Potência p/ luminária (W)	Potência Total (W)	Nível médio de iluminação (lux)
Vapor de sódio	14 (7*2)	250	3 500	60 a 80

Em seguida afiguram-se as dimensões deste local, nomeadamente em termos de alturas, incluindo a de montagem das luminárias (Tabela B 14).

Tabela B 14: Dimensões da Zona Fria das arcas do forno 5, bem como da altura dos projetores.

Cúpula (m)	Colunas (m)	Projetores (m)
9,3	6,8	6,5

Após a realização de diversas tentativas identificou-se a hipótese apropriada para a área, tendo em atenção o local, a homogeneidade da iluminação na área e garantir o nível de iluminação pretendido, neste caso 100 lux. Considerou-se ainda uma altura de montagem dos projetores igual à solução existente. Na Tabela B 15 apresenta-se a melhor opção determinada.

Tabela B 15: Proposta estudada para este local, utilizando iluminação LED.

Solução	Tipo de luminárias	Nº de unidades	Potência p/ luminária (W)	Potência Total (W)	Nível médio de iluminação (lux)
Proposta 1	LED	8 (2*4)	120	960	92

Com base nesta distribuição determinou-se o investimento necessário, o consumo anual e custo associado, a poupança obtida comparativamente ao sistema de iluminação existente, o *payback* e, finalmente a vida útil das luminárias, tendo em conta o seu tempo útil de vida e o uso anual na fábrica (6 570 horas), avaliando-se a amortização do investimento. Os dados verificados estão apresentados na Tabela B 16:

Tabela B 16: Apresentação dos dados de entrada, tal como a análise monetária envolvida.

Solução	Investimento (€)	Energia consumida (kWh)	Custo anual (€)	Poupança anual (€)	<i>Payback</i> (anos)	Vida útil (ano)
Atual		22 995	1 639,5*			3,04
Proposta 1	2 299,5	6 307	449,7	1 189,8	1,9	7,6

* tarifa de energia elétrica considerada: 0,0713 €/kWh

Tendo em conta a elevada poupança que se prevê obter, conduzindo a uma redução de custos na ordem dos 73 % e apresentando um *payback* muito reduzido esta é uma opção muito válida, devendo por isso mesmo a organização proceder à sua implementação.

Partindo destes dados calcularam-se os indicadores económicos provenientes do estudo económico elaborado, para a opção LED. Na tabela seguinte apresentam-se os valores obtidos (Tabela B 17).

Tabela B 17: Análise financeira relativa à proposta exposta.

VAL (€)	5 955
TIR (%)	51,8
ROI	3,6
<i>Payback</i> (anos)	2,1

Tal como no projeto de iluminação dedicado à zona fria, apresentado na secção 6.3.2 do documento principal, consegue-se observar que o valor de VAL é bastante positivo, apesar de não ser tão elevado, no entanto o ROI ainda é superior. Para além disso o *payback* é igualmente pequeno, logo este é claramente um projeto viável tal como mencionado previamente.

Na Figura B 5 apresenta-se a alternância do fluxo monetário durante a vida útil do projeto, sendo o montante total acumulado estimado no fim de vida útil (7 anos e 7 meses), de 5 955 €.

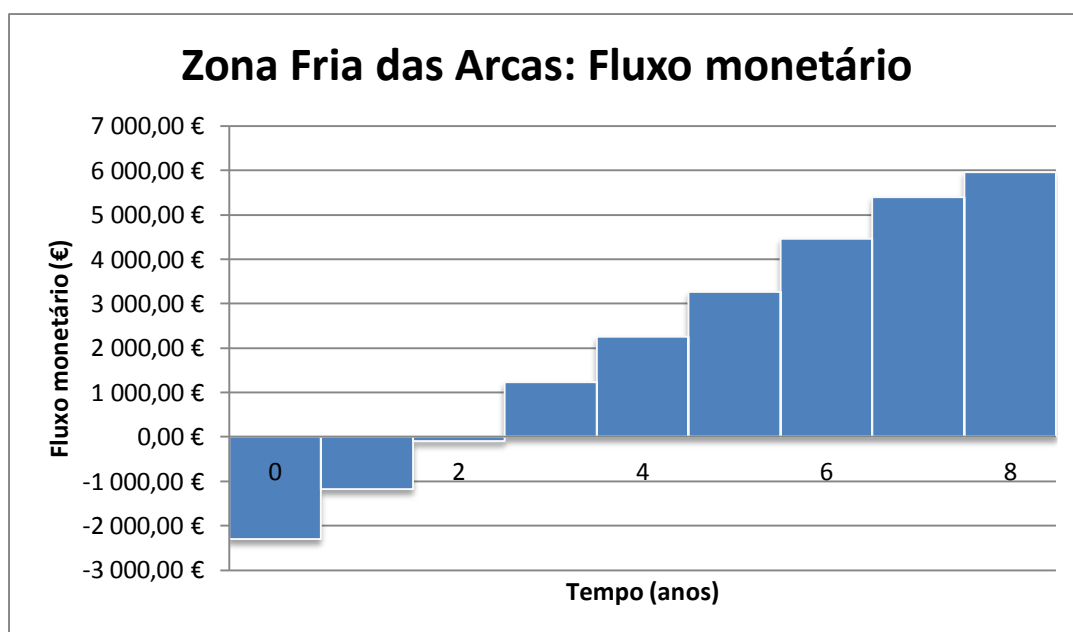
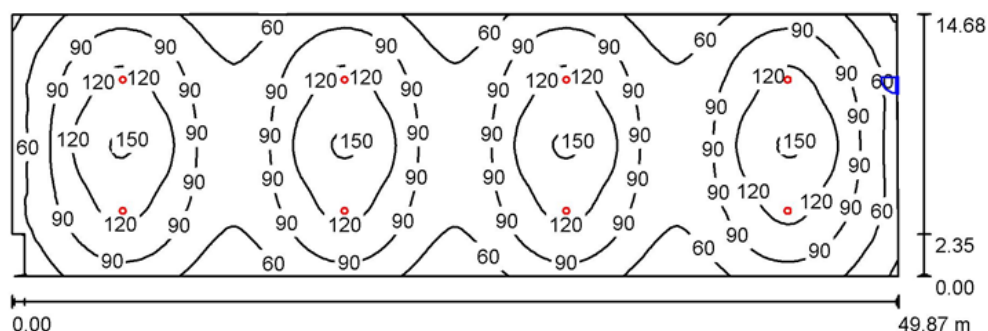


Figura B 5: Fluxo monetário referente à zona fria das arcas do forno 5.

Em seguida expõe-se o mapa de iluminância elaborado pelo *Dialux* para a proposta 1 (Figura B 6).



Altura da sala: 9.335 m, Altura de montagem: 6.500 m, Factor de manutenção: 0.90

Valores em Lux,

Figura B 6: Mapa de iluminância obtido para o local, com a solução de LED'S desenvolvida.

Pavilhão de cargas intermédias

Este é um armazém de cargas intermédias, onde se carregam os camiões para transportar o produto para o armazém da empresa ou para o armazém interno.

Em seguida afiguram-se as extensões deste espaço referentes à sua altura, inclusive a altura de montagem das luminárias existentes (Tabela B 18).

Tabela B 18: Dimensões relativas ao pavilhão de cargas intermédias.

Cúpula (m)	Colunas (m)	Projetores (m)
9,7	8,1	7

O espaço contém 8 campânulas de iodetos metálicos, registando-se um nível de iluminação entre os 130 e 200 lux (Tabela B 19).

Tabela B 19: Solução atualmente presente.

Tipo de luminárias	Nº de unidades	Potência p/ luminária (W)	Potência Total (W)	Nível médio de iluminação (lux)
Iodetos Metálicos	8	250	2 000	130 a 200

Em seguida efetuaram-se diversas simulações no *Dialux*, para estabelecer as alternativas mais apropriadas para o local, tendo em atenção a área, uma distribuição equivalente da iluminação e assegurando a referência de iluminação pretendida, neste caso 100 lux. Há que referir que a altura de montagem das luminárias é igual àquela previamente referida. Na tabela seguinte apresentam-se as duas melhores opções verificadas (Tabela B 20).

Tabela B 20: Solução proposta utilizando iluminação LED.

Solução	Tipo de luminárias	Nº de unidades	Potência p/ luminária (W)	Potência Total (W)	Nível médio de iluminação (lux)
Proposta 1	LED	13 ((2*5)+3)	150	1 950	133
Proposta 2	LED	10 ((2*4)+2)	200	2 000	140

Após a otimização da disposição das luminárias determinou-se o investimento necessário, a energia consumida anualmente, o respetivo custo e a poupança em relação ao sistema de iluminação existente, o *payback* e, por fim, a durabilidade das luminárias, a partir do seu tempo útil de vida e o uso anual na fábrica (4 380 horas).

Há que referir que a solução atualmente implementada não corresponde a uma distribuição minimamente otimizada, já que as luminárias se encontram dispostas de forma aleatória. Os resultados observados encontram-se na próxima tabela (Tabela B 21):

Tabela B 21: Exposição dos valores iniciais e respetivo estudo monetário para as duas propostas.

Solução	Investimento (€)	Energia consumida (kWh)	Custo anual (€)	Poupança anual (€)	<i>Payback</i> (anos)	Vida útil (ano)
Atual		8 760	624,6*			4,6
Proposta 1	4 197,8	8 541	608,9	15,61	268,8	
Proposta 2	3 809,1	8 760	624,6	0		11,4

* tarifa de energia elétrica considerada: 0,0713 €/kWh

Como é possível observar, em ambas as propostas a energia consumida e consequentemente o custo anual associado, é muito idêntico à situação existente.

No entanto, tendo em atenção que esta solução se encontra por dimensionar pode-se garantir que a implementação de luminárias LED permitiria obter uma diminuição de encargos, visto que o correto dimensionamento da situação existente levaria por certo a um aumento do número de luminárias.

Entre as duas propostas a mais vantajosa será então a de luminárias LED 150 W, já que mostra um consumo e encargos com energia elétrica inferior. Seguidamente, expõe-se abaixo o mapa de iluminância verificado para a hipótese com LED 150 W (Figura B 7).

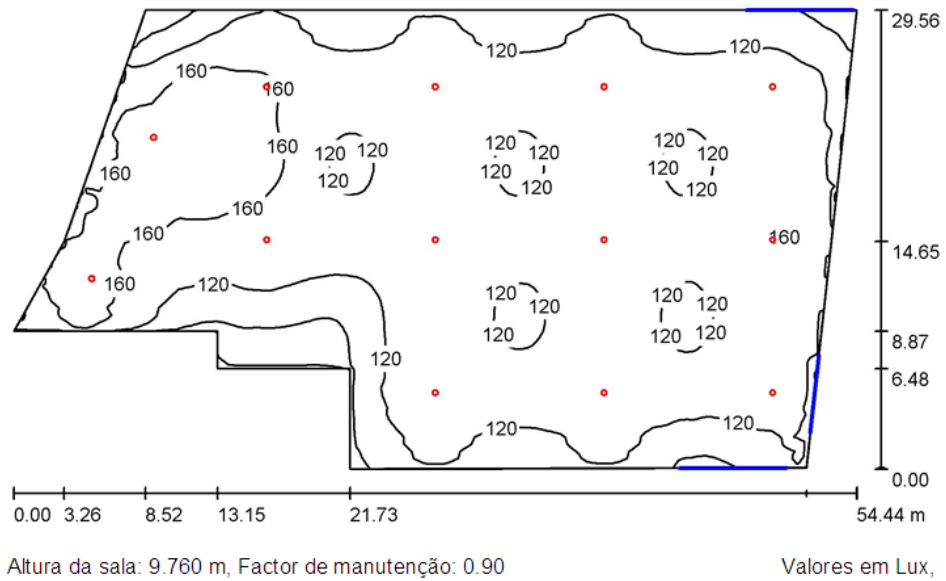


Figura B 7: Mapa de iluminância determinado para o local, com a solução de LED'S desenvolvida.

Corredor na zona fria das oficinas

Este local é um dos pontos de ligação entre as oficinas de manutenção, armazém e a zona fria e quente, verificando-se naturalmente uma elevada utilização do mesmo, quer para transporte de material necessário à reparação, manutenção ou alteração de todo o equipamento, entre outros.

Na Tabela B 22 afiguram-se as alturas específicas da construção, abrangendo aquela a que as campânulas se situam. Esta foi igualmente a altura usada para as luminárias na solução posteriormente descrita.

Tabela B 22: Alturas do espaço, bem como da localização dos projetores.

Cúpula (m)	Colunas (m)	Projetores (m)
9,7	7,3	9,4

Neste momento a solução existente é composta por 4 campânulas de vapor de sódio, verificando-se um nível de iluminação médio de 60 lux (Tabela B 23).

Tabela B 23: Solução implementada atualmente no corredor.

Tipo de luminárias	Nº de unidades	Potência p/ luminária (W)	Potência Total (W)	Nível médio de iluminação (lux)
Vapor de Sódio	4	250	1 000	60

Na Tabela B 24 apresenta-se a proposta que melhor se adapta ao local de passagem, assegurando o nível de iluminação esperado, ou seja 80 lux.

Tabela B 24: Proposta estudada para este local, utilizando iluminação LED.

Solução	Tipo de luminárias	Nº de unidades	Potência p/ luminária (W)	Potência Total (W)	Nível médio de iluminação (lux)
Proposta 1	LED	4	150	600	87

Com base neste dimensionamento obteve-se o investimento, o consumo e custo anual de energia elétrica, bem como a poupança obtida relativamente ao sistema de iluminação presente e o *payback* associado ao investimento. Com base no tempo útil de vida das luminárias e o uso anual na instalação (8 760 horas), foi possível apurar os dados verificados na Tabela B 25:

Tabela B 25: Apresentação dos dados de entrada, tal como a análise monetária envolvida.

Solução	Investimento (€)	Energia consumida (kWh)	Custo anual (€)	Poupança anual (€)	<i>Payback</i> (anos)	Vida útil (ano)
Atual		8 760	624,6*			2,3
Proposta 1	1 291,63	5 256	374,7	249,8	5,2	5,7

* tarifa de energia elétrica considerada: 0,0713 €/kWh.

Após a análise dos dados expostos, pode-se verificar que a hipótese 1 apesar de viável assegurando igualmente uma poupança quer energética, quer em termos de custos em cerca de 40 %, não é muito interessante já que o *payback* é muito próximo do fim de vida útil, tal como registado na zona de embalagem (Tabela B 26).

Tabela B 26: Análise financeira associada à proposta descrita.

VAL (€)	71
TIR (%)	5,7
ROI	1,1
<i>Payback</i> (anos)	6,3

Como é possível verificar, os valores envolvidos nesta solução não são elevados quando comparados com soluções anteriores, o que é natural já que a dimensão do espaço e número de luminárias envolvidas é bastante inferior. Consequentemente a implementação desta opção terá como principal objetivo a melhoria das condições de serviço nas instalações.

Em seguida, mostra-se a variação do fluxo monetário ao longo dos anos da solução proposta (5 anos e 8 meses), sendo o valor total acumulado no fim de vida útil de 71 € (Figura B 8).

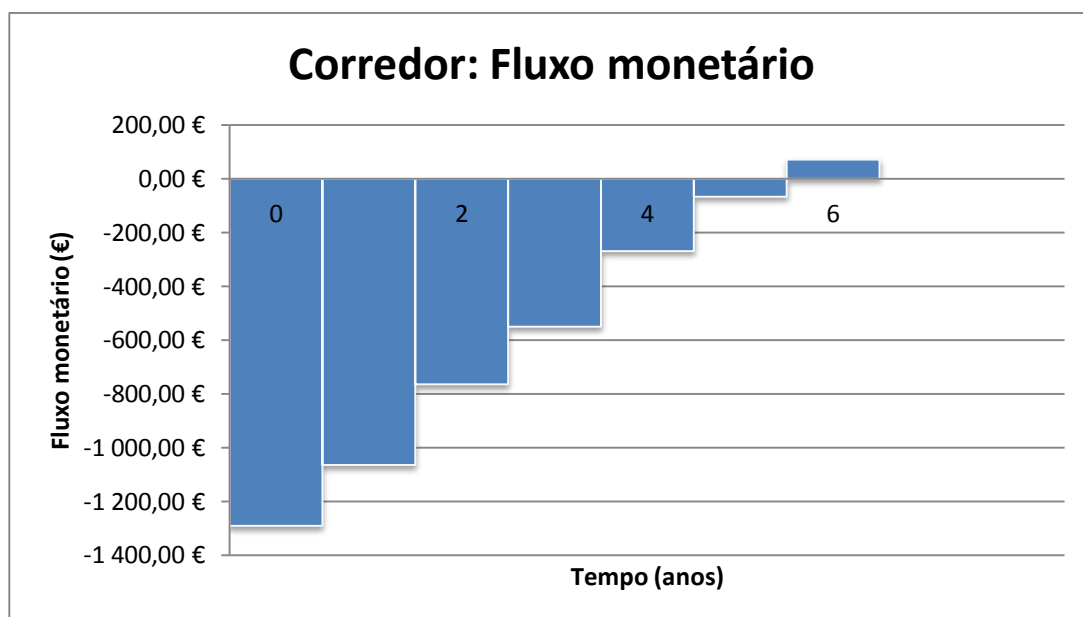
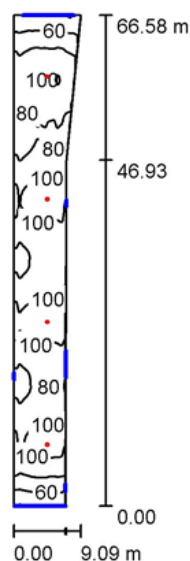


Figura B 8: Fluxo monetário alcançado para o corredor.

Em seguida afigura-se o mapa de iluminância obtido para a proposta apresentada (Figura B 9).



Altura da sala: 9.750 m, Altura de montagem: 9.400 m, Factor de manutenção: 0.90

Figura B 9: Mapa de iluminância adquirido para a proposta LED calculada.

Pavilhão 2600

Neste pavilhão é onde se realiza a carga dos camiões para transporte das encomendas até aos clientes. Atualmente a solução existente é composta por 39 luminárias de iodetos metálicos ((5*6)+9). O nível de iluminação varia entre os 60 e 150 lux.

Em seguida expõem-se as dimensões deste local, nomeadamente em termos de alturas, incluindo a de montagem das luminárias atuais (Tabela B 27), que é também utilizada para a proposta apresentada (Tabela B 28).

Tabela B 27: Dimensões relativas ao pavilhão 2600.

Cúpula (m)	Colunas (m)	Projetores (m)
9,7	7,3	9,4

Tabela B 28: Solução presentemente em uso.

Tipo de luminárias	Nº de unidades	Potência p/ luminária (W)	Potência Total (W)	Nível médio de iluminação (lux)
Iodetos Metálicos	39	250	9 750	60 a 150

Após a realização de várias simulações identificou-se a opção apropriada para o local, tendo em conta as especificidades do mesmo, de forma a garantir a homogeneidade

do nível de iluminação pré-determinado, nesta situação os 150 lux. Na Tabela B 29 apresenta-se a melhor opção identificada.

Tabela B 29: Solução proposta utilizando iluminação LED.

Solução	Tipo de luminárias	Nº de unidades	Potência p/ luminária (W)	Potência Total (W)	Nível médio de iluminação (lux)
Proposta 1	LED	21	200	4 200	151

Com base na situação atual e proposta anteriormente referidas, calcularam-se a energia elétrica despendida anualmente e custos relacionados, tal como o respetivo investimento, poupança, *payback* e vida útil (ponderando 4 380 horas de funcionamento das luminárias). Na Tabela B 30 apresentam-se os dados referidos.

Tabela B 30: Exposição dos valores iniciais e respetivo estudo monetário para as duas propostas.

Solução	Investimento (€)	Energia consumida (kWh)	Custo anual (€)	Poupança anual (€)	Payback (anos)	Vida útil (ano)
Atual		42 705	3 044,8*			4,6
Proposta 1	7 999,1	18 396	1 311,6	1 733,2	4,6	11,4

* tarifa de energia elétrica considerada: 0,0713 €/kWh

Analisando as duas soluções com base nestes dados, observa-se que a proposta de LED 200 W é viável garantindo uma poupança anual na ordem dos 57 %, devendo por isso ser tida em conta a sua implementação.

Aproveitando-se os dados anteriores, bem como custos de exploração calculou-se os indicadores económicos associados à implementação da iluminação LED, relativamente à solução atual, incluindo ainda a diminuição de custos ligados à substituição das lâmpadas e sua montagem e manutenção. Na tabela abaixo colocam-se os valores obtidos (Tabela B 31).

Tabela B 31: Análise económica respeitante à proposta estudada.

VAL (€)	8 469
TIR (%)	19,4
ROI	2,1
<i>Payback</i> (anos)	5,5

Como se pode observar esta solução é viável do ponto de vista económico, verificando-se um VAL positivo, tal como um ROI superior a 1. O *payback* é bastante elevado, quando comparado com as propostas anteriores, no entanto nesta situação a utilização das luminárias é inferior levando à obtenção de um período de vida útil e consequente *payback* superiores.

Na Figura B 10 apresenta-se a evolução do fluxo monetário durante a vida útil do projeto, sendo o montante total acumulado estimado no fim de vida útil de 8 469 €.

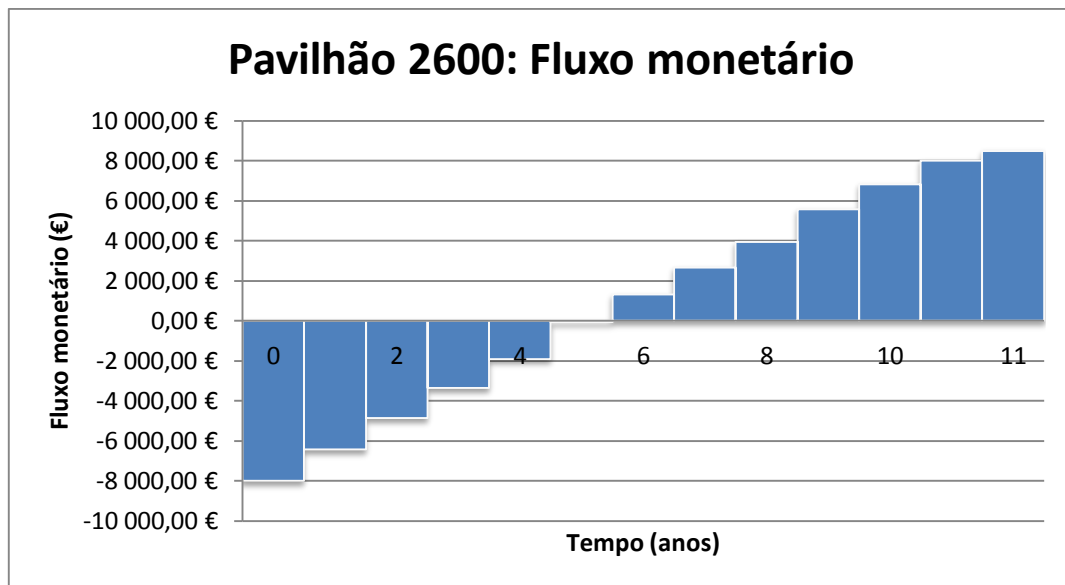


Figura B 10: Fluxo monetário alcançado para o pavilhão 2600.

De seguida apresenta-se o mapa de iluminância produzido para a proposta (Figura B 11).

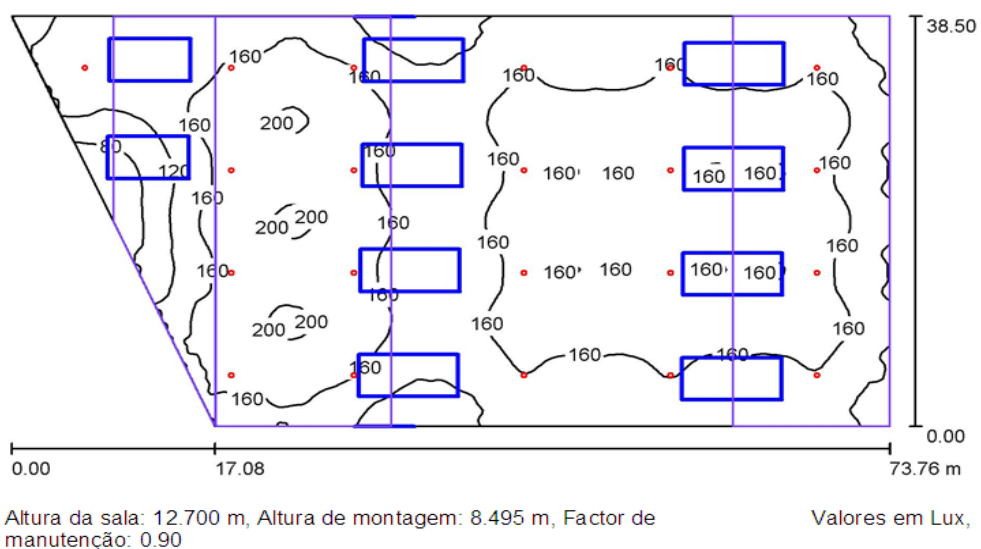


Figura B 11: Mapa de iluminância determinado para o local, com a solução de LED'S desenvolvida.

Anexo C – Otimização do funcionamento de ventiladores

Neste anexo, expõem-se exemplos registados em algumas das linhas, nas quais se poderia otimizar a operação do ventilador.

Seguidamente apresenta-se uma análise realizada com base nos parâmetros de produção de três garrafas (Tabela C 1), tal como a mudança dos parâmetros do ventilador para o mês de dezembro (Figura C 1), na linha 4.1.

Tabela C 1: Características de produção das garrafas, bem como de operação do ventilador da linha 4.1.

Data	Peso das garf. (g)	Nº secções	Vel. Máquina (CPM)	Freq. (Hz)	Pressão (mmCA)	Potência (kW)
18-Dez	206	8	73	40,8	777	48,8
19-Dez	261	8	60	36,6	650	36,6
22-Dez	145	8	80	35,6	600	31,7

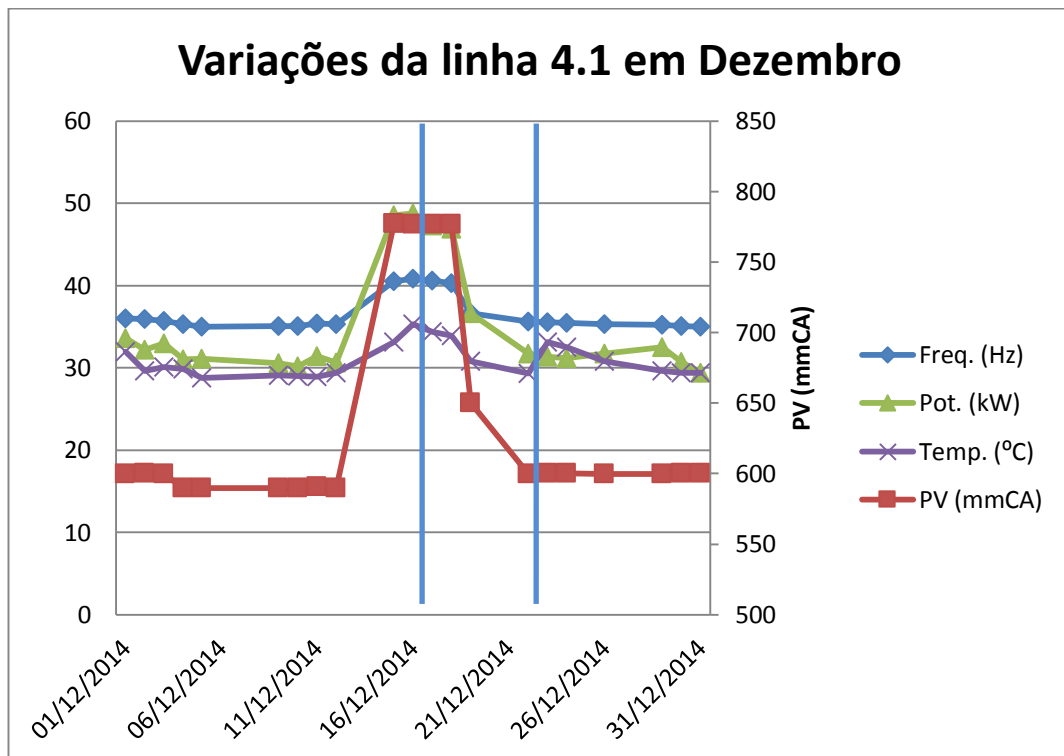


Figura C 1: Alternância dos parâmetros de funcionamento do ventilador para o mês de dezembro.

Como se pode observar, apesar do aumento de peso e diminuição de velocidade de corte que ocorre na primeira mudança de obra, regista-se uma diminuição de pressão e

potência bastante acentuada, tendência essa que perdura na mudança seguinte, mesmo com a grande diminuição de peso e incremento na velocidade. Logo comprova-se que a operação do ventilador se encontrava acima do necessário.

Por fim expõe-se um exemplo verificado na linha 5.3, recorrendo aos parâmetros de obra de garrafas produzidas (Tabela C 2), tal como a variabilidade dos requisitos do ventilador para o mês de dezembro (Figura C 2).

Tabela C 2: Especificações da produção das garrafas, bem como do funcionamento do ventilador da linha 5.3.

Data	Peso das garf. (g)	Nº secções	Vel. Máquina (CPM)	Vel. (rpm)	Pressão (mmCA)	Potência (kW)
18-Dez	263	8	55	1 131	750	59
19-Dez	252	8	62	1 250	850	79

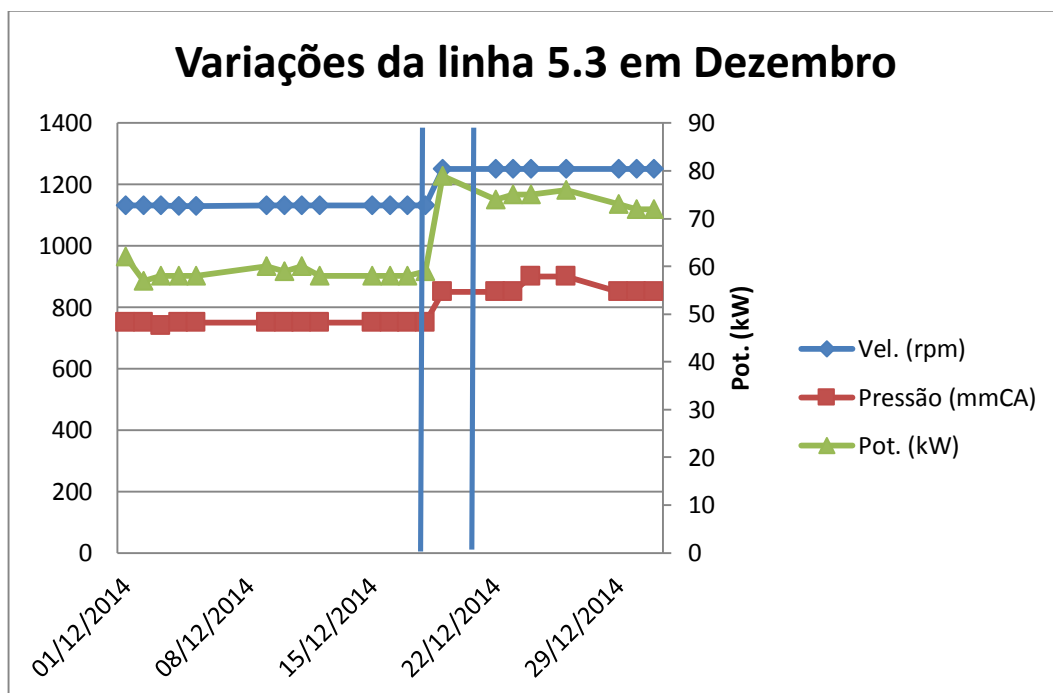


Figura C 2: Variação dos parâmetros registados na atividade do ventilador para o mês de dezembro.

Como se pode verificar tanto o peso das garrafas como a velocidade de corte são muito próximos, tendo o mesmo número de secções. Apesar disso, com esta mudança aumenta-se a pressão do ventilador em cerca de 100 mmCA, o que levou também a um incremento da sua velocidade e potência de forma a garantir esta pressão, o que não se justifica. Mais uma vez a adaptação do *timing* de arrefecimento acompanhado de um ligeiro aumento de pressão, ou da velocidade poderia ser suficiente.