



Auditoria Energética a uma Empresa de Produtos Químicos

PATRÍCIA ALEXANDRA NUNES COELHO

Outubro de 2018

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Mestrado em Engenharia Química

Ramo- Energia e Biorrefinaria

Auditoria Energética a uma Empresa de Produtos Químicos

Orientadora da Empresa: Eng^a Eva Queirós

Orientadora do ISEP: Doutora Teresa Sena Esteves

Coorientadora do ISEP: Doutora Teresa Pimenta

Autora: Patrícia Coelho 1130442

Agradecimentos

Apesar de ser o fim de uma etapa académica, esta dissertação deve-se a inúmeras pessoas que acompanharam todo este percurso, que estiveram ao meu lado em cada desafio, que calaram tantas vezes o desespero e aplaudiram as conquistas. Por isso, aqui quero deixar um agradecimento especial a todas essas pessoas.

Em primeiro lugar gostaria de agradecer aos meus pais, foram eles que possibilitaram a concretização desta etapa e que me acompanharam desde o início. Sem a vossa dedicação e apoio tal não seria possível, a vocês um muito obrigado. E sem esquecer o meu irmão, aquele que com o pouco que diz sei que está sempre lá e que me apoia incondicionalmente. A ti só te desejo o dobro do que me desejas.

Gostaria de deixar também um agradecimento especial ao João Diogo, que me acompanhou sempre, que tantas vezes ouviu as minhas tristezas e as tornou em alegrias, que me sempre me apoiou e felicitou.

A toda a minha família, em especial aos meus avós maternos, que também contribuíram para a minha educação e sucesso.

Agradeço a todos os meus amigos que me acompanharam nesta jornada, em que tantas vezes me ajudaram a ultrapassar as minhas dificuldades, e que sempre comemoraram comigo todas as vitórias.

Agradeço também à administração da RNM- Produtos Químicos, SA que possibilitaram a concretização desta dissertação em ambiente empresarial.

À Eng. Eva Queirós, minha orientadora, que se disponibilizou a acompanhar-me nesta etapa e que sempre que solicitei me ajudou, pelo profissionalismo e também pelo carinho e amizade demonstrada.

Às Doutoras Teresa Pimenta e Teresa Sena Esteves que me orientaram academicamente para a concretização desta dissertação. Obrigada pela disponibilidade, e por todas as críticas que ajudaram a um bom trabalho.

Ao Departamento de QAS da empresa que tão bem me acolheu, à Eng. Teresa Pinto, à Eng. Amanda Carvalho, ao Eng. Miguel Rocha e mais recentemente à Eng. Laura Cunha.

Ao Eng. Patrício Torres e ao Eng. Pedro Duarte que tantas vezes solicitei e que sempre me ajudaram prontamente no trabalho que estava a desenvolver.

Ao Daniel Freitas, sem ele não seria possível a concretização de todo este trabalho. Que tanta paciência teve para me ajudar com os equipamentos e que ensinou, na prática, alguns factos importantes para conclusão da dissertação.

Ao Eng. Ricardo Silva, à Eng. Anabela Cunha, à Eng. Cátia Costa, à Eng. Sofia Oliveira, à Dra. Susana Filipe, ao Pedro Pereira, ao Eng. Rafael Pereira e à Rita que diretamente ou indiretamente contribuíram para a finalização deste estágio.

Ao Eng. Armando Ferreira e ao Eng. Beleza de Carvalho que se disponibilizaram para me ajudar com algumas questões pertinentes ao longo do trabalho.

A todos aqueles que estiveram presentes ao longo destes 5 anos e que acompanharam todo o meu percurso.

A todos um muito obrigado!

Sumário

A dissertação desenvolvida foi realizada em ambiente empresarial e teve como objetivo a realização de uma auditoria energética às instalações da RNM- Produtos Químicos, SA com vista à otimização da sua eficiência energética, tendo em conta a viabilidade económica das medidas propostas.

Numa primeira abordagem fez-se o levantamento energético das instalações. Verificou-se que existiam duas fontes de energia, a eletricidade e o gasóleo. Após a análise dos consumos energéticos da empresa verificou-se que, em 2017, a eletricidade representava 87% do consumo total de energia, e os restantes 13% correspondiam ao consumo de gasóleo. Isto traduz-se num consumo de 94,39 tep de eletricidade e de 14,64 tep de gasóleo, o que perfaz um total de 109,03 tep de energia consumida. Conclui-se então que a empresa não é uma Consumidora Intensiva de Energia (CIE).

Na análise prévia do consumo elétrico percebeu-se que o equipamento que tinha um consumo mais significativo era o compressor de ar e, por isso mesmo, este equipamento foi estudado à parte. Atualmente, na RNM- Produtos Químicos, SA a produção de ar comprimido é assegurada por dois compressores com capacidades diferentes. Foram determinados os consumos de energia de um dos compressores (compressor 1) durante 4 semanas, de modo a verificar o comportamento deste equipamento. Conclui-se que este equipamento trabalha segundo as necessidades e não em linha contínua, uma vez que o número de horas que esteve em funcionamento foi variável ao longo do ensaio, assim como o período horário de funcionamento e o número de vezes que entrou em carga.

A determinação do consumo específico deste compressor foi possível com o ensaio referido acima, sendo de $0,181 \text{ kWh/m}_{FAD}^3$. Posteriormente, fez-se um ensaio às fugas para a determinação das mesmas. O caudal de fugas representa 14,7% do caudal de ar comprimido produzido, estando este valor acima dos 5% admissíveis.

Quanto à fatura elétrica foram apresentadas algumas propostas de melhoria para a respetiva diminuição. As medidas mais significativas seriam a mudança do nível de tensão atual, Baixa Tensão Especial (BTE), para um nível de tensão mais elevado, Média Tensão (MT); a transição de processos produtivos atuais para períodos horários mais económicos, uma vez que a empresa labora 24h/ dia e há períodos em que a eletricidade é menos dispendiosa; a aquisição de um novo compressor e a instalação de uma nova rede de ar comprimido para a diminuição das perdas de carga e ainda a possibilidade da reparação das fugas de ar comprimido.

Aquilo que se concluiu foi que com estas pequenas medidas poder-se-ia reduzir os custos de eletricidade de 11,57 % a 14,28%. No nível de tensão a redução poderia ir de 6,90% a 8,55%, uma vez que se poderia celebrar um contrato com o fornecedor de energia para se passar a usar em Média Tensão- Médias Utilizações (MT-MU) ou Média Tensão- Longas Utilizações (MT-LU), concluindo-se que o que compensaria mais seria o de MT-LU. A transição do processo produtivo foi analisada para dois produtos em 87 produtos produzidos pela empresa. Para estes dois produtos se se mudasse os períodos nos quais se processam as suas produções/transferências poder-se-ia poupar 0,034% caso se eliminasse produções/transferências no período mais dispendioso, ou seja, em Horas de Ponta (HP), e caso se transitasse todas as operações para os períodos menos dispendiosos, ou seja, para Horas de Vazio (HV) e Horas de Super Vazio (HSV) poder-se-ia reduzir os custos elétricos em 0,31%. Caso se adquirisse um compressor novo, as reduções poderiam ir de 4,30 % a 5,08%, sendo que esta variação

se deve ao estudo da aquisição de compressores de diferentes marcas. As reduções das fugas de ar comprimido representariam 0,34% da fatura elétrica anual.

Há medidas que necessitam de investimentos, como é o caso da mudança do nível de tensão, a aquisição do novo compressor e a redução das fugas de ar comprimido. Para a mudança de nível de tensão para MT é necessário a instalação de um Posto de Transformação (PT). Já no caso da aquisição de um novo compressor é necessário um compressor que satisfaça as condições da empresa. No caso da redução de fugas é necessário determinar qual o local das mesmas para uma possível reparação. Foi possível determinar os custos associados à aquisição de um PT e para diferentes compressores. Para verificar a viabilidade económica foi considerado que o retorno do investimento não deveria ultrapassar 5 anos. Conclui-se então que o investimento num PT só seria viável caso se mudasse para MT-LU e que a aquisição de um novo compressor só seria viável para a marca *Biomicro*.

Na Aquisição de um Novo Compressor estudou-se quais os custos de energia elétrica caso o compressor tivesse um tempo útil de 30 anos, em funcionamento durante 24 h. Conclui-se que com o compressor da *Comingersoll* ao final de 30 anos os custos de eletricidade seriam 443 488€ menores que com o compressor da *Biomicro*, sendo que o investimento inicial é de apenas mais 10 504€. Por isso, o compressor a adquirir devia ser o da *Comingersoll*.

Palavras-Chave: Energia, Auditoria Energética, Eletricidade, Ar Comprimido

Abstract

The dissertation was carried out in a business environment and had the objective of carrying out an energy audit at the facilities of RNM-Produtos Químicos, SA with a view to optimize its energy efficiency, taking into account the economic viability of the proposed measures.

In an initial approach, the facilities were surveyed. It was found that there were two sources of energy, electricity and diesel. After analyzing the energy consumption of the company, it was verified that in 2017, electricity accounted for 87% of total energy consumption, and the remaining 13% corresponded to the consumption of diesel. This translates into a consumption of 94.39 toe of electricity and 14.64 toe of diesel, which makes a total of 109.03 toe of energy consumed. It is concluded that the company is not an Intensive Energy Consumption (CIE).

In the previous analysis of the electric consumption it was noticed that the equipment that had a more significant consumption was the air compressor and, for that reason, this equipment was studied separately. Currently, RNM-Produtos Químicos, SA produces compressed air by two compressors with different capacities. The energy consumptions of one of the compressors (compressor 1) were determined for 4 weeks. It is concluded that this equipment works according to the needs and not in continuous line, since the number of hours that was in operation was variable throughout the test, as well as the hourly period of operation and the number of times that it entered in load.

The determination of the specific consumption of this compressor was possible with the test referred above, being $0.181 \text{ kWh} / m_{FAD}^3$. Subsequently, a leak test was carried out to determine the leakage. The leakage rate represents 14.7% of the compressed air flow produced, with this value being above 5% admissible.

Regarding the electric bill, some improvement proposals were presented for the respective decrease. The most significant measures would be to change the current voltage level, Low Voltage Special (BTE), to a higher voltage level, Medium Voltage (MT); the transition from current productive processes to cheaper time periods, since the company works 24 hours a day and there are periods when electricity is less expensive; the acquisition of a new compressor and the installation of a new compressed air network for the reduction of the load losses and also the possibility of repairing compressed air leaks.

In conclusion these small measures electricity costs could be reduced from 11.57% to 14.28%. In the voltage level the reduction could go from 6.90% to 8.55%, since a contract could be closed with the energy supplier to be used in Medium Voltage - Medium Uses (MT-MU) or Medium Voltage- Long Uses (MT-LU). The less expensive alternative would be the MT-LU. The transition of the production process was analyzed for two products in 87 products produced by the company. For these two products, if you change the periods in which your productions / transfers are processed, you could save 0.034% if you eliminate productions / transfers in the most expensive period, that is, at peak hours (HP). if all operations were transposed for the least expensive periods, ie for HV and Super Low Voltage Hours (HSV), electric costs could be reduced by 0.31%. The study of the acquisition of new compressors from different brands led to the conclusion of reductions in the electric costs from 4.30% to 5.08%. Reductions in compressed air leaks would represent 0.34% of the annual electric bill.

There are measures that require investments, such as changing the voltage level, acquiring the new compressor and reducing compressed air leaks. To change the voltage level to MV it is necessary to install a Transformation Station (PT). In the case of the acquisition of a new compressor it is necessary a compressor that satisfies the conditions of the company. In case of reduction of leaks it is necessary to determine the location of the leaks for possible repair. It was possible to determine the costs associated with the acquisition of a PT and for different compressors and to verify the economic viability it was considered that the return of the investment shouldn't exceed 5 years. It is concluded that the investment in a PT would only be viable if it were moved to MT-LU and that the acquisition of a new compressor would only be viable for the *Biomicro* brand.

After acquiring a new compressor, a study was conducted to verify the electricity consumption if the compressor lasted for 30 years, operation 24 hours per day. It was concluded that with a *Comingersoll* compressor the electricity cost would be 443 448€ cheaper than the *Biomicro* compressor even though the initial investment is 10 504€ more expensive.

Key words: Energy, Energy Audit, Electricity, Compressed Air

Índice

Agradecimentos	iii
Sumário	v
Abstract	vii
Índice	ix
Índice de Figuras	xi
Índice de Tabelas	xiii
Nomenclatura	xvii
1. Introdução	1
1.1. Tema e Objetivos	1
1.2. Apresentação da Empresa	1
1.3. Organização do Relatório	2
2. Energia	3
2.1. Caracterização Energética Nacional	4
2.2. Eficiência energética na Indústria	7
3. Auditorias Energéticas	9
4. Caracterização da Unidade Industrial	13
5. Análise Energética	17
5.1. Eletricidade	17
5.2. Gasóleo	21
5.3. Ar Comprimido	23
Perdas de Carga	27
Controlo Carga/Vazio	29
Consumos Energéticos	30
Consumo Específico	36
Fugas	37
6. Propostas de Melhoria nos Consumos Energéticos	39
6.1. Eletricidade	39
Bateria de Condensadores	39
Variadores de Velocidade	40
Motores de Alta Eficiência	40
Iluminação	41
Mudança de Nível de Tensão	43
Transição de Horários do Processo Produtivo	51
6.2. Ar Comprimido	66

Diminuição da Pressão de Trabalho do Compressor.....	66
Redução das Perdas de Carga na Tubagem.....	68
Aquisição de um Novo Compressor	71
Redução das Fugas de Ar Comprimido.....	75
7. Conclusões e Propostas de Trabalhos Futuros	79
Referências Bibliográficas	83
A. Levantamento das Faturas Elétricas.....	85
A.1- Dados das Faturas Elétricas do Ano de 2017.....	85
A.3 Tarifas de Energia em Vigor em 2017 na CESSN e Ciclo Horário	87
B. Exemplo de Cálculo dos Consumos Térmicos.....	89
C. Dados do Consumo de Energia do Compressor de Ar Comprimido	92
C.1 Número de Horas de Funcionamento do Compressor.....	92
C.2 Valores dos Consumos de Energia Momentâneos	93
D. Exemplo de Cálculo das Fugas de Ar Comprimido.....	115
E. Custos Associados à Mudança de um Abastecimento em BTE para um Abastecimento em MT	117
E.1 Simulação dos Custos Elétricos com um Abastecimento em MT.....	117
E.2 Ciclos Horários para um Abastecimento em MT	120
E.3 Orçamento do PT	123
F. Dados das Produções no Ano de 2017.....	125
F.1 Quantidades das Produções em 2017	127
F.2 Tarifas da CESSN Aplicadas no Ano de 2018	130
F.3 Valores dos Consumos Específicos das Produções Analisadas e Respetivos Custos	130
G. Possíveis Melhorias no Elemento Compressor e respetiva Rede de Ar Comprimido	134
G.1 Possibilidade de Nova Tubagem.....	134
H. Custos Energéticos do Compressor de Ar Comprimido e Simulação dos Custos Futuros com a Mudança de Compressor	137
H.1 Consumos Energéticos Atuais e Respetivos Custos	137
H.2 Consumos Energéticos com Novo Compressor e Respetivos Custos .	142
H.3. Custos Energéticos das Fugas.....	144

Índice de Figuras

Figura 2.1- Dependência energética a nível mundial dos recursos primários [4].	3
Figura 2.2- Taxa de dependência energética entre 2012 e 2016, em Portugal [6].	5
Figura 2.3- Evolução do consumo de energia primária em Portugal, entre 2012 e 2016 [6].	5
Figura 2.4- Contributo da Energia Renovável no Consumo de Energia Primária em 2016 [6].	6
Figura 2.5- Consumo de energia final por setor em 2016 [6].	6
Figura 4.1- Processo produtivo da RNM- Produtos Químicos, SA.	14
Figura 5.1- Custos associados a cada parcela da fatura elétrica ao longo do ano de 2017.	18
Figura 5.2- Comportamento da energia reativa, em kVAh, ao longo do ano de 2017.	19
Figura 5.3- Distribuição dos períodos de energia ativa, em kW, ao longo do ano de 2017.	19
Figura 5.4- Valores percentuais do consumo global de gasóleo e de eletricidade no ano de 2017.	22
Figura 5.5- Consumo global de gasóleo até agosto e entre o início de agosto e o final de dezembro (a partir de agosto).	22
Figura 5.6- Valores percentuais do gasóleo de aquecimento e do gasóleo utilizado nos empilhadores.	23
Figura 5.7- Compressor da marca Ingersoll Rand e secador e reservatório adjacentes.	24
Figura 5.8- Compressor da marca Bottarini e secador, montados em cima do reservatório.	25
Figura 5.9- Rede de ar comprimido atual.	26
Figura 5.10- Barómetro do compressor 1.	30
Figura 5.11- Montagem do analisador de energia num quadro elétrico na empresa.	31
Figura 5.12- Número total de horas do compressor 1 ao longo de quatro semanas.	32
Figura 5.13- Energia ativa consumida, em kWh, ao longo das quatro semanas em estudo.	32
Figura 5.14- Percentagem de cada período em cada uma das semanas dos ensaios.	33
Figura 5.15- Potência consumida pelo compressor no dia 13 da parte da manhã e na parte da tarde, num determinado período de tempo.	34
Figura 5.16- Potência consumida pelo compressor no dia 14 da parte da manhã e na parte da tarde, num determinado período de tempo.	34
Figura 5.17- Potência consumida pelo compressor no dia 21 da parte da manhã, num determinado período de tempo.	35
Figura 5.18- Potência consumida pelo compressor no dia 15 da parte da manhã e na parte da tarde, num determinado período de tempo.	35
Figura 6.1- Comportamento das várias classes de eficiência em função da potência do motor.	41
Figura 6.2- Comparação entre os custos atuais de energia elétrica com fornecimento em BTE em MU e simulação para mudança para MT em MU e LU.	44

Figura 6.3- Custos associados à energia reativa para um fornecimento em BTE e para um fornecimento em MT.	45
Figura 6.4- Ciclo semanal opcional para o período de hora legal de inverno. ...	46
Figura 6.5- Ciclo semanal em período de hora legal de inverno.	46
Figura 6.6- Ciclo diário transitório para um período de hora legal de inverno. .	47
Figura 6.7- Ciclo semanal em período de hora legal de verão.	47
Figura 6.8- Ciclo semanal opcional em período de hora legal de verão.	48
Figura 6.9- Ciclo diário transitório em período de hora legal de verão.	48
Figura 6.10- Número de horas em HP, em HC, em HV e em HSV para os diferentes ciclos horários.	49
Figura 6.11- Número de horas em HP, em HC, em HV e em HSV para os diferentes ciclos horários.	50
Figura 6.12- Valores percentuais das quantidades de produto produzido pela RNM- Produtos Químicos, SA e pela T.C.C- Tuebingen Chemical Company, SA, no ano de 2017.	52
Figura 6.13- Comparação da percentagem do consumo de eletricidade mensal face ao anual com a percentagem da quantidade mensal face ao anual de produto produzido em 2017.	53
Figura 6.14- Peso das diferentes classes de produtos em termos percentuais, referentes ao ano de 2017.	54
Figura 6.15- Análise dos produtos que foram mais significativos em termos de quantidades no ano de 2017.	56
Figura 6.16- Quantidades dos subprodutos que pertencem à Soda Cáustica. .	57
Figura 6.17- Quantidades dos subprodutos que pertencem ao Ácido Nítrico. .	57
Figura 6.18- Quantidade dos subprodutos que pertencem à Água Oxigenada. .	58
Figura 6.19- Quantidades dos subprodutos que pertencem ao Produto I.	58
Figura 6.20- Quantidades dos subprodutos que pertencem ao Bissulfito de Sódio.	59
Figura 6.21- Quantidades dos subprodutos que pertencem ao Produto II.	59
Figura 6.22- Tempo de reação/transação para a Soda Cáustica.	62
Figura 6.23- Tempo de reação/transição da Água Oxigenada.	63
Figura 6.24- Tempo de reação/transação da Água Desmineralizada.	63
Figura 6.25- Consumo específico do ensaio da Soda Cáustica.	64
Figura 6.26- Consumo específico do ensaio da Água Oxigenada.	65
Figura 6.27- Consumo específico para o ensaio da Água Desmineralizada. ...	65
Figura 6.28- Custos associados às produções analisadas e possíveis reduções de custos.	66
Figura 6.29- Sugestão de nova rede de ar comprimido.	69
Figura 6.30- Custos de energia com o atual compressor, custos de energia com um novos compressor e redução de custos previstos.	74
Figura 6.31- Representação do custo total de energia atual das fugas, do custo total de energia caso houvesse uma redução de 10% das mesmas e respetiva diferença de custo.	77
Figura G.1- Preço da tubagem e dos diferentes acessórios.	134
Figura G.2- Preço de diferentes acessórios.	135
Figura G.3- Preços dos diferentes acessórios.	136

Índice de Tabelas

Tabela 5.1- Valores da potência contratada e da potência em horas de ponta, no ano 2017.....	20
Tabela 5.2- Valores dos consumos por mês da energia ativa, da energia reativa e da potência e o custo total de energia elétrica por mês para o ano de 2017.	21
Tabela 5.3- Dados dos compressores instalados na RNM-Produtos Químicos, SA.....	24
Tabela 5.4- Perdas de carga para o primeiro cenário.	28
Tabela 5.5- Perdas de carga associadas ao segundo cenário.....	28
Tabela 5.6- Perdas de carga associadas ao terceiro cenário.	28
Tabela 5.7- Perdas de carga associadas à tubagem representada a vermelho.	28
Tabela 5.8- Tempo de carga e de vazio em diferentes dias e em diferentes momentos do dia.	29
Tabela 5.9- Tempo de carga e de vazio quando está uma bomba pneumática em funcionamento e quando estão duas bombas pneumáticas em funcionamento.	30
Tabela 6.1- Valores dos diferentes tipos de energia reativa, em kVAh e o respetivo custo (€).	39
Tabela 6.2- Tipo de iluminação por cada zona da instalação e a respetiva potência.....	42
Tabela 6.3- Análise económica do retorno do investimento.....	51
Tabela 6.4- Produtos que são produzidos na empresa e que pertencem a cada classe.	55
Tabela 6.5- Resumo dos produtos/subprodutos que serão associados os respetivos consumos energéticos e classe à qual pertencem.....	60
Tabela 6.6- Locais onde os produtos são produzidos.....	61
Tabela 6.7- Diâmetros necessários da nova tubagem.	70
Tabela 6.8- Perdas de carga reais com a nova tubagem.....	70
Tabela 6.9- Custos associados à instalação da nova tubagem.	71
Tabela 6.10- Custos dos “acessórios” para a ligação da nova tubagem.	71
Tabela 6.11- marcas de diferentes orçamentos, as respetivas características e custo total associado a cada orçamento.	72
Tabela 6.12- Características do compressor da marca Comingerssol.	73
Tabela 6.13- Período de retorno calculado a partir do investimento e da redução de custos de energia elétrica num ano para cada proposta.	75
Tabela 7.1- Possíveis reduções, em termos percentuais, em relação aos custos de eletricidade em 2017.....	80
Tabela A.1- Exemplo de uma fatura elétrica do ano de 2017.	85
Tabela A.2- Valores de cada uma das parcelas das faturas elétricas do ano de 2017.	86
Tabela A.3- Valores da energia reativa indutiva, da energia reativa cobrada e da energia capacitiva e respetivos custos.....	86
Tabela A.4- Custos totais de cada uma das parcelas das faturas elétricas do ano de 2017.....	87
Tabela A.5- Tarifa em Vigor em 2017 pela CESSN.	88
Tabela A.6- Horário do ciclo diário.....	88
Tabela B.1- Quantidade de gasóleo necessária ao longo do ano de 2017.	89
Tabela B.2- Fatores de conversão disponíveis no Despacho N° 17313/2008 para a eletricidade e para o gasóleo.	89

Tabela B.3- Consumo de eletricidade e de gasóleo em tep ao longo do ano de 2017.	90
Tabela B.4- Número de horas de funcionamento dos empilhadores desde agosto até dezembro do ano de 2017.	90
Tabela B.5- Consumos específicos dos diferentes modelos de empilhadores existentes nas instalações.	91
Tabela B.6- Consumo de gasóleo desde agosto até dezembro de 2017.	91
Tabela C.1- Consumo de energia ao longo das 4 semanas do ensaio, respetivos períodos horários do dia e número total de horas de funcionamento do compressor. .	93
Tabela C.2- Valores da potência momentânea consumida do dia 13 da parte da manhã.	95
Tabela C.3- Valores da potência consumida momentaneamente registados no dia 13 da parte da tarde.	97
Tabela C.4- Valores da potência momentânea consumida lidos no dia 14 da parte da manhã.	100
Tabela C.5- Valores da potência momentânea consumida do dia 14 da parte da tarde.	103
Tabela C.6- Valores da potência momentânea consumida registados no dia 15 da parte da manhã.	106
Tabela C.7- Valores da potência momentânea consumida registados no dia 15 da parte da tarde.	109
Tabela C.8- Valores do registo da potência momentânea consumida no dia 21 da parte da manhã.	112
Tabela D.1- Valores do tempo de carga e do tempo de vazio do ensaio da determinação do caudal de fugas.	115
Tabela E.1- Tarifa Transitória de Venda a Clientes Finais em MT.	117
Tabela E.2- Simulação dos custos para um abastecimento em MT- MU de acordo com as tarifas apresentadas na tabela E.1 e com os consumos de energia do ano de 2017 que se encontram na tabela A.2 do Anexo A.2.	118
Tabela E.3- Simulação dos custos para um abastecimento em MT- LU de acordo com as tarifas que se encontram na tabela E.1 e dos consumos elétricos apresentados na Tabela A .2 do Anexo A.2.	119
Tabela E.4- Consumo de energia reativa no ano de 2017, respetivos custos nesse mesmo ano, e custos da simulação para um abastecimento em MT.	120
Tabela E.5- Períodos Horários do Ciclo Semanal.	121
Tabela E.6- Períodos horários do ciclo semanal opcional.	122
Tabela E.7- Períodos horários do ciclo diário transitório.	122
Tabela E.8- Total do número de horas em cada período horário para os diferentes ciclos.	123
Tabela E.9- Total do número de horas em cada período horário para os diferentes ciclos.	123
Tabela E.10- Orçamento de PT dado pela EFACEC e o que este inclui.	124
Tabela F.1- Quantidade total produzida, em toneladas, em cada mês pela RNM- Produtos Químicos, pela TCC- Tuebingen Chemical Company e pelo somatório das duas empresas.	125
Tabela F.2- Comparação dos valores do consumo de eletricidade e da quantidade de produções da RNM- Produtos Químicos no ano de 2017.	126
Tabela F.3- Quantidade total de cada uma das classes.	127
Tabela F.4- Quantidades dos produtos que foram inseridos em cada uma das classes.	128
Tabela F.5- Quantidades dos subprodutos que pertencem à Soda Cáustica.	129

Tabela F.6-Quantidades dos subprodutos que pertencem ao Ácido Nítrico ..	129
Tabela F.7- Quantidades dos subprodutos pertencentes à Água Oxigenada.	129
Tabela F.8- Quantidades dos subprodutos que pertencem ao Produto I.	129
Tabela F.9- Quantidades dos subprodutos do Bissulfito de Sódio.	130
Tabela F.10- Quantidades dos subprodutos do Produto II.	130
Tabela F.11- Tarifas aplicadas pela CESSN em 2018.	130
Tabela F.12- Valores dos tempos de reação/transição e dos consumos específicos da Água Oxigenada para os diferentes tipos de transição e os respetivos custos.	131
Tabela F.13- Valores dos tempos de reação/transição, dos consumos específicos e respetivos custos para os diferentes tipos de transições da Soda Cáustica.	132
Tabela F.14- Custos anuais para as transições dos diferentes produções e reduções de custos mínimas e máximas.	133
Tabela H.1- Consumos de energia em cada dia da semana durante o ensaio de quatro semanas.	137
Tabela H.2- Valores do consumo energético por período do dia e os respetivos custos.	138
Tabela H.3- Custos de energia para um mês em que vigore a hora legal de inverno.	140
Tabela H.4- Valores da redução dos consumos energéticos para a diferentes marcas em que foi possível realizar este cálculo.	142
Tabela H.5- Valores das simulações das reduções dos custos energéticos com a mudança de compressor.	143
Tabela H.6- Valores dos consumos de energia das fugas.	144
Tabela H.7- Custos dos consumos energéticos das fugas para um período de hora legal de verão.	145
Tabela H.8- Custos dos consumos de energia referentes às fugas num período de hora legal de inverno.	147
Tabela H.9- Valores dos consumos de energia para o novo caudal de fugas.	149
Tabela H.10- Custos dos consumos de energia para o novo caudal de fugas num período de hora legal de verão.	150
Tabela H.11- Custos dos consumos de energia para o novo caudal de fugas num período de hora legal de inverno.	152
Tabela H.12- Redução dos custos com a redução do caudal de fugas.	153

Nomenclatura

AT- Alta Tensão

BTE- Baixa Tensão Especial

BTN- Baixa Tensão Normal

BU- Baixas Utilizações

CESSN- Cooperativa Elétrica de S. Simão de Novais

CIE- Consumidora Intensiva de Energia

CML- Comercializador de Mercado Livre

CU- Curtas Utilizações

CUR- Comercializador de Último Recurso

DDC- Diagrama de Carga

DGEG- Direção Geral de Energia e Geologia

ERSE- Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos

FAD- Free Air Delivery

HC- Horas de Cheia

HP- Horas de Ponta

HSV- Horas de Super Vazio

HV- Horas de Vazio

IBC- Contentor Intermédio de mercadoria a Granel

ISEP- Instituto Superior de Engenharia do Porto

LU- Longas Utilizações

MAT- Muito Alta Tensão

ML- Mercado Livre

MR- Mercado Regulado

MT- Média Tensão

MU- Médias Utilizações

ONU- Organização das Nações Unidas

ORC´s- Oportunidades de Racionalização do Consumo

PNAC- Plano Nacional para as Alterações Climáticas

PNALE- Plano Nacional de Atribuição de Licenças de Emissão

PPR- Polipropileno- Random

PREn- Plano de Racionalização do Consumo de Energia

PT- Posto de Transformação

RGCE- Regulamento de Gestão dos Consumos de Energia

RNBC- Roteiro Nacional de Baixo Carbono

SGCIE- Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia

SPeM- Sistema Nacional para Políticas e Medidas

TEP- Toneladas Equivalentes de Petróleo

1. Introdução

1.1. Tema e Objetivos

A dissertação desenvolvida foi realizada em ambiente empresarial, mais especificamente na RNM- Produtos Químicos, SA. No âmbito do estudo do tema proposto pela empresa, a dissertação ocorreu entre fevereiro e agosto de 2018, em horário laboral (9h00 às 18h00).

O tema proposto foi a realização de uma auditoria energética a toda a empresa, com a finalidade de reduzir os custos energéticos e aumentar a eficiência energética.

No âmbito da concretização do tema proposto, inicialmente, foi realizado um estudo do processo produtivo da instalação e foi feito uma sondagem de todos os equipamentos consumidores de energia. De seguida, efetuou-se um estudo das faturas energéticas referentes ao ano 2017, fez-se o levantamento dos dados referentes às quantidades de produto produzido, foram efetuados os balanços energéticos e mássicos necessários e foram determinados os consumos específicos da instalação, de modo a que fossem por fim propostas medidas de melhoria para a redução dos custos em termos energéticos.

1.2. Apresentação da Empresa

A empresa surgiu em outubro de 1986, com a designação de “DROVILUSA”, com sede na Rua da Fábrica, Famalicão. Nesta fase, a empresa era constituída por uma sociedade comercial por quotas, estando dividida em quotas iguais pelos seus sócios. Os detentores da empresa eram então: as Drogas Vigo, SL; e Rosa Cardoso Cunha Pereira Machado, Ricardo Jorge Pereira Machado e Nuno Filipe Pereira Machado.

Em 2006 foi criada a empresa de Transporte Químicos de modo a acompanhar o crescimento da empresa, com o objetivo de melhorar os serviços prestados.

As quotas das Drogas Vigo foram compradas em 2009, passando a pertencer aos sócios Ricardo Jorge Pereira Machado e Nuno Filipe Pereira Machado. Com esta alteração a empresa mudou a sua designação para RNM- Produtos Químicos, Lda. Em resultado desta mudança foi criado o Grupo RNM: RNM- Produtos Químicos, Lda e RNM- Transportes Químicos, Lda.

Em 2014 surge a RNM Logística, Lda, com o fim de ampliar as suas valências ao nível da armazenagem e importação/exportação dos seus produtos e matérias-primas.

A empresa T.C.C- Tuebingen Chemical Company, SA, foi adquirida em 2015 pelo Grupo RNM. Com esta aquisição o Grupo alargou a resposta a nível da distribuição de produtos químicos de especialidade, mais propriamente para a indústria têxtil.

Em 2015, a RNM- Produtos Químicos, Lda e RNM- Transporte Químicos, Lda passam a RNM- Produtos Químicos, SA e RNM- Transporte Químicos, SA, alterando seu estatuto jurídico.

Atualmente, o Grupo RNM é constituído pelas as empresas RNM- Produtos Químicos, SA e RNM- Transporte Químicos, SA, RNM Logística, Lda e T.C.C- Tuebingen Chemical Company, SA.

Assim, o Grupo RNM assegura soluções integradas ao nível da produção, distribuição, logística e transporte de produtos químicos para os mais diversos setores da atividade, alcançando um espetro de opções transversais a todas as áreas industriais.

As instalações da RNM- Produtos Químicos, SA encontra-se dividida em diversos departamentos. A dissertação foi desenvolvida no departamento de Qualidade Ambiente e Segurança (QAS), com o auxílio dos departamentos de Produção e Manutenção.

1.3. Organização do Relatório

No capítulo 1 é feita uma pequena introdução onde é apresentado o tema proposto pela a empresa, e é dada uma breve explicação do que foi efetuado ao longo do trabalho. São também apresentados o local e um pouco da história da empresa e qual o mercado na qual atuam.

No capítulo 2 é descrito um pouco acerca da evolução do consumo da energia, quer a nível mundial, quer a nível nacional.

No capítulo 3 são abordados os conceitos básicos acerca de uma auditoria energética.

No capítulo 4 é apresentado o processo de produção, desde a receção das matérias-primas até à expedição do produto.

No capítulo 5 são apresentados todos os dados que foram recolhidos acerca dos consumos energéticos que a empresa tem, desde a eletricidade ao ar comprimido.

No capítulo 6 são apresentadas propostas de melhoria para a redução dos custos específicos em termos energéticos.

2. Energia

A energia é uma necessidade básica, necessária em diversas variantes, sendo um elemento preponderante na competitividade económica e no crescimento mundial [1].

Em Portugal o panorama foi de retrocesso em termos de consumos energéticos globais, em contraste com o que acontece mundialmente, e isto deve-se à crise económica que o país atravessa. Neste cenário, o combustível que continua a ser mais fornecido ao país é o petróleo, e este também contribui para as alterações climáticas do país [2].

Apesar deste retrocesso, que foi verificado entre 2000 e 2012, continua a haver uma enorme dependência energética do petróleo e do gás natural, sendo que em 2015 estava em 77,4%, que é superior à média europeia. Isto porque não existe produção nacional de fontes de energias fósseis que tem um grande peso no consumo energético do país. Assim, há uma elevada dependência energética e conseqüentemente um elevado número de importações de fontes de origem fóssil [3].

Deste modo, começaram a surgir problemas energéticos, pois estes recursos não são renováveis, tendo também começado a aparecer problemas ambientais em resultado das emissões gasosas provenientes deste tipo de combustíveis. E devido a estes dois fatores, entre outros, surgiu a necessidade de implementar medidas para mudar o rumo do consumo energético mundial. A dependência energética a nível mundial dos recursos primários encontra-se na figura 2.1[4].

Energia primária a nível Mundial – Fontes de energia a longo Prazo

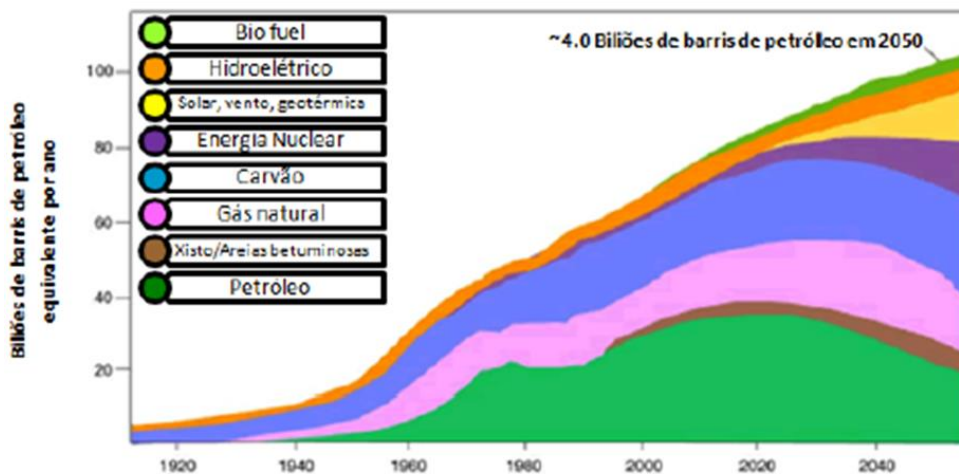


Figura 2.1- Dependência energética a nível mundial dos recursos primários [4].

A leitura do gráfico é feita pelas áreas das curvas. Para se ler a tendência do consumo do carvão, por exemplo em 2020, terá de se ler o topo da região azul e a base dessa mesma região, tendo um consumo de, aproximadamente, 10 bilhões de barris equivalentes de petróleo. Num outro exemplo, o petróleo começou a ser utilizado entre 1920 e 1940 e desde então que a sua utilização aumentou consideravelmente e virá a ter um pico de consumo entre 2010 e 2030 de, aproximadamente, 35 bilhões de barris equivalentes de petróleo

Pela análise do gráfico verifica-se que ainda nos dias de hoje há um grande consumo de combustíveis fósseis, o que justifica as alterações climáticas. E apesar de haver um notório aumento do consumo de energia desde cerca de 1960, estima-se que entre 2020 e 2040 haja um declínio visível do consumo de petróleo, que é um combustível fóssil ainda muito utilizado, e comece a haver uma maior procura de energias renováveis como é o caso do bio fuel, das energias hidroelétrica, solar, eólica e geotérmica.

Com todas as alterações climáticas que têm ocorrido nestes últimos anos, a ONU decidiu realizar a Primeira Conferência Mundial sobre o Homem e o Meio Ambiente em 1972, de modo a analisar as condições ambientais e encontrar soluções de modo a combater a tendência que se tem sentido. Nesta conferência reuniram-se 113 países e foi criado um importante documento sobre a preservação e uso dos recursos naturais.

Em 1992 é feita a Segunda Conferência sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento de modo a avaliar as iniciativas de cada país para a proteção ambiental desde 1972. O principal objetivo desta Conferência foi encontrar uma forma de lidar com o desenvolvimento socioeconómico e ao mesmo tempo conservar e proteger os ecossistemas.

Uma das principais alterações sentidas foi a redução da camada de ozono devido aos gases de efeito de estufa. Como tal, em resultado das duas Conferências que já tinham sido realizadas, em 1997 é então assinado o Protocolo de Quioto. Apesar de ter sido assinado em 1997, só entrou em vigor em 2005. Neste Protocolo foi imposto a redução das emissões de gases nos países industrializados entre 2008 e 2012. A meta a ser atingida era a redução de 5,2% relativamente aos níveis em 1990. Em relação aos países em desenvolvimento não foi imposta qualquer meta [5].

Conseguiu-se cumprir os objetivos nacionais em relação às alterações climáticas no âmbito do Protocolo de Quioto, tendo havido uma redução de 13% em relação a 1990, em 2012 [6]. Para isso baseou-se nos seguintes instrumentos fundamentais:

- Programa Nacional para as Alterações Climáticas (PNAC)
- Plano Nacional de Atribuição de Licenças de Emissão para o período 2008-2012 (PNALE II)
- Fundo Português de Carbono

Após 2012 também houve instrumentos determinados pelo Conselho de Ministros, nomeadamente:

- Roteiro Nacional de Baixo Carbono (RNBC)
- Programa Nacional para as Alterações Climáticas 2020/2030 (PNAC 2020/2030)
- Sistema Nacional para Políticas e Medidas (SPeM)

2.1. Caracterização Energética Nacional

Como Portugal é um país com um escasso recurso de fontes energéticas fósseis, nomeadamente, petróleo, gás natural e carvão, então, há uma elevada dependência energética do exterior destas fontes primárias de energia. Em 2016, as importações de energia primária estavam em 75%, tendo esta taxa diminuído em relação a 2012.

Contudo houve um pico em 2015, devido às importações de carvão e gás natural. Estes valores estão ilustrados na figura 2.2.

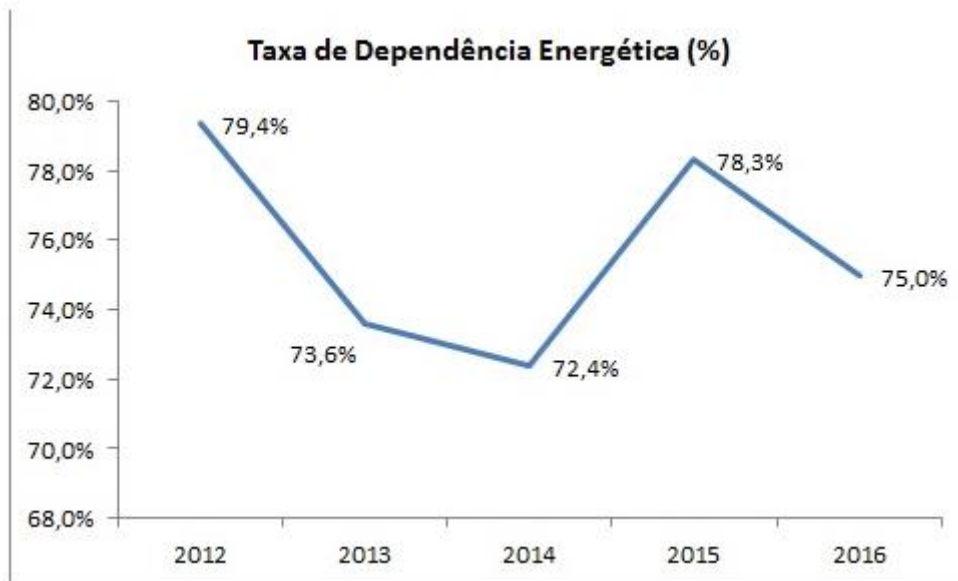


Figura 2.2- Taxa de dependência energética entre 2012 e 2016, em Portugal [6].

A figura 2.3 ilustra o consumo da energia primária, em Portugal, neste mesmo período.

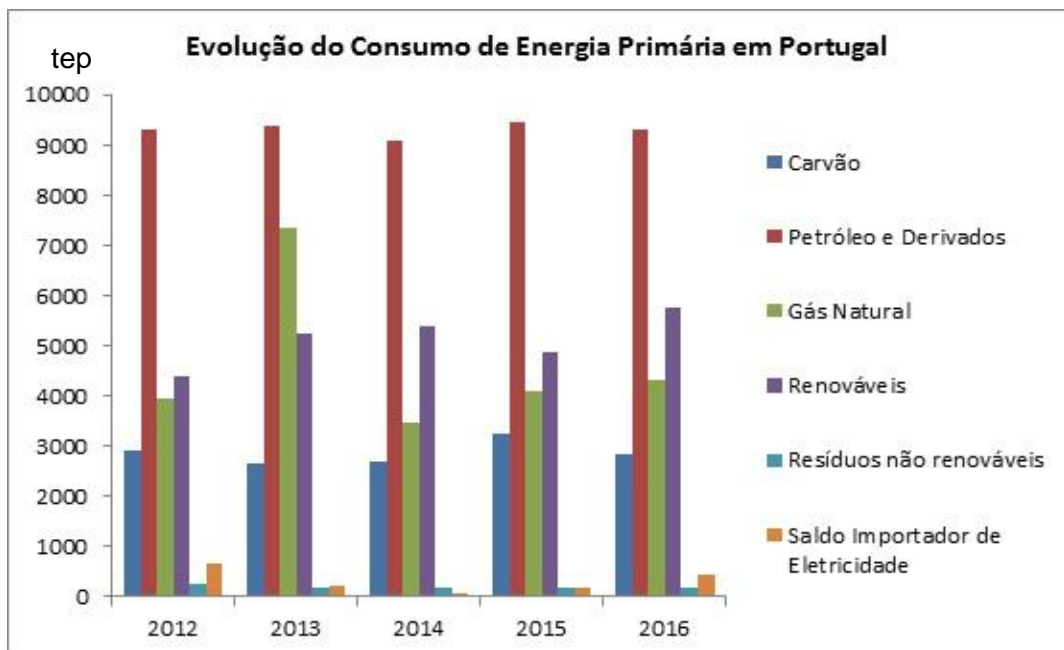


Figura 2.3- Evolução do consumo de energia primária em Portugal, entre 2012 e 2016 [6].

Tal como a figura indica não há uma variação da dependência energética relativamente ao petróleo, entre 2012 e 2016, representando 42,8% do consumo total de energia primária em 2016. Em relação ao gás natural este teve um peso de 19,8% no consumo total de energia primária no ano de 2016.

O contributo do consumo de carvão em 2016 foi de 13% em relação ao consumo total, mas prevê-se a redução deste bem primário para a produção de eletricidade, uma vez que esta fonte tem um elevado contributo nas emissões de gases de efeito de

estufa. Nestes últimos dois anos(2016 e 2017) houve um aumento do consumo do carvão, pois o custo desta fonte energética baixou nos mercados internacionais, assim como o custo das licenças de CO₂.

As energias renováveis contribuíram com 26,3% do consumo total de energias primárias, sendo este o valor mais elevado dos últimos quatro anos.

O contributo da fonte de energias renováveis no consumo de energia primária em 2016 encontra-se na figura 2.4.

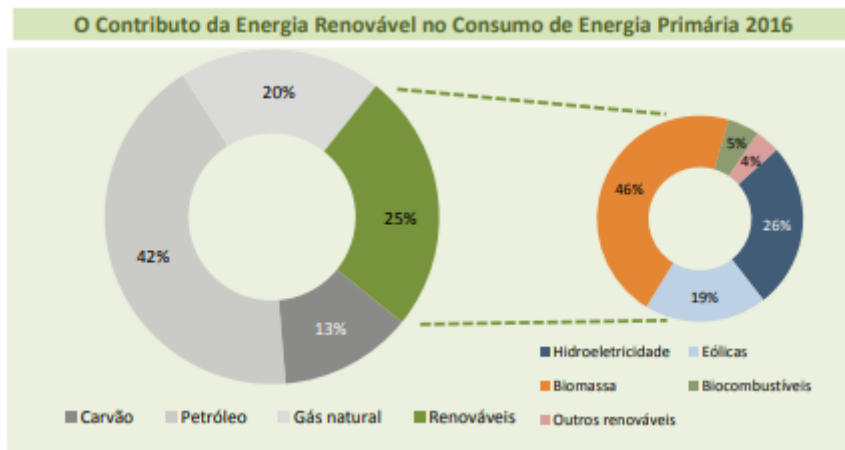


Figura 2.4- Contributo da Energia Renovável no Consumo de Energia Primária em 2016 [6].

Pela figura verifica-se que a fonte que mais contribui dentro das energias renováveis é a biomassa, seguida de hidroeletricidade e eólica, respetivamente.

Segundo a Direção Geral de Energia e Geologia (DGEG), em 2016, o consumo de Energia Final foi de 15.291 ktep, havendo uma redução de cerca de 0,4% em relação a 2015. Este consumo está dividido por setor na figura 2.5.

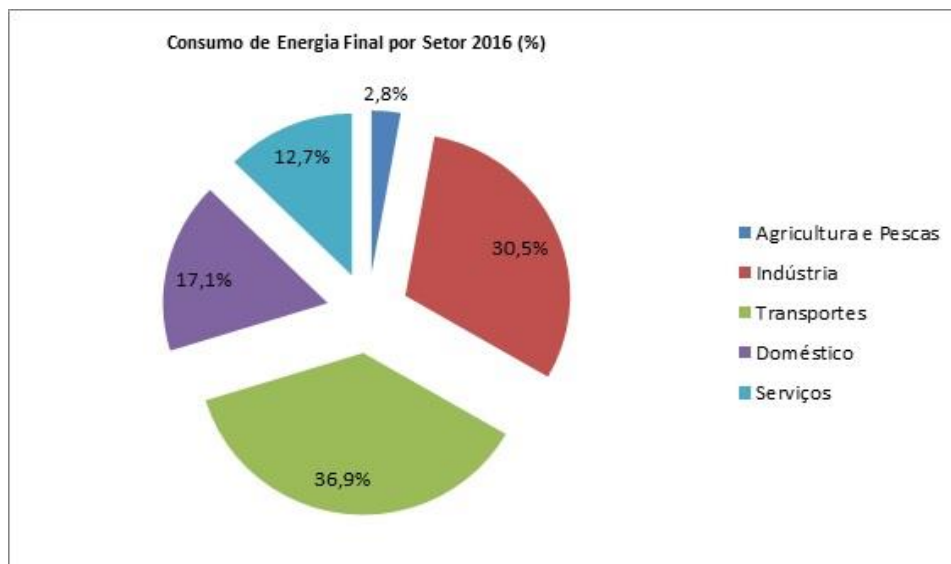


Figura 2.5- Consumo de energia final por setor em 2016 [6].

Verifica-se que os maiores consumidores de energia são os Transportes e Indústria, respetivamente, distanciando-se uma da outra em apenas 6,4% e tendo um peso total de 67,4%.

O grande consumo de energia por parte destas entidades deve-se ao desperdício de energia que ainda continua a existir e pela falta de eficiência dos equipamentos ou então da ausência de sensibilização junto dos utilizadores. O que leva a custos desnecessários tanto a nível de produção, como a nível de utilização. E isto é justificado pela falta de incentivos fiscais nas Pequenas e Médias Empresas, que constituem a maioria do mercado nacional.

2.2. Eficiência energética na Indústria

A eficiência energética consiste no uso adequado de energia, isto é, consumir a energia de uma maneira responsável, conforme as necessidades reais, para que não haja desperdícios da mesma, permitindo que os recursos sejam usados de forma eficiente [7].

As energias renováveis são fundamentais para o aumento sustentável da independência energética de um país e quanto a isso Portugal pelas características que possui tem bastante potencial neste tipo de energia, principalmente na energia eólica e solar. Recorrer a este tipo de fonte de energia também tem por vantagem a criação de postos de trabalho, pois é necessário desenvolvimento tecnológico nesta área. Além disso isto permite uma maior possibilidade do cumprimento das metas de descarbonização e de eficiência energética.

Para que haja o aumento da eficiência energética na Indústria Transformadora é preciso que surja por parte destas entidades uma atitude diferente, ou seja, tem de haver uma atitude pró-ativa para uma adequação dos seus equipamentos e processos a novas tecnologias que estão atualmente disponíveis.

3. Auditorias Energéticas

Existem vários tipos de auditorias energéticas, nomeadamente, auditorias industriais, auditorias a edifícios e auditorias a frotas de transporte. Neste caso irá ser abordado uma auditoria energética industrial [8].

As auditorias energéticas industriais estão regidas pelo Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia (SGCIE). Este Sistema é aplicado em indústria Consumidoras Intensivas de Energia (CIE), isto é, são instalações que têm um consumo anual superior a 500 tep, tendo estes resultado da revisão do Regulamento de Gestão dos Consumos de Energia (RGCE).

As instalações que sejam consideradas CIE terão de realizar, periodicamente, auditorias energéticas que incidam sobre as condições de utilização de energia e promovam o aumento da eficiência energética, incluindo a utilização de fontes de energias renováveis.

Uma auditoria energética permite perceber de que forma a energia está a ser utilizada, gerindo-a da melhor maneira possível. Para isso, é necessário ter conhecimento dos consumos e contabiliza-los, com o intuito de identificar os principais equipamentos consumidores de energia e onde há desperdícios da mesma. Ao realizar-se uma auditoria energética é possível também tomar medidas com viabilidade técnico-económica para as anomalias detetadas de modo a reduzir os consumos energéticos necessários à sua atividade, sem afetar a sua produção.

Estas medidas, posteriormente, são integradas num plano estratégico que define quais as medidas a tomar e os objetivos anuais a alcançar, com o intuito de reduzir os consumos energéticos. O plano no qual estas medidas têm de estar inseridas é designado de Plano de Racionalização do Consumo de Energia (PREn).

Segundo o Despacho 17449/2008, os objetivos de uma auditoria energética são:

- ❖ Quantificar os consumos energéticos (por instalação global e principais secções e ou equipamentos) e a sua importância no custo final do(s) produto(s);
- ❖ Efetuar uma inspeção visual dos equipamentos e ou sistemas consumidores de energia, complementada pelas medições necessárias;
- ❖ Esclarecer como é transformada a energia e quais os seus custos;
- ❖ Efetuar um levantamento e caracterização detalhados dos principais equipamentos consumidores de energia, sobretudo com maior peso em termos de potência instalada, quer elétrica, quer térmica;
- ❖ Obter diagramas de carga (DDC) elétricos dos sistemas considerados grandes consumidores de eletricidade;
- ❖ Determinar a eficiência energética de geradores de energia térmica eventualmente existentes, pelos métodos das perdas ou direto;
- ❖ Verificar o estado das instalações de transporte e distribuição de energia;
- ❖ Verificar a existência do bom funcionamento dos aparelhos de controlo e regulação do equipamento de conversão e utilização de energia;
- ❖ Realizar balanços de massa e energia aos principais equipamentos consumidores de energia térmica;
- ❖ Determinar consumos específicos de energia durante o período de realização da auditoria, para posterior comparação com os valores médios mensais e anuais e deteção de eventuais variações sazonais;

- ❖ Determinar o quociente entre o consumo energético total e o valor acrescentado bruto (kgep/VAB) da atividade empresarial diretamente ligada à instalação consumidora intensiva de energia, bem como, o consumo específico de energia (kgep/unidade de produção);
- ❖ Identificar e quantificar as possíveis áreas onde as economias de energia são viáveis, como resultado das situações encontradas/anomalias detetadas e medições efetuadas;
- ❖ Definir intervenções com viabilidade técnico -económica, conducentes ao aumento da eficiência energética e ou à redução da fatura energética;
- ❖ Definir as linhas orientadoras para a implementação ou melhoria de um esquema operacional de Gestão de Energia.

Para se proceder a uma auditoria energética, inicialmente, deve-se definir a uma metodologia de atuação, para se ter o melhor conhecimento possível acerca da instalação de forma a detetar, quantificar e tentar corrigir as perdas existentes de energia. Com o intuito de facilitar este processo existem as seguintes fases pelas quais uma auditoria se deve seguir.



Preparação da Intervenção

Nesta fase inicial terá de fazer-se uma primeira abordagem do processo produtivo e energético da empresa, terá de definir-se uma matriz de atuação e terá de recolher-se informação relativa às tecnologias disponíveis no mercado e os respetivos custos.

Intervenção no Local

Nesta etapa vai-se caracterizar a empresa energeticamente, fazer a análise do processo produtivo e fazer-se medições e registos.

Na caracterização energética tem de efetuar-se a quantificação da produção, quer a nível de quantidades, quer a nível de custos com o objetivo de obter consumos específicos. Também se deverão quantificar as utilizações de energia por tipo de combustível, os consumos energéticos totais e desagregados, as faturas energéticas e deverá executar-se uma análise de custos.

Na análise do processo produtivo terão de se definir os fluxogramas do processo e analisar os fluxos energéticos.

As medições e os registos efetuados são com vista a auxiliar na determinação dos balanços energéticos, dos rendimentos, do diagrama global da instalação e os indicadores de consumo específico.

Tratamento da Informação

Após a recolha de toda a informação necessária ter-se-ão de tratar todos os dados. É nesta fase que se irão determinar os Indicadores, mais propriamente, o Consumo Específico de Energia, a Intensidade Energética e a Intensidade Carbónica. Irá determinar-se também os balanços energéticos e mássicos, o diagrama de carga global e dos principais setores. Os consumos têm que ser desagregados por setor. Têm de se identificar as Oportunidades de Racionalização do Consumo (ORC's) e avaliar-se a viabilidade técnica e económica das mesmas.

Elaboração do Relatório da Auditoria Energética

Por fim, tem de se compilar toda a informação num relatório. Este deverá conter a seguinte informação:

- ♦ Informação básica sobre a instalação
- ♦ Caracterização energética da instalação
- ♦ Consumos e custos de energia (últimos 12 meses)
- ♦ Consumos específicos de energia mensais (últimos 12 meses)
- ♦ Distribuição dos consumos energéticos por sector produtivo e serviços auxiliares
- ♦ Análise de alguns equipamentos produtivos
- ♦ Serviços auxiliares
- ♦ Gestão de energia
- ♦ Resumo das potenciais economias
- ♦ Conclusões

4. Caracterização da Unidade Industrial

Nas diferentes indústrias há diferentes equipamentos associados de modo a dar resposta aos respetivos processos produtivos. Como tal, numa auditoria, um dos primeiros desafios que o auditor atravessa é inteirar-se dos equipamentos existentes e de que modo eles integram o processo produtivo.

Por isso, neste capítulo serão abordadas as diferentes etapas do processo da RNM-Produtos Químicos, SA, e quais os equipamentos associados a cada uma dessas etapas.

A RNM- Produtos Químicos, SA situada na Carreira, freguesia de Famalicão, produz essencialmente produtos químicos intermédios que são utilizados por diversas indústrias. A empresa labora seis dias por semana durante 24h, sendo que o setor da produção opera por turnos de 8h e os setores de apoio à produção e os escritórios laboram das 9h às 18h30. Aos sábados apenas operam das 6h às 14h e os únicos setores ativos são o da produção e da manutenção.

Tal como referido existem diferentes setores, nomeadamente, o setor da produção, o setor da manutenção, e os escritórios. Nos escritórios estão inseridos diferentes departamentos, incluindo o laboratório.

A eletricidade é a principal fonte de energia nos diversos setores, tanto no setor da produção, como na manutenção e escritórios. A outra fonte de energia que permite o funcionamento dos empilhadores e das caldeiras de aquecimento/vaporização é o gasóleo.

O fluxograma do processo produtivo da RNM-Produtos Químicos, SA, encontra-se na figura 4.1.

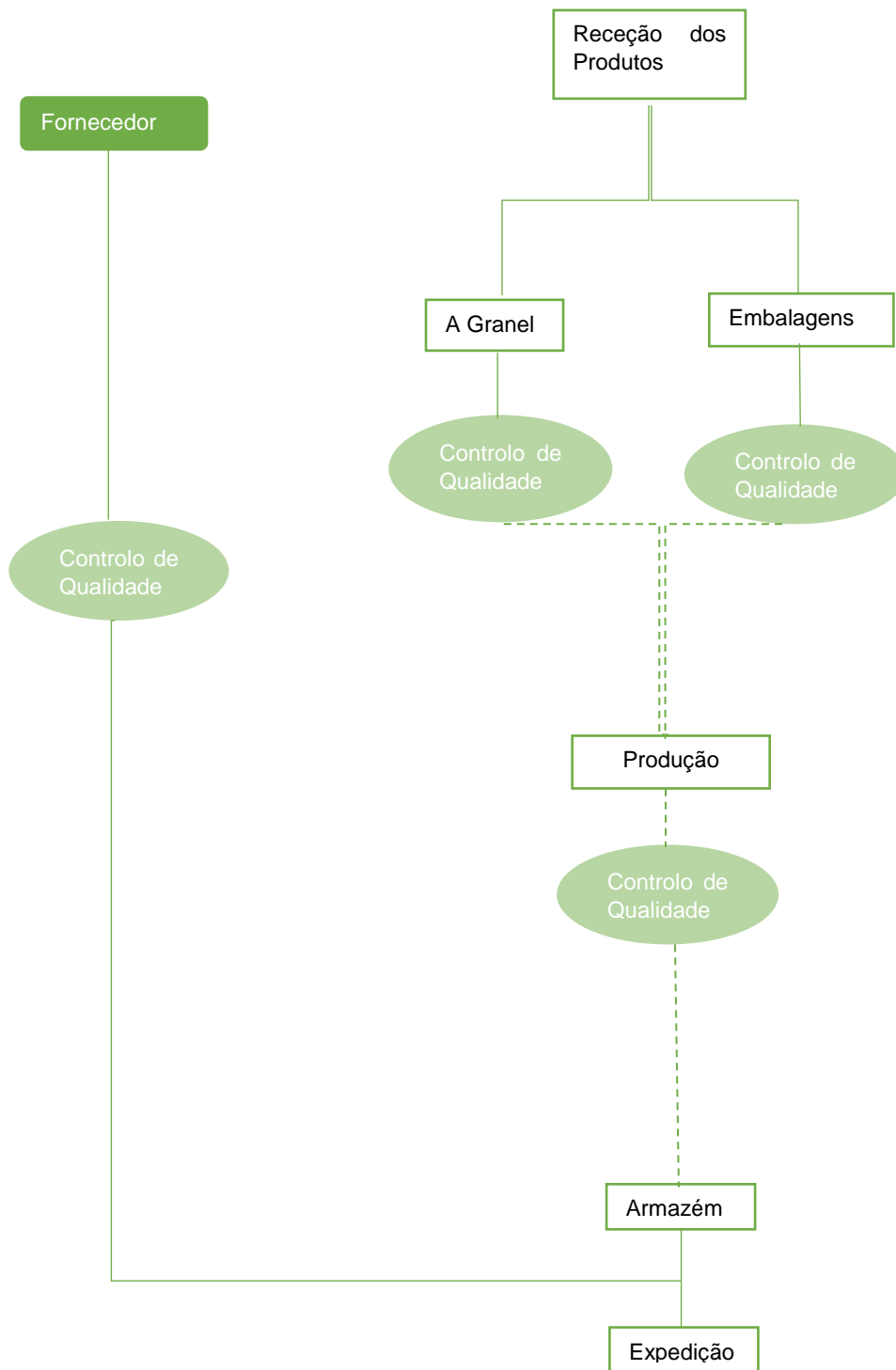


Figura 4.1- Processo produtivo da RNM- Produtos Químicos, SA.

Como se pode verificar na figura 4.1., a matéria-prima pode ser recebida de duas formas, a granel ou em embalagens, havendo controlo da mesma aquando da sua receção. Em seguida, quando as matérias-primas são recebidas em embalagens são armazenadas. Quanto às matérias-primas a granel, estas são enviadas para depósitos de modo a que posteriormente sejam diluídos ou encaminhados para reatores a fim de se obter novos produtos. Todos estes produtos são então armazenados ou nos depósitos ou em embalagens destinadas à expedição.

A todo este processo de receção de produto, a produção de novos produtos e armazenamento para posterior expedição, estão associados diferentes equipamentos.

Os principais equipamentos consumidores de energia estão ligados à rede elétrica, tal como já foi referido. Existem bombas pneumáticas e elétricas, para o auxílio do transporte dos fluidos. A ventilação existe em quase toda a instalação para a extração de gases. Os compressores que fazem parte da rede de ar comprimido alimentam tanto as bombas pneumáticas como as válvulas. Há misturadores associados aos reatores e também há misturadores mecânicos para agitação de pequenas quantidades de produto caso seja necessário. Existe também um equipamento de desmineralização de água, uma máquina de enchimento de produto, máquinas de paletizar e máquinas de pressão que são utilizadas para a lavagem interna dos Contentores para Mercadorias a Granel (IBC). Existem ainda outros pequenos equipamentos de auxílio à manutenção diária que não serão referidos, uma vez que são a minoria na fatura energética.

Dado que já foi efetuado a maioria da substituição das lâmpadas fluorescentes para lâmpadas de haletos metálicos e LED's, então a racionalização da iluminação depende da sensibilização da parte dos colaboradores. No que diz respeito ao consumo de eletricidade com o ar condicionado também está relacionado com a sensibilização dos colaboradores, além de que convém referir que não foi realizado nenhum estudo sobre este assunto.

5. Análise Energética

Neste capítulo serão evidenciados os dados recolhidos na instalação. Estes dados auxiliaram o conhecimento dos diferentes tipos de energia consumida, para que se possa ter noção a que pontos do processo produtivo há que dar mais atenção na auditoria.

Pelo levantamento energético verificou-se que as duas fontes de energia são a eletricidade e o gasóleo. Devido a uma análise prévia dos consumos energéticos da instalação, prevê-se que o equipamento que terá um consumo energético mais significativo será o compressor e, por isso, o consumo de ar comprimido será analisado à parte.

5.1. Eletricidade

Uma das melhores formas para conhecer o perfil elétrico de uma empresa é através das suas faturas elétricas. Por isso, foram recolhidas as faturas referente ao ano de 2017, que continham informações acerca dos consumos de energia ativa e reativa, bem como da potência consumida em horas de ponta e da potência contratada

A entidade responsável pelo fornecimento de energia elétrica à instalação é a Cooperativa Elétrica de S. Simão de Novais, C.R.L (CESSN). Este fornecimento é garantido através do abastecimento de Baixa Tensão Especial, em Médias Utilizações, com uma tarifa em Tetra-Horário. O Tetra-Horário está dividido em Horas de Ponta (HP), Horas de Cheia (HC), Horas de Vazio (HV) e Horas de Super Vazio (HSV), por ordem de custo.

No mês de janeiro e fevereiro a potência contratada era de 138 kVA e a partir de fevereiro, esta potência contratada foi aumentada para 345 kVA. Houve também uma alteração no horário laboral de setembro para outubro, até setembro o horário laboral na produção era das 6h até às 22h com 2 turnos, desde outubro que começou a existir um terceiro turno das 22h às 6h.

Pela análise das faturas elétricas é possível verificar-se que a parcela total se divide em energia ativa (kWh), em energia reativa (kVAh) e em potência (kW), sendo que esta última se divide em potência contratada e em potência em horas de ponta. Na Tabela A.1 do Anexo A.1 encontra-se um exemplo de uma fatura elétrica referente ao ano de 2017.

Na figura 5.1 é evidenciado os custos por cada parcela da fatura elétrica, ao longo do ano de 2017. Os valores destes custos encontram-se na tabela A.2 do Anexo A.1.

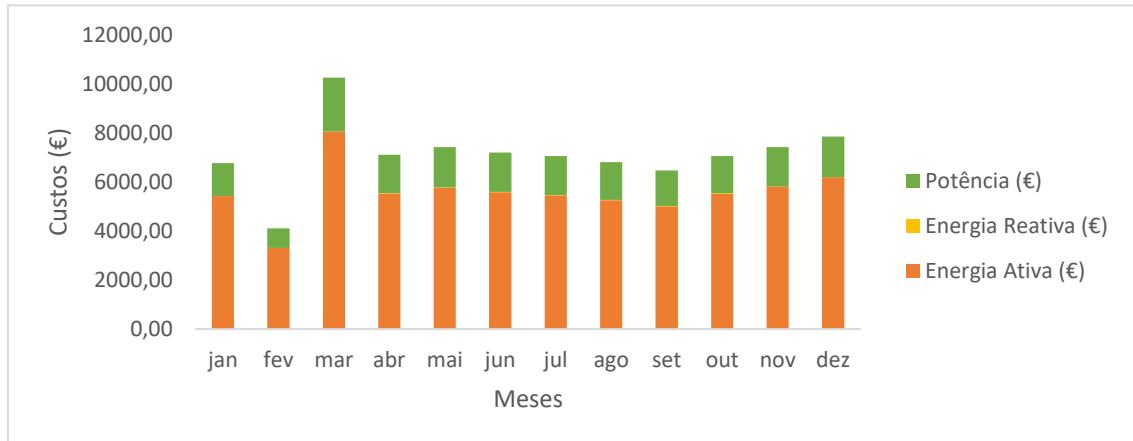


Figura 5.1- Custos associados a cada parcela da fatura elétrica ao longo do ano de 2017.

Verifica-se que em todos os meses há a faturação de energia reativa e isto acontece devido ao elevado número de motores elétricos existentes nas instalações. Estes, tal como os transformadores, necessitam de dois tipos de energia, a ativa e a reativa. A energia ativa é a aquela que efetivamente realiza trabalho, ou seja, no caso dos motores é aquela que é necessária para acionar o movimento de rotação. Já a energia reativa não realiza trabalho, apenas é utilizada para alimentar os circuitos magnéticos dos dispositivos elétricos que são necessários para o seu funcionamento [9]. Assim, este tipo de energia deverá ser “compensada” sob a forma de condensadores, isto vai ser discutido mais à frente na secção 6.1, mais propriamente, na “Bateria de Condensadores”.

Pelo gráfico verifica-se também que o mês em que há maior consumo de energia, tanto de energia ativa como de energia reativa, é em março.

A energia reativa divide-se em duas, a energia reativa indutiva e a energia reativa capacitiva. A energia reativa indutiva é aquela que é utilizada para magnetizar as bobinas dos equipamentos, já a energia reativa capacitiva é aquela que é devolvida à rede. No Despacho nº 7253/2010 encontra-se o regime jurídico aplicável à faturação deste tipo de energia, de modo a motivar alguns clientes à sua compensação. O Despacho indica que para a energia reativa não seja cobrada pelo fornecedor de energia é necessário que o fator de potência ($\cos \Phi$) seja superior a 0,93.

O comportamento da energia reativa está evidenciado na figura 5.2. Na tabela A.3 do Anexo A.1 encontram-se os valores deste comportamento.

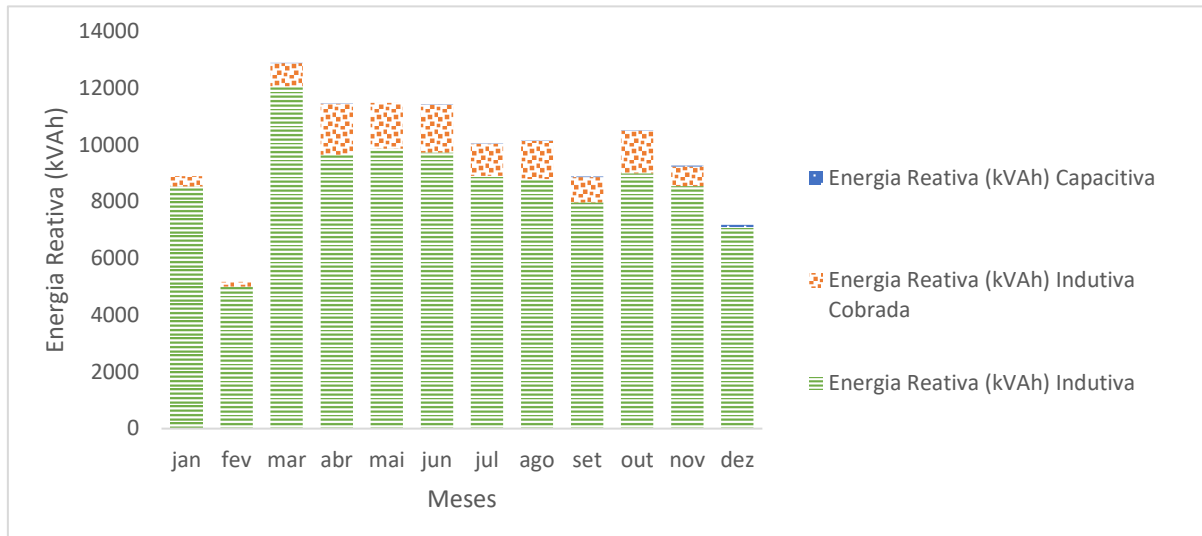


Figura 5.2- Comportamento da energia reativa, em kVAh, ao longo do ano de 2017.

O mês que teve o menor consumo de energia reativa foi o mês de fevereiro e ainda assim está acima dos 4000 kVAh. Desde março que houve um aumento da energia reativa indutiva cobrada, devendo-se ao facto de ter havido um aumento da potência contratada. O aumento da potência contratada leva a um aumento de energia que anda na rede, e se o aumento do consumo dos equipamentos não compensar este aumento na rede então, naturalmente, haverá um aumento de energia reativa indutiva.

No que diz respeito à energia ativa, esta está dividida em quatro períodos, nomeadamente, HP, HC, HV e HSV.

Na figura seguinte é mostrado a distribuição destes períodos ao longo do ano de 2017. Os valores do consumo de energia ativa em cada um dos períodos do dia encontram-se na tabela A.4 do Anexo A.1.

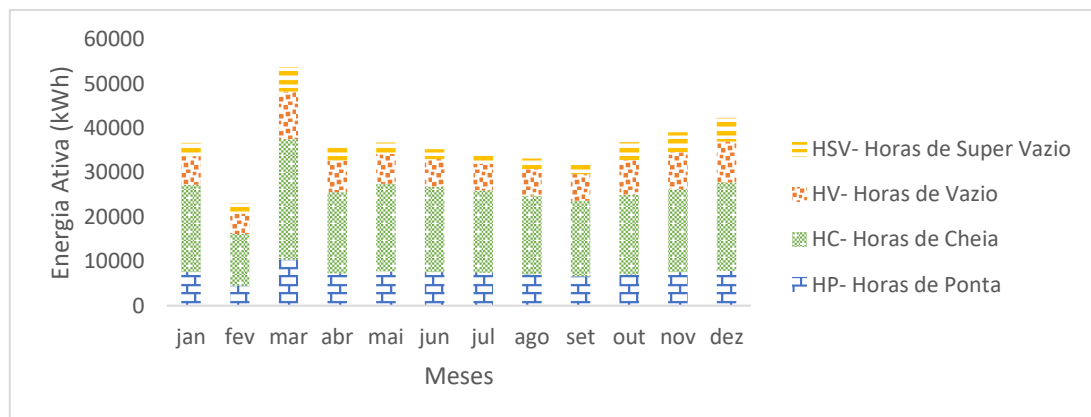


Figura 5.3- Distribuição dos períodos de energia ativa, em kWh, ao longo do ano de 2017.

Também nesta figura nota-se o aumento de potência contratada de fevereiro para março. Retirando o mês de março em que há um pico de todos os períodos, verifica-se que há um aumento do consumo de energia em HV e em HSV a partir do mês de outubro, devido ao acréscimo de um turno para laboração. No entanto, continua a haver um elevado consumo de energia ativa em HP e em HC, pois no terceiro turno adicional apenas se faz o enchimento de produto para armazenagem/expedição e a

carga e descarga de cisternas. Seria interessante a transição de algum processo produtivo para uma possível diminuição de consumo nos períodos de ponta e de cheia, que são mais dispendiosos. Este assunto será estudado de forma mais pormenorizada do ponto “Transição de Horários do Processo Produtivo” do subcapítulo 6.2.

No que diz respeito à potência esta divide-se em potência contratada e em potência em HP.

A potência contratada é aquela que é colocada à disposição do cliente por parte da entidade que está a fornecer energia elétrica, limitando assim o consumo instantâneo de energia. A potência em HP corresponde ao quociente mensal entre a energia ativa consumida em horas de ponta e o número de horas de ponta para o mesmo período.

Na tabela seguinte são apresentados os valores dos dois tipos de potência no ano de 2017.

Tabela 5.1- Valores da potência contratada e da potência em horas de ponta, no ano 2017.

Mês	Potência (kW)		
	Contratada	HP	Total (kW)
jan	138	61,02	199,02
fev	138	62,4	200,4
mar	345	63,12	408,12
abr	345	60,44	405,44
mai	345	62,23	407,23
jun	345	62,89	407,89
jul	345	59,74	404,74
ago	345	56,71	401,71
set	345	54,93	399,93
out	345	56,02	401,02
nov	345	62,63	407,63
dez	345	63,47	408,47

Na tabela 5.2 está os valores dos consumos por mês da energia ativa, da energia reativa e da potência e o custo total de energia elétrica por mês.

Tabela 5.2- Valores dos consumos por mês da energia ativa, da energia reativa e da potência e o custo total de energia elétrica por mês para o ano de 2017.

Valores da CESSN										
Mês	Energia Ativa (kWh)				Total E. Ativa (kWh)	Potência (kW)		Total Potência (kW)	Total E. Reativa (kVA)	Fatura (€)
	HP	HC	HV	HSV		Contratada	HP			
jan	7566	19656	6398	3084	36704	138	61,02	199,02	8889	6669,21
fev	4493	11632	4641	2265	23031	138	62,4	200,4	5170	4069,35
mar	10352	27134	10728	5578	53792	345	63,12	408,12	12881	9906,98
abr	7253	18304	7111	3340	36008	345	60,44	405,44	11450	6794,94
mai	7717	19746	6672	2646	36781	345	62,23	407,23	11477	7084,33
jun	7547	19291	6168	2237	35243	345	62,89	407,89	11404	6856,88
jul	7408	18510	6049	2321	34288	345	59,74	404,74	10035	6701,4
ago	7032	17779	5928	2443	33182	345	56,71	401,71	10137	6464,16
set	6592	17016	5980	2212	31800	345	54,93	399,93	8881	6158,76
out	6947	18014	7794	4056	36811	345	56,02	401,02	10502	6785,9
nov	7515	18678	8420	4452	39065	345	62,63	407,63	9265	7146,36
dez	7870	19870	9236	5342	42318	345	63,47	408,47	7181	7609,02
Total					439023			4451,6	117272	82247,29

Os custos totais em relação ao ano de 2017 foram de 82247,29€.

5.2. Gasóleo

Além da energia elétrica, normalmente, uma indústria também tem custos associados a energia térmica, uma vez que na maioria das indústrias é necessário o aquecimento e/ou vaporização em diferentes processos. Este aquecimento/vaporização pode ser efetuado de diferentes maneiras, mas, normalmente, a forma mais económica de o fazer é através do vapor ou água quente.

Esta utilidade é obtida através de caldeiras de aquecimento, através da queima de um combustível sob pressão. O combustível utilizado depende do tipo de queimador que está acoplado ao gerador de vapor. Neste caso, o combustível utilizado é gasóleo.

Nesta empresa este combustível é necessário não só para as caldeiras de aquecimento, mas também para os empilhadores. No entanto, para as caldeiras de aquecimento é utilizado gasóleo de aquecimento, enquanto que para os empilhadores é utilizado gasóleo normal.

O consumo do gásóleo face ao consumo de eletricidade em 2017 é mostrado na figura 5.4. O exemplo de cálculo da percentagem do consumo de eletricidade face à percentagem do consumo de gásóleo encontra-se no Anexo B.

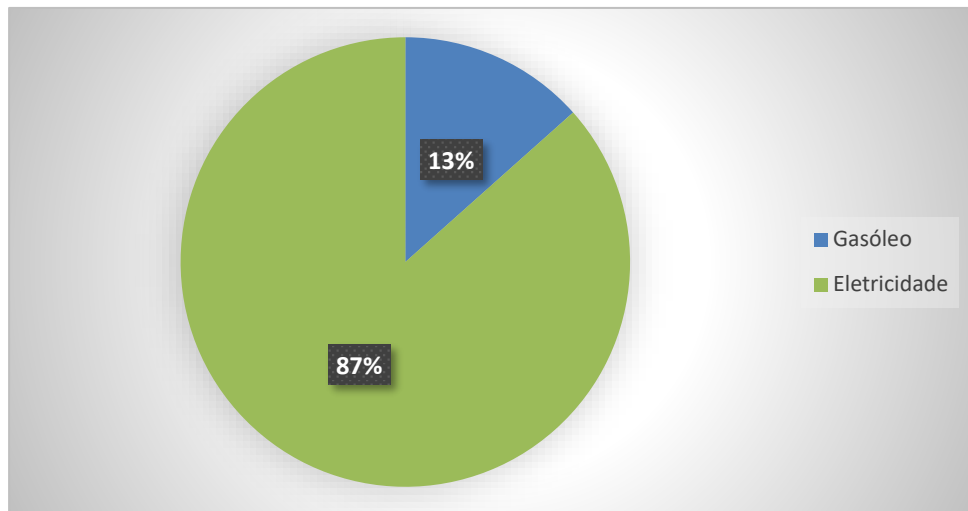


Figura 5.4- Valores percentuais do consumo global de gásóleo e de eletricidade no ano de 2017.

Como é possível concluir pela análise da figura o consumo de energia elétrica é predominante em relação ao consumo de energia térmica, como seria de esperar uma vez que há um maior número de equipamentos elétricos do que térmicos.

Nesta representação, a energia térmica engloba o consumo de gásóleo de aquecimento e de gásóleo normal. Para uma melhor análise do consumo de cada um dos tipos de gásóleo foi determinado o consumo por parte dos empilhadores, uma vez que não existe qualquer tipo de registo do consumo de gásóleo nas caldeiras.

A energia consumida pelos empilhadores não era contabilizada pelo que foi necessário realizar o registo manual das horas de funcionamento dos mesmos. Este registo só foi efetuado a partir de agosto do ano de 2017 e, por isso mesmo, só foi possível determinar o consumo de gásóleo normal a partir de agosto.

Para isso, inicialmente dividiu-se os 13% referente ao consumo total de gásóleo no que foi consumido até agosto e no que foi consumido do início de agosto até ao final de dezembro de 2017, obtendo-se a figura 5.5.

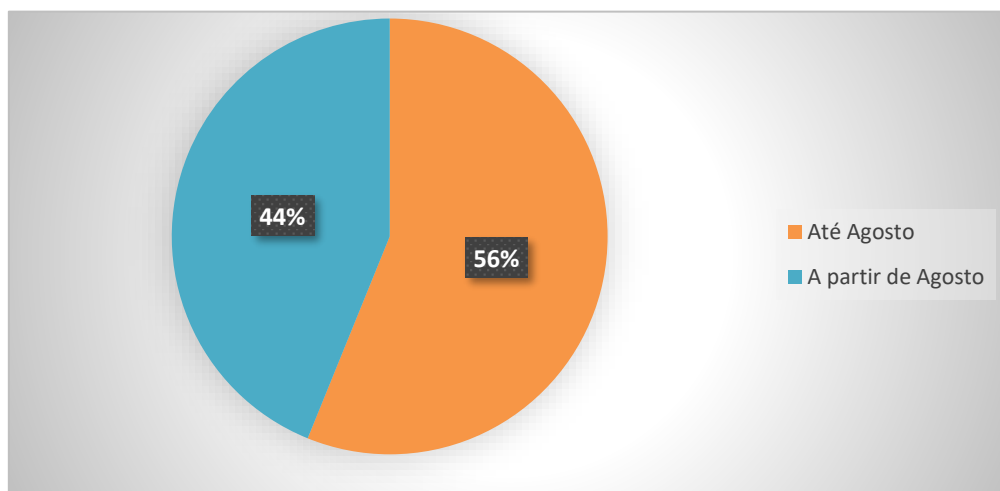


Figura 5.5- Consumo global de gásóleo até agosto e entre o início de agosto e o final de dezembro (a partir de agosto).

O consumo de gasóleo a partir de agosto representa 44% em relação ao consumo anual. Como este valor ainda é significativo e como há o registo do número de horas de funcionamento dos empilhadores a partir de agosto, então foi possível determinar destes 44% quanto correspondia ao gasóleo de aquecimento e quanto correspondia ao gasóleo normal. Estes valores estão apresentados na figura 5.6. O exemplo de cálculo para a determinação da percentagem que corresponde ao gasóleo de aquecimento e da percentagem que corresponde ao gasóleo normal encontra-se no Anexo B.

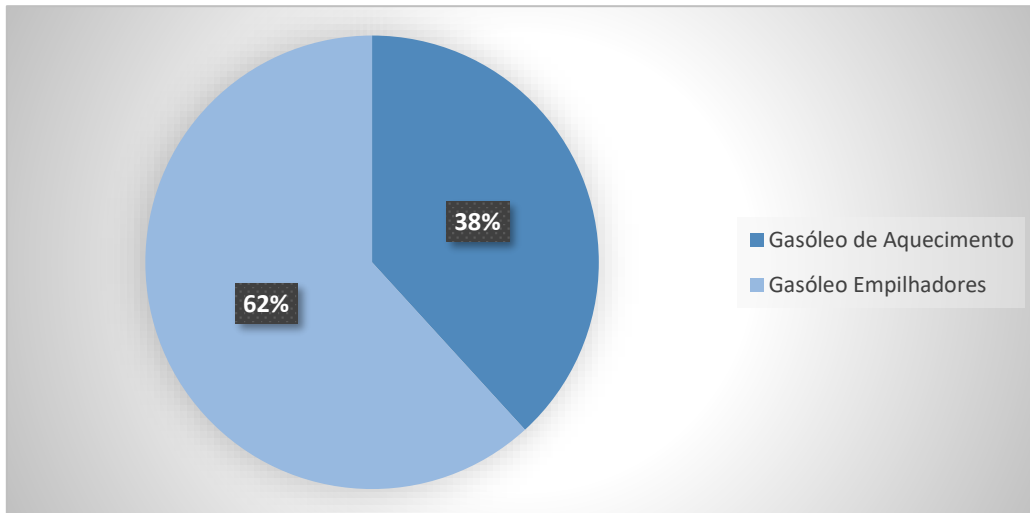


Figura 5.6- Valores percentuais do gasóleo de aquecimento e do gasóleo utilizado nos empilhadores.

O gasóleo de aquecimento tem um peso de 38%, enquanto que o gasóleo consumido pelos empilhadores tem um peso de 62%.

Apesar do consumo de global de gasóleo ser de 13% em relação ao consumo de eletricidade, tal como é ilustrado na figura 5.4, não é possível fazer a comparação dos custos associados a cada tipo de utilidade consumidora de gasóleo, uma vez que não há registo dos custos associados ao consumo de gasóleo. E, por isso, não foi realizado qualquer tipo de estudo acerca deste assunto.

Tal como é referido no Anexo B as diferentes formas de energia podem ser comparadas quando convertidas à mesma unidade de energia. Neste caso utilizou-se as Toneladas Equivalentes de Petróleo (TEP). Na tabela B.3 deste mesmo anexo é evidenciado que no ano de 2017 foi consumido 14,64 tep de gasóleo e 94,39 tep de eletricidade, o que perfaz um total de 109,03 tep de energia consumida. Conclui-se então que a empresa não é uma CIE, uma vez que segundo RGCE é necessário que o consumo esteja acima dos 500 tep para que uma empresa seja considerada uma CIE, tal como é referido anteriormente no Capítulo 3.

5.3. Ar Comprimido

Na Indústria Transformadora a forma de energia mais utilizada é a eletricidade, seguindo-se o ar comprimido. No entanto, o ar comprimido apesar de ser a segunda forma de energia mais utilizada, é a mais dispendiosa e também a que tem menos manutenção, fazendo com que seja deficientemente tratada [10].

A produção deste tipo de energia requer a utilização de compressores para a transformação de energia elétrica em energia mecânica. Em termos de custos, este processo representa cerca de 10% da energia elétrica consumida numa indústria [11].

Os motores elétricos são usados continuamente por questões de segurança e por questões económicas, embora nem sempre o compressor esteja a comprimir ar. Por isso, normalmente, o funcionamento do compressor é segundo um controlo de carga/vazio. O regime de vazio inicia quando a pressão máxima é atingida e permanece até que a pressão mínima seja atingida. Quando esta é atingida o compressor entra então num regime de carga. A potência exigida pelos dois regimes é completamente diferente, uma vez que em vazio o esforço é bem menor comparativamente a quando o compressor está em plena carga. Estima-se que num compressor novo o consumo de energia elétrica em vazio seja cerca de 20% do consumo de energia elétrica em plena carga, podendo atingir o dobro em compressores mais antigos.

Atualmente, na RNM- Produtos Químicos, SA a produção de ar comprimido é assegurada por dois compressores com capacidades diferentes. Ambos os compressores são do tipo rotativo de parafuso, ou seja, a compressão do ar é realizada por dois rotores que funcionam em sentidos opostos. As características dos compressores estão na tabela 5.3.

Tabela 5.3- Dados dos compressores instalados na RNM-Produtos Químicos, SA.

	Compressor 1	Compressor 2
Marca	<i>Ingersoll- Rand</i>	<i>Bottarini MK7</i>
Pressão Média de Débito de Ar (bar)	8	8
Caudal de ar comprimido (m³/min)	3	0,7
Potência nominal do motor (kW)	22	5,5

Além do equipamento de compressão cada um dos compressores tem ainda, posteriormente, um secador e um reservatório e é a partir de ambos os reservatórios que o ar comprimido é alimentado à rede, com a finalidade de alimentar os utilizadores de ar comprimido. Na imagem 5.7 encontra-se o compressor 1 e restantes equipamentos a ele adjacentes.



Figura 5.7- Compressor da marca Ingersoll Rand e secador e reservatório adjacentes.

Na imagem 5.8 encontra-se o compressor 2 e os restantes equipamentos acoplados.



Figura 5.8- Compressor da marca Bottarini e secador, montados em cima do reservatório.

Atualmente o consumo final de ar comprimido é feito por parte das válvulas de efeito simples e duplo efeito, por partes das bombas pneumáticas fixas e móveis e ainda pequenos equipamentos pneumáticos de oficina e de montagem.

A análise energética refere-se ao ano de 2017 e nesse ano a rede de ar comprimido foi sofrendo algumas alterações ao longo do ano.

No início do ano apenas estava a funcionar o compressor 2, uma vez que apenas existiam utilizadores de pequeno consumo como era o caso dos equipamentos pneumáticos da oficina e de montagem e pontualmente bombas pneumáticas móveis. Com a instalação de novos utilizadores e com um maior consumo foi necessário adquirir um compressor de maiores dimensões para se colmatar a falta de ar comprimido. Então em março de 2017 foi instalado o compressor 1, substituindo o compressor 2.

Como o compressor 1 tinha uma maior capacidade foi possível montar junto de cada reator uma bomba pneumática, e como em outubro de 2017 foi instalado um novo reator, então foi adicionada uma bomba pneumática, perfazendo um total de 4 bombas. Aquando da tentativa de funcionamento das diversas bombas verificou-se uma perda de rendimento, ou seja, seria necessário fornecer um maior caudal de ar comprimido. Por isso mesmo foi instalado junto dos reatores o compressor 2 e foi ligado à rede em fevereiro de 2018. Ainda assim continuam a surgir alguns problemas quanto ao caudal de ar comprimido que chega aos utilizadores, devido à rede de ar comprimido ser muito ramificada, e de modo a ajudar nisto, foi instalado um tubo que faz a ligação direta do compressor até junto das bombas pneumáticas fixas e junto das válvulas, também de forma a tentar tornar o circuito principal fechado.

A rede de ar comprimido principal encontra-se na figura 5.9, sendo que a preto se encontra a rede antes da colocação do tubo que liga diretamente aos principais utilizadores e a vermelho encontra-se essa mesma tubagem.

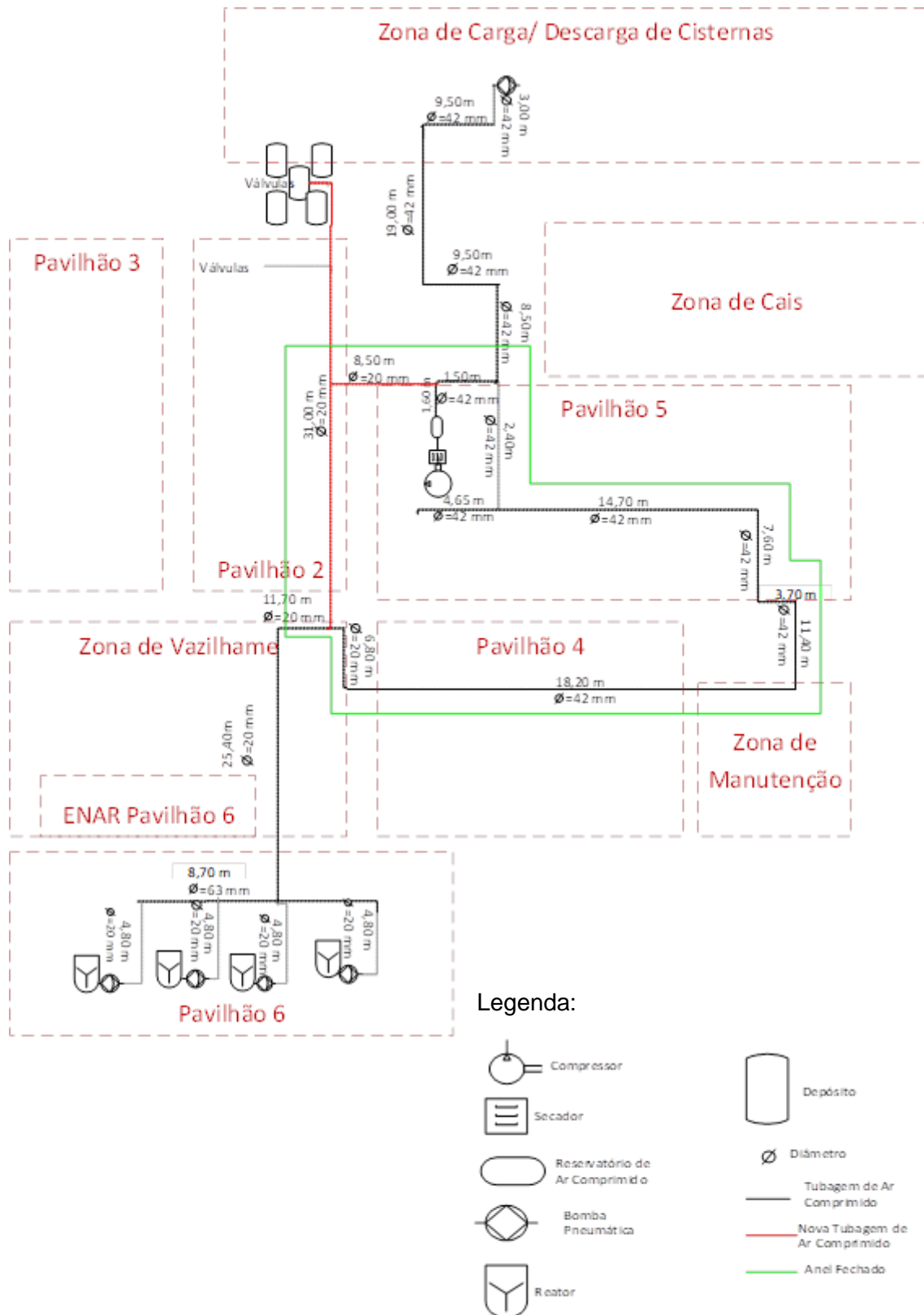


Figura 5.9- Rede de ar comprimido atual.

Tal como se pode verificar pela imagem além desta ser bastante ramificada, antes da colocação da tubagem que se encontra representada a vermelho, esta era em anel aberto o que por si só provoca maiores perdas de carga do que quando é uma rede de anel fechado. A maior perda de carga também é influenciada pelo diâmetro da tubagem, quanto maior é o diâmetro interno da tubagem menor é a perda de carga associada. Pela figura verifica-se que o diâmetro da tubagem utilizado é pequeno (20 mm), pelo que as perdas de carga associadas devem ser elevadas. Por este motivo foram determinadas as perdas de carga da instalação sem considerar a existência da tubagem representada a vermelho, mas com os consumos dos atuais utilizadores de ar comprimido.

Perdas de Carga

Para a determinação da perda de carga ao longo da tubagem considerou-se a equação 5.1 [10]:

$$\Delta p = \frac{8,2 \times 10^4 \times Q^{1,85} \times L}{P \times d^5} \quad (5.1)$$

Em que:

- ♦ Δp - Perda de carga admissível (bar)
- ♦ Q- Caudal (m^3_{FAD}/min)
- ♦ L- Comprimento equivalente da tubagem até ao ponto mais desfavorável (m)
- ♦ d- Diâmetro interno (mm)
- ♦ P- Pressão de trabalho (bar)

Como já foi referido, neste cálculo não foi considerado a tubagem representada a vermelho, mas foram considerados os atuais utilizadores de ar comprimido. Foram ainda estudados vários cenários, uma vez que não existem caudalímetros nem barómetros ao longo da tubagem, logo não foi possível ter conhecimento de como o ar comprimido se distribui ao longo da mesma. Apenas se sabe que a pressão de trabalho é de 6 bar junto das bombas pneumáticas fixas que estão acopladas aos reatores e que é de 4 bar junto das válvulas que se encontram próximo dos depósitos.

O primeiro cenário foi considerar que o ar comprimido que sai do reservatório é distribuído pela rede uniformemente, ou seja, o caudal de ar comprimido divide-se igualmente a cada derivação da tubagem. Este cenário encontra-se na tabela 5.4, tendo em conta as pressões de trabalho acima referidas.

Tabela 5.4- Perdas de carga para o primeiro cenário.

D_i (mm)	L (m)	Q (m^3_{FAD}/min)	Δp (bar)
11,6	3,10	3,0	1,12
	49,5	1,5	13,4
	2,40		0,43
	4,65	0,75	0,42
	65,1		5,88
13,2	41,1	0,75	1,94
42,0	2,80	0,75	0,000406

Num segundo cenário considerou-se que não havia qualquer tipo de consumo dos utilizadores, exceto por parte das bombas pneumáticas que estão acopladas aos reatores. As perdas de carga associadas a este cenário encontram-se na tabela 5.5.

Tabela 5.5- Perdas de carga associadas ao segundo cenário.

D_i (mm)	L (m)	Q (m^3_{FAD}/min)	Δp (bar)
11,6	89,6	3,0	44,5
13,2	41,1		10,7
42,0	11,5		0,00918
20,0	4,80		0,156

Num terceiro cenário foi considerado que não haveria qualquer tipo de consumo dos utilizadores, exceto por parte das válvulas que estão próximo dos depósitos. As perdas de carga associadas a este terceiro cenário encontram-se na tabela 5.6.

Tabela 5.6- Perdas de carga associadas ao terceiro cenário.

D_i (mm)	L (m)	Q (m^3_{FAD}/min)	Δp (bar)
11,6	55,0	3,0	41,0

Como se pode verificar pelos três cenários acima apresentados as perdas de carga são demasiado elevadas. Se estas fossem reais não chegaria nenhum ar comprimido aos utilizadores. Foi por este mesmo motivo que foi adicionada a tubagem representada a vermelho, de modo a minimizar as perdas de carga e consequentemente, poder-se operar com os utilizadores com rendimentos mais elevados. As perdas de carga associadas a esta nova tubagem encontram-se na tabela 5.7.

Tabela 5.7- Perdas de carga associadas à tubagem representada a vermelho.

D_i (mm)	L (m)	Q (m^3_{FAD}/min)	Δp (bar)
20,0	73,8	3,0	2,41

Pela tabela pode-se concluir que a perda de carga associada a esta tubagem é muito menor em relação aos três cenários apresentados anteriormente. A perda de

carga máxima admitida na rede principal é de 0,1 bar e sendo esta a rede principal a perda de carga é 24 vezes superior à perda de carga máxima admissível. Logo, apesar de ter havido uma redução drástica da perda de carga com a instalação da tubagem a vermelho, este valor continua a ser muito elevado e, por isso, seria benéfico procurar alterar um pouco a rede principal. A possibilidade desta mesma alteração será abordada no subcapítulo 6.2 “Redução das Perdas de Carga na Tubagem”.

Controlo Carga/Vazio

Como em 9 dos 12 meses do ano de 2017 apenas esteve em funcionamento o compressor 1, então apenas foi estudado o comportamento deste mesmo compressor. Como já foi referido acima normalmente o controlo do compressor é feito em carga/vazio e este compressor segue este comportamento. Por isso mesmo, inicialmente, foi determinado o tempo que o compressor 1 passava em carga e o tempo que o compressor 1 passava em vazio. Esta determinação foi realizada em diferentes dias e em diferentes momentos do dia.

O tempo de carga e de vazio do compressor 1 para os diferentes dias encontra-se na tabela 5.8.

Tabela 5.8- Tempo de carga e de vazio em diferentes dias e em diferentes momentos do dia.

Dia	Horas	Ensaio 1		Ensaio 2		Ensaio 3		\bar{t}_c (s)	\bar{t}_v (s)	\bar{t}_t (s)
		t_c (s)	t_v (s)	t_c (s)	t_v (s)	t_c (s)	t_v (s)			
02/mai	16h	8	7	9	7			8,5	7	15,5
	10h	7	10	7	12			7	11	18
03/mai	13h	7	7	6	23	7	11	6,7	13,7	20,33
	16h	8	7	11	13	9	12	9,3	10,7	19,99
15/mai	10h	5	8	6	8	5	9	5,3	8,3	13,66
	13h	5	68	5	59	5	97	5	74,7	79,67
	16h	5	79	6	91	5	67	5,3	79	84,33

Com estes ensaios conclui-se que o comportamento do compressor varia conforme as necessidades de ar comprimido, ou seja, quanto maior o número de utilizadores a funcionar ao mesmo tempo, maior o consumo de ar comprimido e por isso, menor o tempo de vazio e maior o número de ciclos, tal como seria de esperar.

Sabe-se que os utilizadores que têm um maior consumo de ar comprimido são as bombas pneumáticas que estão acopladas aos reatores e que o número de bombas pneumáticas que podem entrar em funcionamento ao mesmo tempo sem perda de rendimento do compressor são apenas duas. Com isto foi então determinado o tempo de carga e de vazio quando está a funcionar apenas uma bomba pneumática e quando estão a funcionar duas bombas pneumáticas em simultâneo. Juntamente com o consumo por parte das bombas pneumáticas houve também o consumo pontual por parte de outros utilizadores.

O tempo de carga e de vazio para este ensaio em específico está na tabela 5.9.

Tabela 5.9- Tempo de carga e de vazio quando está uma bomba pneumática em funcionamento e quando estão duas bombas pneumáticas em funcionamento.

	Ensaio 1		Ensaio 2		Ensaio 3		Ensaio 4		Ensaio 5		Ensaio 6		\bar{t}_c	\bar{t}_v	\bar{t}_t
	t_c	t_v	t_c	t_v	t_c	t_v	t_c	t_v	t_c	t_v	t_c	t_v			
C/ 1 Bomba	6	12	7	12	7	11	6	8	6	11	7	13	6,5	11,2	17,7
C/ 2 Bombas	7	10	7	10	8	12	8	6	9	10			7,8	9,6	17,4

Como se pode verificar o tempo médio total é ligeiramente mais baixo quando estão em funcionamento as duas bombas pneumáticas, o que já era esperado uma vez que quando estão as duas bombas pneumáticas a funcionar ao mesmo tempo o consumo é superior. Também se verifica que o tempo total deste ensaio é semelhante ao tempo total dos ensaios que foram realizados no dia 2 de maio, no dia 3 de maio e no dia 15 de maio durante a manhã, o que indica que provavelmente nestes dias aquando dos ensaios as bombas pneumáticas deveriam estar em funcionamento.

Observa-se ainda que há momentos que o tempo total nos ensaios realizados nos dias 2,3 e 15 de maio é menor do que o tempo total nos ensaios realizados com as bombas pneumáticas em funcionamento, provavelmente porque estariam mais utilizadores a consumir ar comprimido no momento em que se realizou os primeiros ensaios.

Consumos Energéticos

O comportamento de um compressor, normalmente, é dado por um gráfico com a variação da pressão em função do tempo. Neste caso o gráfico que representa o comportamento do compressor é dado pela potência consumida em kW em função do tempo, uma vez que o compressor não faz a monitorização da variação da pressão, nem é feita qualquer monitorização da pressão exteriormente.

Apenas há um barómetro que indica a variação da pressão, tal como se pode ver pela figura 5.10.



Figura 5.10- Barómetro do compressor 1.

Para a determinação da potência consumida por parte do compressor foi utilizado um analisador de energia. Os analisadores de energia são equipamentos que possuem três pinças amperimétricas e entre três a quatro cabos medidores de tensão que permitem fazer leituras por fase, ou entre fases, do valor da tensão, corrente, potência, fator de potência, energia, entre outros, dependendo do equipamento. A medição da corrente é feita pela colocação do instrumento num local fixo sem a interrupção do circuito elétrico. O analisador de energia utilizado foi disponibilizado pelo Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP) e é da marca *Janitza*, modelo 96S. Na figura 5.11 é ilustrado o analisador de energia num quadro elétrico da empresa. Este equipamento mede todos os parâmetros acima referidos, fase a fase e a totalidade das três fases. O parâmetro que permitiu a análise do comportamento do compressor 1 foi a potência consumida (kW).

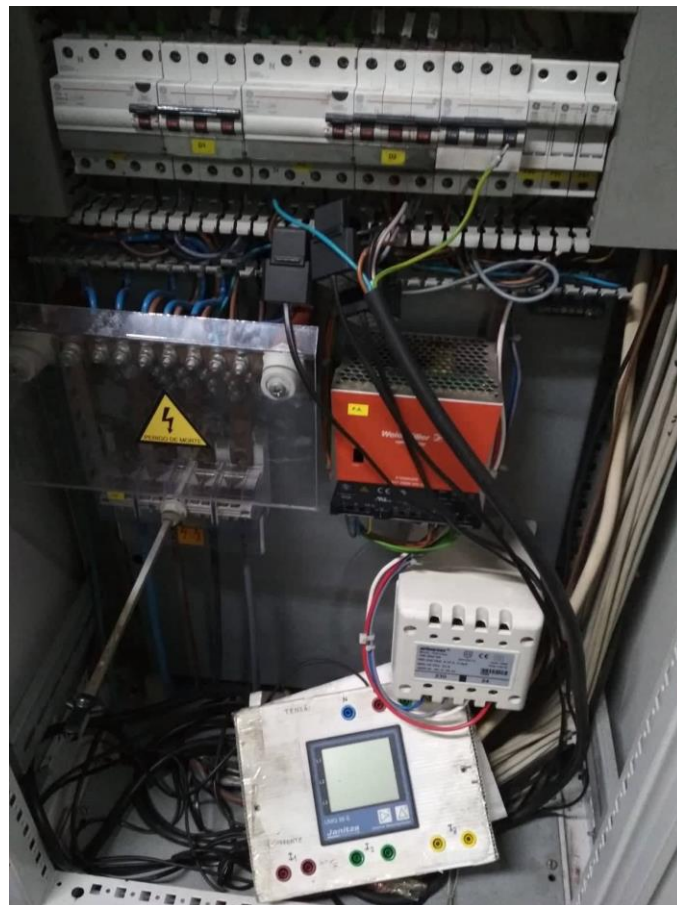


Figura 5.11- Montagem do analisador de energia num quadro elétrico na empresa.

Para a caracterização do comportamento do compressor 1 foi feito, inicialmente, um estudo do número total de horas que o compressor estava em funcionamento durante o dia. Para isso, o analisador de energia esteve ligado durante quatro semanas seguidas ao quadro elétrico onde se encontra ligado o compressor 1.

O número total de horas de funcionamento do compressor encontra-se na figura 5.12. Os valores do número de horas de funcionamento do compressor por dia durante o tempo total do ensaio encontram-se na tabela C.1 do Anexo C.1.

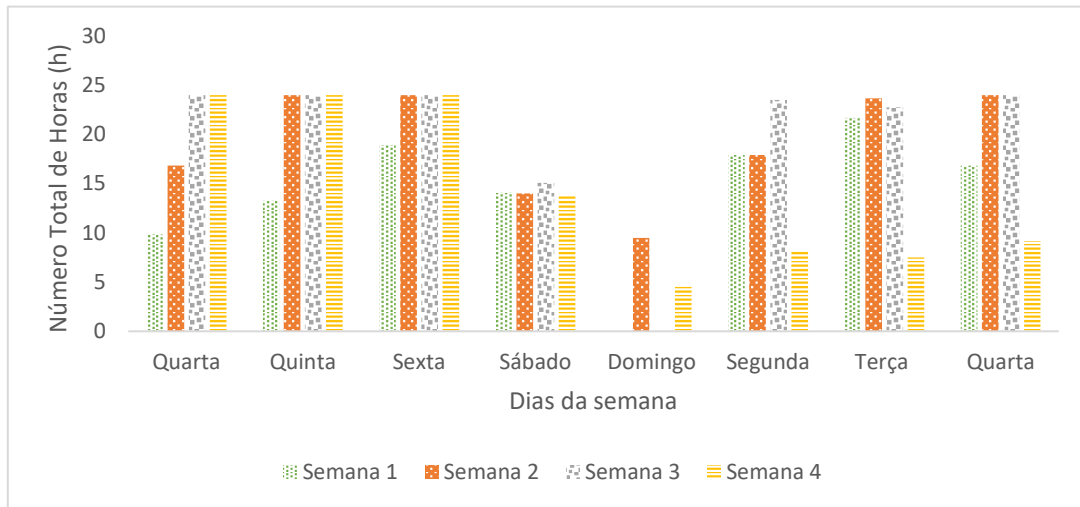


Figura 5.12- Número total de horas do compressor 1 ao longo de quatro semanas.

Tal como se pode ver pela figura o total do número de horas de funcionamento do compressor 1 é muito variável nas quatro semanas. Por exemplo, para o primeiro dia em que foi feita a análise, na quarta-feira, o total do número de horas de funcionamento é bastante diferente entre as quatro semanas que se realizou o ensaio. Na semana 1 é bastante mais baixo que na semana 2, que por sua vez é mais baixo que na semana 3 e 4. Isto também acontece nos restantes dias da semana. No geral, verifica-se ainda que, em média, o número total de horas de funcionamento do compressor 1 por dia é acima das 15 horas.

O analisador de energia permitiu também estudar o consumo de energia ao longo destas semanas, que em princípio deverá ser proporcional ao número de horas total de funcionamento do compressor 1. O consumo de energia ativa, em kWh, ao longo das quatro semanas encontra-se na figura 5.13. Os valores do consumo de energia em cada dia do ensaio encontram-se na tabela C.1 do Anexo C.1.

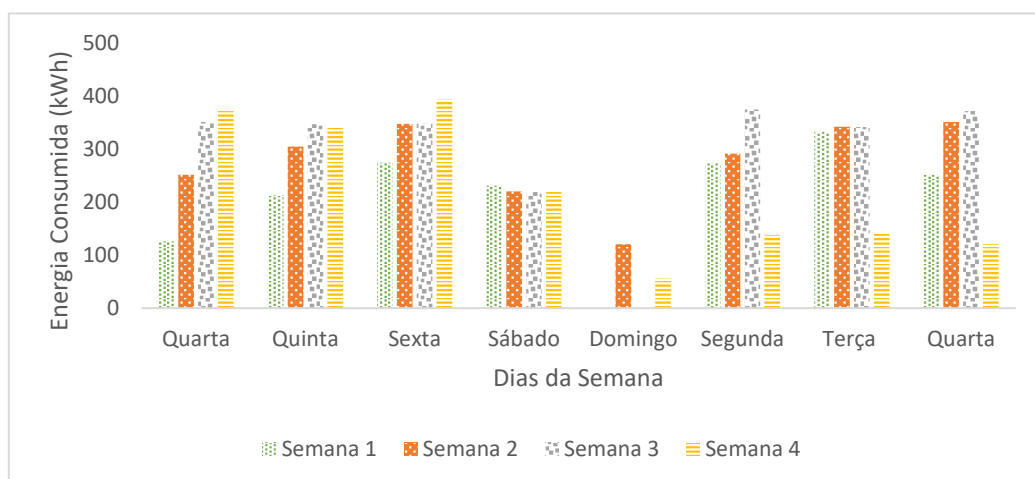


Figura 5.13- Energia ativa consumida, em kWh, ao longo das quatro semanas em estudo.

O consumo de energia devia seguir o mesmo comportamento do número de horas de funcionamento do compressor, uma vez que este trabalha num regime de

carga/vazio, no entanto, isto nem sempre se verifica. Há sempre um dia por semana em que isto não coincidiu. Por exemplo, na quarta-feira da semana 4 o consumo energético é visivelmente superior ao da semana 3, no entanto o número de horas de funcionamento do compressor é igual nos dois dias. Isto acontece provavelmente por terem sido ativados mais equipamentos pneumáticos na semana 4 do que na semana 3.

Apesar de o total de número de horas de funcionamento diferir bastante de semana para a semana, foi analisado qual a percentagem de cada período (HP, HC, HV, HSV) dentro de cada semana. Este estudo está representado na figura 5.14. Os valores de cada período horário do dia ao longo das quatro semanas do ensaio encontra-se na tabela C.1 do Anexo C.1.

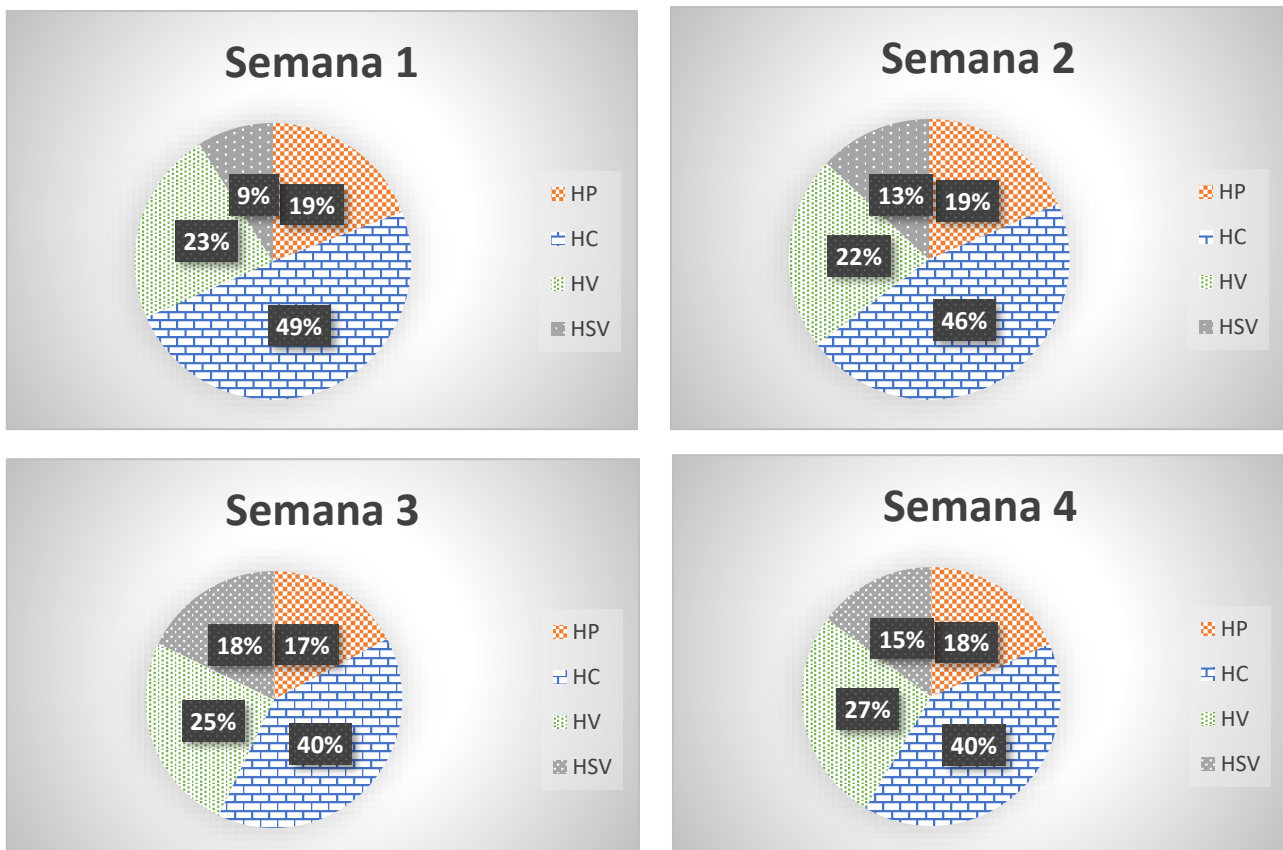


Figura 5.14- Percentagem de cada período em cada uma das semanas dos ensaios.

Também se verifica que para o mesmo período de tempo há uma variação ao longo das quatro semanas. Isto é, ainda que o número total de horas em que o compressor 1 funciona diferisse de semana para semana, o período em que funciona poderia ser sempre semelhante, em termos de percentagem, o que não acontece. Conclui-se assim que além de variar o tempo que o compressor 1 se encontra ligado num dia também varia em que períodos se encontra ligado, ou seja, há dias que passa mais tempo ligado em HP, outros em HC, outros em HV e outros em HSV, o que reflete mais uma vez que e está perante uma indústria cuja produção acompanha as necessidades dos clientes.

Além do consumo de energia ativa verificou-se que houve consumo de energia reativa pelo compressor 1, o que já seria de esperar uma vez que já é um motor antigo e, por isso, há o desgaste do mesmo. A comparação do consumo de energia reativa,

em kVAh, e o consumo de energia ativa, em kWh, encontra-se na figura 5.14. Os valores do consumo de energia ativa e

Posteriormente para uma melhor caracterização do funcionamento do compressor 1 ao longo do tempo foi feita uma pequena pesquisa de como a potência variava ao longo do tempo. Para isso realizaram-se ensaios com um tempo total compreendido entre os 5 e os 10 minutos, em diferentes dias e em diferentes momentos do dia. Os ensaios realizados foram nos dias 13, 14, 15 e 21 de junho; nos primeiros três dias foram realizados dois ensaios, um da parte da manhã e outro da parte da tarde, já no dia 21 apenas foi realizado um ensaio da parte da manhã. Os valores dos consumos energéticos momentâneos encontram-se no Anexo C.2.

Os ensaios do dia 13 encontram-se na figura 5.15, do dia 14 encontram-se na figura 5.16, do dia 15 está representado na figura 5.17 e do dia 21 está representado na figura 5.18.

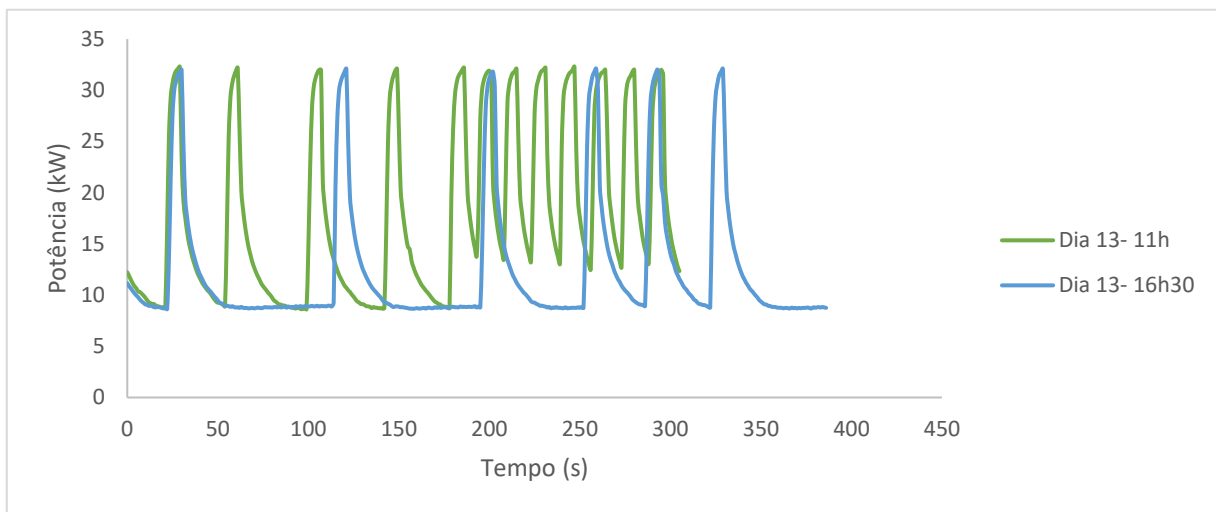


Figura 5.15- Potência consumida pelo compressor no dia 13 da parte da manhã e na parte da tarde, num determinado período de tempo.

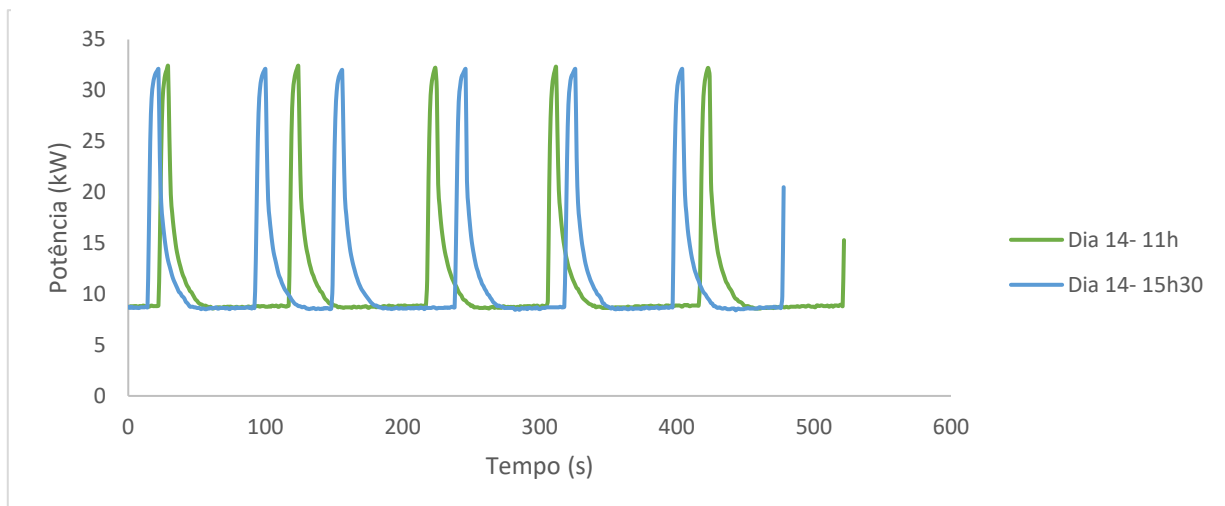


Figura 5.16- Potência consumida pelo compressor no dia 14 da parte da manhã e na parte da tarde, num determinado período de tempo.

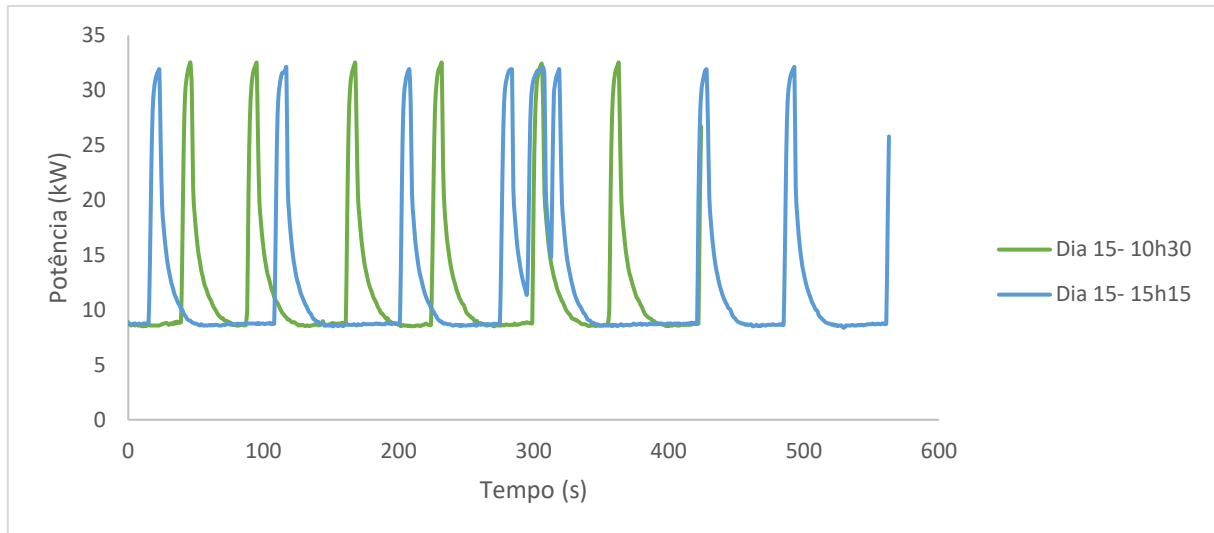


Figura 5.18 Potência consumida pelo compressor no dia 15 da parte da manhã e na parte da tarde, num determinado período de tempo.

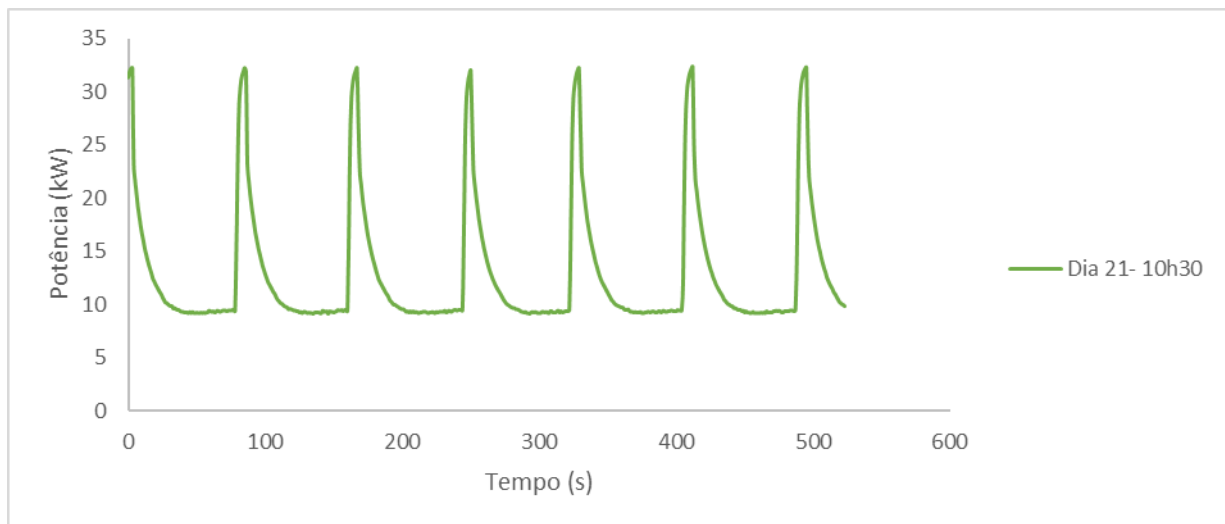


Figura 5.17- Potência consumida pelo compressor no dia 21 da parte da manhã, num determinado período de tempo.

Verifica-se que a potência máxima consumida pelo compressor 1 é cerca de 32 kW e que a potência mínima consumida é cerca de 8,7 kW. A curva ascendente até aos 32 kW representa a variação da potência do compressor 1 quando está em carga, quando atinge o máximo volta a descer, sendo que pelas imagens se verifica que a pressão mínima que o compressor 1 atinge nem sempre é a mesma. A este período designa-se período de vazio de compressor, em que há consumo energético do compressor, uma vez que o compressor não pára totalmente, mas o consumo é consideravelmente menor uma vez que não há a produção de ar comprimido.

Para o dia 13 de junho observa-se que da parte da manhã o compressor apresenta dois comportamentos totalmente distintos. Até aos 178 s o compressor atinge o 8,7 kW e durante este período entrou me carga quatro vezes. A partir dos 178 s até aos 288 s a pressão mínima ao qual o compressor entrava novamente em carga é cerca de 13 kW e durante este tempo entrou em carga 7 vezes. Esta mudança deve-se ao número de utilizadores que estiveram em funcionamento aquando dos ensaios realizados. Provavelmente a partir dos 178 s foram acionadas as bombas pneumáticas.

Pelo ensaio da tarde percebe-se que o consumo de ar comprimido foi muito menor, uma vez que em 322 s o compressor 1 entrou apenas seis vezes em carga.

No dia 14 o compressor 1 tem um comportamento semelhante da parte da tarde e da parte da manhã. Sendo que da parte da manhã o compressor 1 entrou em carga cinco vezes em 521 s e na parte da tarde o compressor entrou em carga seis vezes em 476 s.

No dia 15 a parte da manhã segue o mesmo comportamento do dia 14, já da parte da tarde o comportamento tem uma alteração entre os 275 s e os 421 s que sendo momentânea indica que houve um consumo momentâneo de algum utilizador que habitualmente não é utilizado.

Em relação ao ensaio do dia 21 não há termo de comparação uma vez que apenas foi efetuado um ensaio da parte da manhã, que apresenta o mesmo comportamento de dia 14 e de dia 15.

Com estes ensaios pode-se concluir que o comportamento do compressor varia conforme as necessidades de ar comprimido, ou seja, quando está um maior número de utilizadores ativos, mais vezes o compressor entra em carga. O que também é comprovado pelo número total de horas de funcionamento do compressor e pelo tempo que funciona em cada período.

Para confirmar esta conclusão foi pedido ao Departamento de Produção os dados acerca do funcionamento dos utilizadores de ar comprimido aquando destes ensaios, no entanto, o controlo do mesmo é realizado por uma empresa concessionada. Quando foi efetuado o pedido à empresa concessionada da quantidade de vezes que os utilizadores de ar comprimido eram ativados e do tempo que assim permaneciam, esta comunicou que de momento não estava disponível para fornecer esses dados.

Pode-se concluir também que como o tempo que o compressor 1 passa em carga é muito menor que o tempo que o compressor 1 passa em vazio, ou a rede está sobredimensionada ou a rede entrou num período de menor consumo de ar comprimido, pelo que será mais benéfico economicamente um controlo automático para efetuar a paragem do compressor 1. Neste caso o problema mais provável será o segundo, mas como o compressor 1 tem muitos anos, não possui este tipo de controlo.

Como o comportamento do compressor 1 neste caso é dado pela potência em função do tempo e como tal, a potência média consumida pelo compressor pode ser estimada pela área abaixo da curva. No entanto como as curvas são muito variáveis, tal como foi referido acima, então não é possível estimar o consumo médio deste compressor. Isto acontece uma vez que este tipo de indústria tem consumos de ar comprimido muito variáveis, porque não se está perante um tipo de indústria que produz em linha, está-se perante uma indústria que a produção varia com as necessidades dos clientes, tal como já foi referido acima.

Consumo Específico

Um dos dados técnicos que é de extrema importância para estimar o a potência que um compressor consome, é o seu consumo específico e este deve ser monitorizado de maneira a que seja minimizado constantemente. Neste caso, como não se obteve este dado a partir do fornecedor, calculou-se a partir dos dados acima. O consumo específico é dado pela equação 5.2:

$$\text{Consumo específico} \left(\frac{kWh}{m_{FAD}^3} \right) = \frac{\text{Potência consumida em plena carga (kW)}}{\text{Capacidade do compressor} \left(\frac{m_{FAD}^3}{\text{min}} \right) \times 60 \frac{\text{min}}{h}} \quad (5.2)$$

$$\text{Consumo específico} \left(\frac{kWh}{m_{FAD}^3} \right) = \frac{32,5 (kW)}{3 \left(\frac{m_{FAD}^3}{\text{min}} \right) \times 60 \frac{\text{min}}{h}} = 0,181 kWh/m_{FAD}^3$$

O consumo específico do compressor 1 é de 0,181 kWh/m_{FAD}³.

Fugas

Foi referido no início desse subcapítulo que na maioria das vezes há um défice na manutenção na produção e distribuição do ar comprimido. Quando existem fugas de grandes dimensões é um exemplo desta má manutenção. As fugas de ar comprimido são inevitáveis em qualquer rede de ar comprimido mesmo quando as redes estão dimensionadas corretamente e há uma manutenção contínua. Normalmente, o máximo de fugas admissível é de até 5 % do consumo de ar comprimido, no entanto, em média, as fugas representam cerca de 10 a 15% do consumo de ar comprimido na rede, e por isso mesmo estas têm de ser otimizadas.

A determinação das fugas tem de ser realizada com todos os dispositivos pneumáticos fora de serviço e pode ser medido de duas formas, pelo reservatório ou pelo compressor. Quando a determinação das fugas é obtida pelo reservatório, tem de ser medido o tempo de queda no diferencial de pressão. Quando é obtida pelo compressor tem de se medir os tempos de carga num dado período de tempo.

A equação 5.3 determina o caudal de fugas pelo método do reservatório e a equação 5.4 determina o caudal de fugas pelo método do compressor:

$$Q_f = \frac{V_r \times (P_{\text{máx}} - P_{\text{min}})}{t} \quad (5.3)$$

$$Q_f = Q_p \times \frac{t_c}{T} \quad (5.4)$$

Em que:

- ♦ Q_f - Caudal de fugas (m_{FAD}³/min)
- ♦ V_r - Volume do reservatório (m³)
- ♦ P_{máx} - Pressão máxima do reservatório (bar)
- ♦ P_{min} - Pressão mínima do reservatório (bar)
- ♦ t - Tempo de queda do diferencial (s)
- ♦ Q_p - Capacidade do compressor (m_{FAD}³/min)
- ♦ t_c - Tempo de carga (s)
- ♦ T - Tempo total, de carga + vazio (s)

Neste caso apenas foi determinado o caudal de fugas pelo compressor. Como os utilizadores tinham de estar todos fora de serviço, então estes foram todos desligados e for determinado o tempo de carga, num determinado período de tempo. O caudal de fugas foi de 0,44 m³/min, o que representa 14,7% (3 m_{FAD}³/min total de ar comprimido). O exemplo de cálculo deste valor encontra-se no Anexo D.

O cálculo do caudal de fugas também poderia ser efetuado por um balanço de massa entre a entrada e a saída de ar comprimido na rede, no entanto, para isso seria

necessário ter acesso a toda a rede de ar comprimido, uma vez que neste balanço é necessário para o cálculo do volume que o ar comprimido ocupa na tubagem. Contudo não foi possível ter acesso a toda a rede, uma vez que havia ramificações secundárias às quais não se teve acesso.

Como este valor está acima dos 5% então haverá medidas que poderão ser efetuadas pra a minimização do caudal de fugas. Esta possibilidade será analisada no ponto “Redução das Fugas” no subcapítulo 6.2.

6. Propostas de Melhoria nos Consumos Energéticos

Como numa indústria há sempre alguns desperdícios energéticos, devido à má utilização da mesma, então há sempre algumas otimizações a realizar de modo a reduzir os consumos e respetivos custos associados a estes. Então é necessário que sejam implementadas estratégias e medidas para evitar os elevados consumos de energia, que vai desde a sua transformação até à sua utilização.

Assim sendo, neste capítulo são apresentadas medidas que poderão ser aplicadas nas instalações, quer no consumo de eletricidade que representa a maior parte da energia utilizada, quer no ar comprimido que também tem um peso significativo na fatura elétrica.

6.1. Eletricidade

Em relação à eletricidade verifica-se que há várias possibilidades de racionalização da mesma.

Bateria de Condensadores

Um dos primeiros parâmetros analisados foi as faturas elétricas referentes ao ano de 2017. Tal como foi referido no subcapítulo 5.1 “Eletricidade” para que a energia reativa não seja cobrada é necessário que o fator de potência seja superior a 0,93. Em 2017 nem sempre se verificou isto. Como tal fez-se a análise dos valores cobrados de energia reativa no ano de 2017 e estes estão evidenciados na tabela seguinte.

Tabela 6.1- Valores dos diferentes tipos de energia reativa, em kVAh e o respetivo custo (€).

Mês	Energia Reativa (kVAh)			Custos (€)		
	Indutiva	Indutiva Cobrada	Capacitiva	Indutiva Cobrada	Capacitiva	Total
jan	8528	361	0	4,15	0,00	4,15
fev	5004	166	0	1,91	0,00	1,91
mar	12061	815	5	9,37	0,13	9,50
abr	9644	1799	7	20,69	0,19	20,87
mai	9858	1619	0	18,62	0,00	18,62
jun	9727	1676	1	19,27	0,03	19,30
jul	8904	1129	2	12,98	0,05	13,04
ago	8789	1346	2	15,48	0,05	15,53
set	7972	890	19	10,24	0,50	10,74
out	8992	1504	6	17,30	0,16	17,45
nov	8546	688	31	7,91	0,82	8,73
dez	7103	0	78	0,00	2,06	2,06
Total						141,91

O mês de março é aquele que apresenta o custo mais elevado em relação à energia reativa, sendo que este valor é de cerca de 21€. No final do ano, a energia reativa tem um custo de aproximadamente 150€, o que representa 0,17% da fatura elétrica anual. Uma possível melhoria seria instalar condensadores ou baterias de modo a eliminar os custos associados a esta energia.

Pelo estudo do mercado verificou-se que a instalação de baterias ou condensadores para a compensação de energia seria demasiado elevado para o retorno

do mesmo e também, normalmente, estes equipamentos têm uma garantia de 5 anos. No entanto, o seu tempo de vida pode ser superior ou inferior, pelo que se a duração fosse menor o retorno não era de modo algum possível e passado o tempo de garantia, este equipamento poderia avariar antes do tempo de retorno do investimento. Logo, esta solução apesar de ter sido um caso de estudo, não seria viável.

Variadores de Velocidade

Os variadores de velocidade são dispositivos que permitem controlar a velocidade de um motor de indução. Ou seja, quando são utilizados este tipo de motores, o seu consumo é reduzido consideravelmente quando a velocidade do motor varia conforme variam as condições do processo. A velocidade é controlada através da alteração da frequência elétrica de alimentação.

Após levantamento do equipamento existente por toda a fábrica verificou-se que já existiam variadores instalados em praticamente todos os motores existentes, sendo que nos locais onde não existem variadores, existem *soft starters*. Estes equipamentos permitem a redução do consumo através de controlo da tensão de partida para um tempo pré-definido.

Motores de Alta Eficiência

Com o intuito de diminuir as emissões de dióxido de carbono, a União Europeia emitiu um regulamento com o objetivo de reduzir o consumo dos Motores Elétricos. Este regulamento surgiu em 2009, no entanto, desde então que já surgiram atualizações de modo a que estes motores não perdessem o seu valor no mercado. A EU MEPS (European Minimum Energy Performance Standard) é a legislação que assegura os valores mínimos de rendimento para os Motores Elétricos de Baixa Tensão.

Para que o motor esteja abrangido pela diretiva este tem de ser um motor elétrico trifásico de indução, de uma velocidade, de 50 ou 50/60 Hz, do tipo gaiola de esquilo, de 2,4 ou 6 pólos, com uma potência compreendida entre 0,75 e 375 kW, com funcionamento contínuo e com uma tensão nominal inferior ou igual a 1000 V.

A norma IEC 60034-30-2008 foi criada para uniformizar as normas já existentes e criar uma norma internacional comum e define várias classes de rendimentos para motores trifásicos com potência entre 0,75 e 375 kW, com 2,4 ou 6 pólos. As classes são as seguintes:

- ♦ IE1 -Rendimento Standard
- ♦ IE2 -Alto Rendimento
- ♦ IE3 -Rendimento Premium
- ♦ IE4 -Rendimento Super Premium

A figura 6.1 evidencia os vários tipos de eficiências dos vários tipos de motores em função da potência do motor.

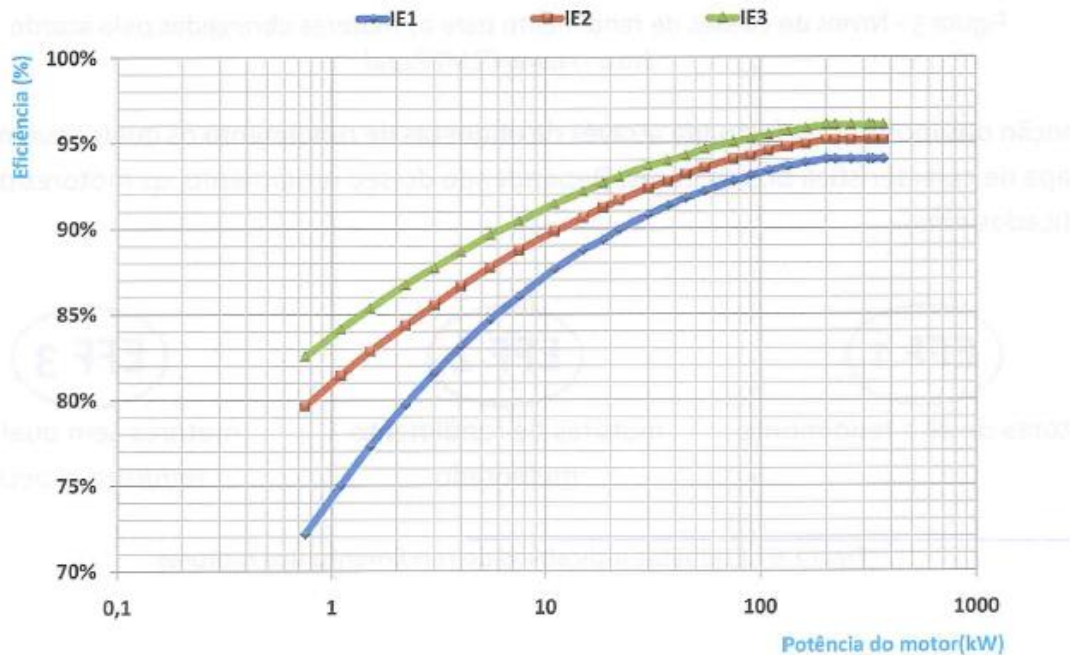


Figura 6.1- Comportamento das várias classes de eficiência em função da potência do motor.

A partir de 16 de junho de 2011 que os motores trifásicos com uma potência compreendida entre 0,75 kW e 375 kW da classe IE1 deixaram de ser legais. A 1 de janeiro de 2015 passam a deixar de ser legais os motores trifásicos com uma potência compreendida entre 7,5 kW e 375 kW, a não ser que estes tenham instalados variadores de velocidade. A 1 de janeiro de 2017 isto alarga-se até aos motores trifásicos com uma potência a partir de 0,75 kW até 375 kW.

Pelo levantamento efetuado aos motores trifásicos da instalação verificou-se que os motores estão inseridos na classe IE2, mas têm variadores instalados, pelo que não necessitam de ser obrigatoriamente substituídos. Apesar disso, ao substituir-se um motor com um rendimento mais baixo para um motor com um rendimento mais elevado leva a uma medida de poupança, uma vez que se está a aumentar ao período de vida útil do motor.

Deste modo, é aconselhável que aquando da avaria de um motor, haja um estudo do mercado, de modo a verificar-se esta possível poupança, com pouco tempo de retorno em relação ao investimento.

Iluminação

A iluminação tem um peso de 10 a 20% no total do consumo de eletricidade nos países industrializados, e, por isso, quando se faz um estudo da eficiência energética de um local esta deve ser um dos assuntos a ser abordado.

Para que este recurso seja utilizado eficientemente deve ser utilizada em conjunto, se possível, uma otimização da iluminação natural e da iluminação artificial. E dentro da iluminação artificial deve ser utilizado equipamento eficiente, de modo a que haja uma boa qualidade da iluminação produzida, a redução de potência, o que leva a poupanças substanciais de energia elétrica.

Assim, para a escolha correta do tipo de lâmpada a utilizar deve-se ter em conta algumas características, nomeadamente, a potência da lâmpada, a eficiência luminosa que é medida pela razão entre o fluxo luminoso emitido e a potência elétrica consumida, o índice de restituição de cor, o tempo médio de vida e a aparência de cor.

Para se avaliar a eficiência da iluminação instalada foi feito um levantamento da mesma, que se encontra na tabela 6.2.

Tabela 6.2- Tipo de iluminação por cada zona da instalação e a respetiva potência.

Zona	Tipo	Potência por lâmpada (W)	Potência Total (W)
Pav 1	3 Armaduras Fluorescentes	58	348
	3 Armaduras Fluorescentes	36	216
Carga/Descarga de Cisternas	6 Campânulas de Haleto Metálico	250	1500
Pav 2	3 Campânulas de Haleto Metálico	250	750
Pav 3	7 Armaduras Fluorescentes	58	812
Cais	5 Campânulas de Haleto Metálico	250	1250
Pav 4	3 Campânulas LED's	120	360
Pav 5	5 Armaduras Fluorescentes	58	580
Zona Vasilhame	8 Campânulas de Haleto Metálico	250	2000
	6 Campânulas de Haleto Metálico	250	1500
Pav 6	3 Armaduras Fluorescentes	58	348
	1 Armadura Fluorescente	36	36
	2 Armaduras LED's	20	40
	1 Armadura LED	20	40
Enar Pav 6	4 Armaduras LED	20	160
Pav 7	3 Campânulas de Haleto Metálico	250	750
Pav 8	3 Campânulas de Haleto Metálico	250	750
Sala de Amostras	6 Armaduras LED	20	120
Lavagem	2 Campânulas de Haleto Metálico	250	500
	4 Armaduras LED	20	400
	1 Armadura LED	20	20
	1 Armadura LED	8	8
	7 Armaduras Fluorescentes	58	812
	3 Armaduras LED	32	96

As lâmpadas de haletos metálicos são lâmpadas de descarga que necessitam de equipamento auxiliar, no entanto, tem uma excelente restituição de cor, um baixo consumo e elevada eficiência energética. As lâmpadas LED têm uma longa duração, diminuindo assim a necessidade de manutenção, um baixo consumo e uma elevada eficiência energética.

Logo o tipo de iluminação instalada é adequado, não sendo necessário fazer qualquer tipo de mudança a este respeito. No entanto, não é só o tipo de lâmpadas que influencia a eficiência energética quanto à iluminação. Para que haja uma utilização eficiente da iluminação é necessário que esta seja utilizada somente quando é necessário e para isso é preciso que sejam efetuadas ações de sensibilização ou a instalação de sistemas de controlo automático.

Deve também ser realizado a manutenção contínua dos sistemas de iluminação, uma vez que com o passar do tempo há a diminuição do fluxo luminoso, quer por sujidade acumulada, quer por lâmpadas que não estejam a funcionar.

Por fim, é também importante que a iluminação natural seja aproveitada da melhor forma possível para que se desligue sempre que possível a iluminação artificial. Para isso, devem ser desimpedidos todos os locais que tenham acesso à luz natural, otimizar o índice de reflexão das superfícies e as zonas de trabalho sensíveis devem estar em locais predispostos à luz natural. Estes cuidados já foram tidos em conta, em que até existem claraboias em alguns locais de modo a que não seja necessário a utilização de luz artificial durante o dia.

Mudança de Nível de Tensão

O nível de tensão requerido às entidades exteriores é dependente do tipo de instalação e dos equipamentos ligados à eletricidade que esta possui. Existem cinco níveis de tensão que a entidade pode fornecer pelos quais se pode dividir:

- ♦ Muito Alta Tensão (MAT)- Tensão entre fases cujo o valor eficaz é superior a 110 kV.
- ♦ Alta Tensão (AT)- Tensão entre fases cujo o valor eficaz é superior a 45 kV e inferior a 110 kV
- ♦ Média Tensão (MT)- Tensão entre fases cujo o valor eficaz é superior a 1 kV e inferior a 45 kV
- ♦ Baixa Tensão Especial (BTE)- Tensão entre fases cujo o valor eficaz é igual ou inferior a 1kV com uma potência contratada superior a 41,4 kVA
- ♦ Baixa Tensão Normal (BTN)- Tensão entre fases cujo o valor eficaz é igual ou inferior a 1 kV com uma potência contratada inferior a 41,4 kVA

A maioria das empresas é abastecida em BTE ou em MT, sendo que os abastecimentos em MT requerem a existência de um posto de transformação (PT) na instalação.

No caso de haver um aumento da tensão de fornecimento, implica a instalação de um PT para a transformação de tensão, apesar do custo unitário de energia consumida ir diminuir. Por isso mesmo, tem de se fazer um estudo para se verificar a viabilidade económica deste tipo de investimento.

O fornecimento de energia pode ser realizado por dois tipos de entidades, os Comercializadores de Mercado Livre (CML) e os Comercializadores de Último Recurso (CUR). A diferença entre estes dois tipos de comercializadores é que enquanto os CML

fazem parte do mercado retalhista e a tarifa final é livremente negociado entre as partes, os CUR são entidades em que a tarifa final é consoante as tarifas definidas pela Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos (ERSE).

Segundo a ERSE, a CESSN é um CUR. No entanto, esta entidade para BTN e BTE comercializa em mercado liberalizado, ou seja, a tarifa final é definida pelo acordo entre ambas as partes. Para tensões acima destas a CESSN fornece energia elétrica em mercado regulado, isto significa que as tarifas finais aplicadas são definidas pela ERSE.

As tarifas e preços de energia elétrica são aprovados e publicados pela ERSE no final de cada ano sob a forma de uma Diretiva, sendo aplicadas no ano seguinte. A Diretiva que esteve em vigor no ano de 2017 foi a Diretiva nº 1/2017 e continha as Tarifas de Acesso às Redes, as Tarifas Sociais, as Tarifas Transitórias de Venda a Clientes Finais em Portugal Continental e as Tarifas de Venda a Clientes Finais nas Regiões Autónomas da Açores e da Madeira.

Para se verificar a viabilidade económica da mudança de BTE para MT, simulou-se quais os custos anuais de energia elétrica caso a empresa fosse fornecida em MT no ano de 2017, qual a redução de custos em relação fornecimento atual e qual o custo de aquisição de um PT para a mudança para MT.

De acordo com a Diretiva nº1/2017, desde de 1 de janeiro de 2013 que as tarifas finais publicadas pela ERSE passaram a ter um carácter transitório, em Portugal Continental. Tal como acontece no abastecimento em BTE também neste tarifário existem quatro parcelas, o termo tarifário fixo, cujo preço varia consoante o número de dias que o mês tiver; a potência; a energia ativa e a energia reativa. Ao contrário do que acontece no fornecimento em BTE, a energia ativa e a potência estão divididas em Baixas Utilizações (BU), Médias Utilizações (MU) e Longas Utilizações (LU). Isto está associado ao número de horas de utilização da potência contratada por ano.

Como no ano de 2017, a empresa foi fornecida em BTE- MU, cuja tarifa se encontra no Anexo A.2, foi então realizada a simulação para um fornecimento em MT-MU e MT- LU, cuja tarifa se encontra na Tabela E.1 do Anexo E.1. Na imagem 6.2 encontra-se os custos associados ao tipo de energia que é fornecida atualmente, em BTE- MU, e os custos da simulação em MT- MU e MT- LU.

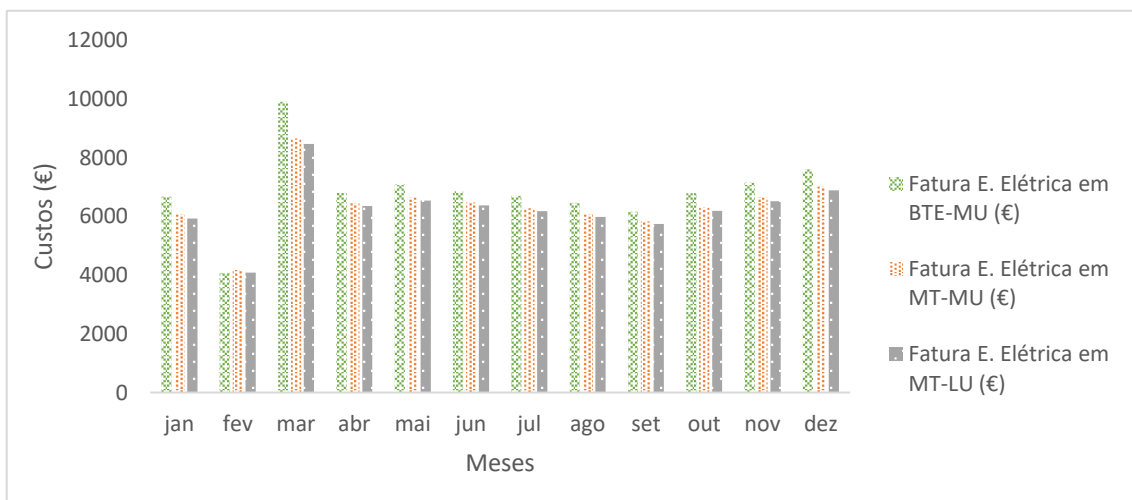


Figura 6.2- Comparação entre os custos atuais de energia elétrica com fornecimento em BTE em MU e simulação para mudança para MT em MU e LU.

Pela figura 6.2 verifica-se que há uma notória redução na mudança de um fornecimento em BTE- MU para um fornecimento em MT- MU e MT- LU. Comparando o fornecimento em MT- MU e o fornecimento em MT- LU observa-se que os custos para um fornecimento em MT- LU é ligeiramente mais baixo em todos os meses.

Caso se mudasse de BTE- MU para MT- MU, com os consumos do ano de 2017, a fatura da energia elétrica passaria de 82 247,29€ para 76 569,23€, traduzindo-se numa redução de 5 678,06€. No caso de mudar-se de um fornecimento em BTE- MU para um fornecimento em MT- LU, com os consumos de energia elétrica no ano de 2017, verifica-se que a fatura passaria de 82 247,29€ para 75 213,24€, traduzindo-se numa redução de 7 034,05€, tal como é indicado nas tabelas E.2 e E.3 do Anexo E.1.

Aquando do estudo da mudança do tipo de fornecimento de energia elétrica verificou-se que os custos associados à energia reativa seriam muito mais elevados caso a empresa fosse abastecida em MT, tal como se verifica na figura 6.3.

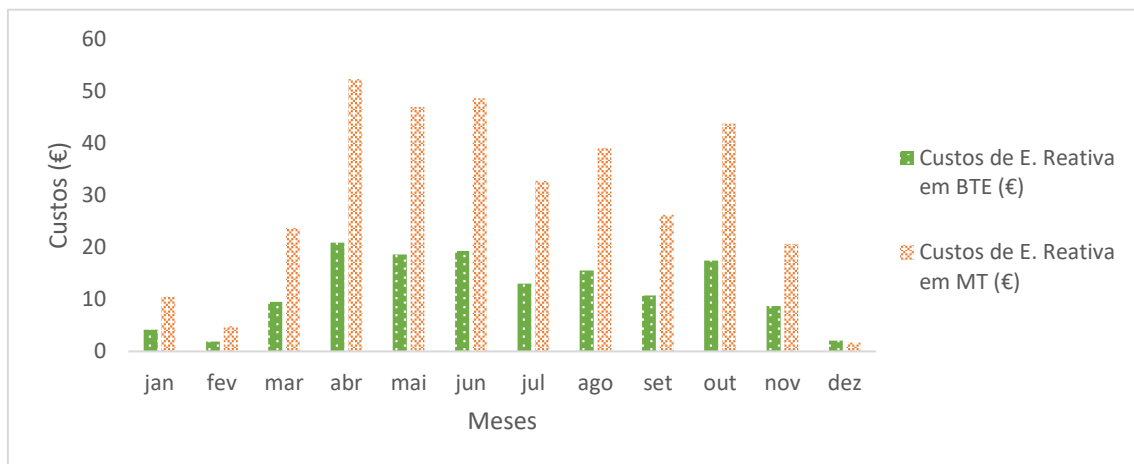


Figura 6.3- Custos associados à energia reativa para um fornecimento em BTE e para um fornecimento em MT.

A diferença que está evidenciada na figura poderá ser por atualmente a empresa ser abastecida em mercado livre (ML), o que indica que atualmente pode-se negociar com o comercializador os custos de venda final. Como a simulação é para um fornecimento em mercado regulado (MR) o preço final unitário não varia.

Com os mesmos consumos do ano de 2017 haveria um aumento de 209,18€ em relação aos custos atuais, tal como está indicado na Tabela E.4 do Anexo E.1. Caso fosse possível a simulação para um fornecimento em MT a partir de um CML, deveria estudar-se se estes custos de energia reativa baixariam. Após o estudo se não houvessem alterações em relação ao custo unitário de energia reativa, então deveria se estudar a possibilidade da instalação de baterias de condensadores, uma vez que o custo anual em energia reativa seria de 351,09€.

Ao mudar-se de nível de tensão também terá de se mudar de ciclo horário, uma vez que para um fornecimento em BTE os ciclos horários disponíveis são o ciclo semanal e o ciclo diário, no entanto para um fornecimento em MT os ciclos horários disponíveis são o ciclo semanal, o ciclo semanal opcional e no caso de o comercializador ser um CUR também pode ser contratado em ciclo diário transitório.

Para a escolha do ciclo horário é preciso ter em conta o horário de funcionamento da empresa. Como a RNM-Produtos Químicos, SA opera de domingo a partir das 22h até sábado às 14h, continuamente, então foi analisado qual o ciclo horário que

compensaria mais, tendo em conta que o atual fornecedor de energia elétrica é um CUR e que a tarifa de energia elétrica é em Tetra-Horário.

Nas figuras 6.4, 6.5 e 6.6 encontram-se o ciclo semanal, o ciclo semanal opcional e o ciclo diário transitório, respetivamente, para o período de hora legal de inverno. Os respetivos horários encontram-se no Anexo E.2.

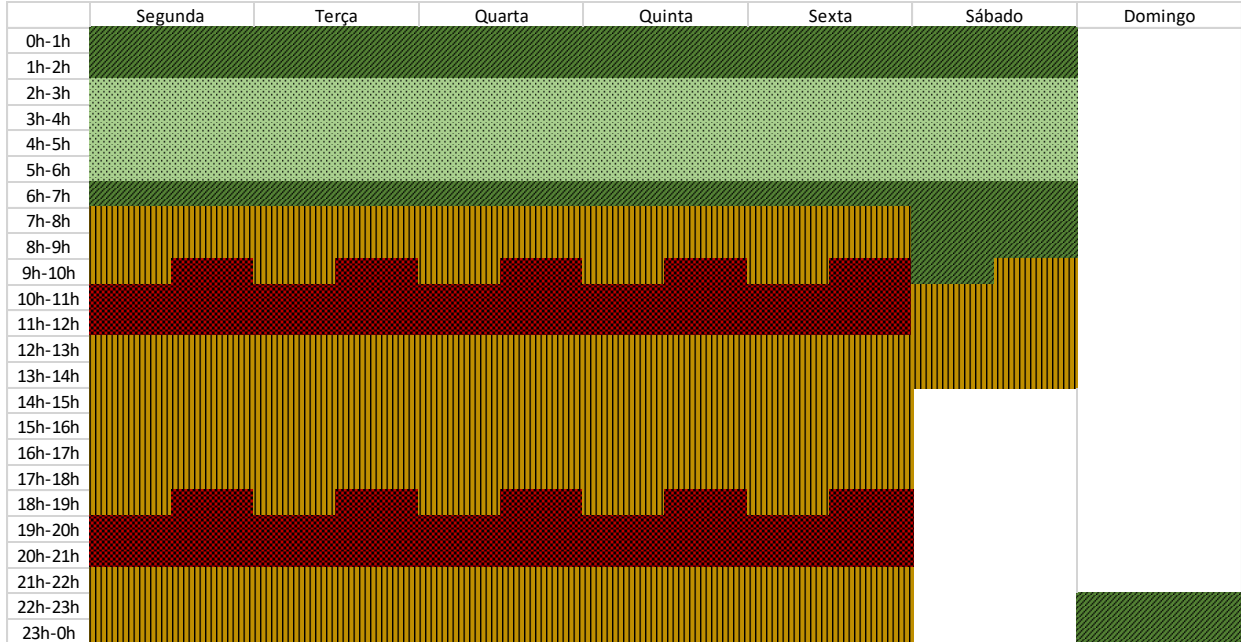


Figura 6.5- Ciclo semanal em período de hora legal de inverno.

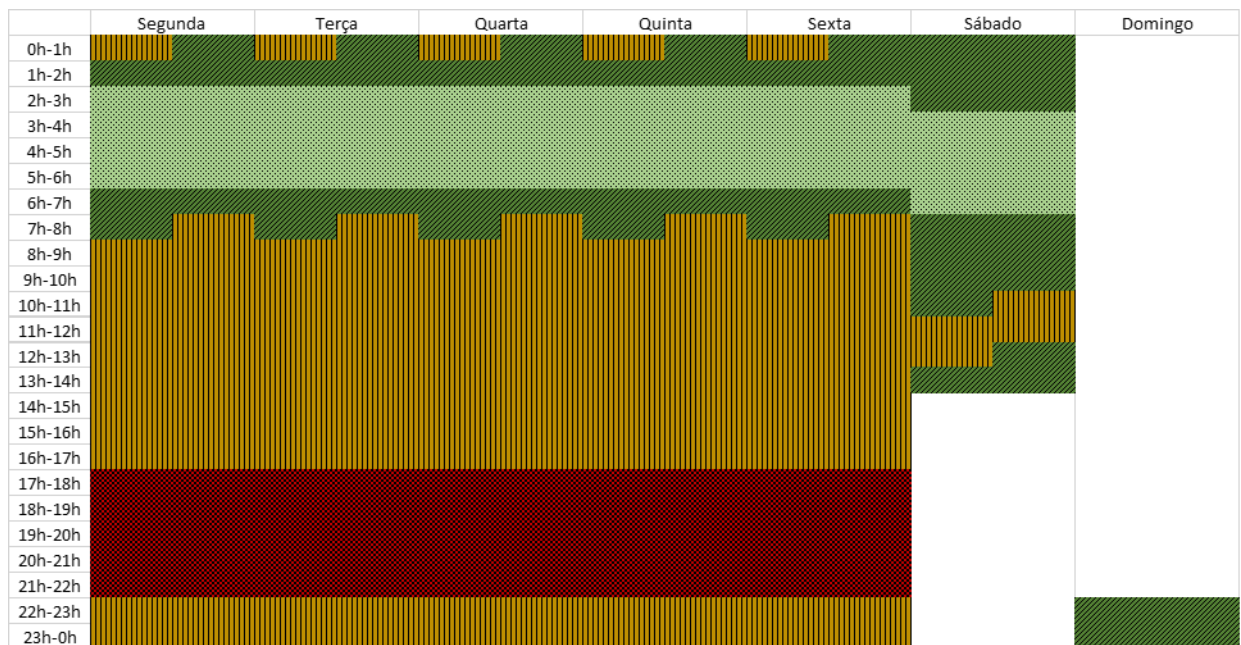


Figura 6.4- Ciclo semanal opcional para o período de hora legal de inverno.

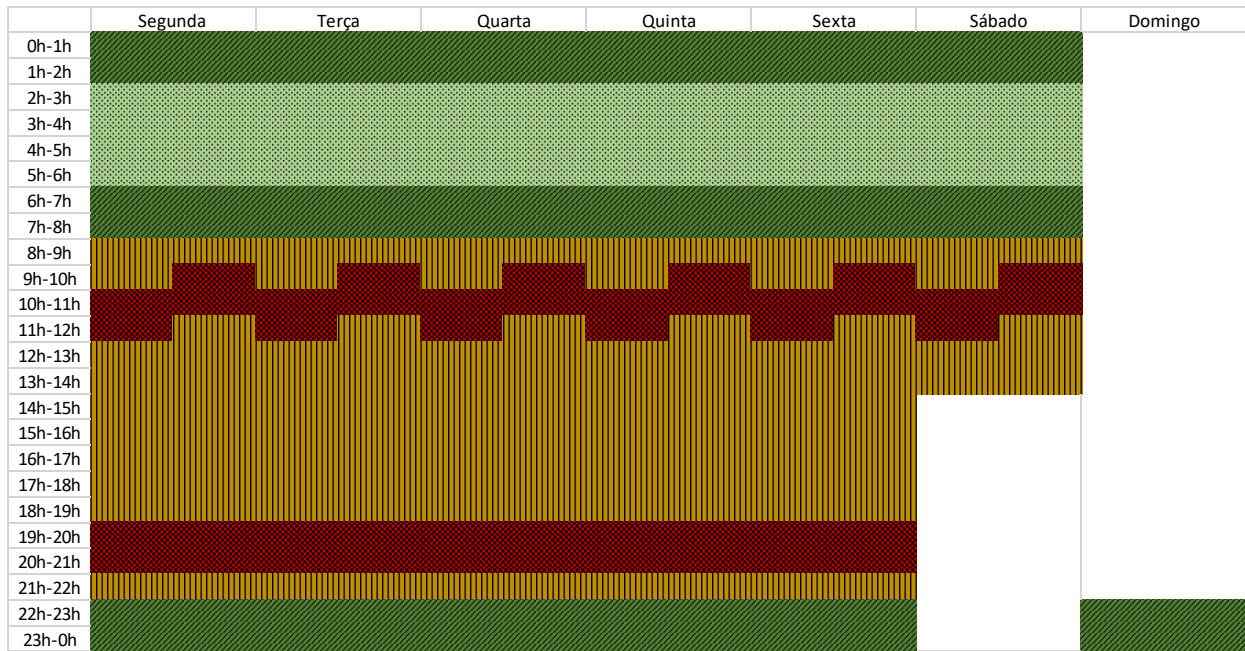


Figura 6.6- Ciclo diário transitório para um período de hora legal de inverno.

A legenda das figuras 6.4, 6.5 e 6.6 é a seguinte:

HP	HC	HV	HSV
HP	HC	HV	HSV

Nas figuras 6.7, 6.8 e 6.9 apresentam-se o ciclo semanal, o ciclo semanal opcional e o ciclo diário transitório, respetivamente, para o período de hora legal de

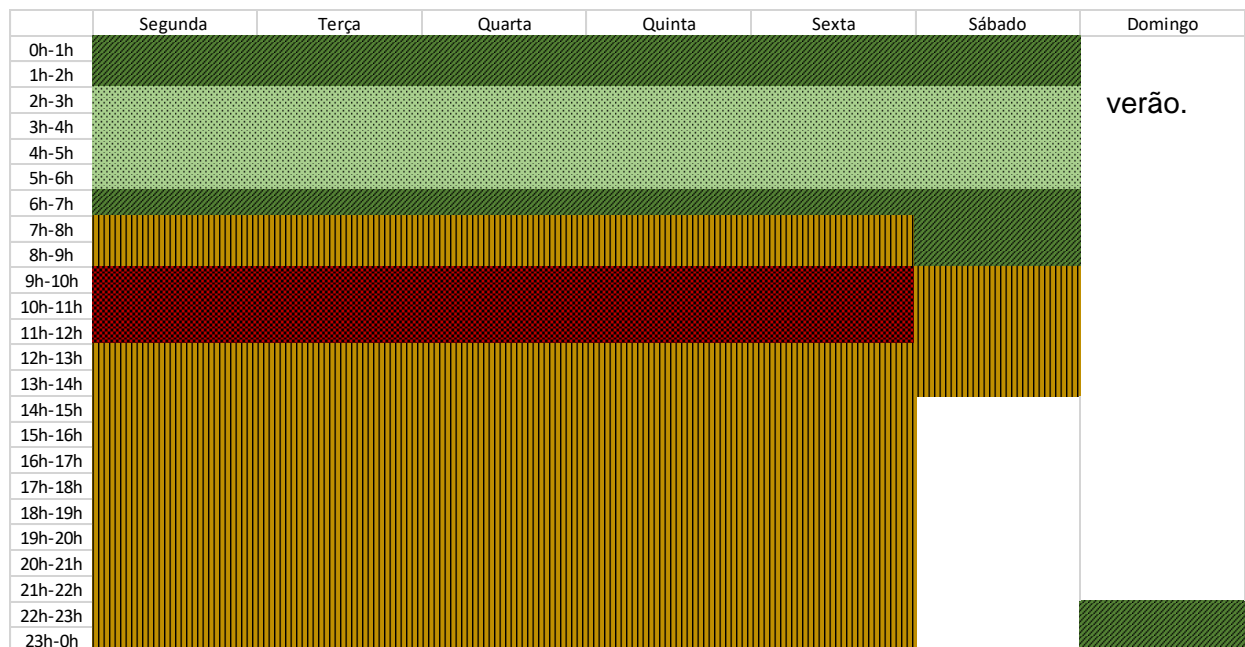


Figura 6.7- Ciclo semanal em período de hora legal de verão.

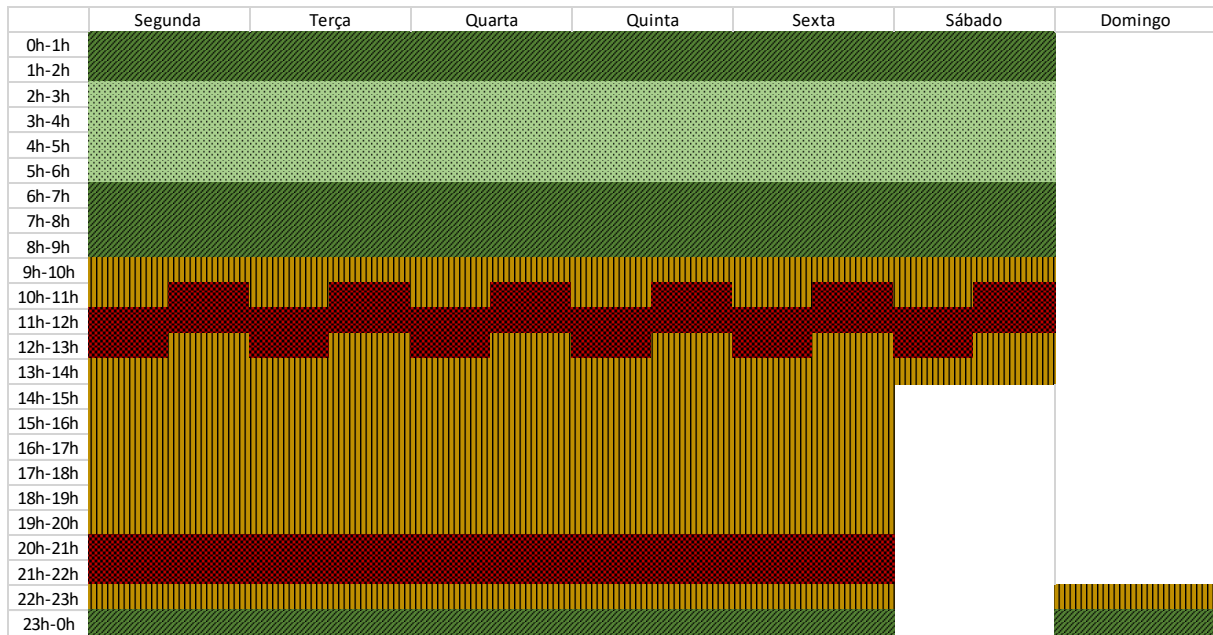


Figura 6.8- Ciclo semanal opcional em período de hora legal de verão.

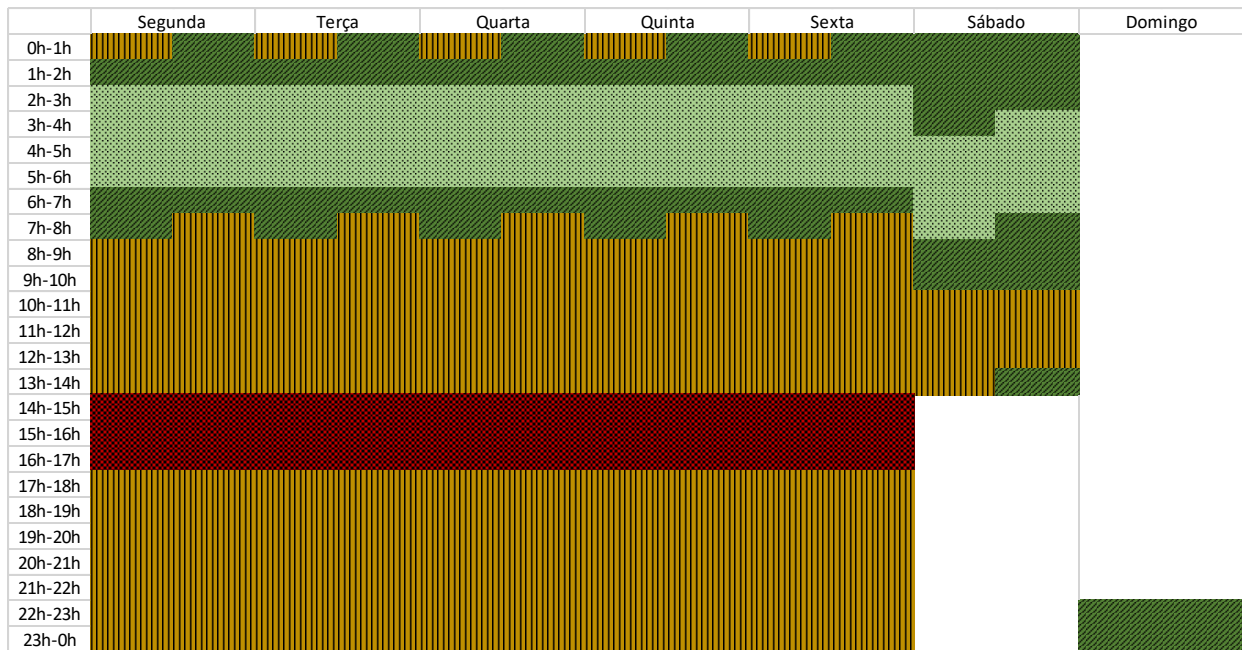


Figura 6.9- Ciclo diário transitório em período de hora legal de verão.

A legenda das figuras 6.7, 6.8 e 6.9 é a seguinte:

HP	HC	HV	HSV

Como já foi referido no subcapítulo 5.1, o horário mais dispendioso é para as HP, seguido das HC, das HV e, por fim, o menos dispendioso é as HSV. Por isso, seria importante celebrar um contrato em que o ciclo horário fosse com o maior número de horas possível em HSV e em HV e com o menor número possível em HP e em HC.

Deste modo analisou-se qual o ciclo horário com estas condições para um período em hora legal de inverno e para um período em hora legal de verão. O número de horas nos diferentes ciclos horários no período em hora legal de inverno encontra-se na figura 6.10.

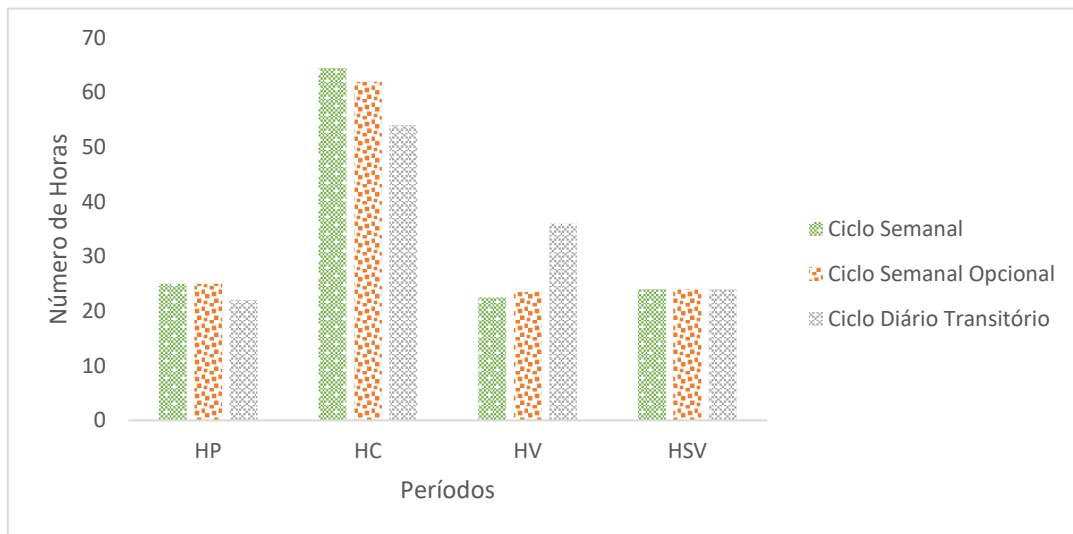


Figura 6.10- Número de horas em HP, em HC, em HV e em HSV para os diferentes ciclos horários.

Tal como se pode ver pela figura o número de HP no ciclo semanal e no ciclo semanal opcional é igual, 25 horas no total de uma semana, enquanto que no ciclo diário transitório é de 22 horas. Quanto ao número de horas em HC o ciclo diário transitório é o que tem o menor número de horas, com um total de 54 horas, seguindo o ciclo semanal opcional com um total de 62 horas e no fim o ciclo horário semanal com um total de 64 horas e meia. O contrário acontece com o número de horas em HV, o ciclo com o maior número de horas é o ciclo diário transitório com um total de 36 horas, seguido do ciclo semanal opcional com 23 horas e meia e no final com o menor número de horas o ciclo semanal com 22 horas e meia. Em relação ao número de hora em HSV verifica-se que é igual em qualquer um dos ciclos horários, com um total de 24 horas numa semana. A contabilização do número de horas em cada período do dia para os diferentes ciclos horários encontra-se no Anexo E.2.

Depreende-se assim que o ciclo horário em período de hora legal de inverno que será mais vantajoso, caso se continue a ser abastecido pela CESSN, é o ciclo diário transitório. Caso se mude para um CML deverá optar-se pelo ciclo semanal opcional.

Na figura 6.11 é mostrado o número de horas em HP, em HC, em HV e em HSV para os diferentes ciclos horários no período em hora legal de verão.

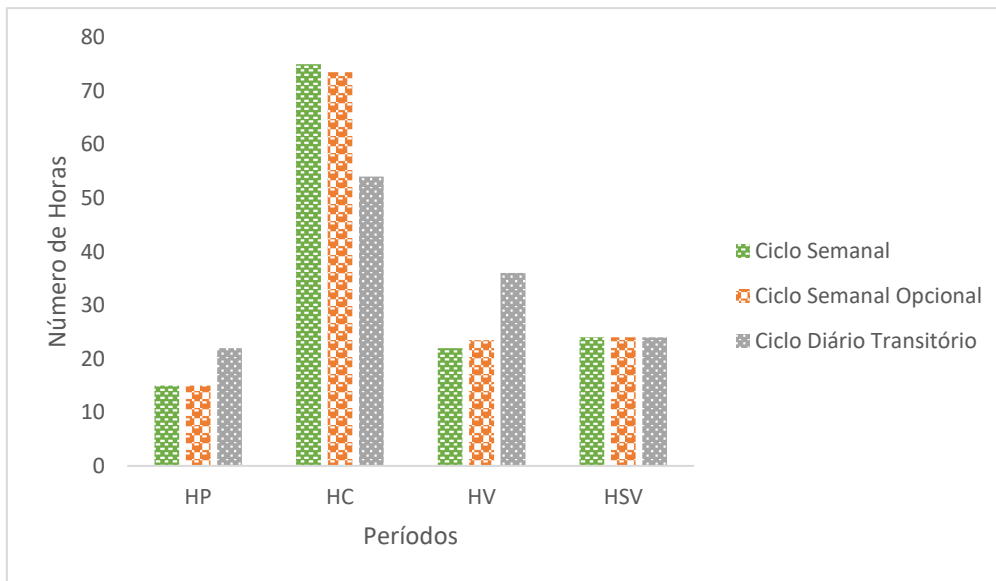


Figura 6.11- Número de horas em HP, em HC, em HV e em HSV para os diferentes ciclos horários.

Pela figura observa-se que o número de horas em HP é igual para o ciclo semanal e para o ciclo semanal opcional, perfazendo um total de 15 horas numa semana, enquanto que para o ciclo diário transitório perfaz um total de 22. Quanto ao número de horas em HP verifica-se que o ciclo que apresenta um menor número de horas na totalidade e o ciclo diário transitório com um total de 54 horas. Em oposição está o número de horas em HV em que este tem o maior número de horas, com um total de 36 horas. E em relação ao número de horas em HSV averigua-se que é igual nos três ciclos horários com um total de 24 horas.

Com isto conclui-se que num período em hora legal de verão o ciclo horário que deverá compensar mais em termos económicos será o ciclo diário transitório, caso continue a ser fornecido pelo CUR atual, tal como acontecia no período em hora legal de inverno. Caso se mude para um CML o ciclo que deverá compensar mais será o ciclo semanal opcional.

Para a mudança de um fornecimento em BTE para MT é necessário ter um PT, isto porque para que o sistema elétrico esteja estável é necessário transformar níveis de tensão mais elevados para níveis mais baixos. Os PT's têm essa função, existindo dois tipos, os PT's aéreos e os PT's em cabine. Os PT's aéreos ligam diretamente a rede de distribuição de média tensão a um quadro geral de baixa tensão localizado no fundo do posto. Já nos PT's em cabine todos os equipamentos são colocados dentro da cabine.

Visto que perto da instalação não existe nenhum PT aéreo, então foi necessário analisar a possível aquisição de um PT em cabine. Tendo em conta que a potência contratada pela empresa é 345 kVA, então seria necessário um PT pré-fabricado, modelar e compacto, de 400 kVA.

Após uma breve pesquisa verificou-se que existem algumas empresas que fornecem este tipo de PT's, como é o caso da *EFACEC*, *Schneider Eletrics* e *Siemens*.

Foi solicitado um orçamento para a aquisição de um PT pré-fabricado, modelar e compacto, de 400 kVA a cada uma destas entidades. Apenas a EFACEC deu resposta ao pedido, apresentando a sua proposta, que se encontra no Anexo E.3.

A proposta apresentada pela EFACEC é para um PT em monobloco, em betão pré-fabricado pintado e com os diversos equipamentos necessários para a transformação de tensão. O custo proposto foi de 32 700€, não incluindo a taxa ECOVALOR (0,088 €/kg de óleo utilizado no enchimento de cada transformador), nem o I.V.A.

Com este valor e com a simulação mostrada acima da redução de custos da mudança de BTE para MT, foi realizada uma análise económica para estimar quanto tempo demoraria a ver-se o retorno do investimento. Esta análise encontra-se na tabela 6.3.

Tabela 6.3- Análise económica do retorno do investimento.

	Médias Utilizações (MU)	Longas Utilizações (LU)
Orçamento PT		32 700
Poupança/Ano (€)	5 678,06	7 034,05
Retorno (Anos)	5,76	4,65

Pela análise económica constata-se que o retorno é mais rápido caso a mudança seja de BTE-LU para MT-MU, uma vez que a poupança por ano é significativamente maior. Normalmente, o período de retorno admissível para um investimento é de 5 anos, logo a mudança para MT-LU seria viável. No entanto, ainda deveria ser feito um estudo mais aprofundado uma vez que no orçamento do PT não está incluído o custo da taxa do óleo, nem o I.V.A. e, por isso, o preço final seria superior.

Transição de Horários do Processo Produtivo

Tal como foi referido no capítulo da Caracterização da Unidade Industrial, a empresa teve uma mudança de horário, passando a existir um terceiro turno que labora durante a noite.

Apesar de haver esta mudança, não houve a alteração do horário produtivo da empresa, apenas houve uma alteração dos períodos das cargas de produtos e enchimentos dos mesmos. No entanto, seria interessante a possibilidade de transição dos horários de produção de alguns produtos, uma vez que a empresa é fornecida em tetra-horário, o que indica que há períodos de cheia, de ponta, de vazio e de super vazio (HC, HP, HV, HSV), e os períodos de vazio e de super vazio (HV e HSV) têm um custo associado menor.

Nas presentes instalações operam duas das empresas do Grupo RNM, a RNM-Produtos Químicos, SA e a T.C.C- Tuebingen Chemical Company, SA. Assim sendo foi necessário ter conhecimento das quantidades de produto anuais produzidas por cada uma das empresas, para posteriormente se visualizar quais os produtos que tiveram o maior peso na fatura energética no ano de 2017. Na figura 6.12 é apresentado, em termos percentuais, as quantidades de produto produzidas por cada empresa no ano de 2017. Os valores que deram origem a esta percentagens estão na tabela F.1 do Anexo F.1.

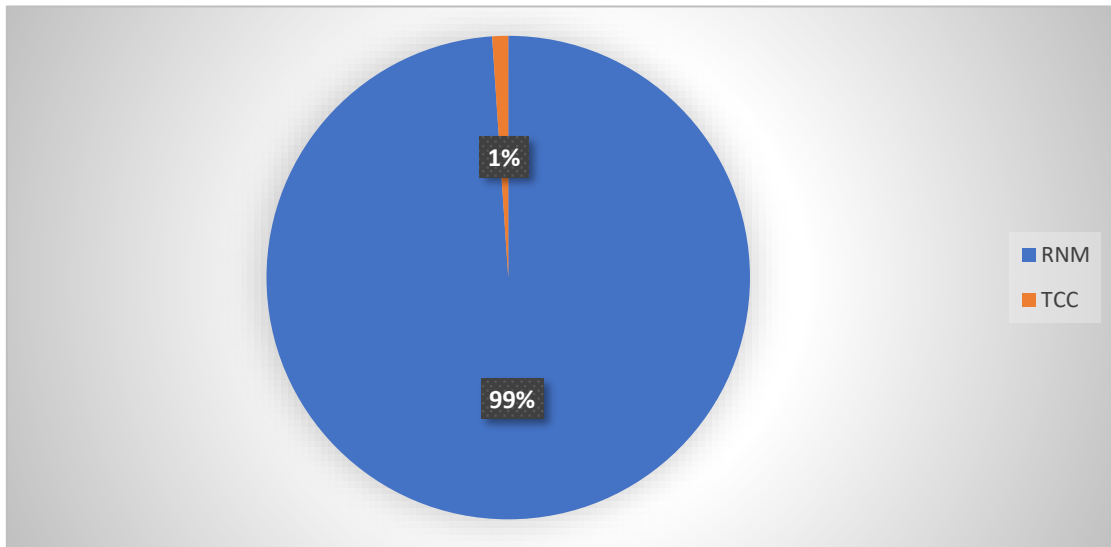


Figura 6.12- Valores percentuais das quantidades de produto produzido pela RNM- Produtos Químicos, SA e pela T.C.C- Tuebingen Chemical Company, SA, no ano de 2017.

Como é possível verificar-se pela figura as quantidades produzidas pela T.C.C- Tuebingen Chemical Company, SA são residuais em relação às quantidades de produto produzidas pela RNM- Produtos Químicos, SA. Por isso, a análise irá recair somente sobre a RNM- Produtos Químicos, SA.

Inicialmente comparou-se a percentagem do consumo de eletricidade mensal face à anual com a percentagem da quantidade mensal face a anual de produto produzido em 2017, tal como é evidenciado na figura 6.13. A conversão dos valores de quantidades dos produtos e da eletricidade em percentagem para esta comparação encontram-se na tabela F.2 do Anexo F.1.

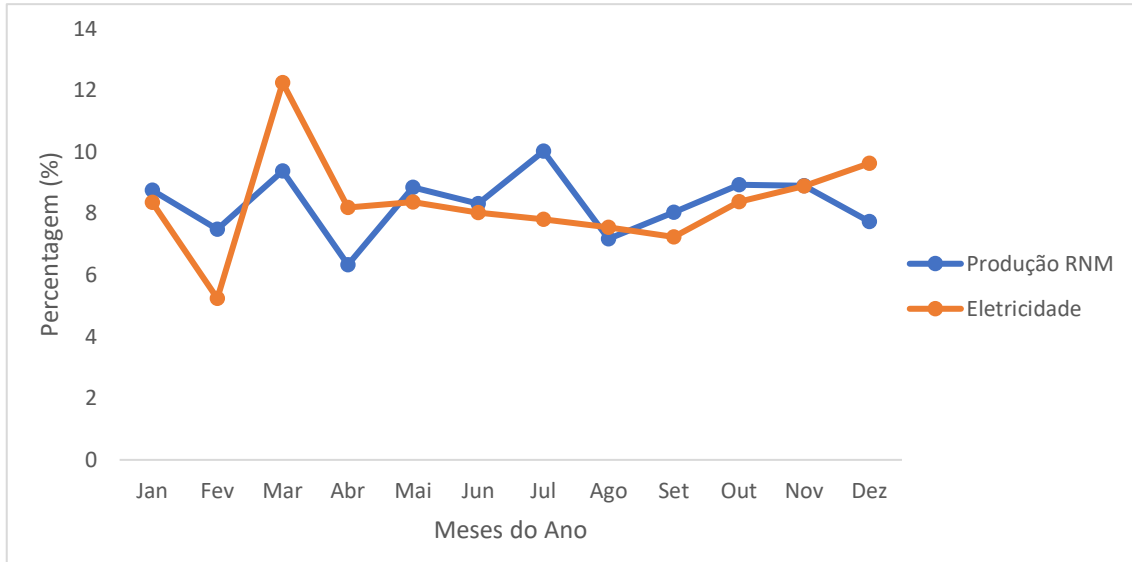


Figura 6.13- Comparação da percentagem do consumo de eletricidade mensal face ao anual com a percentagem da quantidade mensal face ao anual de produto produzido em 2017.

Pela figura verifica-se que nem sempre o consumo de eletricidade acompanha a quantidade de produto produzido, o que não seria de esperar. Nos primeiros quatro meses apesar do consumo de eletricidade acompanhar a quantidade de produto produzida destacam-se dois picos, em fevereiro e em março, o que pode ser justificado pelo facto de ter havido o aumento de potência contratada de um mês para o outro. No entanto, em março este pico é mais notório, uma vez que foi neste mês que o compressor 1 de 22 kW foi instalado.

No mês de julho houve um pico na produção, mas o consumo de eletricidade manteve-se quase inalterado, isto porque houve um aumento da quantidade de produto expedida para o Cliente A, no entanto, só houve a utilização da máquina de enchimento. A partir do mês de outubro há um aumento gradual do consumo de eletricidade que não é acompanhado pela produção, refletindo a adição do terceiro turno no horário laboral e reflete também a instalação de um novo reator nas instalações no mês de outubro.

Para uma melhor compreensão do que se passa na produção e de quais os produtos mais significativos, estes foram divididos em categorias. Além das quantidades foram também determinados os custos associados à produção desses produtos, para se verificar a viabilidade económica da transição de alguns processos produtivos.

Os produtos foram divididos por seis categorias, designadamente, Água, Diluições, Diluentes, Produções, Detergência e Cliente A. As quantidades dos produtos que estão inseridos dentro de cada classe encontram-se no Anexo F.1. O peso de cada classe está representado na figura 6.14, em termos percentuais, referentes ao ano de 2017.

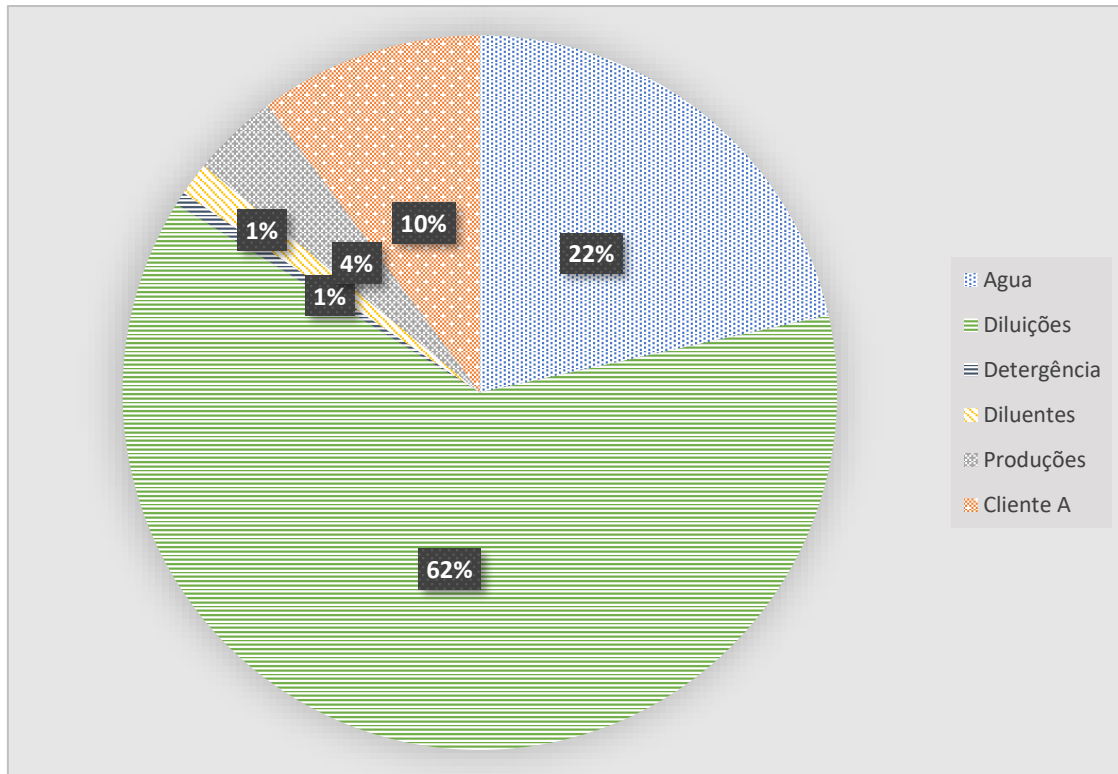


Figura 6.14- Peso das diferentes classes de produtos em termos percentuais, referentes ao ano de 2017.

Como se pode verificar a classe que é mais significativa é a das diluições. No entanto, em termos energéticos, nas diluições o único equipamento associado que tem consumo de energia são as bombas elétricas que funcionam para a circulação dos fluidos.

De seguida, os que têm maior significado são as classes da Água e do Cliente A, respetivamente. Para a produção de água desmineralizada e desionizada é utilizada uma máquina de desmineralização. Esta recebe água proveniente de um depósito, sendo que neste é feito o pré-tratamento da água proveniente dos poços. Ou seja, o consumo de energia associado à classe Água é devido às várias bombas elétricas, tanto para o transporte da água desde o depósito até à máquina, como para a bomba existente acoplada ao próprio equipamento. Já a classe do Cliente A abrange vários produtos que são produzidos nos reatores e os quais têm vários consumos associados.

Em conversa com os colaboradores de empresa, percebeu-se que por exemplo a classe dos Diluentes não tem qualquer tipo de consumo associado, uma vez que são misturados dentro dos recipientes em que são, mais tarde, expedidos. E que a classe da Detergência apesar de ter uma percentagem muito pequena, provavelmente são produtos com consumos elevados, uma vez que são produtos com uma elevada viscosidade e com tempos de reação muito elevados.

Tendo em conta que em termos energéticos a classe dos Diluentes é insignificante, então, esta classe não será analisada. Na tabela 6.4 encontram-se os produtos que pertencem a cada uma das classes.

Tabela 6.4- Produtos que são produzidos na empresa e que pertencem a cada classe.

Classe	Produto
Água	Água Desmineralizada
	Água Desionizada
	Água Oxigenada
Diluições	Acido Nítrico
	Acido Clorídrico
	Acido Fosfórico
	Acido Acético
	Hipoclorito de Sódio
	Soda Cáustica
	Produto XI
Detergência	Produto XII
	Produto XIII
	Bissulfito de Sódio
Produções	Cloreto de Sódio
	Acetato de Sódio
	Acido Cítrico
	Produto X
	Ureia
	Produto I
Cliente A	Produto II
	Produto III
	Produto IV
	Produto V
	Produto VI
	Produto VII
	Produto VIII
	Produto IX

Após associação de cada produto a cada classe foi analisado quais os produtos que seriam mais significativos em termos quantitativos no ano de 2017. Esta análise encontra-se na figura 6.15.

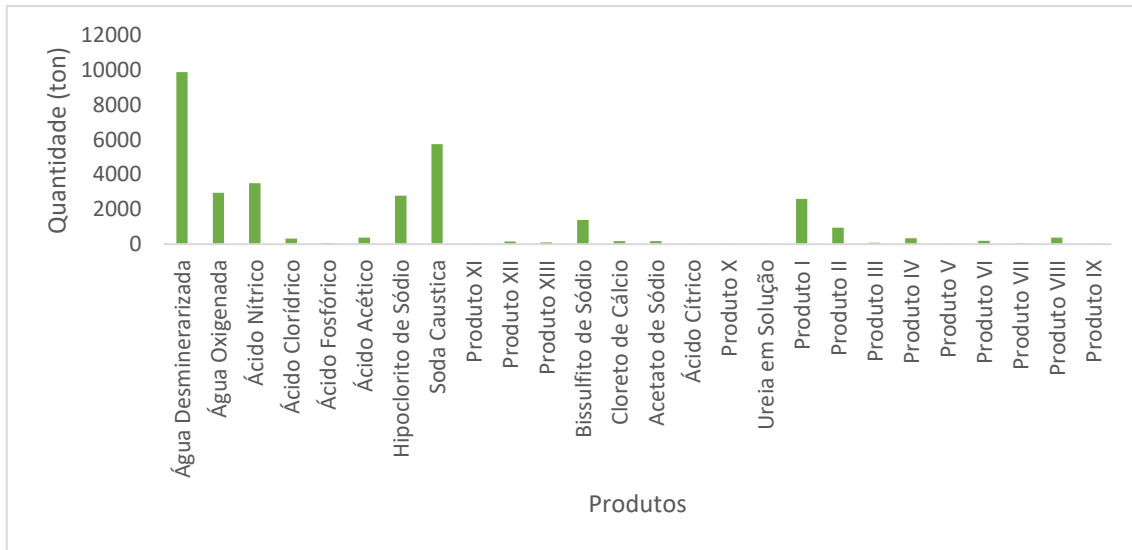


Figura 6.15- Análise dos produtos que foram mais significativos em termos de quantidades no ano de 2017.

Pela figura verifica-se que os produtos mais significativos são a Água Desmineralizada, a Soda Cáustica, o Ácido Nítrico, o Hipoclorito de Sódio, a Água Oxigenada, o Produto I, o Bissulfito de Sódio e o Produto II, ordenados. Como tal, os produtos que teriam mais interesse estudar a sua transição para horários menos dispendiosos seriam estes mesmos. Posteriormente, poderia ainda analisar-se os produtos que pertencem à classe da Detergência, uma vez que como foi referido acima esta classe poderia ser mais significativa em termos energéticos que outras classes devido às características dos seus produtos.

Há alguns destes produtos que serão analisados que se dividem ainda em subprodutos, como é o caso dos produtos que pertencem à classe das Diluições em que os produtos apresentam subprodutos com várias concentrações diferentes. Já no caso Produto I e do Produto II os subprodutos existentes devem-se há existência de algumas características diferentes entre si. As quantidades dos subprodutos dos produtos que foram determinados os consumos energéticos encontram-se no Anexo F.1.

Como tal dentro de cada um dos produtos estudou-se quais seriam os subprodutos que mais uma vez seriam mais significativos em termos quantitativos, de modo a que os consumos energéticos a serem determinados fossem os destes mesmos produtos/subprodutos. Os únicos produtos que não serão analisados são a Água Desmineralizada, uma vez que este produto é obtido a partir de uma máquina de desmineralização e, por isso mesmo, será analisado à parte e o Hipoclorito de Sódio uma vez que este só é expedido com uma concentração de 13%.

Na figura 6.16 encontram-se as quantidades dos subprodutos que pertencem à Soda Cáustica.

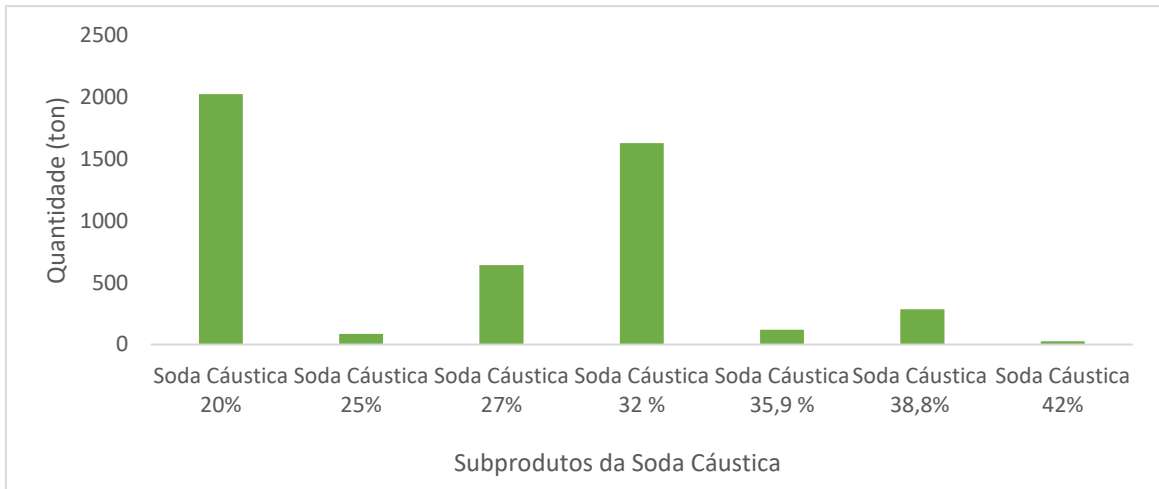


Figura 6.16- Quantidades dos subprodutos que pertencem à Soda Cáustica.

A figura indica que os subprodutos que têm mais peso em termos quantitativos são a Soda Cáustica a 20%, a Soda Cáustica a 32% e a Soda Cáustica a 27%, respetivamente. Como tal, estes serão os produtos aos quais serão associados os respetivos consumos energéticos.

Na figura 6.17 estão representados os subprodutos que pertencem ao Ácido Nítrico.

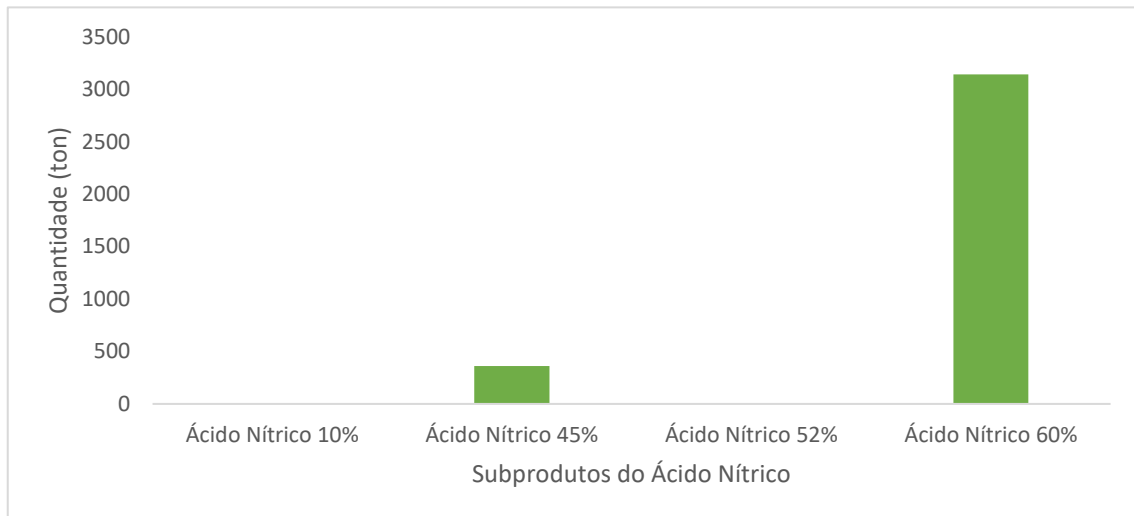


Figura 6.17- Quantidades dos subprodutos que pertencem ao Ácido Nítrico.

Pela análise da figura percebe-se que o subproduto que é mais significativo em termos quantitativos é o Ácido Nítrico a 60%, logo apenas serão determinados os consumos energéticos deste subproduto.

Na figura 6.18 estão representados os subprodutos que pertencem à Água Oxigenada.

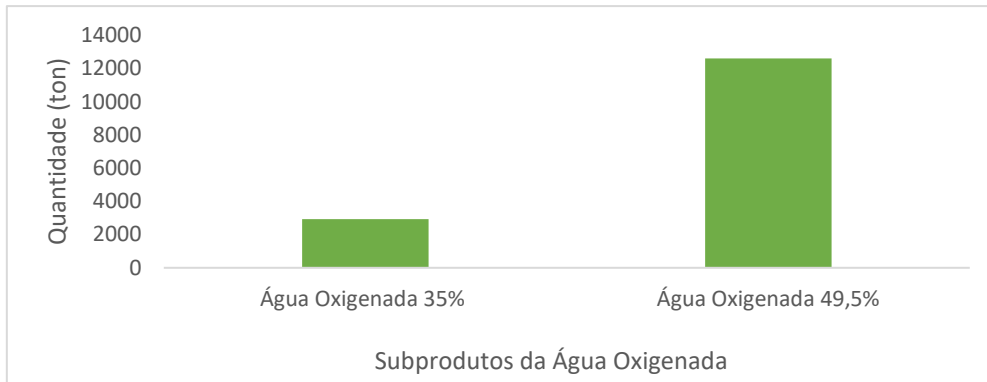


Figura 6.18- Quantidade dos subprodutos que pertencem à Água Oxigenada.

Pela figura observa-se que o subproduto mais significativo quantitativamente da Água Oxigenada é a Água Oxigenada 49,5% e, por isso, apenas serão determinados os consumos energéticos deste subproduto.

Na figura 6.19 são apresentadas as quantidades dos subprodutos que pertencem ao Produto I.



Figura 6.19- Quantidades dos subprodutos que pertencem ao Produto I.

Pela figura observa-se que os subprodutos mais relevantes em termos quantitativos são o Produto I.3, o Produto I.4 e o Produto I.2, por ordem decrescente. Deste modo, serão estes produtos aos quais serão associados os respetivos consumos energéticos.

Na figura 6.20 estão representadas as quantidades dos subprodutos que pertencem ao Bissulfito de Sódio.

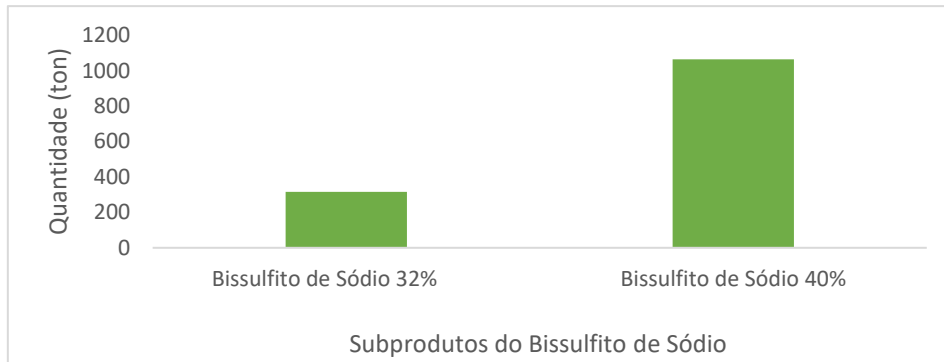


Figura 6.20- Quantidades dos subprodutos que pertencem ao Bissulfito de Sódio.

Neste caso o subproduto que é mais significativo é o Bissulfito de Sódio a 40%, por isso, apenas serão analisados os consumos energéticos referentes a este subproduto.

Na figura 6.21 encontram-se os subprodutos que pertencem ao Produto II.

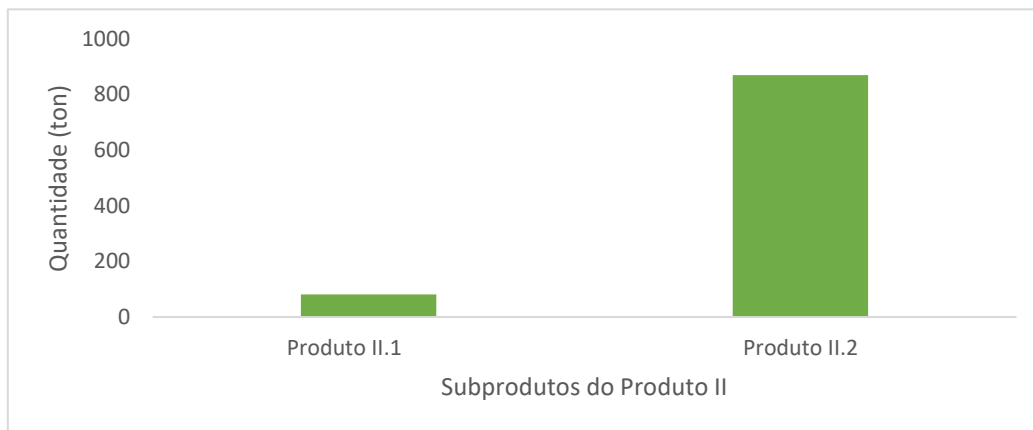


Figura 6.21- Quantidades dos subprodutos que pertencem ao Produto II.

No Produto II, o único subproduto para o qual será analisado o consumo energético é o Produto II.2, pois este é o mais relevante quantitativamente.

Em resumo, na tabela 6.5 apresentam-se quais os produtos/subprodutos aos quais serão associados os consumos energéticos e a classe à qual pertencem.

Tabela 6.5- Resumo dos produtos/subprodutos que serão associados os respetivos consumos energéticos e classe à qual pertencem.

Produto/ Subproduto	Classe
Água Desmineralizada	Água
Soda Cáustica a 20%	
Soda Cáustica a 32%	
Soda Cáustica a 27%	
Água Oxigenada 49,5 %	Diluições
Ácido Nítrico a 60%	
Hipoclorito de Sódio a 13%	
Produto I.3	
Produto I.4	Cliente A
Produto I.2	
Bissulfito de Sódio a 40%	Produções
Produto II.2	Cliente A

Nem todos os produtos acima referidos são produzidos da mesma forma. Há produtos que apenas são diluídos, ou seja, que são recebidos com uma concentração mais elevada do que aquela que são expedidos. Neste grupo inserem-se a classe das Diluições, tal como o nome indica. Os produtos das restantes classes são elaborados a partir de mistura de diferentes produtos.

No caso das diluições apenas são utilizadas bombas elétricas para fazer circular os dois fluidos, o produto e a água. Já no caso das restantes classes, se forem produzidas nos reatores há vários consumos energéticos associados, nomeadamente, do agitador inserido no reator; e caso o produto a ser produzido leve água desmineralizada ou soda cáustica, há o consumo das bombas elétricas que conduzem estes fluidos dos seus depósitos até ao reator em questão; de uma bomba pneumática móvel para bombear outros produtos (matérias-primas) caso seja necessário e ainda de uma bomba pneumática que auxilia na circulação da mistura dos produtos dentro do reator. Há ainda outros que são produzidos diretamente nos IBC's e neste caso apenas há o consumo por parte do agitador mecânico.

Na tabela 6.4 estão os produtos a ser analisados e o local onde são manufacturados, não sendo referidos os produtos que pertencem à classe da Diluições, uma vez que estes apenas são misturados com água nos depósitos.

Tabela 6.6- Locais onde os produtos são produzidos.

Produto	Local
Bissulfito de Sódio	
Produto I	Reator
Produto II	

Como se pode verificar todos os produtos que foram analisados e que não pertencem à classe das Diluições são produzidos nos reatores. Ainda assim o consumo energético de cada um deles varia consoante as matérias-primas que são adicionadas, ou conforme o tempo de reação. No entanto, apenas foi possível determinar os consumos energéticos de alguns dos produtos que pertencem à classe das Diluições, devido à escassez de tempo. Os produtos que ainda foi possível analisar foram a Água Oxigenada, a Água Desmineralizada e Soda Cáustica.

Tal como foi referido no início do subcapítulo 5.1 a tarifa encontra-se dividida em HP, HC, HV e HSV, por ordem de custo. E como foi analisado no ponto da “Mudança de Nível de Tensão” estes períodos encontram-se distribuídos de maneiras diferentes ao longo do dia conforme o ciclo horário contratado. Neste caso o ciclo horário atual é ciclo diário, o que indica que os períodos ao longo do dia são iguais em todos os dias da semana. Os períodos mais dispendiosos iniciam-se às 8h da manhã e terminam às 22h, por isso, será uma mais valia que os maiores consumos energéticos aconteçam fora deste período, o que só é possível se a empresa laborar durante a noite. Como a empresa labora durante a noite então será sempre possível transitar alguns consumos energéticos para esse período mais económico.

Inicialmente, com o auxílio do analisador de energia foi possível determinar o tempo de reação/transação associado a cada produto e o seu consumo específico, sendo que conforme o número de dias do ensaio e das necessidades da empresa, verificou-se que nem sempre há repetibilidade de um reação/transação. Posteriormente, foi simulada a possibilidade de transação do período do dia em que acontecia a produção. Aquilo que se verificou aquando da análise dos tempos de reação/ transação e dos consumos específicos foi que para cada produto existia uma única bomba elétrica associada, por isso, a receção do produto concentrado, a agitação dos subprodutos e a transferência dos mesmos é efetuado tudo na mesma bomba. Os valores dos tempos de reação/transição, dos consumos específicos e dos períodos do dia a que se deram estas transições encontram-se do Anexo F.3.

As medições com o analisador de energia efetuadas à bomba elétrica da Soda Cáustica foram feitas entre de 17 e 26 de julho. Na figura 6.22 encontra-se o tempo de reação/transação para a Soda Cáustica.

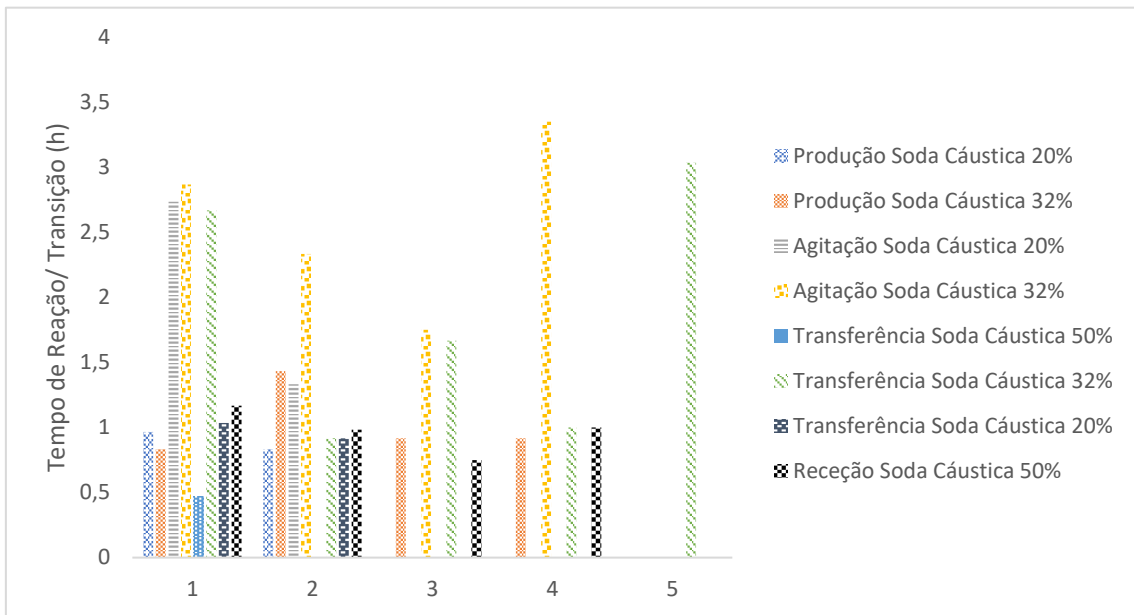


Figura 6.22- Tempo de reação/transação para a Soda Cáustica.

O ensaio realizado à bomba elétrica de Água Oxigenada com o analisador de energia foi efetuado de 27 de julho a 7 de agosto. Na figura 6.23 é apresentado o tempo de reação/ transição para a Água Oxigenada.

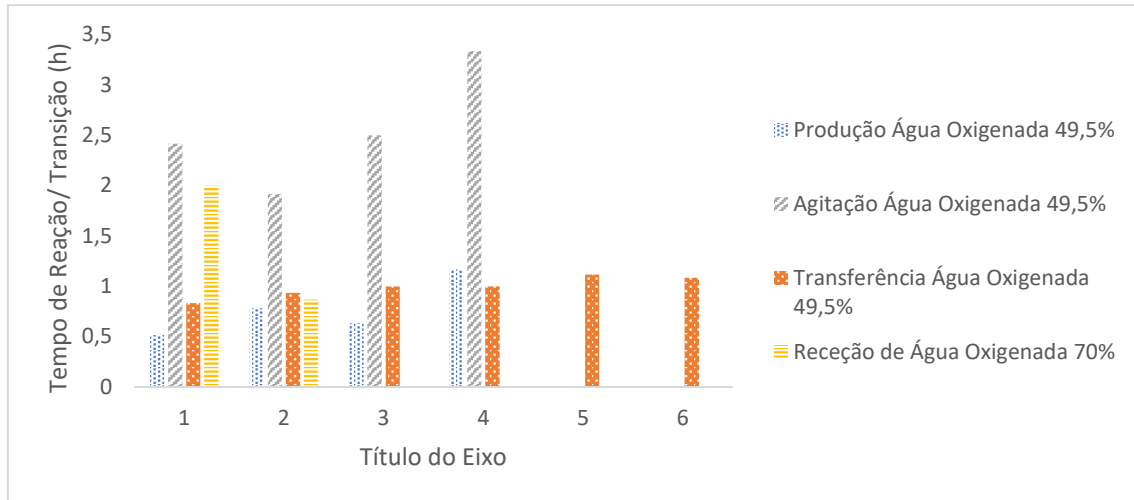


Figura 6.23- Tempo de reação/transição da Água Oxigenada.

As medições à bomba de Água Desmineralizada foram efetuadas nos dias 8 e 9 de agosto. Na figura 6.24 encontra-se o tempo de reação/ transição para a Água Oxigenada.

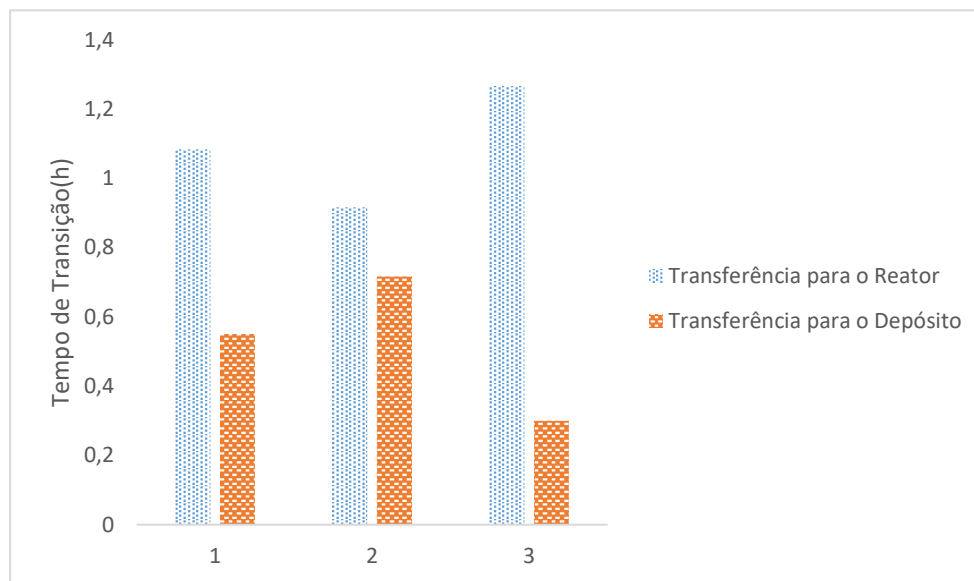


Figura 6.24- Tempo de reação/transição da Água Desmineralizada.

Pelas figuras 6.22 e 6.23 verifica-se que a bomba elétrica associada a cada produto tem várias funções. No caso da Soda Cáustica e da Água Oxigenada é utilizada para a recepção do produto concentrado, para a produção de produtos diluídos, para a agitação destes mesmos produtos diluídos e posteriormente para a sua transferência para IBC's. No caso das produções de produtos mais diluídos o que passa na bomba elétrica é o produto com a concentração a que é recebido, ou seja, para as produções de Soda Cáustica diluída é utilizada Soda Cáustica a 50% e para as produções de Água Oxigenada diluída é utilizada Água Oxigenada a 70%. Já na figura 6.24 verifica-se que

apenas há a transferência de Água Desmineralizada para diferentes locais, uma vez que este produto apenas é utilizado para a produção de produtos e subprodutos.

Nas figuras 6.22,6.23 e 6.24 verifica-se também que a frequência de tipos de transições varia ao longo dos dias do ensaio. Por exemplo, o que aconteceu com uma maior frequência no ensaio na bomba elétrica de Soda Cáustica foi a Transferência de Soda Cáustica 32 %, em oposição de Transferência de Soda 50%. Verifica-se também que para o mesmo tipo de transição o tempo de reação/transição não é igual em cada um dos ensaios. Isto porque no caso das produções no final de cada uma há o controlo de qualidade da mesma e caso o produto não esteja conforme é necessário fazer a revisão da produção. Já no caso das agitações e das transferências, o tempo depende da quantidade de produto.

Por isso, determinou-se o consumo específico de cada uma das produções. Para a determinação do consumo específico duma produção teve-se em conta a expressão 6.1:

$$\text{Consumo Específico} \left(\frac{kWh}{ton} \right) = \frac{\text{Potencia Consumida pela Bomba (kW)} \times \text{Tempo de reação/Transição (h)}}{\text{Quantidade de Produto que passa pela Bomba (ton)}} \quad (6.1)$$

Na figura 6.25 está representado o consumo específico do ensaio da Soda Cáustica.

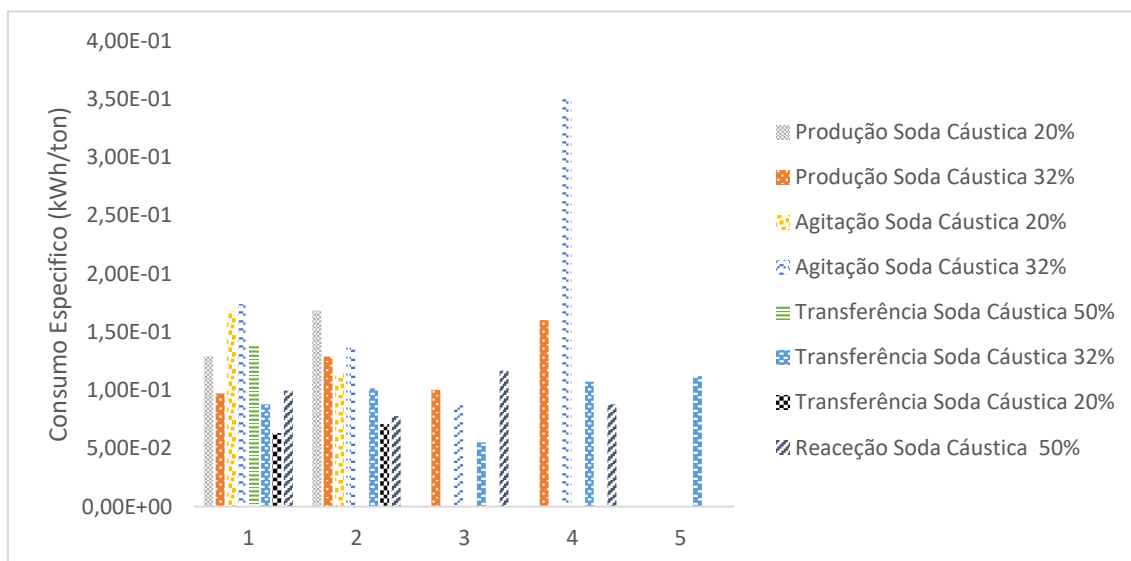


Figura 6.25- Consumo específico do ensaio da Soda Cáustica.

Na figura 6.26 encontra-se o consumo específico do ensaio da Água Oxigenada.

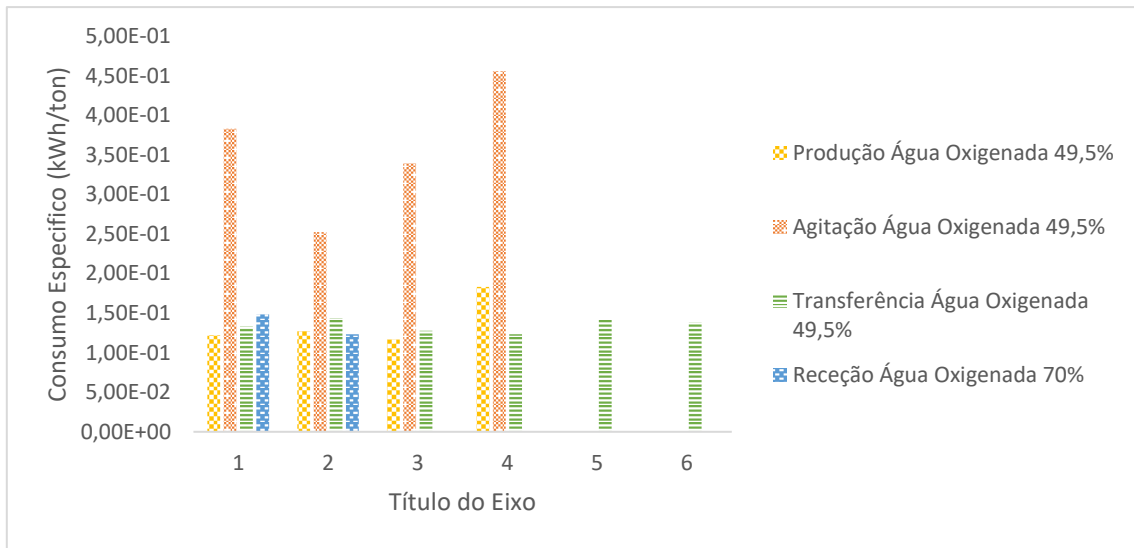


Figura 6.26- Consumo específico do ensaio da Água Oxigenada.

Na figura 6.27 está evidenciado o consumo específico do ensaio da Água Desmineralizada.

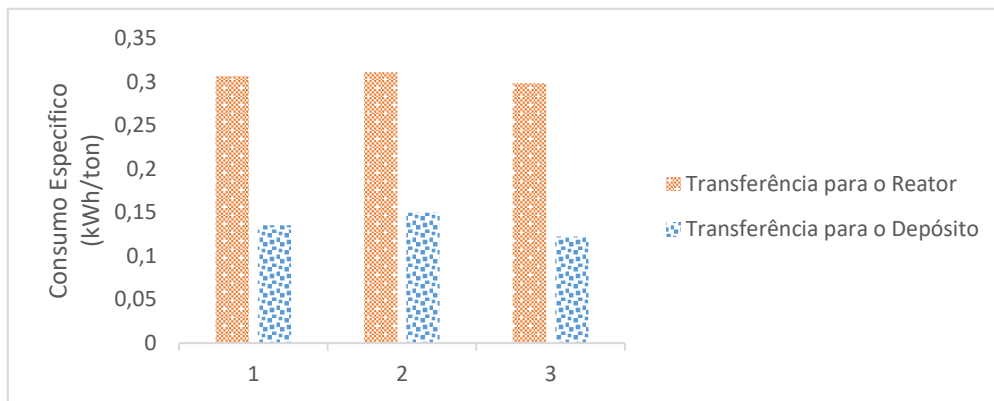


Figura 6.27- Consumo específico para o ensaio da Água Desmineralizada.

Nas figuras 6.25 e 6.26 verifica-se que no caso das produções de produtos diluídos, das transferências dos mesmos e da receção dos produtos concentrações não há variações significativas, ao contrário do que acontece com as agitações dos produtos diluídos. Isto porque para o cálculo do consumo específico foi considerado uma única passada da quantidade total de produto que passa pela bomba elétrica, no entanto, no caso das agitações dos produtos diluídos isto poderá não ser linear, ou seja, poderá haver várias passagens da mesma quantidade de produto. No caso da Soda Cáustica quando há a mistura da Soda Cáustica mais concentrada com a Água Desmineralizada verifica-se que há libertação de calor para o meio envolvente, ou seja, há uma reação exotérmica, e isto poderá explicar as pequenas variações que existem nas restantes transições.

Com os consumos específicos e com os períodos horários das produções foi possível determinar os custos associados, tendo em conta as tarifas de 2018 aplicada pela CESSN, que se encontra no Anexo F.2. Estes custos e as possíveis reduções encontram-se na figura 6.28. Os valores dos custos associados aos consumos energéticos e as possíveis reduções encontram-se no Anexo F.3.

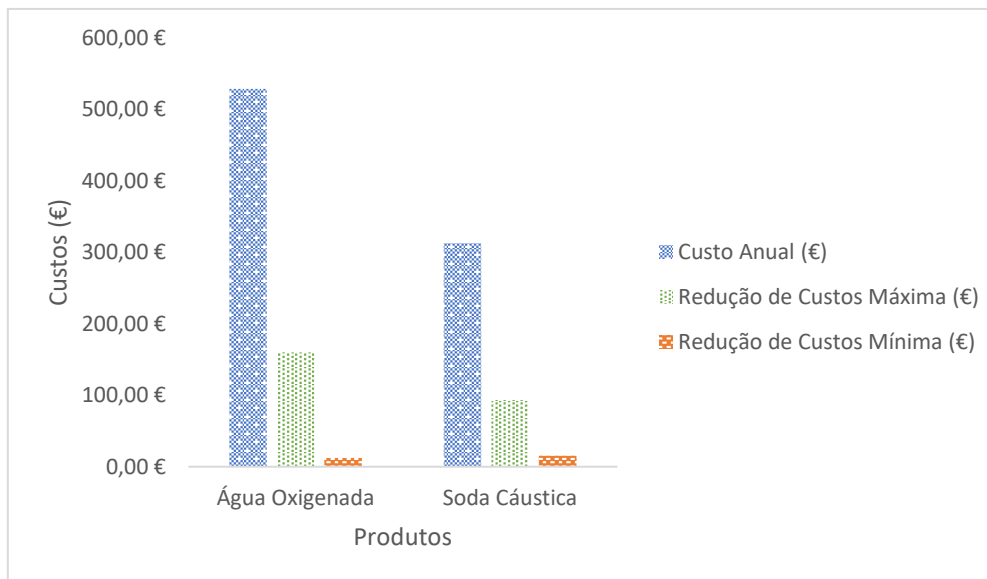


Figura 6.28- Custos associados às produções analisadas e possíveis reduções de custos.

Como se pode verificar pela figura 6.28 poderiam se obter reduções mais significativas e outras menos significativas e isto deve-se ao facto de haver quatro períodos horários (HP, HC, HV e HSV). Para se obter uma redução mínima de custos simulou-se que não as produções que se efetuaram nas HP quando dos ensaios passariam para HC. Para se obter a máxima redução de custos seria necessário passar todas as produções que foram efetuadas em períodos de HP e HC quando dos ensaios para períodos de HV e HSV. Com esta simulação foi possível se concluir que caso se considerasse que os ensaios efetuados eram representativos do ano, o mínimo de reduções que se poderia obter para a Soda Cáustica seria de 15,47 € e o máximo de reduções para este mesmo produto seria de 93,23 €. Já no caso da Água Oxigenada o mínimo que se poderia reduzir na fatura elétrica seria 12,30 e o máximo seria 160,27€. Em apenas dois produtos poderia se reduzir no mínimo 27,77€ e no máximo 253,51€.

6.2. Ar Comprimido

Após a análise das possibilidades de redução na fatura elétrica, ir-se-á estudar as possibilidades na redução dos consumos elétricos por parte do ar comprimido. Isto porque após o estudo dos consumos energéticos por parte do ar comprimido detetou-se que seria possível efetuar várias melhorias, para a redução do seu peso na fatura elétrica.

Diminuição da Pressão de Trabalho do Compressor

A pressão a que o ar é comprimido deverá ser a mais próxima possível da pressão de serviço. Por isso uma das medidas que poderia ser efetuada seria a diminuição da pressão de funcionamento do compressor, uma vez que este comprime ar a 9,2 bar e os equipamentos que necessitam de uma maior pressão de ar comprimido são as bombas pneumáticas a 6 bar.

Como tal poderia diminuir-se a pressão a que o ar é comprimido e estimar qual a diminuição da potência consumida pelo motor do compressor. Isto porque a pressão a que o compressor comprime é diretamente proporcional à potência consumida pelo mesmo e desde que continue o funcionamento da rede em boas condições, isto traduz-se numa redução do consumo energético.

Existem basicamente três ciclos de compressão, dois ideais e um real. Os ciclos de compressão ideais são a compressão isotérmica e a adiabática. O ciclo de compressão real é a compressão politrópica, e por isso, foi este tipo de compressão que foi considerada seguindo-se a expressão 6.2.

$$W_{tot} = \frac{n}{n-1} \times Q_{comp} \times \rho \times R \times T_0 \times \left[\left(\frac{P}{P_0} \right)^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right] \quad (6.2)$$

Onde:

- ♦ W_{tot} – Potência consumida em cada compressão (kJ/s)
- ♦ Q_{comp} – Caudal de gás comprimido (m^3_{FAD}/s)
- ♦ ρ – Massa volúmica do gás (kg/m^3_{FAD})
- ♦ R – Constante dos gases perfeitos (para o ar 0,2877 kJ/ (kg K))
- ♦ T_0 – Temperatura de entrada do gás no elemento compressor (K)
- ♦ P – Pressão absoluta do gás comprimido
- ♦ P_0 – Pressão absoluta do gás antes de entrar no elemento compressor
- ♦ n - Constante adimensional da compressão politrópica ($P_1V_1^n = P_2V_2^n$)

Neste caso considerou-se que a constante adimensional assume o valor de 1,3 [12], visto que o compressor é lento e bem arrefecido, a temperatura da entrada do gás é a temperatura ambiente ($T_0 = 20^\circ\text{C}$) e a pressão absoluta do gás antes de entrar no elemento de compressão é a pressão atmosférica ($P_0 = 1$ bar).

Sabendo que atualmente os compressores produzem ar comprimido a 9,2 bar, e que é necessário ar comprimido a 6 bar, então testou-se baixar a pressão de compressão para 7 bar. Para esta redução de pressão, a redução da potência de compressão é dada pela equação 6.3:

$$\begin{aligned} \text{Redução da Potência de Compressão} &= 1 - \frac{W_{tot\ 7bar}}{W_{tot\ 9,2\ bar}} \\ &= 1 - \frac{\frac{n}{n-1} \times Q_{comp} \times \rho \times R \times T_0 \times \left[\left(\frac{P_2}{P_0} \right)^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right]}{\frac{n}{n-1} \times Q_{comp} \times \rho \times R \times T_0 \times \left[\left(\frac{P_1}{P_0} \right)^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right]} \quad (6.3) \end{aligned}$$

$$\text{Redução da Potência de Compressão} = 1 - \frac{\left[\left(\frac{P_2}{P_0} \right)^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right]}{\left[\left(\frac{P_1}{P_0} \right)^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right]}$$

$$\text{Redução da Potência de Compressão} = 1 - \frac{\left[\left(\frac{7}{1} \right)^{\frac{1,3-1}{1,3}} - 1 \right]}{\left[\left(\frac{9,2}{1} \right)^{\frac{1,3-1}{1,3}} - 1 \right]}$$

$$\text{Redução da Potência de Compressão} = 0,1525$$

Em termos percentuais, a redução é de 15,25% do consumo energético com uma redução de 2,2 bar.

A passagem de pressão de 9,2 bar para 7 bar foi testada na prática, uma vez que a redução do consumo energético seria significativa. No entanto, aquilo que se verificou em termos práticos foi que as válvulas não se abriam a 100%, ou seja, não é possível fazer a redução de pressão e portante de energia. Como foi referido no Subcapítulo 5.3 a linha atual de ar comprimido é muito longa e ramificada originando perdas de carga muito elevadas.

Redução das Perdas de Carga na Tubagem

Com o tópico referido acima, debateu-se uma outra questão, a redução das perdas de carga existentes.

No subcapítulo 5.3 abordou-se a complementação da rede de ar comprimido, pois com a instalação de novos equipamentos pneumáticos, foi necessário a colocação de um compressor 1 de maior capacidade para que houvesse disponível mais ar comprimido na rede. Contudo as perdas de carga aumentaram com este aumento de caudal de ar comprimido e por isso mesmo foi necessário instalar-se uma tubagem provisória (a vermelho na figura 5.9) de modo a garantir o funcionamento mínimo de alguns equipamentos pneumáticos em simultâneo. Na prática verificou-se que mesmo com esta situação provisória as perdas de carga ainda eram demasiado elevadas.

Como as perdas são inversamente proporcionais ao diâmetro interno da tubagem, então quanto maior o diâmetro interno da tubagem menor são as perdas de carga associadas à mesma. Por este motivo estudou-se a hipótese da instalação de uma nova tubagem que passaria a ser a linha principal da empresa e a existente passaria a ser secundária.

A proposta da nova linha de ar comprimido encontra-se representada na figura 6.22.

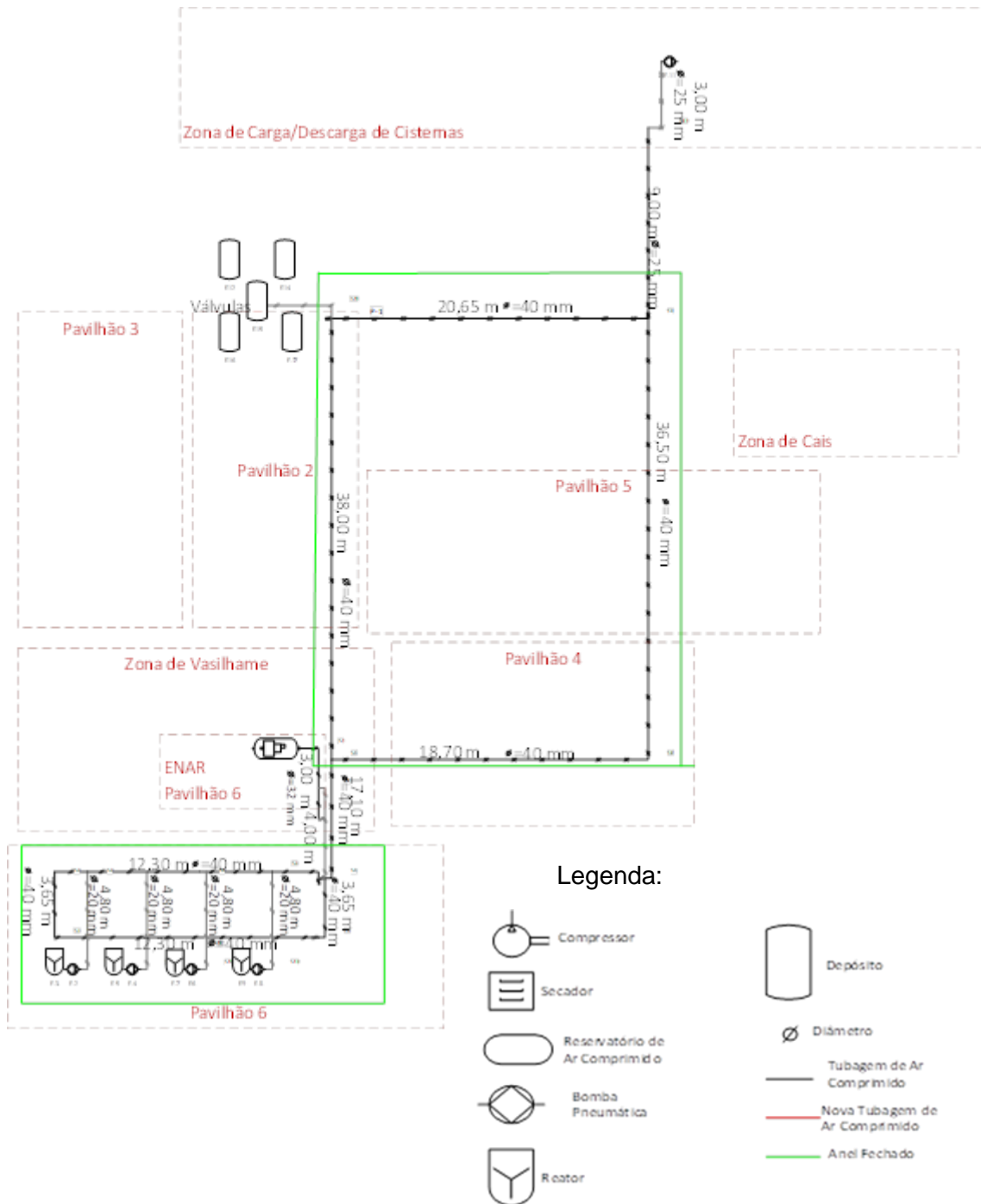


Figura 6.29- Sugestão de nova rede de ar comprimido.

Comparando a figura 6.22 com a figura 5.9 verifica-se que ao contrário da tubagem atual, esta nova tubagem seria em anel fechado de forma a garantir um maior equilíbrio do ar comprimido disponível na rede. Verifica-se também que esta figura em relação à figura 5.9 tem muito menos acessórios (joelhos, Tê's, etc) o que por si só implica menores perdas de carga.

Pela figura 6.22 observa-se também que neste dimensionamento da nova tubagem teve-se em conta que os equipamentos que consumiam um maior caudal de ar comprimido eram as bombas pneumáticas e por isso mesmo foi dimensionado um pequeno anel juntos destas.

Foi então determinado o diâmetro interno da tubagem, considerando que a perda de carga era a máxima admissível, 0,1 bar [10], e que o caudal de ar comprimido era distribuído uniformemente por toda a tubagem, ou seja, quando por exemplo surge dois ramais, o caudal de ar comprimido que vem da tubagem anterior e que está ligado a estes dois ramais divide-se em dois. Teve-se ainda em conta que o caudal de ar comprimido disponível nesta nova rede principal seria o caudal de ar comprimido que o novo compressor produziria, como será referido mais adiante. Para a determinação dos diâmetros interiores desta nova tubagem em Polipropileno-Random (PPR) seguiu-se a seguinte equação 5.1, referida no subcapítulo 5.3.

Os valores dos diferentes diâmetros encontram-se na tabela 6.7.

Tabela 6.7- Diâmetros necessários da nova tubagem.

Δp (bar)	Caudal FAD (m ³ /min)	Comprimento da Tubagem (m)	Pressão de serviço (bar)	D _i (mm)
0,1	6,7	7	6	31,75
	3,35	32		33,30
	3,35	17,5	4	32,01
	1,675	113,15		35,97
	1,675	12		21,18

Com os diâmetros obtidos e com o comprimento de tubagem necessário foi calculado o custo do investimento desta nova tubagem. A tabela dos preços desta tubagem encontra-se no Anexo G.1.

A partir do preçário percebeu-se que não existem todos os diâmetros internos calculados, por isso, escolheu-se o diâmetro interno mais próximo do calculado e determinaram-se as perdas de carga para os diâmetros internos de catálogo.

As perdas de carga que se teriam com a nova tubagem encontram-se na tabela 6.8.

Tabela 6.8- Perdas de carga reais com a nova tubagem.

D _i calculado(mm)	D _i disponível em catálogo (mm)	Caudal FAD (m ³ /min)	Comprimento da Tubagem(m)	Pressão de serviço (bar)	Δp (bar)
31,75	32	6,7	7	6	0,096
33,30		3,35	32		0,040
32,01	40	3,35	17,5	4	0,033
35,97		1,675	113,15		0,059
21,18	25	1,675	12		6

Os custos associados à instalação desta nova tubagem encontram-se na tabela 6.9.

Tabela 6.9- Custos associados à instalação da nova tubagem.

D_i calculado(mm)	D_i disponível em catálogo (mm)	Comprimento da Tubagem (m)	Custo da tubagem/Comprimento (€/m)	Custo Total (€)
31,75	32	7	3,89	27,23
33,30		32		213,44
32,01	40	17,5	6,67	116,725
35,97		113,15		754,7105
21,18	25	12	1,86	22,32
				1134,43

Os custos dos “acessórios” para a ligação desta nova tubagem encontram-se na tabela 6.10.

Tabela 6.10- Custos dos “acessórios” para a ligação da nova tubagem.

"Acidente"	D_i	Custo/ D_i (€)	Custo Total (€)
Joelho 3 vias		1,03	1,03
Joelho	40	1,98	7,92
Tê	40	2,41	7,23
			16,18

O custo total da instalação desta nova tubagem é de, aproximadamente, 1150 €.

Aquisição de um Novo Compressor

Como, atualmente, o compressor principal das instalações é um compressor com um consumo específico demasiado elevado, não tem um controlo automático para efetuar a sua paragem, e não possui um variador de velocidade, estudou-se a possibilidade da aquisição de um novo compressor.

Como já tinha sido estudada esta possibilidade por parte do Departamento de Manutenção, foram utilizados os orçamentos obtidos em 2016 e novamente no início do ano de 2018.

No ano de 2016 foram obtidos diversos orçamentos para compressores com uma potência entre 30 kW e 37 kW. Na tabela 6.11 são apresentadas as diferentes marcas, as respetivas características e o custo total associado a cada uma das propostas.

Tabela 6.11- marcas de diferentes orçamentos, as respetivas características e custo total associado a cada orçamento.

Marca	<i>Biomicro- Ekomak</i>	<i>Ferrai- Boge</i>	<i>Kaeser- Proposta 1</i>	<i>Kaeser- Proposta 2</i>	<i>Atlas Copco</i>	<i>Camiar- Worthington</i>
Potência Nominal (kW)	37	37	30	37	37	37
Pressão de Trabalho (bar)	7	10	7	7	7	7
Caudal(m^3_{FAD}/min)	1,9-6,7	2,25-6,43	1,27-6,20	1,54-7,52	0,89-6,89	1,017-6,23
Eficiência do motor	93,7		93,3	94,8	IE3	
Consumo em Plena Carga (kW)	40,1		39,1	47,2		41,9
Consumo Específico (kWh/m^3_{FAD})	0,0997		0,105	0,105		0,112
Custo de Energia Elétrica ao Final de 30 Anos (€)	1157979,00		1128526,36	1368793,27		1209586,11
Custo Total (€)	19 936,00	25 988,00	22 899,00	26 170,00	21 540,00	23 816,00

Pela tabela 6.11 observa-se que em termos de potência nominal o único compressor que difere dos outros é o compressor da marca *Kaeser*, na proposta 1 e em termos de caudal de ar comprimido produzido é bastante semelhante em todos, à exceção do compressor da marca *Kaeser*, na proposta 2, que é ligeiramente mais elevado. Os restantes dados não foram disponibilizados em todos os orçamentos e por isso mesmo, para se comparar energeticamente os compressores, só se considerou aqueles que forneceram dados quanto ao consumo de energia em plena carga e respetivo consumo específico. Assim sendo, só foram comparadas as marcas *Biomicro-Ekomak*, *Kaeser* (as duas propostas) e *Camiar-Worthington*. No que se refere ao consumo de energia em plena carga o que toma o valor mais elevado é o compressor da marca *Kaeser-Proposta 2*, mas isto não se reflete no consumo específico do compressor, uma vez que também é este que produz um maior caudal de ar comprimido. Em termos de consumo específico são todos bastante semelhantes, no entanto, estes valores podem-se refletir a longo do prazo. Para avaliar como se iria refletir o consumo específico a longo prazo considerou-se que o tempo de vida útil do compressor seria de 30 anos. Com isto, estimou-se qual seria o custo de energia elétrica ao final destes 30 anos, tendo em conta, o ciclo horário atual e o preço unitário atual da energia ativa. Com estes dados conclui-se que apesar compressor da marca *Biomicro-Ekomak* aparentemente ser o equipamento mais vantajoso, a longo prazo isto não se verificaria. A longo prazo o compressor mais vantajoso seria o da marca *Kaeser-Proposta 1*. Outra característica que também contribui para esta escolha é o custo total na aquisição deste equipamento, no entanto, estes valores são referentes a 2016 e por isso já devem ter inflacionado.

Como foi referido também no início do ano de 2018 foi pedido um orçamento a uma outra marca, a *Comingersoll*, uma vez que os últimos orçamentos já tinham dois anos e esta marca está a fornecer equipamentos para outras instalações. Como tal foi pedido as características deste compressor de modo a comparar não só com os orçamentos anteriores como o compressor que a empresa tem atualmente. As características deste equipamento encontram-se na tabela 6.12.

Tabela 6.12- Características do compressor da marca *Comingersoll*.

Marca	<i>Comingersoll</i>
Potência Nominal (kW)	22
Pressão de Trabalho (bar)	7
Caudal(m ³ /min)	1,16-3,68
Eficiência do motor	
Consumo em Plena Carga (kW)	24,8
Consumo Específico (kWh/m ³)	0,112
Custo de Energia Elétrica ao Final de 30 Anos (€)	714490,70
Custo Total (€)	30 440,00

Este orçamento dado no início de 2018 é para um compressor semelhante ao que opera atualmente nas instalações em relação à potência nominal e ao caudal de ar comprimido produzido, mas tem um consumo de energia em plena carga relativamente mais baixo, o que se traduz num consumo específico também mais baixo. Comparando as características deste compressor com as características dos compressores apresentados na tabela 6.11 verifica-se que o caudal de ar comprimido é sensivelmente metade; a potência nominal também é mais baixa e por isso o consumo energético em plena carga é também bastante mais baixo. No entanto, o consumo específico não reflete esta redução do consumo energético em plena carga, por o caudal de ar comprimido produzido ser menor. Quanto ao custo, este é superior aos orçamentos dados em 2016, contudo, este valor é mais realista e poderia tentar-se ainda negociá-lo, uma vez que este fornecedor fez um desconto noutros equipamentos adquiridos para outras instalações. Além do mais comparando o custo de energia elétrica a longo prazo deste compressor com os compressores apresentados na tabela 6.11 verifica-se que este apenas implicaria sensivelmente metade dos custos.

A grande vantagem da aquisição de qualquer um destes compressores em relação ao atual é que todos estes possuem velocidade variável, ou seja, a velocidade de funcionamento do motor acompanha a necessidade de ar comprimido, a uma pressão constante. Com isto evita-se o desperdício de energia causado pela variação de pressão e elimina-se os ciclos de carga/vazio, permitindo que haja uma maior produtividade, um melhor aproveitamento do rendimento do compressor e a redução de dos custos energéticos.

No caso do compressor da marca Comingersoll tem ainda uma outra vantagem que é a da possibilidade de aumento de potência, ou seja, o compressor que seria adquirido tem uma potência de 22 kW, mas a sua potência poderia ser convertida/aumentada até 30 kW.

Para o estudo do consumo energético foi considerado que o tempo de funcionamento do compressor durante o ensaio e os respetivos períodos do dia, que se encontram no subcapítulo 5.3, eram representativos do ano.

Com isto foram calculados os custos associados ao consumo energético deste ensaio e determinaram-se os custos associados ao consumo energético anual. A determinação do custo associado a cada período do dia é dada pela equação 6.3:

$$Energia\ Ativa\ Total\ (kWh) \times \% \text{ Horas em Cada Período do Dia} \\ \times \text{Preço Unitário} \left(\frac{\text{€}}{kWh} \right) = \text{Custo (€)} \quad (6.3)$$

A tarifa da energia ativa encontra-se dividida em dois períodos, tal como se pode verificar no Anexo H.1, o período de verão e o período de inverno. Os primeiros três meses do ano (janeiro, fevereiro e março) e os últimos três (outubro, novembro e dezembro) inserem-se no período de inverno e os restantes meses inserem-se no período de verão (abril, maio, junho, julho, agosto e setembro). Cada um dos períodos encontra-se dividido em HP, HC, HV e HSV, sendo que os intervalos que correspondem a cada tipo de hora diferem do período de inverno para o período de verão, bem como o seu preço unitário. Tendo em conta todas estas premissas foi então calculado o custo de energia com o atual compressor (1); o custo de energia com um novo compressor, tendo em conta a redução do consumo de energia pela redução do consumo específico; e a redução dos custos prevista. O exemplo de cálculo destes custos encontra-se no Anexo H.1.

Na figura 6.23 encontram-se os custos de energia com o compressor atual, os custos de energia com um novo compressor e a redução de custos prevista.

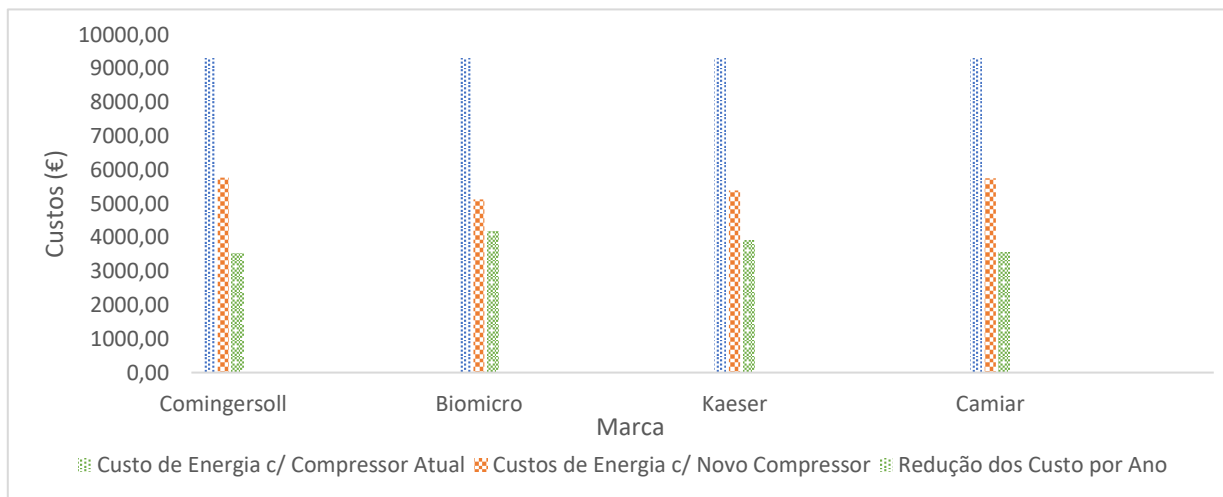


Figura 6.30- Custos de energia com o atual compressor, custos de energia com um novos compressor e redução de custos previstos.

O custo anual de energia com o atual compressor é de 9 296,39 €. Este valor foi obtido através dos consumos energéticos lidos pelo analisador de energia durante o ensaio de quatro semanas e a extrapolação para um consumo energético anual. Com estes mesmo consumo energético anual foi possível simular quais seriam os custos

energéticos com outro compressor, tendo em conta a redução do consumo específico, tal como é indicado no Anexo H.2, e ver a redução de custos energéticos em relação aos atuais. Por isso, o objetivo é que a redução dos custos seja máximo e consequentemente os custos energéticos com o novo compressor seja mínimo. Pela figura verifica-se que a marca que apresenta uma maior redução dos custos é a Biomicro e a que apresenta uma menor redução é a Comingersoll. Isto deve-se ao facto de a Biomicro apresentar o consumo específico mais baixo em relação ao atual e em contrapartida a Comingersoll apresentar o valor mais elevado.

Com a redução de custos previstos e com as propostas dadas pelas diferentes empresas fornecedoras de compressores estudou-se a viabilidade económica desta mudança. Para determinar o período de retorno do investimento foi considerada a seguinte expressão matemática:

$$\text{Período de Retorno (Anos)} = \frac{\text{Investimento no Novo Compressor (€)}}{\text{Redução do Custo da Energia Elétrica (\frac{€}{\text{Ano}})}} \quad (6.4)$$

A determinação do período de retorno do investimento para cada marca encontra-se na tabela 6.8.

Tabela 6.13- Período de retorno calculado a partir do investimento e da redução de custos de energia elétrica num ano para cada proposta.

Marca	Comingersoll	Biomicro	Kaesar	Camiar
Investimento (€)	24960,80	19936,00	22899,00	23816,00
Redução/Ano (€/Ano)	3532,56	4175,59	3903,38	3543,86
Período de Retorno (Anos)	7,07	4,77	5,87	6,72

Para o caso da proposta da *Comingersoll* considerou-se que haveria um desconto de 18% em relação à proposta apresentada, uma vez que esta empresa forneceu este mesmo tipo de equipamentos para outras instalações e fez um desconto de 18% para esses mesmos equipamentos em relação às propostas que tinham sido apresentadas inicialmente. Este tipo de negociação não foi possível prever para as restantes propostas, uma vez que só finalizando o negócio é que se poderia chegar a este tipo de conclusões. E também deve-se ter em conta que o valor mais realista será o da *Comingersoll*, uma vez que é a proposta mais recente, todas as outras referem-se ao ano de 2016, e por isso, os valores das propostas poderiam inflacionar e consequentemente, o período de retorno do investimento poderia aumentar.

Pela tabela 6.13 observa-se que o melhor investimento seria no compressor da marca *Biomicro*, uma vez que é o que apresenta um período de retorno mais baixo, no entanto, se este negócio avançasse deveria se pedir uma nova cotação da proposta apresentada em 2016 para se verificar se ainda seria a aquisição mais vantajosa economicamente.

Redução das Fugas de Ar Comprimido

Efetuuou-se um ensaio para a determinação das fugas, tal como foi referido no subcapítulo 5.3. O caudal de fugas representa 14,7% do caudal produzido pelo compressor, no entanto, este valor está acima dos 5% e por isso mesmo, as fugas deveriam ser reduzidas.

A redução da percentagem das fugas seria de aproximadamente 10%. Porém para que houvesse esta redução das fugas, primeiro deveria ser encontrado o local das mesmas de modo a encontrar soluções para a sua minimização.

Atualmente para a determinação do local das fugas recorre-se a um equipamento de ultrassons, uma vez que pode ser utilizado mesmo em locais ruidosos e sem que haja a interrupção da laboração. Como não houve acesso a este tipo de equipamento e como não foi possível detetar qualquer tipo de fuga por audição nem com recurso a espuma de sabão, uma vez que a rede é de difícil acesso, então não foi determinado a localização das fugas existentes.

Todavia foi calculado qual seria a redução dos custos da produção de ar comprimido no caso de posteriormente estas fugas serem detetadas e reparadas. Para isso foi considerado os consumos energéticos existentes durante as quatro semanas em que foi realizado o ensaio e que mais uma vez este ensaio seria representativo do ano. Assim sendo, as premissas apresentadas no ponto da “Aquisição de um Novo Compressor” em relação às tarifas aplicadas nos períodos de verão e de inverno e da variação dos horários durante o dia em cada um dos períodos também se aplicam neste caso.

Para se determinar a energia que é despendida para compensar as fugas é dado pela seguinte equação:

$$\begin{aligned} \text{Caudal de Fugas} \left(\frac{m^3}{h} \right) \times \text{Consumo Específico} \left(\frac{kWh}{m^3} \right) \\ \times \text{Horas de Funcionamento do Compressor (h)} \\ = \text{Consumo de Energia (kWh)} \quad (6.5) \end{aligned}$$

Este consumo é ainda associado a cada horário do dia que foi dado pelo ensaio realizado, uma vez que a tarifa muda em cada período do dia, logo, o custo energético associado a cada horário é dado por:

$$\begin{aligned} \text{Consumo Energético (kWh)} \times \% \text{ Período do dia} \times \text{Custo Unitário} \left(\frac{€}{kWh} \right) \\ = \text{Custo Energético (€)} \quad (6.6) \end{aligned}$$

Através das equações acima foi então determinado o custo total de energia atual para compensar as fugas existentes e simular caso as fugas fossem reduzidas em 10% quais seriam os custos de energia totais associados a esse caso e foi verificada qual seria a diferença. Estes valores encontram-se representados na figura 6.24 e o exemplo de cálculo associado a estes valores encontra-se no Anexo H.3.

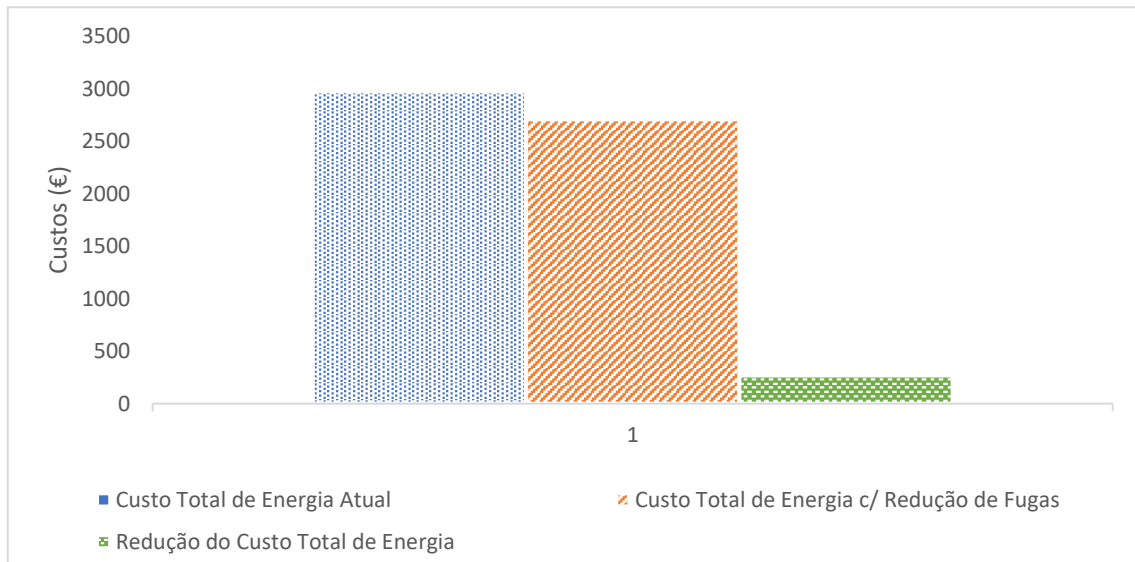


Figura 6.31- Representação do custo total de energia atual das fugas, do custo total de energia caso houvesse uma redução de 10% das mesmas e respetiva diferença de custo.

Por ano haveria uma redução do custo total de energia de 276,95 €. Comparativamente ao custo atual de energia elétrica para a produção de ar comprimido a redução do custo de energia anual, devido à redução de fugas, é de 2,3% e comparativamente com a fatura elétrica anual a redução representaria 0,34%. Não é possível verificar se este tipo de redução seria viável em termos económicos, uma vez que não foram determinados os locais onde existe as fugas, logo não houve uma determinação de qual seria o investimento na sua reparação.

7. Conclusões e Propostas de Trabalhos Futuros

O objetivo do trabalho realizado foi efetuar uma auditoria energética às instalações da RNM- Produtos Químicos com vista à otimização da sua eficiência energética, tendo em conta a viabilidade económica das medidas propostas.

Numa primeira abordagem fez-se o levantamento energético das instalações e do funcionamento do processo produtivo e dos equipamentos envolvidos no mesmo. Verificou-se que existiam duas fontes de energia, a eletricidade e o gasóleo. Após a análise dos consumos energéticos da empresa verificou-se que a eletricidade representava 87% do consumo total de energia, enquanto que os restantes 13% correspondiam ao gasóleo. O consumo de eletricidade é maioritário, uma vez que a maioria dos equipamentos se encontram ligados à rede elétrica, como é o caso dos compressores, das bombas elétricas, do equipamento de desmineralização de água, dos agitadores associados aos reatores e mecânicos, entre outros. O consumo de gasóleo apenas é feito por parte dos empilhadores e das caldeiras de aquecimento/vaporização.

Aquando da análise dos consumos energéticos uma das dificuldades sentidas foi a determinação do consumo de gasóleo por equipamento, uma vez que as caldeiras de aquecimento/vaporização não continham caudalímetros que permitissem a contabilização do consumo do mesmo e a contabilização do número de horas do funcionamento dos empilhadores apenas começou a ser efetuada em agosto de 2017. Portanto, apenas foi possível determinar-se qual o consumo de gasóleo por equipamento a partir deste mesmo mês. Verificou-se que 62% do consumo de gasóleo era feita pelos empilhadores e 38% era utilizado pelas caldeiras de aquecimento/vaporização, mas não foi possível determinar quais os custos associados a este consumo uma vez que não existia o registo deste.

No ano de 2017 foi consumido 14,64 tep de gasóleo e 94,39 tep de eletricidade, o que perfaz um total de 109,03 tep de energia consumida. Conclui-se então que a empresa não é uma CIE, uma vez que segundo RGCE é necessário que o consumo esteja acima dos 500 tep para que uma empresa seja considerada uma CIE.

Na análise prévia do consumo elétrico percebeu-se que o equipamento que tinha um consumo mais significativo era o compressor de ar comprimido e, por isso mesmo, este equipamento foi estudado à parte. Atualmente, na RNM- Produtos Químicos, SA a produção de ar comprimido é assegurada por dois compressores com capacidades diferentes. Ambos os compressores são do tipo rotativo de parafuso, ou seja, a compressão do ar é realizada por dois rotores que funcionam em sentidos opostos e funcionam em regime de carga vazio. O consumo final de ar comprimido é feito por parte das válvulas de efeito simples e duplo efeito, por partes das bombas pneumáticas fixas e móveis e ainda pequenos equipamentos pneumáticos de oficina e de montagem.

Só foi possível determinar a rede principal de ar comprimido, uma vez que a linha foi sofrendo alterações ao longo dos anos e atualmente há tubagem que está inacessível, devido a existir outros equipamentos a esconder esta mesma tubagem. Devido à ramificação da rede de ar comprimido e, provavelmente, há tubagem inadequada (com diâmetros demasiado pequenos) há perdas de carga muito elevadas. Aquando da sua determinação estudaram-se vários cenários e verificou-se que na melhor das hipóteses a perda de carga era de 2,41 bar, que é 24 vezes superior aos admissíveis 0,1 bar.

Foram também determinados os consumos de energia do compressor 1 durante 4 semanas, de modo a verificar o comportamento deste equipamento. Conclui-se que este equipamento funciona conforme as necessidades de ar comprimido, uma vez que o número de horas que passa em funcionamento foi variável ao longo do ensaio, assim como o período horário em que estava em funcionamento. Numa análise mais pormenorizada do seu comportamento verificou-se que consome entre 8,7 kW e 32 kW, em vazio e em carga, respetivamente e que o número de vezes que entra em carga também é variável, mais uma vez por se estar numa empresa que trabalha segundo as necessidades e não em linha contínua.

A determinação do consumo específico do compressor 1 foi possível com o ensaio referido acima, sendo de $0,181 \text{ kWh/m}_{FAD}^3$. Posteriormente, fez-se um ensaio de fugas para a determinação das mesmas. O caudal de fugas representa 14,7% do caudal de ar comprimido produzido, estando acima dos 5% admissíveis.

Foram apresentadas algumas propostas de melhoria no Capítulo 6 para a diminuição da fatura elétrica. Foi estudada a possibilidade da colocação de baterias de condensadores, no entanto, verificou-se que o investimento seria demasiado elevado em relação ao retorno e não havia garantias de que o equipamento tivesse um tempo de vida útil que justificasse o investimento. A instalação de variadores de velocidade já tinha sido feita na maioria dos motores. A substituição dos motores existentes por motores de alta eficiência só se justificaria no caso de avaria dos atuais motores. E a substituição da iluminação existente também apenas de justificaria em alguns locais em caso de avaria da que existe atualmente.

As medidas mais significativas seriam a mudança do nível de tensão atual (BTE) para um nível de tensão mais elevado (MT); a transição de processos produtivos atuais para períodos horários mais económicos, uma vez que a empresa labora 24h/ dia e há períodos em que a eletricidade é menos dispendiosa (HV e HSV); a aquisição de um novo compressor e posterior instalação de nova rede de ar comprimido para a diminuição das perdas de carga e possibilidade da reparação das fugas de ar comprimido. Na tabela 7.1 são apresentadas as possíveis reduções, em termos percentuais, em relação aos custos de eletricidade em 2017.

Tabela 7.1- Possíveis reduções, em termos percentuais, em relação aos custos de eletricidade em 2017.

Medidas	Redução em Relação à Fatura Elétrica Anual em 2017 (%)
Mudança de Tensão (MT)	6,90-8,55
Transição dos Processos Produtivos	0,034-0,31
Aquisição de Novo Compressor	4,30-5,08
Redução de Fugas de Ar Comprimido	0,34
Total	11,57-14,28

Aquilo que se concluiu foi que com estas pequenas medidas poder-se-ia reduzir nos custos de eletricidade de 11,57 % a 14,28%. No nível de tensão a redução poderia ir de 6,90% a 8,55%, uma vez que se poderia celebrar um contrato com o fornecedor de energia em MT-MU ou MT-LU, o que compensaria mais seria o de MT-LU. A transição do processo produtivo apenas foi analisada para dois produtos. Para estes dois produtos se se mudasse os períodos nos quais se processam as suas produções/transferências poder-se-ia poupar de 0,034 % caso se eliminasse as produções/transferências no período mais dispendioso, ou seja, em HP, e caso se transitasse todas as operações

para os períodos menos dispendiosos (HV e HSV) poder-se-ia reduzir os custos elétricos em 0,31%. Caso se adquirisse um compressor novo, as reduções poderiam ir de 4,30 % a 5,08%, sendo que esta variação se deve ao estudo da aquisição de compressores de diferentes marcas. E, por fim, a redução das fugas de ar comprimido representariam 0,34% da fatura elétrica anual.

Há medidas que necessitam de investimentos, como é o caso da mudança do nível de tensão, a aquisição do novo compressor e a redução das fugas de ar comprimido. Para a mudança de nível de tensão para MT é necessário a instalação de um PT para a transformação de alta tensão para baixa para que a energia possa ser utilizada. Já no caso da aquisição de um novo compressor, tal como a descrição indica é necessário um compressor que satisfaça as condições necessárias para a empresa. No caso da redução de fugas é necessário determinar qual o local das mesmas para uma possível reparação. Foi possível determinar os custos associados a aquisição de um PT e para diferentes compressores e para verificar a viabilidade económica foi considerado que o retorno do investimento não deveria ultrapassar 5 anos. Conclui-se então que o investimento num PT só seria viável caso se mudasse para MT-LU e que a aquisição de um novo compressor só seria viável para a marca *Biomicro*.

Um estudo realizado também na “Aquisição de um Novo Compressor” no Subcapítulo 6.2 foi verificar quais os custos de energia elétrica caso o compressor tivesse um tempo útil de 30 anos, em funcionamento durante 24 h. Conclui-se que com o compressor da *Comingersoll* ao final de 30 anos os custos de eletricidade seriam 443 488,30€ menores que com o compressor da *Biomicro*, sendo que o investimento inicial é de apenas mais 10 504,00€. Por isso, o compressor a adquirir devia ser o da *Comingersoll*.

Para complemento deste trabalho sugere-se que se deveria fazer um estudo mais aprofundado da rede de ar comprimido atual, determinar os locais das fugas para verificação da viabilidade económica e verificar também a transição de mais produtos para horários menos dispendiosos, uma vez que esta mudança não reque qualquer tipo de investimento, apenas requer uma organização de logística diferente.

Referências Bibliográficas

[1] Correia, Ana Carolina, fevereiro de 2015, “Melhoria da Eficiência Energética numa Indústria de Tintas”, Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

[2] Silva, Mário André Gomes, 2014, “Gestão de Consumos de Energia na Indústria – análise crítica e contributos para a reformulação do SGCIE”, Mestrado Integrado em Engenharia da Energia e do Ambiente, Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa

[3] Relógio, António Joaquim Bastos de Jesus, 2017, “Auditoria e otimização energética de uma unidade fabril”, Mestrado Integrado em Engenharia da Energia e do Ambiente, Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa

[4] Dias, Luís Filipe Fernandes, 2012, “Estudo de viabilidade de medidas de melhoria integrado na Certificação Energética e de Qualidade do Ar Interior de Edifícios de Serviços no âmbito do SCE/RSECE – DL 78 e 79/2006”, Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

[5] Alves, Hugo Filipe da Silva, julho 2010, “Levantamento do Consumo Energético de Unidade Industrial”, Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

[6] DGEG, Direção Geral de Energia e Geologia, disponível em <http://www.dgeg.gov.pt/>, (Consultado a 28/05/2018)

[7] ADENE, Agência para a Energia, disponível em <https://www.adene.pt/industria/>, (Consultado a 07/03/2018)

[8] Rosa, Pilão, ano letivo 2016/2017, “Apontamentos da cadeira Fonte e Conversão de Energia”, Mestrado em Engenharia Química, Ramo de Energia e Biorrefinaria

[9] Critical Kinetics, disponível em <http://critical-kinetics.pt/Compensacao-de-E.-Reativa/compensacao-de-reactiva-apresentacao.html>, (consultado a 29/05/2018)

[10] Novais, José, 1995, “Ar Comprimido Industrial: Produção, Tratamento e Distribuição”, Fundação Calouste Gulbenkian

[11] Moreira, Ana Sofia Faria, novembro de 2016, “Racionalização Energética em Indústria Cerâmica”, Mestrado em Engenharia Química, Instituto Superior de Engenharia do Porto

[12] Costa, Salvador Soeiro Nunes, junho de 2014, “Auditoria Energética à Indústria Têxtil *Tempo de Tendências*”, Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

[13] Disponível em <http://www.ofa.pt/Nivel1/2-A%20Tubos%20e%20Acessorios.pdf>, (consultado a 16/07/2018)

Anexos

A. Levantamento das Faturas Elétricas

Neste anexo são apresentados os levantamentos das faturas elétricas da RNM-Produtos Químicos referentes ao ano de 2017. Estes dados foram fornecidos pelo Departamento de Qualidade, Ambiente e Segurança.

A.1- Dados das Faturas Elétricas do Ano de 2017

Na tabela A.1 encontra-se um exemplo de uma fatura elétrica do ano de 2017.

Tabela A.1- Exemplo de uma fatura elétrica do ano de 2017.

ntzf - Processado por Programa Certificado N° 1091 / AT

Tarifa: BTE - MÉDIAS UTILIZAÇÕES		Potência Contratada: 345,00 KVA		N° Documento					
Descrição	TRIFÁSICO	TETRA-HORÁRIO		(2017.03)					
		Leit. Anterior (2017.03.31) (Empresa)	Leit. Atual (2017.04.30) (Empresa)	Diferença	Fator Multipl.	Consumo (KWh/KVAh/KVA)	Preço Unitário	Valor	I/V A (%)
ENERGIA E POTÊNCIA									
Termo Tarifário Fixo								25,73	23
TARIFAS DE ENERGIA ELÉTRICA									
Energia Ativa Ponta		120421	127674	7253	1,000	7253,00	0,0641	464,92	23
Energia Ativa Cheias		305808	324112	18304	1,000	18304,00	0,0580	1061,63	23
Energia Ativa Vazio Normal		104822	111933	7111	1,000	7111,00	0,0473	336,35	23
Energia Ativa Super Vazio		47293	50633	3340	1,000	3340,00	0,0383	127,92	23
TOTAL DAS TARIFAS DE ENERGIA ELÉTRICA								1.990,82	
TARIFAS DE ACESSO - REDES									
Energia Ativa Ponta		120421	127674	7253	1,000	7253,00	0,0685	496,83	23
Energia Ativa Cheias		305808	324112	18304	1,000	18304,00	0,0532	1081,60	23
Energia Ativa Vazio Normal		104822	111933	7111	1,000	7111,00	0,0307	219,31	23
Energia Ativa Super Vazio		47293	50633	3340	1,000	3340,00	0,0282	94,19	23
TOTAL DAS TARIFAS DE ACESSO - REDES								1.892,93	
TARIFAS DE ACESSO - POTÊNCIA									
Potência Contratada						345,00	1,2960	447,12	23
Potência Horas de Ponta						60,44	18,3390	1109,41	23
TOTAL DAS TARIFAS DE ACESSO - POTÊNCIA								1.555,53	
TARIFAS DE ENERGIA REATIVA									
Energia Reativa Consumida (Indutiva) - Tgφ = 0,370		156018	165484	9466	1,000	9466,00	0,0115	20,69	23
Energia Reativa Consumida (Indutiva) - Escalão I				7	1,000	1799,00	0,0264	0,16	23
Energia Reativa Fornecida (Capacitiva)		406	413	7		7,00		0,00	
TOTAL DAS TARIFAS DE ENERGIA REATIVA								20,87	
IECE (Portaria N° 320-D/2011)						36008,00	0,0010	36,01	23
I.V.A. (23,00% X 5.521,89 = 1.270,03)									
OUTROS DÉBITOS/CRÉDITOS									
* O custo adicional devido ao acesso às redes no valor de EUR 3 022,22, I.V.A. não incluído (esse valor é independente do comercializador de energia elétrica).								2,85	06
Os custos de interesse económico geral (IEEG) incluídos no Acesso às Redes correspondem a EUR 1 662,22, I.V.A. não incluído.									
Total Ilíquido								5.524,74	
I.V.A. Total								1.270,20	
Total								6.794,94	*

Tal como se pode verificar pela tabela A.1 os custos de uma fatura elétrica encontram-se divididos em várias parcelas, nomeadamente, o termo de tarifário fixo, a energia ativa, a energia reativa e a potência. Verifica-se também que a energia ativa está dividida em HP, HC, HV e HSV, a potência está dividida em potência contratada e a potência em HP, e a potência reativa está dividida em indutiva e capacitiva.

Na tabela A.2 encontram-se os consumos de cada uma das parcelas, exceto do termo de tarifário fixo que apenas varia com o número de dias de cada mês, retiradas das faturas elétricas do ano de 2017.

Tabela A.2- Valores de cada uma das parcelas das faturas elétricas do ano de 2017.

Mês	Energia Ativa (kWh)				Potência (kW)			Total Energia Reativa (kVAh)
	HP	HC	HV	HSV	Contratada	HP	Total (kW)	
jan	7566	19656	6398	3084	138	61,02	199,02	8889
fev	4493	11632	4641	2265	138	62,4	200,4	5170
mar	10352	27134	10728	5578	345	63,12	408,12	12881
abr	7253	18304	7111	3340	345	60,44	405,44	11450
mai	7717	19746	6672	2646	345	62,23	407,23	11477
jun	7547	19291	6168	2237	345	62,89	407,89	11404
jul	7408	18510	6049	2321	345	59,74	404,74	10035
ago	7032	17779	5928	2443	345	56,71	401,71	10137
set	6592	17016	5980	2212	345	54,93	399,93	8881
out	6947	18014	7794	4056	345	56,02	401,02	10502
nov	7515	18678	8420	4452	345	62,63	407,63	9265
dez	7870	19870	9236	5342	345	63,47	408,47	7181

A energia reativa foi estudada à parte, uma vez que tal como foi referido no subcapítulo 5.1, este tipo de energia apesar de ser necessária quando em excesso é indesejada, uma vez que passa a ser cobrada. Na tabela A.3 encontra-se os valores de cada um dos tipos de energia reativa, sendo que se faz a distinção da energia reativa que foi cobrada da que não foi cobrada e os respetivos custos.

Tabela A.3- Valores da energia reativa indutiva, da energia reativa cobrada e da energia capacitiva e respetivos custos.

Mês	Energia Reativa (kVAh)			Custos (€)		
	Indutiva	Indutiva Cobrada	Capacitiva	Indutiva Cobrada	Capacitiva	Total
jan	8528	361	0	4,15	0	4,15
fev	5004	166	0	1,91	0	1,91
mar	12061	815	5	9,37	0,13	9,50
abr	9644	1799	7	20,69	0,19	20,87
mai	9858	1619	0	18,62	0	18,62
jun	9727	1676	1	19,27	0,026	19,30
jul	8904	1129	2	12,98	0,053	13,04
ago	8789	1346	2	15,48	0,053	15,53
set	7972	890	19	10,24	0,50	10,74
out	8992	1504	6	17,30	0,16	17,45
nov	8546	688	31	7,91	0,82	8,73
dez	7103	0	78	0,00	2,06	2,06
Total						141,91

Para uma melhor perceção dos custos associados a cada uma das tarifas, mais propriamente, da energia ativa, da energia reativa e da potência, foram compilados todos os respetivos custos na tabela A.4.

Tabela A.4- Custos totais de cada uma das parcelas das faturas elétricas do ano de 2017.

Mês	Custo da Potência (€)	Custo Energia Reativa (€)	Custo Energia Ativa (€)
jan	1341,16	4,15	5419,66
fev	793,92	1,91	3308,81
mar	2193,06	9,50	8054,86
abr	1555,53	20,87	5524,74
mai	1641,30	18,62	5760,01
jun	1600,46	19,30	5575,09
jul	1594,11	13,04	5448,71
ago	1536,64	15,53	5255,82
set	1454,48	10,74	5007,51
out	1523,62	17,45	5517,38
nov	1595,69	8,73	5810,44
dez	1664,80	2,06	6186,58

A.3 Tarifas de Energia em Vigor em 2017 na CESSN e Ciclo Horário

Consoante o que foi referido no início do subcapítulo 5.1 a entidade que abastece a RNM- Produtos Químicos é a CESSN. Esta entidade é uma CUR, ou seja, as tarifas aplicadas estão segundo o MR. No entanto, a CESSN para BTN e BTE abastece segundo o ML, podendo comercializar as suas próprias tarifas.

Na tabela A.5 encontra-se as tarifas aplicadas em 2017 para um abastecimento em BTE.

Tabela A.5- Tarifa em Vigor em 2017 pela CESSN.

Designação	Tarifas de acesso de energia e de potência (EUR/dia, EUR/kW.dia, EUR/kWh e EUR/kVArh)	Tarifa de energia (EUR/kWh)	Valor final (EUR/dia, EUR/kW.dia, EUR/kWh, EUR/kVArh)	
TERMO TARIFÁRIO FIXO	0,8575	BTE	0,8575	
POTÊNCIA DE HORAS DE PONTA	0,6113		0,6113	
POTÊNCIA CONTRATADA	0,0432		0,0432	
Energia em horas de ponta	0,0685		0,0641	0,1326
Energia em horas cheias	0,0592		0,0580	0,1172
Energia em horas de vazio normal	0,0307		0,0473	0,0780
Energia em horas de super vazio	0,0282		0,0383	0,0665
Indutiva	0,0346			0,0346
Capacitiva	0,0264			0,0264

Os períodos de HP, HC, HV e HSV variam ao longo do dia e também variam com o período de hora legal de verão e de inverno. Para o abastecimento em BTE existem dois ciclos horários, o ciclo semanal e o ciclo diário. Neste caso a empresa encontra-se a ser abastecida em ciclo diário e o seu horário encontra-se na tabela A.6.

Tabela A.6- Horário do ciclo diário.

Ciclo Diário para BTE e BTN em Portugal Continental		
	Período da Hora Legal de Inverno	Período de Hora Legal de Verão
Pontas	das 09:00 às 10:30 das 18:00 às 20:30	das 10:30 às 13:00 das 19:30 às 21:00
Cheias	das 08:00 às 09:00 das 10:30 às 18:00 das 20:30 às 22:00	das 08:00 às 10:30 das 13:00 às 19:30 das 21:00 às 22:00
Vazio Normal	das 06:00 às 08:00 das 22:00 às 02:00	das 06:00 às 08:00 das 22:00 às 02:00
Super Vazio	das 02:00 às 06:00	das 02:00 às 06:00

B. Exemplo de Cálculo dos Consumos Térmicos

Tal como foi referido no subcapítulo 5.2, a empresa além do consumo elétrico tem também consumos térmicos. A combustível que a empresa utiliza é o gasóleo e as quantidades que foram necessárias ao longo do ano de 2017 encontram-se na tabela B.1.

Tabela B.1- Quantidade de gasóleo necessária ao longo do ano de 2017.

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	Total
Gasóleo (l)	810	703	615	0	0	892	695	0	4999	667	595	7000	16976

Estes valores foram comparados com a energia elétrica, no entanto, para que esta comparação fosse possível teve de se converter o consumo de energia elétrica e o consumo de gasóleo nas mesmas unidades. As unidades que foram utilizadas para a comparação foram TEP que é uma unidade de energia. Para isso foi necessário ter conhecimento dos fatores de conversão, que se encontram no Despacho N° 17313/2008.

Os dados de conversão para a eletricidade e para o gasóleo encontram-se na tabela B.2.

Tabela B.2- Fatores de conversão disponíveis no Despacho N° 17313/2008 para a eletricidade e para o gasóleo.

Fatores de conversão	
Eletricidade	1 kWh=215×10 ⁻⁶ tep
	0,47 kg CO ₂ / kWh
	74,0 kg CO ₂ /GJ
Gasóleo	3098,2 kg CO ₂ /tep
	1,010 tep/t
	42,3 MJ/kg
	0,854 kg/l

O exemplo de cálculo da conversão da eletricidade e do gasóleo para o mês de janeiro encontram-se na equação B.1 e na equação B.2, respetivamente.

$$\text{Eletricidade (tep)} = \text{Eletricidade (kWh)} \times 215 \times 10^{-6} \left(\frac{\text{tep}}{\text{kWh}} \right) \quad (\text{B.1})$$

$$\text{Eletricidade (tep)} = 36704 \text{ kWh} \times 215 \times 10^{-6} \frac{\text{tep}}{\text{kWh}}$$

$$\text{Eletricidade (tep)} = 7,89 \text{ tep}$$

$$\text{Gasóleo (tep)} = \text{Gasóleo (l)} \times 0,854 \left(\frac{\text{kg}}{\text{l}} \right) \times 10^{-3} \left(\frac{\text{t}}{\text{kg}} \right) \times 1,01 \left(\frac{\text{tep}}{\text{t}} \right) \quad (\text{B.2})$$

$$\text{Gasóleo (tep)} = 810 \text{ l} \times 0,854 \frac{\text{kg}}{\text{l}} \times 10^{-3} \frac{\text{t}}{\text{kg}} \times 1,01 \frac{\text{tep}}{\text{t}}$$

$$\text{Gasóleo (tep)} = 0,70 \text{ tep}$$

O consumo de eletricidade e de gasóleo em tep para todos os meses encontram-se na tabela B.3.

Tabela B.3- Consumo de eletricidade e de gasóleo em tep ao longo do ano de 2017.

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	Total
Gasóleo (tep)	0,70	0,61	0,53	0,00	0,00	0,77	0,60	0,00	4,31	0,58	0,51	6,04	14,64
Eletricidade (tep)	7,89	4,95	11,57	7,74	7,91	7,58	7,37	7,13	6,84	7,91	8,40	9,10	94,39

Em termos percentuais estes valores correspondem a 13% para o gasóleo e 87% para a eletricidade.

Como foi explicado no subcapítulo 5.2 este consumo de gasóleo engloba os dois tipos de gasóleo, o de aquecimento utilizados nas caldeiras de água quente e o normal que é utilizado nos empilhadores. Foi então estudado separadamente estes dois tipos de gasóleo, mas apenas a partir de agosto, uma vez que só foi efetuado o registo do número de horas de funcionamento dos empilhadores a partir desse mês.

Assim sendo, inicialmente, procedeu-se à divisão da quantidade que foi gasta até a agosto de 2017 e a quantidade que foi consumida a partir deste mês. A quantidade que foi consumida a partir de agosto até dezembro de 2017 foi de 11,44 tep, o que corresponde a 44% do total de gasóleo anual. Destes 11,44 tep uma parte foi consumida como gasóleo normal em empilhadores e uma outra parte em gasóleo de aquecimento na caldeira. Tendo conhecimento das características dos empilhadores existentes na empresa foi possível determinar a quantidade do gasóleo normal utilizado nestes equipamentos.

O número de horas de funcionamento dos empilhadores desde agosto até dezembro encontra-se na tabela B.4.

Tabela B.4- Número de horas de funcionamento dos empilhadores desde agosto até dezembro do ano de 2017.

Equipamento	Nº de horas de funcionamento				
	ago	set	out	nov	dez
Empilhador 02-8FDF25	120,8	123	147	121	111
Empilhador 7FDF30	27	82	79	54	46
Empilhador 02-8FDF25	101,4	128	171	128	150
Empilhador 02-8FDF25	161,7	190	264	180	182
Empilhador TCC	59	101	69		

Como o consumo específico de gasóleo dos empilhadores é dado por l/h, então sabendo o consumo específicos dos empilhadores acima referidos é possível fazer uma estimativa do consumo de gasóleo por parte dos empilhadores. À exceção do Empilhador TCC, todos os outros são da marca *Toyota*. Foi pedido às marcas os consumos específicos de cada um dos modelos dos empilhadores referidos acima.

Os consumos específicos dos empilhadores encontram-se na tabela B.5.

Tabela B.5- Consumos específicos dos diferentes modelos de empilhadores existentes nas instalações.

Equipamento	Consumo específico (l/h)
Empilhador 02-8FDF25	3,6
Empilhador 7FDF30	Não existem dados
Empilhador TCC	2,68

Com o número de horas de funcionamento dos empilhadores e respetivos consumos específicos foi então estimado o consumo de gasóleo normal desde agosto até dezembro.

Tabela B.6- Consumo de gasóleo desde agosto até dezembro de 2017.

Equipamento	Combustível Consumido					
	ago	set	ou	nov	dez	Total
Empilhador 02-8FDF25	434,9	442,8	529,2	435,6	399,6	2242,1
Empilhador 7FDF30						
Empilhador 02-8FDF25	365,	460,8	615,6	460,8	540	2442,2
Empilhador 02-8FDF25	582,1	684	950,4	648	655,2	3519,7
Empilhador TCC	168,7	288,9	197,3			
Total	1382	1587,6	2095,2	1544,4	1594,8	8204,0

Como é possível verificar-se desde agosto até dezembro de 2017 houve um consumo de 8204,04 l de gasóleo normal, que corresponde a 7,07 tep, pela conversão dada na equação B.2. O que indica que os restantes 4,37 tep correspondem a gasóleo de aquecimento. Isto convertido em percentagem dá 38% em gasóleo de aquecimento e 62% de gasóleo normal, aproximadamente, no período de agosto até dezembro de 2017.

C. Dados do Consumo de Energia do Compressor de Ar Comprimido

No subcapítulo 5.3 são apresentados alguns valores dados pelo analisador de energia que esteve ligado ao quadro elétrico do compressor durante 4 semanas (de 6 de junho a 4 de julho) de modo a determinar o número de horas por dia em que o compressor e encontra ligado e os respetivos períodos horários, a potência consumida em cada dia, bem como a potência momentânea.

C.1 Número de Horas de Funcionamento do Compressor

Como o analisador de energia regista a potência consumida de 5 em 5 min então isto permitiu além de saber o consumo de energia, também saber em períodos horários do consumo e no final do dia o total de número de horas de funcionamento do compressor.

Na tabela C.1 encontra-se o consumo de energia do compressor em cada dia das quatro semanas, o tempo que permaneceu em cada período horário e o total do número de horas de funcionamento do compressor por dia. Para se verificar o período horário do dia em que se encontrava teve-se em conta a Tabela A.6.

Tabela C.1- Consumo de energia ao longo das 4 semanas do ensaio, respetivos períodos horários do dia e número total de horas de funcionamento do compressor.

Semanas do ensaio	Dia da semana	Energia Ativa (kWh)	Tempo (min)				Tempo total (h)
			HP	HC	HV	HSV	Total
Semana 1	Quarta	125,88	185	275	85	45	9,83
	Quinta	212,58	0	430	290	75	13,25
	Sexta	274,02	240	600	295	0	18,92
	Sábado	230,52	150	215	240	240	14,08
	Domingo	0	0	0	0	0	0
	Segunda	272,88	240	600	235	0	17,92
	Terça	332,16	240	600	220	240	21,67
Semana 2	Quarta	251,34	240	600	170	0	16,83
	Quinta	304,44	240	600	360	240	24
	Sexta	347,10	240	600	360	240	24
	Sábado	219,90	150	210	240	240	14
	Domingo	120,60	120	450	0	0	9,50
	Segunda	291,42	240	600	235	0	17,92
	Terça	342	240	600	340	240	23,67
Semana 3	Quarta	350,76	240	600	360	240	24
	Quinta	346,32	240	600	360	240	24
	Sexta	347,70	240	600	360	240	24
	Sábado	218,70	180	245	240	240	15,083
	Domingo	0	0	0	0	0	0
	Segunda	374,58	240	600	330	240	23,50
	Terça	340,98	240	525	360	240	22,75
Semana 4	Quarta	371,4	240	600	360	240	24
	Quinta	339,48	240	600	360	240	24
	Sexta	393	240	600	360	240	24
	Sábado	218,46	150	195	240	240	13,75
	Domingo	56,10	120	150	0	0	4,50
	Segunda	137,70	85	310	100	0	8,25
	Terça	139,80	65	125	250	10	7,50
	Quarta	121,26	130	190	180	50	9,17

C.2 Valores dos Consumos de Energia Momentâneos

Apesar do analisador de energia fazer o registo da potência consumida de 5 em 5 min, como o compressor funciona sobre um regime de carga/vazio, durante os 5 min em que não há qualquer tipo de registo o compressor pode entrar várias vezes em carga

e por isso mesmo, ter picos de potência que não são registados, apesar de ser contabilizado pelo analisador a energia consumida que vai acumulando.

De modo a verificar-se o comportamento do compressor nestes intervalos de 5 min em que não é feito o registo, foi feito o registo manual da variação da potencia em intervalos de 5 a 10 min, durante momentos diferentes do dia e em diferentes dias. Este registo foi efetuado da parte da manha e da parte da tarde no dia 13 de junho, no dia 14 de junho e no dia 15 de junho e ainda foi também efetuado o registo manual na parte da manha no dia 21.

Na tabela C.2 estão os valores da potência momentânea consumida do dia 13 da parte da manhã.

Tabela C.2- Valores da potência momentânea consumida do dia 13 da parte da manhã.

Tempo (s)	Potência (kW)	Tempo (s)	Potência (kW)	Tempo (s)	Potência (kW)	Tempo (s)	Potência (kW)	Tempo (s)	Potência (kW)	Tempo (s)	Potência (kW)	Tempo (s)	Potência (kW)	Tempo (s)	Potência (kW)
0	12,23	18	8,85	36	13,65	54	8,9	72	11,87	90	8,82	108	21,12	126	9,6
1	11,88	19	8,8	37	13,07	55	16,33	73	11,52	91	8,76	109	18,81	127	9,38
2	11,5	20	8,82	38	12,52	56	25,36	74	11,14	92	8,74	110	17,28	128	9,29
3	11,15	21	8,76	39	12,06	57	29,36	75	10,87	93	8,68	111	15,99	129	9,12
4	10,86	22	16,47	40	11,69	58	30,7	76	10,65	94	8,76	112	14,96	130	9,12
5	10,65	23	25,36	41	11,33	59	31,4	77	10,43	95	8,72	113	14,12	131	9,04
6	10,35	24	29,36	42	11,02	60	31,9	78	10,19	96	8,63	114	13,52	132	8,92
7	10,3	25	30,7	43	10,78	61	32,2	79	10	97	8,65	115	12,96	133	8,9
8	10,13	26	31,5	44	10,53	62	26,1	80	9,75	98	8,78	116	12,43	134	8,86
9	9,95	27	31,9	45	10,34	63	20,2	81	9,49	99	8,62	117	11,97	135	8,73
10	9,73	28	32,1	46	10,14	64	18,28	82	9,36	100	14,49	118	11,6	136	8,83
11	9,49	29	32,3	47	9,86	65	16,81	83	9,2	101	22,48	119	11,26	137	8,77
12	9,29	30	23,56	48	9,62	66	15,65	84	9,09	102	28,16	120	10,93	138	8,76
13	9,2	31	19,2	49	9,39	67	14,68	85	9,06	103	30,34	121	10,72	139	8,71
14	9,13	32	17,61	50	9,26	68	13,95	86	8,98	104	31,2	122	10,48	140	8,73
15	9,11	33	16,23	51	9,24	69	13,26	87	8,97	105	31,7	123	10,31	141	8,67
16	8,91	34	15,14	52	9,14	70	12,74	88	8,88	106	32	124	10,05	142	8,73
17	8,91	35	14,37	53	9,05	71	12,27	89	8,88	107	32	125	9,85	143	16

144	24,92	165	10,42	186	32,2	207	14,22	228	31,6	249	19,24	270	14,77	291	30,04
145	29,32	166	10,22	187	25,4	208	13,49	229	31,9	250	17,56	271	13,97	292	30,9
146	30,7	167	10	188	19,84	209	21,02	230	32	251	16,29	272	13,31	293	31,4
147	31,4	168	9,76	189	18,03	210	28,84	231	32,2	252	15,23	273	12,72	294	31,6
148	31,9	169	9,54	190	16,62	211	30,56	232	23,76	253	14,42	274	20,7	295	32
149	32,1	170	9,35	191	15,48	212	31,3	233	19,21	254	13,68	275	28,46	296	31,48
150	26,28	171	9,26	192	14,58	213	31,7	234	17,52	255	13,01	276	30,44	297	21,04
151	20,28	172	9,11	193	13,82	214	31,8	235	16,25	256	12,5	277	31,1	298	18,74
152	18,38	173	9,08	194	18,42	215	32,1	236	15,23	257	19,47	278	31,4	299	17,18
153	16,92	174	8,89	195	27,28	216	25,32	237	14,34	258	27,8	279	31,8	300	16,01
154	15,67	175	8,89	196	30,08	217	19,72	238	13,66	259	30,08	280	32	301	14,95
155	14,72	176	8,85	197	31	218	18,03	239	13,06	260	30,9	281	24,76	302	14,19
156	14,46	177	8,83	198	31,5	219	16,57	240	24,68	261	31,4	282	19,44	303	13,47
157	13,35	178	8,72	199	31,8	220	15,52	241	29,44	262	31,7	283	17,79	304	12,8
158	12,77	179	19,57	200	31,9	221	14,61	242	30,6	263	31,8	284	16,44	305	12,34
159	12,26	180	26,32	201	31,44	222	13,87	243	31,2	264	32	285	15,27		
160	11,86	181	29,54	202	21,04	223	13,25	244	31,6	265	26,8	286	14,44		
161	11,52	182	30,8	203	18,74	224	19,58	245	31,8	266	20,28	287	13,74		
162	11,16	183	31,4	204	17,21	225	27,8	246	32	267	18,42	288	13,08		
163	10,88	184	31,7	205	15,98	226	30,22	247	32,3	268	16,95	289	18,98		
164	10,65	185	32	206	14,98	227	31	248	24,16	269	15,69	290	27,36		

Os valores da potência consumida momentaneamente do dia 13 da parte da tarde encontram-se na tabela C.3.

Tabela C.3- Valores da potência consumida momentaneamente registados no dia 13 da parte da tarde.

Tempo (s)	Potência (kW)	Tempo (s)	Potência (kW)	Tempo (s)	Potência (kW)	Tempo (s)	Potência (kW)	Tempo (s)	Potência (kW)	Tempo (s)	Potência (kW)	Tempo (s)	Potência (kW)
0	11,16	23	13,47	46	10,34	69	8,74	92	8,78	115	20,51	138	10,16
1	10,87	24	21,56	47	10,11	70	8,71	93	8,91	116	27,16	139	9,95
2	10,65	25	27,6	48	9,89	71	8,73	94	8,86	117	30,02	140	9,76
3	10,4	26	30,12	49	9,7	72	8,78	95	8,89	118	30,9	141	9,49
4	10,17	27	30,9	50	9,48	73	8,74	96	8,92	119	31,4	142	9,32
5	9,97	28	31,5	51	9,26	74	8,73	97	8,84	120	31,8	143	9,26
6	9,79	29	31,8	52	9,19	75	8,75	98	8,92	121	32,1	144	9,15
7	9,56	30	32	53	9,1	76	8,83	99	8,92	122	25,04	145	9,08
8	9,38	31	24,8	54	8,95	77	8,8	100	8,89	123	19,6	146	8,94
9	9,24	32	19,4	55	8,97	78	8,8	101	8,9	124	17,83	147	8,83
10	9,09	33	17,66	56	8,92	79	8,8	102	8,95	125	16,48	148	8,89
11	9,05	34	16,33	57	8,85	80	8,78	103	8,89	126	15,35	149	8,9
12	8,94	35	15,24	58	8,92	81	8,83	104	8,91	127	14,48	150	8,87
13	8,99	36	14,37	59	8,83	82	8,83	105	8,96	128	13,75	151	8,81
14	8,89	37	13,71	60	8,79	83	8,8	106	8,88	129	13,13	152	8,83
15	8,81	38	13,07	61	8,81	84	8,86	107	8,93	130	12,58	153	8,78
16	8,81	39	12,52	62	8,75	85	8,79	108	8,92	131	12,17	154	8,76
17	8,85	40	12,06	63	8,85	86	8,84	109	8,92	132	11,77	155	8,72
18	8,8	41	11,71	64	8,75	87	8,86	110	8,9	133	11,41	156	8,68
19	8,75	42	11,33	65	8,74	88	8,77	111	8,97	134	11,08	157	8,68
20	8,69	43	10,99	66	8,74	89	8,85	112	8,95	135	10,79	158	8,66
21	8,76	44	10,74	67	8,7	90	8,81	113	8,9	136	10,55	159	8,69
22	8,64	45	10,53	68	8,72	91	8,85	114	9,26	137	10,36	160	8,73

161	8,68	188	8,85	215	11,23	242	8,81	269	12,36	296	19,7	323	18,33
162	8,69	189	8,86	216	10,95	243	8,72	270	11,95	297	17,14	324	25,92
163	8,72	190	8,84	217	10,7	244	8,73	271	11,56	298	15,86	325	29,48
164	8,74	191	8,86	218	10,47	245	8,75	272	11,29	299	14,92	326	30,7
165	8,68	192	8,92	219	10,24	246	8,76	273	10,93	300	14,07	327	31,5
166	8,78	193	8,79	220	10,08	247	8,76	274	10,67	301	13,43	328	31,8
167	8,76	194	8,87	221	9,87	248	8,75	275	10,45	302	12,99	329	32,1
168	8,72	195	8,81	222	9,65	249	8,81	276	10,27	303	12,35	330	26,1
169	8,73	196	14,44	223	9,4	250	8,75	277	10,07	304	11,96	331	20,2
170	8,82	197	22,52	224	9,29	251	8,84	278	9,85	305	11,57	332	18,29
171	8,75	198	28,32	225	9,26	252	8,75	279	9,58	306	11,27	333	16,83
172	8,82	199	30,36	226	9,14	253	15,55	280	9,43	307	10,93	334	15,68
173	8,75	200	31,2	227	9,07	254	24,56	281	9,29	308	10,68	335	14,68
174	8,78	201	31,6	228	8,95	255	29,22	282	9,17	309	10,49	336	14,02
175	8,83	202	31,8	229	8,97	256	30,5	283	9,09	310	10,21	337	13,32
176	8,79	203	30,32	230	8,91	257	31,4	284	9,06	311	10,03	338	12,76
177	8,74	204	20,88	231	8,88	258	31,8	285	9,01	312	9,82	339	12,26
178	8,79	205	18,69	232	8,79	259	32,1	286	8,93	313	9,57	340	11,83
179	8,83	206	17,13	233	8,84	260	30	287	15,6	314	9,45	341	11,49
180	8,86	207	15,87	234	8,71	261	20,76	288	23,92	315	9,25	342	11,15
181	8,82	208	14,89	235	8,79	262	18,66	289	28,88	316	9,13	343	10,88
182	8,81	209	14,05	236	8,75	263	17,08	290	30,4	317	9,1	344	10,59
183	8,8	210	13,43	237	8,83	264	15,93	291	31,2	318	9,02	345	10,41
184	8,89	211	12,9	238	8,75	265	14,89	292	31,7	319	9,02	346	10,19
185	8,84	212	12,4	239	8,76	266	14,07	293	32	320	8,93	347	9,97
186	8,86	213	11,92	240	8,73	267	13,44	294	30,86	321	8,83	348	9,78
187	8,83	214	11,59	241	8,72	268	12,93	295	20,96	322	8,79	349	9,53

350	9,37	356	8,85	362	8,72	368	8,72	374	8,75	380	8,77	386	8,76
351	9,22	357	8,85	363	8,73	369	8,75	375	8,76	381	8,8		
352	9,09	358	8,83	364	8,75	370	8,7	376	8,79	382	8,83		
353	9,08	359	8,78	365	8,72	371	8,75	377	8,72	383	8,78		
354	8,95	360	8,76	366	8,69	372	8,71	378	8,7	384	8,84		
355	8,94	361	8,77	367	8,78	373	8,75	379	8,81	385	8,79		

Na tabela C.4 encontram-se os valores da potência momentânea consumida lidos no dia 14 da parte da manhã.

Tabela C.4- Valores da potência momentânea consumida lidos no dia 14 da parte da manhã.

Tempo (s)	Potência (kW)	Tempo (s)	Potência (kW)	Tempo (s)	Potência (kW)	Tempo (s)	Potência (kW)	Tempo (s)	Potência (kW)	Tempo (s)	Potência (kW)	Tempo (s)	Potência (kW)	Tempo (s)	Potência (kW)
0	8,7	22	8,88	44	10,6	66	8,7	88	8,78	110	8,76	132	13,1	154	8,76
1	8,76	23	15	45	10,3	67	8,7	89	8,7	111	8,88	133	12,6	155	8,7
2	8,82	24	23,8	46	10,2	68	8,64	90	8,76	112	8,88	134	12,1	156	8,7
3	8,76	25	29	47	9,96	69	8,7	91	8,76	113	8,82	135	11,8	157	8,64
4	8,82	26	30,7	48	9,72	70	8,76	92	8,76	114	8,82	136	11,4	158	8,7
5	8,82	27	31,6	49	9,48	71	8,7	93	8,82	115	8,76	137	11,1	159	8,7
6	8,82	28	32	50	9,36	72	8,76	94	8,82	116	8,82	138	10,8	160	8,7
7	8,7	29	32,4	51	9,18	73	8,76	95	8,82	117	8,88	139	10,6	161	8,7
8	8,82	30	25,4	52	9,06	74	8,76	96	8,76	118	16,2	140	10,3	162	8,7
9	8,82	31	19,8	53	9	75	8,76	97	8,82	119	25,6	141	10,2	163	8,64
10	8,82	32	18	54	8,94	76	8,64	98	8,82	120	29,7	142	9,96	164	8,76
11	8,88	33	16,6	55	8,82	77	8,7	99	8,82	121	31	143	9,66	165	8,76
12	8,82	34	15,5	56	8,88	78	8,7	100	8,76	122	31,7	144	9,48	166	8,7
13	8,82	35	14,5	57	8,82	79	8,76	101	8,76	123	32,1	145	9,36	167	8,7
14	8,82	36	13,8	58	8,76	80	8,7	102	8,76	124	32,4	146	9,18	168	8,76
15	8,76	37	13,2	59	8,7	81	8,7	103	8,82	125	25	147	9,06	169	8,7
16	8,82	38	12,7	60	8,76	82	8,7	104	8,76	126	19,5	148	9,12	170	8,7
17	8,88	39	12,2	61	8,64	83	8,76	105	8,88	127	17,8	149	9	171	8,76
18	8,82	40	11,8	62	8,58	84	8,7	106	8,82	128	16,4	150	8,88	172	8,76
19	8,82	41	11,5	63	8,64	85	8,7	107	8,82	129	15,3	151	8,88	173	8,82
20	8,82	42	11,1	64	8,64	86	8,7	108	8,88	130	14,4	152	8,82	174	8,76
21	8,82	43	10,8	65	8,7	87	8,76	109	8,76	131	13,8	153	8,7	175	8,64

176	8,7	203	8,82	230	14,9	257	8,64	284	8,76	311	31,9	338	8,94	365	8,76
177	8,76	204	8,82	231	14,1	258	8,64	285	8,7	312	32,3	339	8,82	366	8,7
178	8,76	205	8,82	232	13,5	259	8,64	286	8,82	313	25,9	340	8,88	367	8,7
179	8,76	206	8,82	233	12,9	260	8,7	287	8,7	314	20,2	341	8,7	368	8,7
180	8,76	207	8,82	234	12,4	261	8,64	288	8,76	315	18,3	342	8,76	369	8,76
181	8,7	208	8,88	235	12	262	8,64	289	8,82	316	16,8	343	8,76	370	8,82
182	8,76	209	8,82	236	11,6	263	8,58	290	8,76	317	15,6	344	8,76	371	8,76
183	8,76	210	8,88	237	11,3	264	8,7	291	8,82	318	14,7	345	8,7	372	8,82
184	8,7	211	8,88	238	11	265	8,7	292	8,82	319	13,9	346	8,64	373	8,76
185	8,76	212	8,82	239	10,8	266	8,76	293	8,82	320	13,3	347	8,64	374	8,76
186	8,82	213	8,88	240	10,5	267	8,64	294	8,76	321	12,7	348	8,64	375	8,82
187	8,82	214	8,88	241	10,2	268	8,7	295	8,82	322	12,3	349	8,64	376	8,82
188	8,76	215	8,82	242	10	269	8,7	296	8,88	323	11,9	350	8,64	377	8,82
189	8,76	216	8,88	243	9,84	270	8,64	297	8,76	324	11,5	351	8,64	183	8,76
190	8,88	217	8,82	244	9,54	271	8,76	298	8,88	325	11,2	352	8,64	378	8,76
191	8,82	218	11,4	245	9,42	272	8,64	299	8,82	326	10,9	353	8,7	379	8,82
192	8,82	219	21,4	246	9,36	273	8,76	300	8,76	327	10,6	354	8,64	380	8,76
193	8,82	220	27,9	247	9,18	274	8,82	301	8,76	328	10,5	355	8,7	381	8,88
194	8,76	221	30,4	248	9,06	275	8,7	302	8,88	329	10,2	356	8,7	382	8,76
195	8,76	222	31,3	249	9	276	8,7	303	8,76	330	10	357	8,7	383	8,82
196	8,76	223	31,9	250	8,82	277	8,76	304	8,82	331	9,72	358	8,7	384	8,76
197	8,88	224	32,2	251	8,88	278	8,7	305	8,82	332	9,54	359	8,7	385	8,82
198	8,82	225	30,1	252	8,7	279	8,76	306	9,36	333	9,42	360	8,7	386	8,82
199	8,88	226	20,8	253	8,7	280	8,7	307	20,5	334	9,3	361	8,7	387	8,88
200	8,82	227	18,7	254	8,7	281	8,76	308	27,3	335	9,18	362	8,7	388	8,76
201	8,88	228	17,1	255	8,7	282	8,7	309	30,2	336	9,06	363	8,64	389	8,82
202	8,88	229	15,9	256	8,64	283	8,7	310	31,3	337	9	364	8,76	390	8,76

391	8,76	409	8,82	426	18,7	443	9,54	460	8,58	477	8,76	494	8,76	511	8,76
392	8,88	410	8,82	427	17,1	444	9,48	461	8,58	478	8,7	495	8,82	512	8,82
394	8,88	411	8,88	428	16	445	9,3	462	8,64	479	8,7	496	8,88	513	8,88
395	8,82	412	8,88	429	15	446	9,24	463	8,64	480	8,76	497	8,82	514	8,76
396	8,88	413	8,88	430	14,1	447	9,18	464	8,64	481	8,7	498	8,76	515	8,88
397	8,88	414	8,88	431	13,5	448	9,06	465	8,64	482	8,7	499	8,76	516	8,88
398	8,82	415	8,88	432	12,9	449	8,88	466	8,64	483	8,76	500	8,76	517	8,88
399	8,88	416	8,88	433	12,4	450	8,82	467	8,7	484	8,76	501	8,7	518	8,82
400	8,88	417	11,4	434	12	451	8,82	468	8,64	485	8,76	502	8,88	519	8,94
401	8,88	418	21,4	435	11,6	452	8,82	469	8,7	486	8,76	503	8,88	520	8,94
402	8,88	419	27,8	436	11,2	453	8,76	470	8,64	487	8,76	504	8,82	521	8,82
403	8,82	420	30,3	437	11	454	8,7	471	8,64	488	8,82	505	8,88	522	15,3
404	8,76	421	31,3	438	10,7	455	8,7	472	8,76	489	8,76	506	8,88		
405	8,88	422	31,9	439	10,5	456	8,64	473	8,7	490	8,76	507	8,82		
406	8,94	423	32,2	440	10,3	457	8,58	474	8,7	491	8,82	508	8,82		
407	8,88	424	31,4	441	10	458	8,58	475	8,76	492	8,82	509	8,82		
408	8,94	425	21	442	9,72	459	8,58	476	8,7	493	8,82	510	8,88		

Na tabela C. 5 encontram-se os valores da potência momentânea consumida do dia 14 da parte da tarde.

Tabela C.5- Valores da potência momentânea consumida do dia 14 da parte da tarde.

Tempo (s)	Potência (kW)	Tempo (s)	Potência (kW)	Tempo (s)	Potência (kW)	Tempo (s)	Potência (kW)	Tempo (s)	Potência (kW)	Tempo (s)	Potência (kW)	Tempo (s)	Potência (kW)
0	8,76	22	32,1	44	8,94	66	8,58	88	8,64	110	11,8	132	8,52
1	8,64	23	23,5	45	8,76	67	8,64	89	8,7	111	11,5	133	8,58
2	8,76	24	19	46	8,76	68	8,64	90	8,58	112	11,1	134	8,58
3	8,64	25	17,3	47	8,76	69	8,64	91	8,76	113	10,8	135	8,64
4	8,7	26	16	48	8,7	70	8,64	92	8,64	114	10,5	136	8,58
5	8,64	27	14,9	49	8,7	71	8,58	93	13,3	115	10,3	137	8,52
6	8,7	28	14	50	8,64	72	8,64	94	21,7	116	10,1	138	8,58
7	8,64	29	13,3	51	8,64	73	8,58	95	27,8	117	9,9	139	8,58
8	8,64	30	12,8	52	8,64	74	8,52	96	30,1	118	9,72	140	8,52
9	8,7	31	12,3	53	8,52	75	8,64	97	31,1	119	9,48	141	8,58
10	8,7	32	11,8	54	8,58	76	8,64	98	31,6	120	9,3	142	8,54
11	8,7	33	11,4	55	8,58	77	8,64	99	31,9	121	9,12	143	8,64
12	8,7	34	11,1	56	8,52	78	8,58	100	32,1	122	9	144	8,58
13	8,76	35	10,8	57	8,52	79	8,7	101	24,7	123	8,94	145	8,64
14	8,7	36	10,5	58	8,58	80	8,64	102	19,3	124	8,82	146	8,58
15	15,9	37	10,2	59	8,58	81	8,64	103	17,5	125	8,82	147	8,52
16	25	38	10,1	60	8,64	82	8,64	104	16,2	126	8,76	148	8,58
17	29,2	39	9,84	61	8,58	83	8,64	105	15	127	8,7	149	10,9
18	30,6	40	9,72	62	8,64	84	8,64	106	14,1	128	8,76	150	20,7
19	31,3	41	9,54	63	8,64	85	8,64	107	13,5	129	8,7	151	27,2
20	31,7	42	9,24	64	8,7	86	8,7	108	12,9	130	8,58	152	29,9
21	31,9	43	9,12	65	8,58	87	8,7	109	12,3	131	8,58	153	31

154	31,5	181	8,88	208	8,58	235	8,7	262	10	289	8,58	316	8,7
155	31,8	182	8,76	209	8,64	236	8,76	263	9,9	290	8,64	317	8,7
156	32	183	8,7	210	8,64	237	8,7	264	9,66	291	8,52	318	8,76
157	25,1	184	8,7	211	8,64	238	8,7	265	9,48	292	8,64	319	14,7
158	19,5	185	8,64	212	8,58	239	15	266	9,24	293	8,64	320	23,2
159	17,8	186	8,58	213	8,7	240	23,7	267	9,12	294	8,58	321	28,6
160	16,3	187	8,64	214	8,64	241	28,9	268	9	295	8,58	322	30,4
161	15,2	188	8,64	215	8,64	242	30,4	269	8,82	296	8,64	323	31,3
162	14,2	189	8,58	216	8,52	243	31,3	270	8,88	297	8,58	324	31,6
163	13,5	190	8,58	217	8,7	244	31,6	271	8,82	298	8,7	325	31,9
164	12,9	191	8,58	218	8,64	245	31,9	272	8,76	299	8,58	326	32,1
165	12,4	192	8,52	219	8,64	246	32,1	273	8,76	300	8,52	327	23,4
166	11,9	193	8,58	220	8,64	247	21,1	274	8,64	301	8,58	328	19
167	11,5	194	8,58	221	8,64	248	18,7	275	8,64	302	8,64	329	17,3
168	11,1	195	8,64	222	8,7	249	17,1	276	8,64	303	8,64	330	16
169	10,8	196	8,64	223	8,7	250	15,7	277	8,64	304	8,64	331	14,9
170	10,5	197	8,58	224	8,64	251	14,7	278	8,64	305	8,7	332	14,1
171	10,3	198	8,58	225	8,58	252	13,9	279	8,64	306	8,7	333	13,3
172	10,1	199	8,64	226	8,64	253	13,2	280	8,64	307	8,7	334	12,7
173	9,9	200	8,58	227	8,64	254	12,6	281	8,64	308	8,7	335	12,2
174	9,72	201	8,58	228	8,64	255	12,2	282	8,46	309	8,7	336	11,8
175	9,54	202	8,58	229	8,64	256	11,7	283	8,52	310	8,7	337	11,4
176	9,36	203	8,58	230	8,64	257	11,4	284	8,58	311	8,7	338	11,1
177	9,18	204	8,64	231	8,7	258	11	285	8,46	312	8,7	339	10,8
178	9,06	205	8,64	232	8,64	259	10,8	286	8,52	313	8,7	340	10,5
179	8,94	206	8,58	233	8,7	260	10,5	287	8,64	314	8,7	341	10,3
180	8,88	207	8,64	234	8,64	261	10,3	288	8,58	315	8,76	342	10

343	9,9	363	8,58	383	8,64	403	31,9	423	9,54	443	8,4	463	8,64
344	9,72	364	8,52	384	8,64	404	32,1	424	9,36	444	8,52	464	8,64
345	9,48	365	8,52	385	8,7	405	25,5	425	9,12	445	8,58	465	8,7
346	9,12	366	8,58	386	8,7	406	19,8	426	9,06	446	8,52	466	8,7
347	9,06	367	8,64	387	8,58	407	18	427	8,82	447	8,52	467	8,64
348	8,88	368	8,52	388	8,64	408	16,4	428	8,82	448	8,52	468	8,7
349	8,82	369	8,58	389	8,64	409	15,3	429	8,7	449	8,52	469	8,7
350	8,76	370	8,58	390	8,7	410	14,4	430	8,64	450	8,58	470	8,7
351	8,7	371	8,58	391	8,64	411	13,6	431	8,7	451	8,58	471	8,76
352	8,58	372	8,58	392	8,7	412	13	432	8,64	452	8,64	472	8,64
353	8,7	373	8,58	393	8,7	413	12,4	433	8,58	453	8,58	473	8,7
354	8,58	374	8,52	394	8,64	414	12	434	8,58	454	8,58	474	8,7
355	8,52	375	8,64	395	8,7	415	11,6	435	8,64	455	8,58	475	8,7
356	8,52	376	8,58	396	8,76	416	11,3	436	8,58	456	8,58	476	8,64
357	8,64	377	8,64	397	8,7	417	10,9	437	8,52	457	8,58	477	9,78
358	8,52	378	8,7	398	19,4	418	10,6	438	8,52	458	8,58	478	20,5
359	8,58	379	8,64	399	26,5	419	10,3	439	8,52	459	8,58		
360	8,52	380	8,58	400	29,7	420	10,1	440	8,58	460	8,7		
361	8,64	381	8,64	401	30,9	421	9,96	441	8,58	461	8,7		
362	8,58	382	8,64	402	31,5	422	9,72	442	8,58	462	8,64		

Na tabela C.6 estão presentes os valores da potência momentânea consumida registados no dia 15 da parte da manhã.

Tabela C.6- Valores da potência momentânea consumida registados no dia 15 da parte da manhã.

Tempo (s)	Potência (kW)	Tempo (s)	Potência (kW)	Tempo (s)	Potência (kW)	Tempo (s)	Potência (kW)	Tempo (s)	Potência (kW)	Tempo (s)	Potência (kW)	Tempo (s)	Potência (kW)
0	8,88	22	8,58	44	31,7	66	9,66	88	10,1	110	10,7	132	8,58
1	8,7	23	8,58	45	32,2	67	9,48	89	20,7	111	10,5	133	8,58
2	8,58	24	8,64	46	32,5	68	9,36	90	27,3	112	10,2	134	8,52
3	8,64	25	8,7	47	30,1	69	9,24	91	30,1	113	9,96	135	8,58
4	8,64	26	8,76	48	21,1	70	9,24	92	31,3	114	9,72	136	8,58
5	8,58	27	8,76	49	18,9	71	9,06	93	31,9	115	9,6	137	8,64
6	8,7	28	8,82	50	17,4	72	9	94	32,2	116	9,42	138	8,64
7	8,58	29	8,76	51	16,1	73	9	95	32,5	117	9,3	139	8,7
8	8,58	30	8,64	52	15,1	74	8,88	96	25,6	118	9,12	140	8,64
9	8,58	31	8,76	53	14,4	75	8,88	97	20	119	9,12	141	8,58
10	8,52	32	8,76	54	13,6	76	8,76	98	18,3	120	9	142	8,7
11	8,52	33	8,7	55	13,1	77	8,76	99	16,8	121	8,88	143	8,7
12	8,58	34	8,88	56	12,5	78	8,64	100	15,7	122	8,88	144	8,98
13	8,52	35	8,76	57	12,1	79	8,64	101	14,7	123	8,88	145	8,58
14	8,58	36	8,94	58	11,8	80	8,58	102	14	124	8,76	146	8,64
15	8,64	37	8,82	59	11,4	81	8,58	103	13,3	125	8,7	147	8,64
16	8,58	38	8,88	60	11,1	82	8,58	104	12,9	126	8,58	148	8,64
17	8,58	39	8,88	61	10,9	83	8,64	105	12,4	127	8,64	149	8,7
18	8,58	40	15,6	62	10,6	84	8,64	106	11,9	128	8,58	150	8,7
19	8,58	41	24,7	63	10,3	85	8,64	107	11,6	129	8,64	151	8,82
20	8,58	42	29,5	64	10,1	86	8,58	108	11,2	130	8,58	152	8,7
21	8,58	43	30,9	65	9,9	87	8,64	109	10,9	131	8,52	153	8,76

154	8,7	181	11,3	208	8,58	235	17,7	262	8,76	289	8,7	316	12,6
155	8,76	182	11	209	8,52	236	16,3	263	8,7	290	8,7	317	12,1
156	8,76	183	10,8	210	8,52	237	15,4	264	8,64	291	8,76	318	11,7
157	8,76	184	10,5	211	8,52	238	14,5	265	8,7	292	8,82	319	11,4
158	8,82	185	10,2	212	8,52	239	13,8	266	8,58	293	8,76	320	11,1
159	8,82	186	10	213	8,58	240	13,2	267	8,64	294	8,82	321	10,8
160	8,82	187	9,72	214	8,58	241	12,7	268	8,64	295	8,88	322	10,6
161	8,76	188	9,66	215	8,58	242	12,3	269	8,64	296	8,82	323	10,3
162	18,2	189	9,48	216	8,52	243	11,8	270	8,52	297	8,82	324	10
163	26,3	190	9,36	217	8,58	244	11,5	271	8,52	298	8,76	325	9,84
164	29,8	191	9,18	218	8,64	245	11,1	272	8,58	299	8,82	326	9,66
165	31,2	192	9,24	219	8,64	246	10,9	273	8,58	300	20,1	327	9,54
166	31,8	193	9	220	8,76	247	10,6	274	8,58	301	27	328	9,3
167	32,2	194	8,94	221	8,7	248	10,5	275	8,58	302	30	329	9,18
168	32,5	195	8,82	222	8,64	249	10,2	276	8,58	303	31,2	330	9,18
169	26,3	196	8,82	223	8,64	250	9,84	277	8,64	304	31,8	331	9,06
170	20,4	197	8,76	224	8,64	251	9,66	278	8,58	305	32,2	332	9,06
171	18,6	198	8,76	225	14	252	9,54	279	8,64	306	32,4	333	8,94
172	17,1	199	8,7	226	22,1	253	9,42	280	8,68	307	28,8	334	8,88
173	15,9	200	8,64	227	28,2	254	9,3	281	8,64	308	20,8	335	8,76
174	14,9	201	8,58	228	30,4	255	9,24	282	8,64	309	18,7	336	8,7
175	14,1	202	8,52	229	31,5	256	9,06	283	8,64	310	17,3	337	8,7
176	13,5	203	8,64	230	32	257	8,94	284	8,64	311	16	338	8,7
177	12,9	204	8,58	231	32,2	258	9	285	8,64	312	15	339	8,64
178	12,4	205	8,58	232	32,5	259	8,76	286	8,76	313	14,2	340	8,58
179	12	206	8,58	233	23	260	8,82	287	8,64	314	13,6	341	8,52
180	11,7	207	8,52	234	19,4	261	8,76	288	8,64	315	13	342	8,58

343	8,58	357	20,7	371	13,3	385	9,3	399	8,58	413	8,7	
344	8,58	358	27,4	372	12,9	386	9,24	400	8,52	414	8,64	
345	8,58	359	30,1	373	12,4	387	9,18	401	8,58	415	8,7	
346	8,52	360	31,3	374	12	388	9	402	8,58	416	8,64	
347	8,58	361	31,9	375	11,6	389	9	403	8,58	417	8,7	
348	8,58	362	32,2	376	11,2	390	8,88	404	8,64	418	8,7	
349	8,58	363	32,5	377	11	391	8,82	405	8,64	419	8,76	
350	8,58	364	25,5	378	10,8	392	8,76	406	8,58	420	8,7	
351	8,58	365	19,9	379	10,5	393	8,76	407	8,58	421	8,76	
352	8,64	366	18,1	380	10,3	394	8,7	408	8,58	422	8,76	
353	8,64	367	16,8	381	10	395	8,7	409	8,64	423	19,4	
354	8,64	368	15,6	382	9,72	396	8,64	410	8,64	424	26,7	
355	8,7	369	14,7	383	9,54	397	8,64	411	8,64			
356	10,1	370	13,9	384	9,42	398	8,52	412	8,64			

Na tabela C.7 encontra-se os valores da potência momentânea consumida registados no dia 15 da parte da tarde.

Tabela C.7- Valores da potência momentânea consumida registados no dia 15 da parte da tarde.

Tempo (s)	Potência (kW)	Tempo (s)	Potência (kW)	Tempo (s)	Potência (kW)	Tempo (s)	Potência (kW)	Tempo (s)	Potência (kW)	Tempo (s)	Potência (kW)	Tempo (s)	Potência (kW)	Tempo (s)	Potência (kW)
0	8,7	22	31,7	44	9,12	66	8,64	88	8,76	110	25,2	132	10,3	154	8,64
1	8,7	23	31,9	45	9,06	67	8,58	89	8,76	111	29,2	133	10	155	8,52
2	8,7	24	25,1	46	9	68	8,58	90	8,76	112	30,4	134	9,78	156	8,58
3	8,7	25	19,6	47	8,88	69	8,58	91	8,76	113	31,2	135	9,66	157	8,58
4	8,76	26	17,8	48	8,82	70	8,64	92	8,76	114	31,6	136	9,42	158	8,64
5	8,76	27	16,4	49	8,76	71	8,64	93	8,76	115	31,6	137	9,18	159	8,52
6	8,7	28	15,3	50	8,76	72	8,64	94	8,76	116	31,8	138	9,12	160	8,64
7	8,7	29	14,3	51	8,7	73	8,76	95	8,7	117	32,1	139	8,94	161	8,64
8	8,76	30	13,6	52	8,64	74	8,7	96	8,82	118	21,3	140	8,94	162	8,7
9	8,7	31	13	53	8,58	75	8,7	97	8,7	119	18,8	141	8,88	163	8,64
10	8,7	32	12,4	54	8,7	76	8,64	98	8,76	120	17,2	142	8,7	164	8,64
11	8,76	33	12	55	8,58	77	8,7	99	8,76	121	15,9	143	8,7	165	8,64
12	8,76	34	11,5	56	8,58	78	8,64	100	8,76	122	14,8	144	8,76	166	8,64
13	8,76	35	11,2	57	8,58	79	8,7	101	8,7	123	14	145	8,7	167	8,7
14	8,76	36	10,9	58	8,58	80	8,7	102	8,76	124	13,3	146	8,58	168	8,64
15	8,76	37	10,6	59	8,58	81	8,76	103	8,76	125	12,7	147	8,58	169	8,58
16	14,2	38	10,4	60	8,64	82	8,7	104	8,76	126	12,3	148	8,58	170	8,7
17	22,3	39	10,1	61	8,58	83	8,7	105	8,82	127	11,8	149	8,58	171	8,64
18	28	40	10	62	8,64	84	8,76	106	8,7	128	11,4	150	8,58	172	8,64
19	30	41	9,66	63	8,58	85	8,7	107	8,76	129	11,1	151	8,52	173	8,64
20	30,9	42	9,48	64	8,64	86	8,76	108	8,76	130	10,8	152	8,52	174	8,76
21	31,4	43	9,3	65	8,64	87	8,76	109	16	131	10,5	153	8,64	175	8,7

176	8,7	203	25,5	230	9,06	257	8,58	284	31,9	311	17,1	338	9,6	365	8,7
177	8,7	204	29,4	231	8,94	258	8,58	285	21	312	15,9	339	9,36	366	8,58
178	8,7	205	30,6	232	8,94	259	8,7	286	18,7	313	14,9	340	9,12	367	8,58
179	8,7	206	31,3	233	8,76	260	8,7	287	17,1	314	22,9	341	9,06	368	8,64
180	8,7	207	31,7	234	8,76	261	8,64	288	15,7	315	29,6	342	9	369	8,64
181	8,7	208	31,9	235	8,76	262	8,7	289	14,8	316	30,7	343	8,82	370	8,64
182	8,7	209	28,9	236	8,7	263	8,7	290	14	317	31,3	344	8,82	371	8,58
183	8,76	210	20,6	237	8,7	264	8,64	291	13,3	318	31,6	345	8,76	372	8,64
184	8,76	211	18,5	238	8,7	265	8,58	292	12,7	319	31,9	346	8,7	373	8,64
185	8,7	212	16,9	239	8,64	266	8,7	293	12,2	320	25,5	347	8,7	374	8,76
186	8,76	213	15,6	240	8,58	267	8,7	294	11,8	321	19,8	348	8,64	375	8,7
187	8,7	214	14,7	241	8,58	268	8,64	295	11,4	322	18,1	349	8,58	376	8,64
188	8,7	215	13,8	242	8,64	269	8,7	296	15,3	323	16,6	350	8,58	377	8,7
189	8,7	216	13,2	243	8,64	270	8,64	297	24	324	15,4	351	8,58	378	8,7
190	8,7	217	12,7	244	8,58	271	8,76	298	28,9	325	14,5	352	8,58	379	8,76
191	8,82	218	12,2	245	8,64	272	8,7	299	30,3	326	13,8	353	8,58	380	8,64
192	8,76	219	11,7	246	8,52	273	8,7	300	31	327	13,2	354	8,58	381	8,7
193	8,76	220	11,3	247	8,64	274	8,76	301	31,3	328	12,6	355	8,58	382	8,7
194	8,76	221	11	248	8,58	275	8,7	302	31,6	329	12,1	356	8,58	383	8,7
195	8,7	222	10,7	249	8,58	276	14,7	303	31,8	330	11,6	357	8,64	384	8,64
196	8,82	223	10,5	250	8,58	277	22,9	304	31,8	331	11,2	358	8,52	385	8,7
197	8,76	224	10,2	251	8,58	278	28,4	305	31,9	332	10,9	359	8,64	386	8,76
198	8,76	225	10	252	8,64	279	30,3	306	31,9	333	10,6	360	8,58	387	8,7
199	8,76	226	9,84	253	8,58	280	31	307	32,1	334	10,4	361	8,64	388	8,7
200	8,76	227	9,6	254	8,64	281	31,5	308	31,4	335	10,2	362	8,52	389	8,7
201	8,76	228	9,42	255	8,64	282	31,8	309	21	336	9,96	363	8,58	390	8,7
202	16,3	229	9,18	256	8,7	283	31,9	310	18,7	337	9,72	364	8,64	391	8,7

392	8,7	417	8,82	442	10,7	467	8,58	492	31,9	517	8,82	542	8,64	
393	8,76	418	8,76	443	10,5	468	8,52	493	32,1	518	8,76	543	8,64	
394	8,76	419	8,82	444	10,2	469	8,64	494	21,2	519	8,76	544	8,58	
395	8,76	420	8,76	445	10,1	470	8,64	495	18,8	520	8,7	545	8,64	
396	8,7	421	8,82	446	9,9	471	8,58	496	17,1	521	8,64	546	8,64	
397	8,7	422	19,8	447	9,54	472	8,58	497	15,8	522	8,7	547	8,7	
398	8,7	423	26,7	448	9,36	473	8,64	498	14,8	523	8,58	548	8,7	
399	8,76	424	29,7	449	9,24	474	8,64	499	13,9	524	8,64	549	8,7	
400	8,76	425	30,7	450	9,06	475	8,64	500	13,3	525	8,52	550	8,7	
401	8,76	426	31,3	451	8,94	476	8,64	501	12,7	526	8,58	551	8,76	
402	8,76	427	31,8	452	8,88	477	8,7	502	12,2	527	8,58	552	8,7	
403	8,64	428	31,9	453	8,82	478	8,64	503	11,8	528	8,58	553	8,7	
404	8,76	429	27,1	454	8,76	479	8,64	504	11,4	529	8,4	554	8,7	
405	8,76	430	20,4	455	8,76	480	8,64	505	11,1	530	8,4	555	8,76	
406	8,76	431	18,3	456	8,7	481	8,64	506	10,7	531	8,58	556	8,7	
407	8,76	432	16,8	457	8,64	482	8,7	507	10,5	532	8,58	557	8,7	
408	8,76	433	15,6	458	8,7	483	8,64	508	10,2	533	8,58	558	8,76	
409	8,7	434	14,6	459	8,64	484	8,7	509	10	534	8,58	559	8,76	
410	8,7	435	13,8	460	8,64	485	8,64	510	9,9	535	8,58	560	8,7	
411	8,76	436	13,2	461	8,7	486	15,4	511	9,54	536	8,64	561	8,76	
412	8,7	437	12,6	462	8,52	487	24,3	512	9,36	537	8,58	562	17,6	
413	8,76	438	12,1	463	8,52	488	29	513	9,24	538	8,58	563	25,8	
414	8,76	439	11,7	464	8,58	489	30,4	514	9,12	539	8,58			
415	8,76	440	11,3	465	8,64	490	31,2	515	9	540	8,64			
416	8,82	441	11	466	8,52	491	31,6	516	8,88	541	8,58			

Na tabela C.8 são apresentados os valores do registo da potência momentânea consumida no dia 21 da parte da manhã.

Tabela C.8- Valores do registo da potência momentânea consumida no dia 21 da parte da manhã.

Tempo (s)	Potência (kW)	Tempo (s)	Potência (kW)	Tempo (s)	Potência (kW)	Tempo (s)	Potência (kW)	Tempo (s)	Potência (kW)	Tempo (s)	Potência (kW)	Tempo (s)	Potência (kW)
0	31,38	22	11,4	44	9,18	66	9,36	88	21,66	110	10,32	132	9,24
1	31,92	23	11,16	45	9,3	67	9,3	89	20,4	111	10,14	133	9,18
2	32,22	24	10,98	46	9,18	68	9,36	90	19,26	112	10,08	134	9,18
3	32,28	25	10,68	47	9,3	69	9,42	91	18,36	113	9,96	135	9,12
4	23,28	26	10,44	48	9,18	70	9,42	92	17,46	114	9,84	136	9,24
5	21,66	27	10,2	49	9,18	71	9,42	93	16,62	115	9,78	137	9,24
6	20,46	28	10,14	50	9,24	72	9,36	94	15,96	116	9,72	138	9,24
7	19,26	29	10,02	51	9,18	73	9,42	95	15,3	117	9,54	139	9,24
8	18,36	30	9,9	52	9,18	74	9,42	96	14,76	118	9,6	140	9,18
9	17,46	31	9,84	53	9,24	75	9,42	97	14,22	119	9,54	141	9,18
10	16,68	32	9,84	54	9,18	76	9,48	98	13,68	120	9,48	142	9,42
11	16,02	33	9,6	55	9,24	77	9,48	99	13,26	121	9,42	143	9,3
12	15,3	34	9,66	56	9,18	78	9,36	100	12,84	122	9,42	144	9,3
13	14,76	35	9,54	57	9,24	79	15,42	101	12,48	123	9,36	145	9,36
14	14,22	36	9,48	58	9,24	80	23,82	102	12,12	124	9,36	146	9,12
15	13,74	37	9,48	59	9,42	81	28,98	103	11,88	125	9,24	147	9,36
16	13,32	38	9,36	60	9,36	82	30,66	104	11,64	126	9,3	148	9,3
17	12,9	39	9,3	61	9,3	83	31,5	105	11,4	127	9,18	149	9,3
18	12,42	40	9,3	62	9,36	84	31,92	106	11,16	128	9,3	150	9,24
19	12,18	41	9,24	63	9,24	85	32,28	107	10,98	129	9,3	151	9,3
20	11,88	42	9,24	64	9,3	86	31,92	108	10,68	130	9,24	152	9,36
21	11,64	43	9,24	65	9,42	87	23,22	109	10,44	131	9,18	153	9,48

154	9,42	181	13,14	208	9,36	235	9,36	262	14,04	289	9,24	316	9,36
155	9,42	182	12,72	209	9,24	236	9,3	263	13,56	290	9,3	317	9,24
156	9,48	183	12,3	210	9,3	237	9,42	264	13,14	291	9,18	318	9,3
157	9,36	184	12,06	211	9,24	238	9,48	265	12,78	292	9,18	319	9,36
158	9,48	185	11,82	212	9,18	239	9,48	266	12,42	293	9,12	320	9,36
159	9,48	186	11,58	213	9,24	240	9,42	267	12,12	294	9,24	321	9,36
160	9,36	187	11,34	214	9,24	241	9,48	268	11,82	295	9,3	322	9,48
161	16,2	188	11,1	215	9,3	242	9,48	269	11,58	296	9,24	323	16,02
162	25,38	189	10,92	216	9,3	243	9,48	270	11,34	297	9,3	324	25,02
163	29,52	190	10,68	217	9,3	244	9,42	271	11,16	298	9,24	325	29,46
164	30,9	191	10,38	218	9,24	245	16,44	272	10,92	299	9,18	326	30,84
165	31,62	192	10,26	219	9,18	246	25,56	273	10,68	300	9,18	327	31,56
166	31,98	193	10,08	220	9,24	247	29,52	274	10,44	301	9,18	328	32,04
167	32,28	194	9,96	221	9,24	248	30,96	275	10,26	302	9,3	329	32,28
168	27,36	195	9,96	222	9,3	249	31,62	276	10,08	303	9,3	330	27,6
169	22,62	196	9,84	223	9,24	250	32,04	277	9,96	304	9,24	331	22,62
170	21,3	197	9,78	224	9,18	251	27,36	278	9,9	305	9,3	332	21,3
171	20,04	198	9,66	225	9,3	252	22,62	279	9,78	306	9,24	333	20,16
172	19,02	199	9,6	226	9,24	253	21,24	280	9,72	307	9,18	334	19,08
173	18,12	200	9,54	227	9,3	254	20,1	281	9,66	308	9,36	335	18,06
174	17,22	201	9,54	228	9,3	255	19,08	282	9,66	309	9,36	336	17,22
175	16,44	202	9,42	229	9,3	256	18,06	283	9,54	310	9,24	337	16,5
176	15,78	203	9,3	230	9,3	257	17,22	284	9,54	311	9,24	338	15,78
177	15,18	204	9,36	231	9,42	258	16,44	285	9,48	312	9,24	339	15,18
178	14,58	205	9,24	232	9,24	259	15,78	286	9,42	313	9,36	340	14,64
179	14,1	206	9,36	233	9,3	260	15,12	287	9,3	314	9,42	341	14,04
180	13,62	207	9,24	234	9,42	261	14,58	288	9,3	315	9,24	342	13,62

343	13,14	370	9,3	397	9,42	424	13,8	451	9,36	478	9,24	505	14,94
344	12,72	371	9,24	398	9,36	425	13,32	452	9,24	479	9,36	506	14,34
345	12,36	372	9,24	399	9,36	426	12,96	453	9,24	480	9,36	507	13,86
346	12,06	373	9,24	400	9,36	427	12,54	454	9,18	481	9,36	508	13,38
347	11,82	374	9,3	401	9,48	428	12,24	455	9,18	482	9,36	509	13,02
348	11,58	375	9,18	402	9,42	429	11,88	456	9,3	483	9,42	510	12,54
349	11,34	376	9,18	403	9,42	430	11,64	457	9,18	484	9,42	511	12,24
350	11,1	377	9,24	404	9,42	431	11,4	458	9,18	485	9,42	512	11,94
351	10,86	378	9,24	405	11,94	432	11,16	459	9,18	486	9,36	513	11,7
352	10,62	379	9,3	406	21,72	433	10,98	460	9,18	487	9,42	514	11,46
353	10,38	380	9,3	407	27,84	434	10,74	461	9,18	488	13,68	515	11,16
354	10,26	381	9,24	408	30,3	435	10,44	462	9,24	489	22,32	516	10,98
355	10,08	382	9,3	409	31,26	436	10,32	463	9,18	490	28,2	517	10,74
356	9,96	383	9,36	410	31,8	437	10,14	464	9,24	491	30,42	518	10,5
357	9,9	384	9,3	411	32,16	438	10,02	465	9,18	492	31,32	519	10,26
358	9,84	385	9,24	412	32,4	439	9,96	466	9,36	493	31,86	520	10,14
359	9,78	386	9,24	413	25,26	440	9,84	467	9,24	494	32,16	521	10,02
360	9,72	387	9,36	414	21,84	441	9,84	468	9,24	495	32,34	522	9,96
361	9,72	388	9,36	415	20,64	442	9,66	469	9,24	496	26,22	523	9,84
362	9,54	389	9,24	416	19,5	443	9,66	470	9,24	497	22,02		
363	9,48	390	9,36	417	18,54	444	9,6	471	9,36	498	20,76		
364	9,48	391	9,42	418	17,64	445	9,48	472	9,36	499	19,62		
365	9,54	392	9,3	419	16,8	446	9,48	473	9,42	500	18,66		
366	9,36	393	9,3	420	16,08	447	9,48	474	9,36	501	17,76		
367	9,3	394	9,36	421	15,42	448	9,36	475	9,42	502	16,92		
368	9,3	395	9,36	422	14,82	449	9,42	476	9,36	503	16,14		
369	9,24	396	9,42	423	14,28	450	9,24	477	9,24	504	15,48		

D. Exemplo de Cálculo das Fugas de Ar Comprimido

No subcapítulo 5.3 é abordado o consumo do compressor para a produção de ar comprimido, sendo referido que em qualquer rede de ar comprimido existem sempre fugas inerentes à mesma.

Um caudal de fugas até 5% é admissível, quando o caudal de fugas é superior a 5% em relação ao caudal produzido já se terá de verificar onde é que há a existência dessas mesmas fugas. Por isso mesmo, foi determinado o caudal de fugas, tal como é referido no ponto “Fugas” no subcapítulo 5.3.

Há dois métodos para o cálculo do caudal de fugas. A determinação deste caudal apenas foi efetuado pelo método do compressor. Tanto num método como no outro é necessário que todos os equipamentos pneumáticos estejam inativos e no caso do método do compressor é medido o tempo que o compressor está em carga e o tempo que o compressor está em vazio.

Na tabela D.1 encontram-se os valores do tempo de carga e do tempo de vazio do compressor durante a duração do ensaio para a determinação do caudal de fugas.

Tabela D.1- Valores do tempo de carga e do tempo de vazio do ensaio da determinação do caudal de fugas.

	tc	tv
	6	37
	6	41
	5	36
	6	22
	6	32
Média	5,8	33,6
Tempo Total	39,4	

O exemplo de cálculo encontra-se na expressão B.1:

$$Q_{fugas} \left(\frac{m^3}{h} \right) = Q_{prod} \left(\frac{m^3}{h} \right) \times \frac{t_c (s)}{T (s)} \quad (D.1)$$

$$Q_{fugas} \left(\frac{m^3}{h} \right) = 3 \times \frac{5,8}{39,4}$$

$$Q_{fugas} \left(\frac{m^3}{h} \right) = 0,44 \text{ m}^3/h$$

Em termos percentuais é dado pela expressão B.2:

$$\% Fugas = \frac{Q_{fugas} \left(\frac{m^3}{h} \right)}{Q_{prod} \left(\frac{m^3}{h} \right)} \times 100 \quad (B.2)$$

$$\% Fugas = \frac{0,44}{3} \times 100 = 14,7\%$$

E. Custos Associados à Mudança de um Abastecimento em BTE para um Abastecimento em MT

E.1 Simulação dos Custos Elétricos com um Abastecimento em MT

A energia elétrica pode ser abastecida a uma empresa sob várias tensões, tal como foi referido no ponto da “Mudança de Nível de Tensão” do subcapítulo 6.3. Atualmente a empresa é abastecida em BTE, no entanto, poderia ser abastecida em MT, o que seria uma mais valia, uma vez que o custo da eletricidade é menor para níveis de tensão mais elevados. Por isso, foi efetuado uma simulação dos custos elétricos com o mesmo consumo de ano de 2017 e com as tarifas aplicadas em MT neste mesmo ano.

Inicialmente, foi necessário retirar da Diretiva nº 1/2017 as tarifas que foram aplicadas no ano de 2017. Na tabela E.1 encontra-se a Tarifa Transitória de Venda a Clientes Finais em MT.

Tabela E.1- Tarifa Transitória de Venda a Clientes Finais em MT.

TARIFA TRANSITORIA DE VENDA A CLIENTES FINAIS EM MT			PREÇOS	
Termo tarifário fixo			(EUR/mês)	(EUR/dia) *
			47,84	1,5730
Potência			(EUR/kW.mês)	(EUR/kW.dia) *
Tarifa de longas utilizações	Horas de ponta		10,280	0,3380
	Contratada		1,570	0,0516
Tarifa de médias utilizações	Horas de ponta		10,360	0,3406
	Contratada		1,478	0,0486
Tarifa de curtas utilizações	Horas de ponta		15,203	0,4998
	Contratada		0,635	0,0209
Energia ativa			(EUR/kWh)	
Tarifa de longas utilizações	Períodos I, IV	Horas de ponta		0,1384
		Horas cheias		0,1087
		Horas de vazio normal		0,0767
		Horas de super vazio		0,0654
	Períodos II, III	Horas de ponta		0,1414
		Horas cheias		0,1109
		Horas de vazio normal		0,0793
		Horas de super vazio		0,0729
Tarifa de médias utilizações	Períodos I, IV	Horas de ponta		0,1446
		Horas cheias		0,1121
		Horas de vazio normal		0,0779
		Horas de super vazio		0,0665
	Períodos II, III	Horas de ponta		0,1505
		Horas cheias		0,1122
		Horas de vazio normal		0,0818
		Horas de super vazio		0,0729
Tarifa de curtas utilizações	Períodos I, IV	Horas de ponta		0,2163
		Horas cheias		0,1206
		Horas de vazio normal		0,0819
		Horas de super vazio		0,0730
	Períodos II, III	Horas de ponta		0,2159
		Horas cheias		0,1205
		Horas de vazio normal		0,0825
		Horas de super vazio		0,0768
Energia reativa			(EUR/kvarh)	
	Indutiva		0,0290	
	Capacitiva		0,0218	

* RRC art. 119.º, n.º 5

A parcela da potência e da energia ativa encontra-se dividida em CU, MU e LU. Neste caso foi efetuada a simulação para um abastecimento em MT- MU e em MT-LU.

Na tabela E.2 encontram-se os valores da simulação dos custos para um abastecimento MT- MU de acordo com as tarifas apresentadas na tabela E.1 e com os consumos de energia do ano de 2017 que são apresentados na tabela A.2 do Anexo A.2.

Tabela E.2- Simulação dos custos para um abastecimento em MT- MU de acordo com as tarifas apresentadas na tabela E.1 e com os consumos de energia do ano de 2017 que se encontram na tabela A.2 do Anexo A.2.

		Custos (€)												
		jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	Total
Tarifa de Energia Elétrica	HP	1094,04	649,67	1496,90	1091,58	1161,41	1135,82	1114,90	1058,32	992,10	1004,53	1086,67	1138,00	13023,96
	HC	2203,44	1303,95	3041,72	2053,71	2215,50	2164,45	2076,80	1994,80	1909,20	2019,37	2093,80	2227,43	25304,19
	HV	498,40	361,53	835,71	581,68	545,77	504,54	494,81	484,91	489,16	607,15	655,92	719,48	6779,08
	HSV	205,09	150,62	370,94	243,49	192,89	163,08	169,20	178,09	161,25	269,72	296,06	355,24	2755,68
Tarifa de Acesso-Potência	PC	203,96	203,96	509,91	509,91	509,91	509,91	509,91	509,91	509,91	509,91	509,91	509,91	5507,03
	PHP	632,17	646,46	653,92	626,16	644,70	651,54	618,91	587,52	569,07	580,37	648,85	657,55	7517,22
Tarifa de Energia Reativa	Indutiva													
	Indutiva Cobrada	10,47	4,81	23,64	52,17	46,95	48,60	32,74	39,03	25,81	43,62	19,95	0	347,80
	Capacitiva	0	0	0,11	0,15	0	0,02	0,04	0,04	0,41	0,13	0,68	1,70	3,29
Potência Contratada		48,76	44,04	48,76	47,19	48,76	47,19	48,76	48,76	47,19	48,76	47,19	48,76	574,15
Tarifa de Comercialização		36,70	23,03	53,79	36,01	36,78	35,24	34,29	33,18	31,80	36,81	39,07	42,32	439,02
														76569,23

Na tabela E.3 são apresentados os valores da simulação dos custos para um abastecimento em MT- LU de acordo com as tarifas que se encontram na tabela E.1 e dos consumos elétricos apresentados na Tabela A.2 do Anexo A.2.

Tabela E.3- Simulação dos custos para um abastecimento em MT- LU de acordo com as tarifas que se encontram na tabela E.1 e dos consumos elétricos apresentados na Tabela A .2 do Anexo A.2.

		Custos (€)												
		jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	Total
Tarifa de Energia Elétrica	HP	1047,13	621,83	1432,72	1025,57	1091,18	1067,15	1047,49	994,32	932,11	961,46	1040,08	1089,21	12350,26
	HC	2136,61	1264,40	2949,47	2029,91	2189,83	2139,37	2052,76	1971,69	1887,07	1958,12	2030,30	2159,87	24769,40
	HV	490,73	355,96	822,84	563,90	529,09	489,12	479,69	470,09	474,21	597,80	645,81	708,40	6627,65
	HSV	201,69	148,13	364,80	243,49	192,89	163,08	169,20	178,09	161,25	265,26	291,16	349,37	2728,42
Tarifa de Acesso-Potência	PC	216,66	216,66	541,65	541,65	541,65	541,65	541,65	541,65	541,65	541,65	541,65	541,65	5849,82
	PHP	627,29	641,47	648,87	621,32	639,72	646,51	614,13	582,98	564,68	575,89	643,84	652,47	7459,17
Tarifa de Energia Reativa	Indutiva													0,00
	Indutiva Cobrada	10,47	4,81	23,64	52,17	46,95	48,60	32,74	39,03	25,81	43,62	19,95	0,00	347,80
	Capacitiva	0,00	0,00	0,11	0,15	0,00	0,02	0,04	0,04	0,41	0,13	0,68	1,70	3,29
Potência Contratada		48,76	44,04	48,76	47,19	48,76	47,19	48,76	48,76	47,19	48,76	47,19	48,76	574,15
Tarifa de Comercialização		36,70	23,03	53,79	36,01	36,78	35,24	34,29	33,18	31,80	36,81	39,07	42,32	439,02
														75213,24

Como os custos da energia reativa são mais elevados então efetuou-se a análise da variação entre os custos atuais para um abastecimento em BTE e os custos futuros para um abastecimento em MT. Não se fez a distinção entre MU e LU, uma vez que a tarifa aplicada na Energia Reativa não varia entre CU, MU e LU, como se pode verificar pela figura E.1.

Na tabela E.4 encontra-se a energia reativa que foi consumida em 2017, os respetivos custos nesse mesmo ano e a simulação dos custos caso se mudasse para um abastecimento em MT.

Tabela E.4- Consumo de energia reativa no ano de 2017, respetivos custos nesse mesmo ano, e custos da simulação para um abastecimento em MT.

Mês	Energia Reativa (kVAh)			Custos de 2017 (€)			Custos da Simulação (€)		
	Indutiva	Indutiva Cobrada	Capacitiva	Indutiva Cobrada	Capacitiva	Total	Indutiva Cobrada	Capacitiva	Total
jan	8528	361	0	4,15	0,00	4,15	10,47	0,00	10,47
fev	5004	166	0	1,91	0,00	1,91	4,81	0,00	4,81
mar	12061	815	5	9,37	0,13	9,50	23,64	0,11	23,74
abr	9644	1799	7	20,69	0,18	20,87	52,17	0,15	52,32
mai	9858	1619	0	18,62	0,00	18,62	46,95	0,00	46,95
jun	9727	1676	1	19,27	0,03	19,30	48,60	0,02	48,63
jul	8904	1129	2	12,98	0,05	13,04	32,74	0,04	32,78
ago	8789	1346	2	15,48	0,05	15,53	39,03	0,04	39,08
set	7972	890	19	10,24	0,50	10,74	25,81	0,41	26,22
out	8992	1504	6	17,30	0,16	17,45	43,62	0,13	43,75
nov	8546	688	31	7,91	0,82	8,73	19,95	0,68	20,63
dez	7103	0	78	0,00	2,06	2,06	0,00	1,70	1,70
Total						141,91			351,09
Diferença									209,18

E.2 Ciclos Horários para um Abastecimento em MT

Com a mudança do nível de tensão haverá a possibilidade da mudança do ciclo horário, uma vez que para um abastecimento em MT existe o ciclo semanal, o ciclo semanal opcional e o ciclo diário transitório.

Os períodos horários do ciclo semanal encontram-se na tabela E.5.

Tabela E.5- Períodos Horários do Ciclo Semanal.

Ciclo semanal para todos os fornecimentos em Portugal Continental			
Período de hora legal de Inverno		Período de hora legal de Verão	
De segunda-feira a sexta-feira		De segunda-feira a sexta-feira	
Ponta:	09.30/12.00 h 18.30/21.00 h	Ponta:	09.15/12.15 h
Cheias:	07.00/09.30 h 12.00/18.30 h 21.00/24.00 h	Cheias:	07.00/09.15 h 12.15/24.00 h
Vazio normal:	00.00/02.00 h 06.00/07.00 h	Vazio normal:	00.00/02.00 h 06.00/07.00 h
Super vazio:	02.00/06.00 h	Super vazio:	02.00/06.00 h
Sábado		Sábado	
Cheias:	09.30/13.00 h 18.30/22.00 h	Cheias:	09.00/14.00 h 20.00/22.00 h
Vazio normal:	00.00/02.00 h 06.00/09.30 h 13.00/18.30 h 22.00/24.00 h	Vazio normal:	00.00/02.00 h 06.00/09.00 h 14.00/20.00 h 22.00/24.00 h
Super vazio:	02.00/06.00 h	Super vazio:	02.00/06.00 h
Domingo		Domingo	
Vazio normal:	00.00/02.00 h 06.00/24.00 h	Vazio normal:	00.00/02.00 h 06.00/24.00 h
Super vazio:	02.00/06.00 h	Super vazio:	02.00/06.00 h

Na tabela E.6 encontram-se os períodos horários do ciclo semanal opcional.

Tabela E.6- Períodos horários do ciclo semanal opcional.

Ciclo semanal opcional para MAT, AT e MT em Portugal Continental			
Período de hora legal de Inverno		Período de hora legal de Verão	
De segunda-feira a sexta-feira		De segunda-feira a sexta-feira	
Ponta:	17.00/22.00 h	Ponta:	14.00/17.00 h
Cheias:	00.00/00.30 h 07.30/17.00 h 22.00/24.00 h	Cheias:	00.00/00.30 h 07.30/14.00 h 17.00/24.00 h
Vazio normal:	00.30/02.00 h 06.00/07.30 h	Vazio normal:	00.30/02.00 h 06.00/07.30 h
Super vazio:	02.00/06.00 h	Super vazio:	02.00/06.00 h
Sábado		Sábado	
Cheias:	10.30/12.30 h 17.30/22.30 h	Cheias:	10.00/13.30 h 19.30/23.00 h
Vazio normal:	00.00/03.00 h 07.00/10.30 h 12.30/17.30 h 22.30/24.00 h	Vazio normal:	00.00/03.30 h 07.30/10.00 h 13.30/19.30 h 23.00/24.00 h
Super vazio:	03.00/07.00 h	Super vazio:	03.30/07.30 h
Domingo		Domingo	
Vazio normal:	00.00/04.00 h 08.00/24.00 h	Vazio normal:	00.00/04.00 h 08.00/24.00 h
Super vazio:	04.00/08.00 h	Super vazio:	04.00/08.00 h

Na tabela E.7 encontram-se os períodos horários para o ciclo diário transitório.

Tabela E.7- Períodos horários do ciclo diário transitório.

Ciclo diário transitório para AT e MT em Portugal Continental			
Período de hora legal de Inverno		Período de hora legal de Verão	
Ponta:	09.30/11.30 h 19.00/21.00 h	Ponta:	10.30/12.30 h 20.00/22.00 h
Cheias:	08.00/09.30 h 11.30/19.00 h 21.00/22.00 h	Cheias:	09.00/10.30 h 12.30/20.00 h 22.00/23.00 h
Vazio normal:	22.00/02.00 h 06.00/08.00 h	Vazio normal:	23.00/02.00 h 06.00/09.00 h
Super vazio:	02.00/06.00 h	Super vazio:	02.00/06.00 h

Para o estudo de qual o ciclo horário mais vantajoso caso se mudasse de nível de tensão, contabilizaram-se as horas para cada um dos períodos horários em cada um dos ciclos horários, para a hora legal de inverno e para a hora legal de verão.

Na tabela E.8 encontra-se esta comparação para a hora legal de inverno.

Tabela E.8- Total do número de horas em cada período horário para os diferentes ciclos.

Hora Legal de Inverno				
	HP	HC	HV	HSV
Ciclo Semanal	25	64,5	22,5	24
Ciclo Semanal Opcional	25	62	23,5	24
Ciclo Diário Transitório	22	54	36	24

Na tabela E.9 está o total do número de horas em cada período horário para a hora legal de verão.

Tabela E.9- Total do número de horas em cada período horário para os diferentes ciclos.

Hora Legal de Verão				
	HP	HC	HV	HSV
Ciclo Semanal	15	75	22	24
Ciclo Semanal Opcional	15	73,5	23,5	24
Ciclo Diário Transitório	22	54	36	24

E.3 Orçamento do PT

Para a mudança do nível de tensão seria necessário a aquisição de um PT, tal como foi referido no ponto “Mudança do Nível de Tensão” do subcapítulo 6.1. Como tal foi pedido um orçamento a várias empresas fornecedoras deste tipo de equipamentos, no entanto, apenas a EFACEC deu resposta a este pedido de orçamento de PT.

Na tabela E.10 o orçamento dado pela EFACEC e aquilo que inclui este orçamento.

Tabela E.10- Orçamento de PT dado pela EFACEC e o que este inclui.

ITEM	Descrição	Un.	CIP Preço Unitário
10	<p>Posto de Transformação tipo PUCBET PBT 5500 1T 24kV (monobloco em betão pré - fabricado pintado) equipado com:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Normabloco de Média Tensão, fabrico e marca EFACEC, da gama Fluofix - 17,5kV-630A-16kA, composto por: <p>1 Módulo compacto FLUOFIX 3 IS composto por:</p> <p>2 Funções IS - Entrada/Saída, equipadas com kit de motorização 48Vcc para telecomando tipo EDP;</p> <p>1 Função IS - Saída, com encravamento de ST fechado com a cela de entrada do PT</p> <p>Normabloco de Média Tensão, fabrico e marca EFACEC, da gama Normafix - 17,5kV-630A-16kA, composto por:</p> <p>1 Celas IS - Entrada, com encravamento de ST aberto com a cela de saída do PS.</p> <p>1 Cella SBMcc - Corte geral e contagem (TI's e TT's excluídos do nosso fornecimento)</p> <p>1 Cella CIS - Protecção ao Transformador com 3 fusíveis APC In=31,5A, bobina de abertura e encravamento por fechadura.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Transformador hermético integral, 400 KVA, 15/0,42 KV de acordo com normas CEI e ECODESIGN, equipado com termómetro. - Caixa de telecontagem tipo DMA/EDP; <p>- Electrificação, cabos de MT (Entre a cela de protecção e o transformador e entre a cela de saída do PS EDP e a cela de entrada do PT cliente) e BT, acessórios regulamentares, transporte e descarga no local.</p> <p>Dimensões: (PxLxA) 2520 x5500 x 3200 mm. Medidas totais e exteriores</p> <p><u>Fica excluído deste fornecimento e instalação o seguinte:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - QGBT - Ligação dos TI's e TT's ao contadr - Abertura de valas. - Terras exteriores. - Ligações dos cabos (MT, BT e terras) exteriores ao PT 	1	32.700,00

F. Dados das Produções no Ano de 2017

No ponto “Transição de Horários do Processo Produtivo” do subcapítulo 6.1 é referido que seria possível a transição de algumas produções para um período horário mais económico.

Como nas presentes instalações há produções de duas empresas do grupo, a RNM- Produtos Químicos e a TCC- Tuebingen Chemical Company, então foi necessário, inicialmente, verificar em termos quantitativos o peso de cada uma delas nas produções de 2017.

Na tabela F.1 encontram-se a quantidade total produzida, em toneladas, em cada mês por cada uma das empresas e total das duas empresas.

Tabela F.1- Quantidade total produzida, em toneladas, em cada mês pela RNM- Produtos Químicos, pela TCC- Tuebingen Chemical Company e pelo somatório das duas empresas.

Quantidade Total Produzida (ton)														
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	Total	%
RNM- Produtos Químicos	4066	3475	4357	2941	4109	3864	4651	3329	3731	4147	4131	3593	46396	98,9
TCC- Tuebingen Chemical Company	45	37	59	27	60	49	65	32	6		119		500	1,1
Total	4111	3513	4415	2968	4170	3913	4717	3362	3738	4266	4131	3593	46896	

Como em termos quantitativos a produção da TCC- Tuebingen Chemical Company é insignificante em relação à RNM- Produtos Químicos, tal como explicado na “Transição de Horários do Processo Produtivo” no subcapítulo 6.1 “Eletricidade” e como em termos energéticos o maior consumo é por parte da eletricidade como foi referido no capítulo 5. Então foi comparado em termos percentuais as quantidades produzidas pela RNM- Produtos Químicos e o consumo de eletricidade ao longo do ano de 2017.

Os valores desta comparação encontram-se na tabela F.2.

Tabela F.2- Comparação dos valores do consumo de eletricidade e da quantidade de produções da RNM- Produtos Químicos no ano de 2017.

Meses		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
Eletricidade	kWh	36704	23031	53792	36008	36781	35243	34288	33182	31800	36811	39065	42318	439023
	%	8,36	5,25	12,25	8,20	8,38	8,03	7,81	7,57	7,24	8,38	8,90	9,64	100
Produção RNM- Produtos Químicos	Kg	4066101	3475311	4356543	2940989	4109340	3864172	4651774	3329386	3731137	4146911	4131193	3593359	46396216
	%	8,76	7,49	9,39	6,34	8,86	8,33	10,03	7,18	8,04	8,94	8,90	7,74	

F.1 Quantidades das Produções em 2017

Os produtos que são manipulados nas presentes instalações foram divididos em classes de modo a se ter uma melhor percepção de quais os produtos que seriam mais significativos em termos quantitativos.

Esta divisão foi realizada com o auxílio de um colaborador, uma vez que a divisão foi feita tendo em conta o modo como o produto é manipulado e também quais as matérias-primas que cada produto usa.

A quantidade total de cada uma das classes encontra-se na tabela F.3.

Tabela F.3- Quantidade total de cada uma das classes.

Classe	Quantidade Total (ton)
Água	9 893
Diluições	28 632
Detergência	273
Diluentes	695
Produções	1 799
Cliente A	4 654

No ponto “Transição de Horários do Processo Produtivo” do subcapítulo 6.1 foi referido que os Diluentes não foram analisados e quais os produtos que pertenciam a cada uma das classes.

Na tabela F.4 estão as quantidades dos produtos que foram inseridos em cada uma das classes.

Tabela F.4- Quantidades dos produtos que foram inseridos em cada uma das classes.

Classe	Produto	Quantidade (ton)
Água	Água Desmineralizada	9 893
	Água Oxigenada	2 944
Diluições	Ácido Nítrico	3 505
	Ácido Clorídrico	312
	Ácido Fosfórico	61
	Ácido Acético	380
	Hipoclorito de Sódio	2 791
	Soda Cáustica	5 747
	Detergência	Produto XI
Produto XII		155
Produto XIII		101
Produções	Bissulfito de Sódio	1 382
	Cloreto de Cálcio	182
	Acetato de Sódio	175
	Ácido Cítrico	21
	Produto X	28
	Ureia em Solução	11
Cliente A	Produto I	2 610
	Produto II	951
	Produto III	90
	Produto IV	334
	Produto V	35
	Produto VI	184
	Produto VII	49
	Produto VIII	373
	Produto IX	28

Destes produtos existem ainda alguns que têm subprodutos. Como alguns dos produtos mais significativos quantitativamente têm subprodutos, então foi ainda analisada quais os subprodutos mais significativos.

Na tabela F.5 encontram-se as quantidades dos subprodutos que pertencem à Soda Cáustica.

Tabela F.5- Quantidades dos subprodutos que pertencem à Soda Cáustica.

Subproduto	Quantidade (ton)
Soda Cáustica Líquida a 20%	2 024
Soda Cáustica Líquida a 25%	86
Soda Cáustica Líquida a 27%	644
Soda Cáustica Líquida a 32 %	1 628
Soda Cáustica Líquida a 35,9 %	119
Soda Cáustica Líquida a 38,8%	285
Soda Cáustica Líquida a 42%	27

Na tabela F.6 estão as quantidades dos subprodutos do Ácido Nítrico.

Tabela F.6-Quantidades dos subprodutos que pertencem ao Ácido Nítrico

Subproduto	Quantidade (ton)
Ácido Nítrico a 10%	2
Ácido Nítrico a 45%	362
Ácido Nítrico a 52%	2
Ácido Nítrico a 60%	3 140

Na tabela F.7 apresentam-se as quantidades dos subprodutos pertencentes à Água Oxigenada.

Tabela F.7- Quantidades dos subprodutos pertencentes à Água Oxigenada.

Subproduto	Quantidade (ton)
Água Oxigenada a 35%	2 931
Água Oxigenada a 49,5%	12 624

Na tabela F.8 estão as quantidades dos subprodutos que pertencem ao Produto I.

Tabela F.8- Quantidades dos subprodutos que pertencem ao Produto I.

Subproduto	Quantidade (ton)
Produto I.1	37
Produto I.2	303
Produto I.3	1 230
Produto I.4	850
Produto I.5	190

Na tabela F.9 encontram-se as quantidades dos subprodutos do Bissulfito de Sódio.

Tabela F.9- Quantidades dos subprodutos do Bissulfito de Sódio.

Subproduto	Quantidade (ton)
Bissulfito de Sódio a 32%	317
Bissulfito de Sódio a 40%	1 065

E, por fim, na tabela F.10 são apresentadas as quantidades dos subprodutos do Produto II.

Tabela F.10- Quantidades dos subprodutos do Produto II.

Subproduto	Quantidade (ton)
Produto II.1	82
Produto II.2	869

F.2 Tarifas da CESSN Aplicadas no Ano de 2018

Para o cálculo dos custos Atuais das produções que foi possível determinar os consumos energéticos foi necessário saber quais as tarifas que são atualmente aplicadas pela CESSN. As tarifas aplicadas pela CESSN em 2018 encontram-se na tabela F.11.

Tabela F.11- Tarifas aplicadas pela CESSN em 2018.

TARIFA DE ACESSO ÀS REDES EM BTE		PREÇOS - 2018		TOTAL
		(EUR/kW.mês)	(EUR/kW.dia) *	(EUR/kW.dia) *
Termo tarifário fixo		25,85	0,8499	0,8499
Potência	Horas de ponta	15,353	0,5048	0,5048
	Contratada	1,312	0,0431	0,0431
Energia activa		(EUR/kWh)		(EUR/kWh)
Períodos I, IV	Horas de ponta	0,0721	0,0648	0,1369
	Horas cheias	0,0612	0,0627	0,1239
	Horas de vazio normal	0,0305	0,0537	0,0842
	Horas de super vazio	0,0282	0,0473	0,0755
Períodos II, III	Horas de ponta	0,0713	0,0648	0,1361
	Horas cheias	0,0608	0,0627	0,1235
	Horas de vazio normal	0,0300	0,0537	0,0837
	Horas de super vazio	0,0283	0,0473	0,0756
Energia reactiva		(EUR/kvarh)		(EUR/kvarh)
	Fornecida	0,0331		0,0331
	Recebida	0,0252		0,0252

* RRC art. 119.º, n.º 6

F.3 Valores dos Consumos Específicos das Produções Analisadas e Respetivos Custos

Tal como foi referido na “Transição de Horários Produtivos” no subcapítulo 6.1 para a redução dos custos de algumas produções foi necessário contabilizar os consumos energéticos das mesmas. Para isso, o analisador de energia esteve ligado ao quadro elétrico onde estão ligados os equipamentos que foi possível analisar.

Como tal, foram analisados os tempos de reação/transição dos diferentes produtos e, posteriormente, os respetivos consumos específicos. Na tabela F.11 encontram-se os valores dos tempos de reação/transição e dos consumos específicos da Água Oxigenada para os diferentes tipos de transição e os respetivos custos.

Tabela F.12- Valores dos tempos de reação/transição e dos consumos específicos da Água Oxigenada para os diferentes tipos de transição e os respetivos custos.

Tipo de Transição	Período do Dia	Tempo (h)	Consumo Específico (kWh/ton)	Custo Total (€)
Produção de Peróxido 50%	16h34-17h05	0,52	0,122	0,36
	12h20-13h07	0,78	0,127	0,51
	9h48-10h26	0,63	0,117	0,40
	11h31-12h38	1,17	0,183	0,70
Agitação de Peróxido 50%	17h05-19h30	2,42	0,383	1,59
	13h10-15h05	1,92	0,253	1,22
	10h26-12h56	2,50	0,340	1,78
	12h38-16h	3,33	0,456	2,14
Transferencia Peróxido 50%	9h40-10h30	0,83	0,133	0,54
	19h30-20h26	0,93	0,143	0,64
	12h56-13h57	1	0,128	0,59
	16h-17h	1	0,123	0,59
	9h23-10h30	1,12	0,142	0,70
	7h03-8h08	1,08	0,138	0,46
Transferencia Peróxido 35%	20h35-21h30	0,92	0,128	0,57
Receção Peróxido 70%	7h-9h	2	0,149	0,93
	19h28-20h20	0,87	0,123	0,49

Na tabela F.12 encontram-se os valores dos tempos de reação/transição, dos consumos específicos e respetivos custos para os diferentes tipos de transições da Soda Cáustica.

Tabela F.13- Valores dos tempos de reação/transição, dos consumos específicos e respetivos custos para os diferentes tipos de transições da Soda Cáustica.

Tipo de Transição	Período do dia	Tempo de Reação (h)	Consumo Específico (kWh/ton)	Custo Total (€)
Produção Soda Cáustica 20%	9h56-10h54	0,97	0,129	0,19
	16h30-17h20	0,83	0,168	0,18
Produção Soda Cáustica 32%	9h48-10h38	0,83	0,0972	0,28
	9h14-10h40	1,43	0,129	0,325
	11h13-12h08	0,92	0,100	0,28
Agitação Soda Cáustica 20%	11h30-12h25	0,92	0,160	0,27
	10h54-13h38	2,73	0,168	0,60
	17h20-18h40	1,33	0,114	0,31
Agitação Soda Cáustica 32%	10h38-13h30	2,87	0,174	0,78
	10h40-13h	2,33	0,138	0,61
	12h08-13h53	1,75	0,0878	0,41
Transferência Soda Cáustica 50%	12h37-15h58	3,35	0,351	0,82
	6h22-6h50	0,47	0,138	0,0947
	22h40-1h20	2,67	0,0877	0,23
Transferência Soda Cáustica 32%	11h50-12h45	0,92	0,102	0,151
	13h50-15h30	1,67	0,0552	0,13
	14h10-15h10	1	0,107	0,14
Transferência Soda Cáustica 20%	6h58-10h	3,03	0,112	0,37
	8h22-9h24	1,03	0,0631	0,20
	18h50-19h45	0,92	0,0707	0,22
Receção Soda Cáustica 50%	15h42-16h52	1,17	0,0997	0,31
	6h51-7h50	0,98	0,0776	0,18
	13h07-13h45	0,75	0,117	0,20
	9h55-10h55	1	0,0877	0,28

Na tabela F.13 estão indicados os valores dos tempos de reação/transição, dos consumos específicos e dos respetivos custos dos diferentes locais para o qual ocorre a transição da Água Desmineralizada.

Local de Transição	Período do Dia	Duração (h)	Consumo Específico (kWh/ton)	Custo Total (€)
Reator	16h12-17h17	1,08	0,307	0,22
	10h20-11h15	0,92	0,311	0,20
	19h10-20h26	1,27	0,298	0,29
Depósitos	19h03-19h36	0,55	0,135	0,19
	8h29-9h12	0,72	0,150	0,24
	15h12-15h30	0,30	0,122	0,085

Como há transições em todos os períodos horários e como há a possibilidade da mudança de alguns processos produtivos para horários que são menos dispendiosos, então foi considerado que os dias dos ensaios seriam representativos de um mês representativo do ano. E tendo em conta que o ciclo horário é o diário e os custos de eletricidade que estão apresentados na tabela F.11 foi simulado possíveis reduções de custos. Numa primeira simulação teve-se em conta que todas as transições nas HP passariam para HC e as restantes se manteriam nos mesmos horários, numa segunda simulação considerou-se que todas as transições passariam para as HV e HSV.

Na tabela F.12 encontram-se os custos anuais, a redução caso se deixasse de fazer transições nas HP (redução mínima de custos) a redução caso se deixassem de fazer transições nas HC e nas HP (redução de custos máxima).

Tabela F.14- Custos anuais para as transições dos diferentes produções e reduções de custos mínimas e máximas.

	Custo Anual (€)	Redução de Custos Mínima (€)	Redução de Custos Máxima (€)
Água Oxigenada	529,19	12,30	160,27
Soda Cáustica	313,18	15,47	93,23
Total	842,37	27,77	253,51

G. Possíveis Melhorias no Elemento Compressor e respetiva Rede de Ar Comprimido

G.1 Possibilidade de Nova Tubagem

No ponto “Redução das Perdas de Carga na Tubagem” do subcapítulo 6.2 é abordado a possibilidade da aquisição de uma nova tubagem para a linha principal de ar comprimido, devido às perdas de carga existentes atualmente serem demasiado elevadas.

Para isso foi necessário determinar os diâmetros da nova tubagem e o tipo de acessórios que iriam existir. Estes valores encontram-se na Tabela 6.4 do subcapítulo 6.2.

Para a determinação dos custos associados a esta aquisição foi consultada uma tabela de preços de tubagem PPR [13].

Nas figuras G.1, G.2 e G.3 encontram-se os preços da tubagem e dos acessórios para diferentes diâmetros internos.

Código	Medida	€/Mt
AB.T0001	20	1,23
AB.T0002	25	1,86
AB.T0003	32	3,89
AB.T0004	40	6,77
AB.T0005	50	10,61
AB.T0006	63	16,67
AB.T0007	75 *	23,64
AB.T0008	90 *	33,95
AB.T0009	110 *	49,51

Tubo

Código	Medida	Preço €
AB.T0601	20	0,37
AB.T0602	25	0,46
AB.T0603	32	0,79
AB.T0604	40	1,98
AB.T0605	50	2,63
AB.T0606	63	4,66
AB.T0607	75 *	11,51
AB.T0608	90 *	24,90
AB.T0609	110 *	35,83

Joelho

Código	Medida	Preço €
AB.T0701	20	0,62
AB.T0702	25	0,71
AB.T0703	32	1,01
AB.T0704	40	2,22
AB.T0705	50 *	3,84
AB.T0706	63 *	5,33
AB.T0707	75 *	8,91
AB.T0708	90 *	22,13
AB.T0709	110 *	31,57

Joelho 45°

Código	Medida	Preço €
AB.T1101	20	0,85
AB.T1102	25 *	0,88

Joelho MF

Código	Medida	Preço €
AB.T0901	20 x 1/2"	2,54
AB.T0902	25 x 1/2"	3,13
AB.T0903	25 x 3/4"	3,92
AB.T0904	32 x 1/2" *	4,03
AB.T0905	32 x 3/4"	4,79
AB.T0906	32 x 1"	11,54

Joelho F

Código	Medida	Preço €
AB.T1201	20 x 1/2"	3,22

Joelho MF

Figura G.1- Preço da tubagem e dos diferentes acessórios.



Joelho c/ Pacter

Código	Medida	Preço €
AB.T0801	20 x 1/2"	2,47



Joelho M

Código	Medida	Preço €
AB.T1001	20 x 1/2"	3,70
AB.T1002	25 x 1/2"	3,71
AB.T1003	25 x 3/4"	6,77
AB.T1006	32 x 1"	12,85



Joelho 3 Vias

Código	Medida	Preço €
AB.T1301	20	1,03



Tê

Código	Medida	Preço €
AB.T2001	20	0,39
AB.T2002	25	0,51
AB.T2003	32	0,99
AB.T2004	40	2,41
AB.T2005	50	3,84
AB.T2006	63	5,67
AB.T2007	75 *	10,24
AB.T2008	90 *	25,29
AB.T2009	110 *	37,93



Tê F

Código	Medida	Preço €
AB.T2201	20 x 1/2" x 20	3,09
AB.T2202	25 x 1/2" x 25	4,09
AB.T2203	25 x 3/4" x 25	4,30
AB.T2205	32 x 3/4" x 32	7,27
AB.T2206	32 x 1" x 32	11,74

Figura G.2- Preço de diferentes acessórios.



Tê Redução

Código	Medida	Preço €
AB.T2101	25 x 20 x 20	0,62
AB.T2102	25 x 20 x 25	0,62
AB.T2103	25 x 25 x 20	0,62
AB.T2106	32 x 20 x 32	1,61
AB.T2108	32 x 25 x 25	1,40
AB.T2109	32 x 25 x 32	1,57
AB.T2111	32 x 32 x 25 *	1,57
AB.T2112	40 x 25 x 40	1,79
AB.T2113	40 x 32 x 40	1,79
AB.T2114	50 x 32 x 50 *	5,20
AB.T2115	50 x 40 x 50	5,20
AB.T2116	63 x 25 x 63 *	7,15
AB.T2117	63 x 32 x 63 *	7,15
AB.T2118	63 x 40 x 63 *	7,15
AB.T2119	63 x 50 x 63 *	7,15
AB.T2120	75 x 50 x 75 *	14,58
AB.T2121	75 x 63 x 75 *	14,55
AB.T2122	90 x 63 x 90 *	27,49
AB.T2123	90 x 75 x 90 *	27,55
AB.T2124	110 x 75 x 110 *	36,53
AB.T2125	110 x 90 x 110 *	36,72



União Cruzamento

Código	Medida	Preço €
AB.T2501	20	1,24
AB.T2502	25	1,52
AB.T2503	32	2,07



União

Código	Medida	Preço €
AB.T2401	20	0,30
AB.T2402	25	0,39
AB.T2403	32	0,55
AB.T2404	40	1,34
AB.T2405	50	1,98
AB.T2406	63	3,71
AB.T2407	75 *	4,95
AB.T2408	90 *	9,60
AB.T2409	110 *	13,93



União Redução MF

Código	Medida	Preço €
AB.T2701	25 x 20	0,30
AB.T2702	32 x 20	0,47
AB.T2703	32 x 25	0,47
AB.T2704	40 x 25 *	1,21
AB.T2705	40 x 32	1,14
AB.T2706	50 x 32	2,47
AB.T2707	50 x 40	2,47
AB.T2708	63 x 25 *	3,41
AB.T2709	63 x 32 *	3,64
AB.T2710	63 x 40 *	3,64
AB.T2711	63 x 50 *	3,64
AB.T2712	75 x 50 *	4,05
AB.T2713	75 x 63 *	4,05
AB.T2714	90 x 63 *	7,74
AB.T2715	90 x 75 *	7,74
AB.T2716	110 x 75 *	11,72
AB.T2717	110 x 90 *	11,72

Figura G.3- Preços dos diferentes acessórios.

H. Custos Energéticos do Compressor de Ar Comprimido e Simulação dos Custos Futuros com a Mudança de Compressor

H.1 Consumos Energéticos Atuais e Respetivos Custos

Para a avaliação se seria benéfico ou não adquirir um novo compressor, foi necessário analisar os consumos energéticos atuais do compressor 1. Para isso o analisador de energia esteve a fazer a medição dos consumos durante quatro semanas, tal como foi referido no ponto “Aquisição de um Novo Compressor” no subcapítulo 6.2.

Na tabela H.1 encontra-se o consumo de energia por dia durante as quatro semanas do ensaio.

Tabela H.1- Consumos de energia em cada dia da semana durante o ensaio de quatro semanas.

Dia da semana	Energia Ativa (kWh)			
	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
Quarta	125,88	251,34	350,76	371,4
Quinta	212,58	304,44	346,32	339,48
Sexta	274,02	347,1	347,7	393
Sábado	230,52	219,9	218,7	218,46
Domingo	0	120,6	0	56,1
Segunda	272,88	291,42	374,58	137,7
Terça	332,16	342	340,98	139,8
Quarta	251,34	350,76	371,4	121,26

Com estes valores e sabendo o tempo que o compressor esteve em funcionamento em cada período do dia e o total do número de horas de funcionamento do compressor, foi então determinado os custos energéticos do compressor durante o tempo do ensaio. Para isso também teve de se ter em conta as tarifas que são aplicadas pela CESSN em 2018, que se encontram na Tabela E.11 do Anexo F.2.

Na tabela H.2 estão os valores do consumo energético por período do dia e os respetivos custos para o ensaio que se deu num período em que vigora a hora legal de verão.

Tabela H.2- Valores do consumo energético por período do dia e os respetivos custos.

Dias da Semana	Tempo (%)				Energia Ativa (kWh)	Energia Ativa (kWh)				Custo Unitário (€/ kWh)				Custo Energia Ativa (€)				
	HP	HC	HV	HSV		HP	HC	HV	HSV	HP	HC	HV	HSV	HP	HC	HV	HSV	Total
Quarta	0,314	0,466	0,144	0,076	125,88	39,471	58,673	18,135	9,601					5,37	7,25	1,52	0,73	14,86
Quinta	0,000	0,541	0,365	0,094	212,58	0,000	114,980	77,545	20,055					0,00	14,20	6,49	1,52	22,21
Sexta	0,211	0,529	0,260	0,000	274,02	57,943	144,856	71,221	0,000					7,89	17,89	5,96	0,00	31,74
Sábado	0,178	0,254	0,284	0,284	230,52	40,921	58,653	65,473	65,473					5,57	7,24	5,48	4,95	23,24
Domingo	0,000	0,000	0,000	0,000	0	0,000	0,000	0,000	0,000					0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Segunda	0,223	0,558	0,219	0,000	272,88	60,922	152,305	59,653	0,000					8,29	18,81	4,99	0,00	32,09
Terça	0,185	0,462	0,169	0,185	332,16	61,322	153,305	56,212	61,322					8,35	18,93	4,70	4,64	36,62
Quarta	0,238	0,594	0,168	0,000	251,34	59,724	149,311	42,305	0,000					8,13	18,44	3,54	0,00	30,11
Quinta	0,167	0,417	0,250	0,167	304,44	50,740	126,850	76,110	50,740					6,91	15,67	6,37	3,84	32,78
Sexta	0,167	0,417	0,250	0,167	347,1	57,850	144,625	86,775	57,850	0,1361	0,1235	0,0837	0,0756	7,87	17,86	7,26	4,37	37,37
Sábado	0,179	0,250	0,286	0,286	219,9	39,268	54,975	62,829	62,829					5,34	6,79	5,26	4,75	22,14
Domingo	0,211	0,789	0,000	0,000	120,6	25,389	95,211	0,000	0,000					3,46	11,76	0,00	0,00	15,21
Segunda	0,223	0,558	0,219	0,000	291,42	65,061	162,653	63,706	0,000					8,85	20,09	5,33	0,00	34,27
Terça	0,169	0,423	0,239	0,169	342	57,803	144,507	81,887	57,803					7,87	17,85	6,85	4,37	36,94
Quarta	0,167	0,417	0,250	0,167	350,76	58,460	146,150	87,690	58,460					7,96	18,05	7,34	4,42	37,77
Quinta	0,167	0,417	0,250	0,167	346,32	57,720	144,300	86,580	57,720					7,86	17,82	7,25	4,36	37,29
Sexta	0,167	0,417	0,250	0,167	347,7	57,950	144,875	86,925	57,950					7,89	17,89	7,28	4,38	37,44
Sábado	0,199	0,271	0,265	0,265	218,7	43,498	59,206	57,998	57,998					5,92	7,31	4,85	4,38	22,47
Domingo	0,000	0,000	0,000	0,000	0	0,000	0,000	0,000	0,000					0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Segunda	0,170	0,426	0,234	0,170	374,58	63,758	159,396	87,668	63,758	8,68	19,69	7,34	4,82	40,52
Terça	0,176	0,385	0,264	0,176	340,98	59,953	131,146	89,929	59,953	8,16	16,20	7,53	4,53	36,42
Quarta	0,167	0,417	0,250	0,167	371,4	61,900	154,750	92,850	61,900	8,42	19,11	7,77	4,68	39,99
Quinta	0,167	0,417	0,250	0,167	339,48	56,580	141,450	84,870	56,580	7,70	17,47	7,10	4,28	36,55
Sexta	0,167	0,417	0,250	0,167	393	65,500	163,750	98,250	65,500	8,91	20,22	8,22	4,95	42,31
Sábado	0,182	0,236	0,291	0,291	218,46	39,720	51,636	63,552	63,552	5,41	6,38	5,32	4,80	21,91
Domingo	0,444	0,556	0,000	0,000	56,1	24,933	31,167	0,000	0,000	3,39	3,85	0,00	0,00	7,24
Segunda	0,172	0,626	0,202	0,000	137,7	23,645	86,236	27,818	0,000	3,22	10,65	2,33	0,00	16,20
Terça	0,144	0,278	0,556	0,022	139,8	20,193	38,833	77,667	3,107	2,75	4,80	6,50	0,23	14,28
Quarta	0,236	0,345	0,327	0,091	121,26	28,661	41,890	39,685	11,024	3,90	5,17	3,32	0,83	13,23
														773,19

Considerou-se que estas quatro semanas de ensaio seriam um mês representativo de cada um dos meses do ano. Então para o período em que vigora a hora legal de verão ter-se-iam estes custos de energia. Como a hora legal de verão vigora seis meses do ano e na tabela H 2 está representado um mês em que vigora a hora legal de verão, então os custos de energia durante esse período seriam de 4 639, 14 €.

No período em que vigora a hora legal de inverno as tarifas variam assim como os períodos das HP, HC, HV e HSV. Como tal calcularam-se os custos de energia de um mês em que vigorasse a hora legal de inverno, tendo em conta as premissas anteriores.

Os custos de energia para um mês em que vigore a hora legal de inverno encontra-se na tabela H.3.

Tabela H.3- Custos de energia para um mês em que vigore a hora legal de inverno.

Dias da Semana	Tempo (%)				Energia Ativa (kWh)	Energia Ativa (kWh)				Custo Unitário (€/ kWh)				Custo Energia Ativa (€)				
	HP	HC	HV	HSV		HP	HC	HV	HSV	HP	HC	HV	HSV	HP	HC	HV	HSV	Total
Quarta	0,214	0,641	0,145	0,000	125,88	26,897	80,692	18,290	0,000					3,68	10,00	1,54	0,00	15,22
Quinta	0,101	0,440	0,365	0,094	212,58	21,392	93,589	77,545	20,055					2,93	11,60	6,53	1,51	22,57
Sexta	0,211	0,529	0,260	0,000	274,02	57,943	144,856	71,221	0,000					7,93	17,95	6,00	0,00	31,88
Sábado	0,107	0,325	0,284	0,284	230,52	24,552	75,021	65,473	65,473					3,36	9,30	5,51	4,94	23,11
Domingo	0,000	0,000	0,000	0,000	0	0,000	0,000	0,000	0,000					0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Segunda	0,223	0,558	0,219	0,000	272,88	60,922	152,305	59,653	0,000					8,34	18,87	5,02	0,00	32,23
Terça	0,185	0,462	0,169	0,185	332,16	61,322	153,305	56,212	61,322					8,39	18,99	4,73	4,63	36,75
Quarta	0,238	0,594	0,168	0,000	251,34	59,724	149,311	42,305	0,000					8,18	18,50	3,56	0,00	30,24
Quinta	0,167	0,417	0,250	0,167	304,44	50,740	126,850	76,110	50,740					6,95	15,72	6,41	3,83	32,90
Sexta	0,167	0,417	0,250	0,167	347,1	57,850	144,625	86,775	57,850					7,92	17,92	7,31	4,37	37,51
Sábado	0,107	0,321	0,286	0,286	219,9	23,561	70,682	62,829	62,829	0,1369	0,1239	0,0842	0,0755	3,23	8,76	5,29	4,74	22,02
Domingo	0,263	0,737	0,000	0,000	120,6	31,737	88,863	0,000	0,000					4,34	11,01	0,00	0,00	15,35
Segunda	0,223	0,558	0,219	0,000	291,42	65,061	162,653	63,706	0,000					8,91	20,15	5,36	0,00	34,42
Terça	0,169	0,423	0,239	0,169	342	57,803	144,507	81,887	57,803					7,91	17,90	6,89	4,36	37,08
Quarta	0,167	0,417	0,250	0,167	350,76	58,460	146,150	87,690	58,460					8,00	18,11	7,38	4,41	37,91
Quinta	0,167	0,417	0,250	0,167	346,32	57,720	144,300	86,580	57,720					7,90	17,88	7,29	4,36	37,43
Sexta	0,167	0,417	0,250	0,167	347,7	57,950	144,875	86,925	57,950					7,93	17,95	7,32	4,38	37,58
Sábado	0,171	0,298	0,265	0,265	218,7	37,457	65,248	57,998	57,998					5,13	8,08	4,88	4,38	22,47
Domingo	0,000	0,000	0,000	0,000	0	0,000	0,000	0,000	0,000					0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Segunda	0,170	0,426	0,234	0,170	374,58	63,758	159,396	87,668	63,758					8,73	19,75	7,38	4,81	40,67
Terça	0,176	0,385	0,264	0,176	340,98	59,953	131,146	89,929	59,953					8,21	16,25	7,57	4,53	36,55

Quarta	0,167	0,417	0,250	0,167	371,4	61,900	154,750	92,850	61,900	8,47	19,17	7,82	4,67	40,14
Quinta	0,167	0,417	0,250	0,167	339,48	56,580	141,450	84,870	56,580	7,75	17,53	7,15	4,27	36,69
Sexta	0,167	0,417	0,250	0,167	393	65,500	163,750	98,250	65,500	8,97	20,29	8,27	4,95	42,47
Sábado	0,109	0,309	0,291	0,291	218,46	23,832	67,524	63,552	63,552	3,26	8,37	5,35	4,80	21,78
Domingo	0,360	0,640	0,000	0,000	56,1	20,196	35,904	0,000	0,000	2,76	4,45	0,00	0,00	7,21
Segunda	0,080	0,828	0,092	0,000	137,7	11,079	113,959	12,662	0,000	1,52	14,12	1,07	0,00	16,70
Terça	0,033	0,389	0,544	0,033	139,8	4,660	54,367	76,113	4,660	0,64	6,74	6,41	0,35	14,13
Quarta	0,145	0,436	0,327	0,091	121,26	17,638	52,913	39,685	11,024	2,41	6,56	3,34	0,83	13,14
														776,18

Para os seis meses em que vigorou a hora legal de inverno, o total de custos de energia foi de 4 657,07 €.

H.2 Consumos Energéticos com Novo Compressor e Respetivos Custos

No ponto “Aquisição de um Novo Compressor” do subcapítulo 6.2 foram apresentados vários orçamentos de compressores, cada um com as suas características. Uma característica determinante na escolha de um compressor é o seu consumo específico, uma vez que esta característica permite perceber quais são os custos energéticos do compressor de acordo com a sua capacidade.

Com as medições de energia efetuadas ao compressor atual determinou-se o consumo específico atual. Assim, foi possível simular qual seria a redução do consumo energético para os compressores cujo consumo específico foi dado pelo orçamento.

Para o cálculo da percentagem da redução do consumo energético foi usada a expressão H.1:

$$\% \text{ Redução do Consumo Energético} = \frac{\text{Consumo Específico Atual Compressor} \left(\frac{kWh}{m^3}\right) - \text{Consumo Específico Novo Compressor} \left(\frac{kWh}{m^3}\right)}{\text{Consumo Específico do Atual Compressor} \left(\frac{kWh}{m^3}\right)} \quad (H.1)$$

O exemplo de cálculo caso se adquirisse o compressor da marca Comingersoll encontra-se a seguir:

$$\% \text{ Redução do Consumo Energético} = \frac{0,181 - 0,112}{0,181} \times 100$$

$$\% \text{ Redução do Consumo Energético} = 38,1\%$$

O mesmo cálculo foi realizado para as outras marcas em que no respetivo orçamento continha o consumo específico do equipamento. A redução do consumo de energia das restantes marcas encontra-se na tabela H.4.

Tabela H.4- Valores da redução dos consumos energéticos para a diferentes marcas em que foi possível realizar este cálculo.

Marca	Redução do Consumo Energético (%)
Biomicro	44,9
Kaeser	42,0
Camiar	38,1

Como o custo da energia é diretamente proporcional ao seu consumo, então se houver uma redução de consumo de energia de 38,1%, como é o caso ao instalar-se o compressor da *Comingersoll*, então haveria uma redução nos custos energéticos de 38,1%.

Como já tinham sido determinados os custos associados aos consumos energéticos atuais, foi então calculado qual seria a redução dos custos caso se instalasse um novo compressor. Ou seja, considerando os consumos energéticos atuais, calcularam-se os custos de energia como é explicitado na tabela H.2 do subcapítulo H.2. A estes custos foi retirado a redução do consumo energético para o período de hora legal de verão e para o período de hora legal de inverno e extrapolaram-se os custos mensais para anuais.

Os valores das simulações encontram-se na tabela H.5.

Tabela H.5- Valores das simulações das reduções dos custos energéticos com a mudança de compressor.

Marca		Custo em Período de Verão (€)	Custo em Período de Inverno (€)	Redução em Período de Verão (€)	Redução em Período de Inverno (€)	Diferença no Período de Verão (€)	Diferença no Período de Inverno (€)
Comingersoll	Por mês	773,19	776,18	479,38	481,23	293,81	294,95
	Por Ano	4639,14	4657,07	2876,27	2887,39	1762,87	1769,69
	Total	9296,22		5763,66		3532,56	
Biomicro	Por mês	773,19	776,18	425,90	427,54	347,30	348,64
	Por Ano	4639,14	4657,07	2555,37	2565,25	2083,77	2091,82
	Total	9296,22		5120,62		4175,59	
Kaeser	Por mês	773,19	776,18	448,54	450,27	324,65	325,91
	Por Ano	4639,14	4657,07	2691,22	2701,62	1947,93	1955,46
	Total	9296,22		5392,83		3903,38	
Camiar	Por mês	773,19	776,18	478,44	480,29	294,75	295,89
	Por Ano	4639,14	4657,07	2870,63	2881,73	1768,51	1775,35
	Total	9296,22		5752,36		3543,86	

Com as reduções de custos energéticos para cada uma das marcas e com os orçamentos dados foi possível estimar qual seria o tempo de retorno do investimento, tal como é evidenciado na tabela 6.13 do subcapítulo 6.2.

H.3. Custos Energéticos das Fugas

Simultaneamente ao estudo do consumo energético atual e dos respetivos custos, estudou-se qual seria a parte deste consumo que compensaria as fugas de ar comprimido e os respetivos custos.

Para a determinação do consumo de energia em fugas considerou-se a equação 6.5.

Na tabela H.6 encontram-se os valores dos consumos energéticos das fugas.

Tabela H.6- Valores dos consumos de energia das fugas.

Dia da semana	Energia Ativa (kWh)			
	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
Quarta	46,99	80,44	114,68	114,68
Quinta	63,31	114,68	114,68	114,68
Sexta	90,39	114,68	114,6	114,68
Sábado	67,30	66,90	72,07	65,70
Domingo	0	45,39	0	21,50
Segunda	85,61	85,61	112,29	39,42
Terça	103,53	113,09	108,71	35,84
Quarta	80,44	114,68	114,68	43,80

Os custos destes consumos energéticos referentes às fugas para o período legal da hora de verão encontram-se na tabela H.7. Para a determinação dos custos associados ao consumo de energia por parte das fugas seguiu-se a equação 6.6 que se encontra no subcapítulo 6.2.

Tabela H.7- Custos dos consumos energéticos das fugas para um período de hora legal de verão.

Dias da Semana	Tempo (%)				Energia Ativa (kWh)	Energia Ativa (kWh)				Custo Unitário (€/ kWh)				Custo Energia Ativa (€)				
	HP	HC	HV	HSV		HP	HC	HV	HSV	HP	HC	HV	HSV	HP	HC	HV	HSV	Total
Quarta	0,314	0,466	0,144	0,076	46,99	14,73	21,90	6,77	3,58					2,01	2,70	0,57	0,27	5,55
Quinta	0,000	0,541	0,365	0,094	63,31	0,00	34,25	23,10	5,97					0,00	4,23	1,93	0,45	6,61
Sexta	0,211	0,529	0,260	0,000	90,39	19,11	47,78	23,49	0,00					2,60	5,90	1,97	0,00	10,47
Sábado	0,178	0,254	0,284	0,284	67,30	11,95	17,12	19,11	19,11					1,63	2,11	1,60	1,44	6,79
Domingo	0	0	0	0	0	0	0	0	0					0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Segunda	0,223	0,558	0,219	0,000	85,61	19,11	47,78	18,72	0,00					2,60	5,90	1,57	0,00	10,07
Terça	0,185	0,462	0,169	0,185	103,53	19,11	47,78	17,52	19,11					2,60	5,90	1,47	1,44	11,41
Quarta	0,238	0,594	0,168	0,000	80,44	19,11	47,78	13,54	0,00					2,60	5,90	1,13	0,00	9,64
Quinta	0,167	0,417	0,250	0,167	114,68	19,11	47,78	28,67	19,11					2,60	5,90	2,40	1,44	12,35
Sexta	0,167	0,417	0,250	0,167	114,68	19,11	47,78	28,67	19,11	0,1361	0,1235	0,0837	0,0756	2,60	5,90	2,40	1,44	12,35
Sábado	0,179	0,250	0,286	0,286	66,90	11,95	16,72	19,11	19,11					1,63	2,07	1,60	1,44	6,74
Domingo	0,211	0,789	0,000	0,000	45,39	9,56	35,84	0,00	0,00					1,30	4,43	0,00	0,00	5,73
Segunda	0,223	0,558	0,219	0,000	85,61	19,11	47,78	18,72	0,00					2,60	5,90	1,57	0,00	10,07
Terça	0,169	0,423	0,239	0,169	113,09	19,11	47,78	27,08	19,11					2,60	5,90	2,27	1,44	12,21
Quarta	0,167	0,417	0,250	0,167	114,68	19,11	47,78	28,67	19,11					2,60	5,90	2,40	1,44	12,35
Quinta	0,167	0,417	0,250	0,167	114,68	19,11	47,78	28,67	19,11					2,60	5,90	2,40	1,44	12,35
Sexta	0,167	0,417	0,250	0,167	114,68	19,11	47,78	28,67	19,11					2,60	5,90	2,40	1,44	12,35
Sábado	0,199	0,271	0,265	0,265	72,07	14,34	19,51	19,11	19,11					1,95	2,41	1,60	1,44	7,41
Domingo	0	0	0	0	0	0	0	0	0					0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Segunda	0,170	0,426	0,234	0,170	112,29	19,11	47,78	26,28	19,11	2,60	5,90	2,20	1,44	12,15
Terça	0,176	0,385	0,264	0,176	108,71	19,11	41,81	28,67	19,11	2,60	5,16	2,40	1,44	11,61
Quarta	0,167	0,417	0,250	0,167	114,68	19,11	47,78	28,67	19,11	2,60	5,90	2,40	1,44	12,35
Quinta	0,167	0,417	0,250	0,167	114,68	19,11	47,78	28,67	19,11	2,60	5,90	2,40	1,44	12,35
Sexta	0,167	0,417	0,250	0,167	114,68	19,11	47,78	28,67	19,11	2,60	5,90	2,40	1,44	12,35
Sábado	0,182	0,236	0,291	0,291	65,70	11,95	15,53	19,11	19,11	1,63	1,92	1,60	1,44	6,59
Domingo	0,444	0,556	0,000	0,000	21,50	9,56	11,95	0,00	0,00	1,30	1,48	0,00	0,00	2,78
Segunda	0,172	0,626	0,202	0,000	39,4	6,77	24,69	7,96	0,00	0,92	3,05	0,67	0,00	4,64
Terça	0,144	0,278	0,556	0,022	35,84	5,18	9,96	19,91	0,80	0,70	1,23	1,67	0,06	3,66
Quarta	0,236	0,345	0,327	0,091	43,80	10,35	15,13	14,34	3,98	1,41	1,87	1,20	0,30	4,78
														247,66

Os custos dos consumos de energia referentes às fugas para o período de hora legal de inverno encontram-se na tabela H.8.

Tabela H.8- Custos dos consumos de energia referentes às fugas num período de hora legal de inverno.

Dias da Semana	Tempo (%)				Energia Ativa (kWh)	Energia Ativa (kWh)				Custo Unitário (€/ kWh)				Custo Energia Ativa (€)				
	HP	HC	HV	HSV		HP	HC	HV	HSV	HP	HC	HV	HSV	HP	HC	HV	HSV	Total
Quarta	0,314	0,466	0,144	0,076	46,99	14,73	21,90	6,77	3,58					2,02	2,71	0,57	0,27	5,57
Quinta	0,000	0,541	0,365	0,094	63,31	0,00	34,25	23,10	5,97					0,00	4,24	1,94	0,45	6,64
Sexta	0,211	0,529	0,260	0,000	90,39	19,11	47,78	23,49	0,00					2,62	5,92	1,98	0,00	10,52
Sábado	0,178	0,254	0,284	0,284	67,30	11,95	17,12	19,11	19,11					1,64	2,12	1,61	1,44	6,81
Domingo	0	0	0	0	0	0	0		0					0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Segunda	0,223	0,558	0,219	0,000	85,61	19,11	47,78	18,72	0,00					2,62	5,92	1,58	0,00	10,11
Terça	0,185	0,462	0,169	0,185	103,53	19,11	47,78	17,52	19,11					2,62	5,92	1,48	1,44	11,46
Quarta	0,238	0,594	0,168	0,000	80,44	19,11	47,78	13,54	0,00					2,62	5,92	1,14	0,00	9,68
Quinta	0,167	0,417	0,250	0,167	114,68	19,11	47,78	28,67	19,11					2,62	5,92	2,41	1,44	12,39
Sexta	0,167	0,417	0,250	0,167	114,68	19,11	47,78	28,67	19,11	0,1369	0,1239	0,0842	0,0755	2,62	5,92	2,41	1,44	12,39
Sábado	0,179	0,250	0,286	0,286	66,90	11,95	16,72	19,11	19,11					1,64	2,07	1,61	1,44	6,76
Domingo	0,211	0,789	0,000	0,000	45,39	9,56	35,84	0,00	0,00					1,31	4,44	0,00	0,00	5,75
Segunda	0,223	0,558	0,219	0,000	85,61	19,11	47,78	18,72	0,00					2,62	5,92	1,58	0,00	10,11
Terça	0,169	0,423	0,239	0,169	113,09	19,11	47,78	27,08	19,11					2,62	5,92	2,28	1,44	12,26
Quarta	0,167	0,417	0,250	0,167	114,68	19,11	47,78	28,67	19,11					2,62	5,92	2,41	1,44	12,39
Quinta	0,167	0,417	0,250	0,167	114,68	19,11	47,78	28,67	19,11					2,62	5,92	2,41	1,44	12,39
Sexta	0,167	0,417	0,250	0,167	114,68	19,11	47,78	28,67	19,11					2,62	5,92	2,41	1,44	12,39
Sábado	0,199	0,271	0,265	0,265	72,07	14,34	19,51	19,11	19,11					1,96	2,42	1,61	1,44	7,43
Domingo	0	0	0	0	0	0	0	0	0					0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Segunda	0,170	0,426	0,234	0,170	112,29	19,11	47,78	26,28	19,11					2,62	5,92	2,21	1,44	12,19

Terça	0,176	0,385	0,264	0,176	108,71	19,11	41,81	28,67	19,11	2,62	5,18	2,41	1,44	11,65
Quarta	0,167	0,417	0,250	0,167	114,68	19,11	47,78	28,67	19,11	2,62	5,92	2,41	1,44	12,39
Quinta	0,167	0,417	0,250	0,167	114,68	19,11	47,78	28,67	19,11	2,62	5,92	2,41	1,44	12,39
Sexta	0,167	0,417	0,250	0,167	114,68	19,11	47,78	28,67	19,11	2,62	5,92	2,41	1,44	12,39
Sábado	0,182	0,236	0,291	0,291	65,70	11,95	15,53	19,11	19,11	1,64	1,92	1,61	1,44	6,61
Domingo	0,444	0,556	0,000	0,000	21,50	9,56	11,95	0,00	0,00	1,31	1,48	0,00	0,00	2,79
Segunda	0,172	0,626	0,202	0,000	39,4	6,77	24,69	7,96	0,00	0,93	3,06	0,67	0,00	4,66
Terça	0,144	0,278	0,556	0,022	35,84	5,18	9,96	19,91	0,80	0,71	1,23	1,68	0,06	3,68
Quarta	0,236	0,345	0,327	0,091	43,80	10,35	15,13	14,34	3,98	1,42	1,87	1,21	0,30	4,80
														248,63

No entanto, tal como foi referido no ponto “Redução das Fugas de Ar Comprimido”, como o caudal de fugas poderia ser reduzido para o máximo admissível em relação ao caudal de ar produzido que é 5%, então verificou-se quais seriam a redução dos custos.

Para isso inicialmente verificou-se qual seria a redução no caudal de fugas utilizando para o efeito a expressão H.2:

$$\text{Caudal de fugas futuro} \left(\frac{m^3}{h} \right) = \text{Caudal de fugas atual} \left(\frac{m^3}{h} \right) \times \text{Redução das fugas} \quad (H.2)$$

$$\text{Caudal de fugas futuro} \left(\frac{m^3}{h} \right) = 26,4 \times (1 - 0,09)$$

$$\text{Caudal de fugas futuro} \left(\frac{m^3}{h} \right) = 24,0 \frac{m^3}{h}$$

Com este novo caudal de fugas calcularam-se os consumos de energia, mais uma vez seguindo a equação 6.5 do subcapítulo 6.2.

Os valores dos consumos energéticos para este novo caudal de fugas encontram-se na tabela H.9.

Tabela H.9- Valores dos consumos de energia para o novo caudal de fugas.

Energia Ativa (kWh)				
Dia da semana	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
Quarta	42,40	73,20	104,36	104,36
Quinta	57,62	104,36	104,36	104,36
Sexta	82,26	104,36	104,36	104,36
Sábado	61,24	60,88	65,59	59,79
Domingo	0	41,31	0	18,12
Segunda	77,91	77,91	102,19	31,53
Terça	94,21	102,91	98,92	32,61
Quarta	73,20	104,36	104,36	39,86

Do mesmo modo que foram determinados os custos dos consumos energéticos atuais das fugas, como é mostrado na tabela H.7 para um período legal de hora de verão, também foram determinados os custos dos consumos energéticos com este novo caudal de fugas. Estes valores encontram-se na tabela H.10.

Tabela H.10- Custos dos consumos de energia para o novo caudal de fugas num período de hora legal de verão.

Dias da Semana	Tempo (%)				Energia Ativa (kWh)	Energia Ativa (kWh)				Custo Unitário (€/ kWh)				Custo Energia Ativa (€)				
	HP	HC	HV	HSV		HP	HC	HV	HSV	HP	HC	HV	HSV	HP	HC	HV	HSV	Total
Quarta	0,314	0,466	0,144	0,076	46,99	9,06	27,18	6,16	0,00					1,23	3,36	0,52	0,00	5,10
Quinta	0,000	0,541	0,365	0,094	63,31	5,80	25,37	21,02	5,44					0,79	3,13	1,76	0,41	6,09
Sexta	0,211	0,529	0,260	0,000	90,39	17,39	43,48	21,38	0,00					2,37	5,37	1,79	0,00	9,53
Sábado	0,178	0,254	0,284	0,284	67,30	6,52	19,93	17,39	17,39					0,89	2,46	1,46	1,31	6,12
Domingo	0,000	0,000	0,000	0,000	0	0,00	0,00	0,00	0,00					0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Segunda	0,223	0,558	0,219	0,000	85,61	17,39	43,48	17,03	0,00					2,37	5,37	1,43	0,00	9,16
Terça	0,185	0,462	0,169	0,185	103,53	17,39	43,48	15,94	17,39					2,37	5,37	1,33	1,31	10,39
Quarta	0,238	0,594	0,168	0,000	80,44	17,39	43,48	12,32	0,00					2,37	5,37	1,03	0,00	8,77
Quinta	0,167	0,417	0,250	0,167	114,68	17,39	43,48	26,09	17,39	0,1361	0,1235	0,0837	0,0756	2,37	5,37	2,18	1,31	11,24
Sexta	0,167	0,417	0,250	0,167	114,68	17,39	43,48	26,09	17,39					2,37	5,37	2,18	1,31	11,24
Sábado	0,179	0,250	0,286	0,286	66,90	6,52	19,57	17,39	17,39					0,89	2,42	1,46	1,31	6,08
Domingo	0,211	0,789	0,000	0,000	45,39	10,87	30,44	0,00	0,00					1,48	3,76	0,00	0,00	5,24
Segunda	0,223	0,558	0,219	0,000	85,61	17,39	43,48	17,03	0,00					2,37	5,37	1,43	0,00	9,16
Terça	0,169	0,423	0,239	0,169	113,09	17,39	43,48	24,64	17,39					2,37	5,37	2,06	1,31	11,11
Quarta	0,167	0,417	0,250	0,167	114,68	17,39	43,48	26,09	17,39					2,37	5,37	2,18	1,31	11,24
Quinta	0,167	0,417	0,250	0,167	114,68	17,39	43,48	26,09	17,39					2,37	5,37	2,18	1,31	11,24
Sexta	0,167	0,417	0,250	0,167	114,68	17,39	43,48	26,09	17,39					2,37	5,37	2,18	1,31	11,24
Sábado	0,199	0,271	0,265	0,265	72,07	11,23	19,57	17,39	17,39					1,53	2,42	1,46	1,31	6,72

Domingo	0,000	0,000	0,000	0,000	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Segunda	0,170	0,426	0,234	0,170	112,29	17,39	43,48	23,92	17,39		2,37	5,37	2,00	1,31	11,05
Terça	0,176	0,385	0,264	0,176	108,71	17,39	38,05	26,09	17,39		2,37	4,70	2,18	1,31	10,56
Quarta	0,167	0,417	0,250	0,167	114,68	17,39	43,48	26,09	17,39		2,37	5,37	2,18	1,31	11,24
Quinta	0,167	0,417	0,250	0,167	114,68	17,39	43,48	26,09	17,39		2,37	5,37	2,18	1,31	11,24
Sexta	0,167	0,417	0,250	0,167	114,68	17,39	43,48	26,09	17,39		2,37	5,37	2,18	1,31	11,24
Sábado	0,182	0,236	0,291	0,291	65,70	6,52	18,48	17,39	17,39		0,89	2,28	1,46	1,31	5,94
Domingo	0,444	0,556	0,000	0,000	21,50	6,52	11,60	0,00	0,00		0,89	1,43	0,00	0,00	2,32
Segunda	0,172	0,626	0,202	0,000	39,4	2,54	26,09	2,90	0,00		0,35	3,22	0,24	0,00	3,81
Terça	0,144	0,278	0,556	0,022	35,84	1,09	12,68	17,76	1,09		0,15	1,57	1,49	0,08	3,28
Quarta	0,236	0,345	0,327	0,091	43,80	5,80	17,39	13,05	3,62		0,79	2,15	1,09	0,27	4,30
															224,63

Os custos do consumo de energia para o novo caudal de fugas num período de hora legal de inverno encontram-se na tabela H.11.

Tabela H.11- Custos dos consumos de energia para o novo caudal de fugas num período de hora legal de inverno.

Dias da Semana	Tempo (%)				Energia Ativa (kWh)	Energia Ativa (kWh)				Custo Unitário (€/ kWh)				Custo Energia Ativa (€)				
	HP	HC	HV	HSV		HP	HC	HV	HSV	HP	HC	HV	HSV	HP	HC	HV	HSV	Total
Quarta	0,314	0,466	0,144	0,076	46,99	9,06	27,18	6,16	0,00					1,24	3,37	0,52	0,00	5,13
Quinta	0,000	0,541	0,365	0,094	63,31	5,80	25,37	21,02	5,44					0,79	3,14	1,77	0,41	6,12
Sexta	0,211	0,529	0,260	0,000	90,39	17,39	43,48	21,38	0,00					2,38	5,39	1,80	0,00	9,57
Sábado	0,178	0,254	0,284	0,284	67,30	6,52	19,93	17,39	17,39					0,89	2,47	1,46	1,31	6,14
Domingo	0,000	0,000	0,000	0,000	0	0,00	0,00	0,00	0,00					0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Segunda	0,223	0,558	0,219	0,000	85,61	17,39	43,48	17,03	0,00					2,38	5,39	1,43	0,00	9,20
Terça	0,185	0,462	0,169	0,185	103,53	17,39	43,48	15,94	17,39					2,38	5,39	1,34	1,31	10,42
Quarta	0,238	0,594	0,168	0,000	80,44	17,39	43,48	12,32	0,00					2,38	5,39	1,04	0,00	8,81
Quinta	0,167	0,417	0,250	0,167	114,68	17,39	43,48	26,09	17,39					2,38	5,39	2,20	1,31	11,28
Sexta	0,167	0,417	0,250	0,167	114,68	17,39	43,48	26,09	17,39	0,1369	0,1239	0,0842	0,0755	2,38	5,39	2,20	1,31	11,28
Sábado	0,179	0,250	0,286	0,286	66,90	6,52	19,57	17,39	17,39					0,89	2,42	1,46	1,31	6,10
Domingo	0,211	0,789	0,000	0,000	45,39	10,87	30,44	0,00	0,00					1,49	3,77	0,00	0,00	5,26
Segunda	0,223	0,558	0,219	0,000	85,61	17,39	43,48	17,03	0,00					2,38	5,39	1,43	0,00	9,20
Terça	0,169	0,423	0,239	0,169	113,09	17,39	43,48	24,64	17,39					2,38	5,39	2,07	1,31	11,16
Quarta	0,167	0,417	0,250	0,167	114,68	17,39	43,48	26,09	17,39					2,38	5,39	2,20	1,31	11,28
Quinta	0,167	0,417	0,250	0,167	114,68	17,39	43,48	26,09	17,39					2,38	5,39	2,20	1,31	11,28
Sexta	0,167	0,417	0,250	0,167	114,68	17,39	43,48	26,09	17,39					2,38	5,39	2,20	1,31	11,28
Sábado	0,199	0,271	0,265	0,265	72,07	11,23	19,57	17,39	17,39					1,54	2,42	1,46	1,31	6,74
Domingo	0,000	0,000	0,000	0,000	0	0,00	0,00	0,00	0,00					0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Segunda	0,170	0,426	0,234	0,170	112,29	17,39	43,48	23,92	17,39					2,38	5,39	2,01	1,31	11,10

Terça	0,176	0,385	0,264	0,176	108,71	17,39	38,05	26,09	17,39		2,38	4,71	2,20	1,31	10,61
Quarta	0,167	0,417	0,250	0,167	114,68	17,39	43,48	26,09	17,39		2,38	5,39	2,20	1,31	11,28
Quinta	0,167	0,417	0,250	0,167	114,68	17,39	43,48	26,09	17,39		2,38	5,39	2,20	1,31	11,28
Sexta	0,167	0,417	0,250	0,167	114,68	17,39	43,48	26,09	17,39		2,38	5,39	2,20	1,31	11,28
Sábado	0,182	0,236	0,291	0,291	65,70	6,52	18,48	17,39	17,39		0,89	2,29	1,46	1,31	5,96
Domingo	0,444	0,556	0,000	0,000	21,50	6,52	11,60	0,00	0,00		0,89	1,44	0,00	0,00	2,33
Segunda	0,172	0,626	0,202	0,000	39,4	2,54	26,09	2,90	0,00		0,35	3,23	0,24	0,00	3,82
Terça	0,144	0,278	0,556	0,022	35,84	1,09	12,68	17,76	1,09		0,15	1,57	1,50	0,08	3,30
Quarta	0,236	0,345	0,327	0,091	43,80	5,80	17,39	13,05	3,62		0,79	2,16	1,10	0,27	4,32
															225,50

Com estes valores efetuou-se o cálculo da redução dos custos de energia com a redução do caudal de fugas em relação ao existente atualmente. O resumo dos custos energéticos com a redução do caudal de fugas encontra-se na tabela H.12.

Tabela H.12- Redução dos custos com a redução do caudal de fugas.

	Custos de Energia no Período de Verão (€)	Custos de Energia no Período de Inverno (€)	Redução dos Custos de Energia no Período de Verão (€)	Redução dos Custos de Energia no Período de Inverno (€)
Por mês	247,66	248,63	224,63	225,50
Por ano	1485,98	1491,78	1347,80	1353,01
Total	2977,76		2700,81	
Redução			276,95	