



## Implementação de um sistema de monitorização de frio em áreas de serviço

**ANA RITA OLIVEIRA DE MATOS**

Outubro de 2019

# IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA DE MONITORIZAÇÃO DE FRIO EM ÁREAS DE SERVIÇO

Ana Rita Oliveira de Matos



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

**2019**



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

Candidato: Ana Rita Oliveira de Matos, Nº 1140442, 1140442@isep.ipp.pt

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

Empresa: SKK – Climatização e Refrigeração, Lda.

Supervisão: Hugo Pinto, hugopinto@skk.pt



Departamento de Engenharia Eletrotécnica

Mestrado em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Elétricos de Energia

**2019**



## *Agradecimentos*

Muitas são as pessoas que direta ou indiretamente contribuíram para que fosse possível a realização desta dissertação, por isso, gostaria de agradecer a todas elas em geral.

À SKK – Climatização e Refrigeração, Lda pela oportunidade que me deram para a realização desta dissertação de mestrado com um especial obrigado ao Engenheiro João Paulo Pinto pela oportunidade e confiança que depositou em mim para poder integrar a equipa da empresa e elaborar este projeto.

Ao Engenheiro Hugo Pinto por ter sido o meu orientador, pela sua disponibilidade, orientação, e colaboração ao longo do desenvolvimento deste trabalho.

À Engenheira Teresa Nogueira por ter aceite ser minha orientadora científica, pela sua disponibilidade e prontidão desde do início da dissertação.

À minha família, em especial aos meus pais e irmão por toda a atenção, paciência e apoio não só durante este projeto, mas também durante todo o meu percurso académico. Por tudo o que fizeram por mim, ficarei eternamente grata.

Ao André Cavadas, um enorme obrigado por todo o incentivo, carinho e companheirismo durante todo este longo percurso. Obrigada por sempre acreditares nas minhas capacidades.

A todos que não foram mencionados acima, mas, que de uma ou outra forma, fizeram parte desta caminhada enquanto estudante do Instituto Superior de Engenharia do Porto, o meu sincero obrigada.



## *Resumo*

Atualmente e face à globalização dos mercados, há uma forte preocupação na forma como o setor energético é gerido uma vez que a sua gestão tem um elevado impacto ambiental e económico. Sendo o setor elétrico um dos pilares fundamentais da economia nacional é necessário fazer uma gestão otimizada de todos os recursos usados para a produção de energia, mas também da forma como a energia é utilizada.

Os setores económicos com maior percentagem de consumo de energia são os setores dos transportes e comercial, representando 59% do consumo global. Este facto acarreta maior preocupação para estes setores ao nível da eficiência energética e dos custos energéticos associados. É neste sentido que surge o tema da dissertação de forma a combater os elevados consumos energéticos registados e deficiente digitalização no setor comercial. Esta dissertação incidiu sobre a importância da monitorização e controlo de equipamentos de frio no setor das áreas de serviço com o intuito de obter uma melhoria da eficiência energética do setor e por sua vez uma diminuição do valor das faturas energéticas.

A implementação de sistemas de monitorização é baseada na gestão energética e no controlo e registo dos parâmetros associados aos equipamentos de frio como temperatura, humidade e ações de manutenção corretiva e preventiva. A gestão de energia possibilita traçar um conjunto de ações que conduzam à redução de desperdícios energéticos que ocorram devido a parametrizações mal calculadas, limitações dos processos tecnológicos, descuido dos utilizadores e outras deficiências inerentes à falta de manutenção dos equipamentos de frio e da restante instalação. Com isto, estes sistemas direcionam a organização para ações de monitorização, controlo e atuação em tempo real, minimizando consumos energéticos e evitando desperdícios dos recursos disponíveis.

Com o desenvolvimento de uma metodologia de implementação de sistemas de monitorização constatou-se que os sistemas de monitorização existentes no mercado para este setor de atividade possuem algumas lacunas e não conseguem alcançar uma gestão otimizada direcionada para as tipologias de produtos armazenados. Assim, e de forma a colmatar as dificuldades detetadas e a reduzir o consumo energético da instalação foi

formulada uma estratégia de atuação que teve por base o desenvolvimento de uma ferramenta complementar ao sistema de monitorização implementado. Esta ferramenta possibilita: a otimização do consumo de energia nas áreas de serviço com base no ajuste dinâmico da temperatura dos equipamentos; a melhoria da alarmísticas na medida em que fornece mais informação com base em *troubleshooting*; o fornecimento de informação gráfica intuitiva e o aconselhamento do melhor tarifário de energia. A conformidade da solução desenvolvida foi avaliada com base na aplicação do projeto de implementação num caso de estudo.

### ***Palavras-Chave***

Monitorização, Eficiência Energética, Equipamentos de Frio, Gestão Dinâmica, Otimização do consumo

## *Abstract*

In the face of globalization of markets, there is a strong concern about how the energy sector is managed as its management has a high environmental and economic impact. As the electric sector is one of the fundamental pillars of the national economy, it is necessary to optimize management of all resources used for energy production, but also the way energy is used.

The economic sectors with the highest percentage of energy consumption are the transport and commercial sectors, representing 59% of global consumption. This gives rise to greater concern for these sectors in terms of energy efficiency and associated energy costs. It is in this sense that the theme of the dissertation arises in order to combat the high energy consumption recorded and poor digitization in the commercial sector. This dissertation focused on the importance of monitoring and control of cold equipment in the service area sector in order to improve the energy efficiency of the sector and in turn decrease the value of energy bills.

The implementation of monitoring systems is based on energy management and control and recording of parameters associated with cold equipment such as temperature, humidity and corrective and preventive maintenance actions. Energy management makes it possible to outline a set of actions that lead to the reduction of energy wastes that occur due to poorly calculated parameters, limitations of technological processes, carelessness of users and other deficiencies inherent to the lack of maintenance of cold equipment and the rest of the installation. Thus, these systems direct the organization to monitoring, control and action in real time, minimizing energy consumption and avoiding waste of available resources.

With the development of a methodology for implementing monitoring systems it was found that the existing monitoring systems in the market for this sector have some shortcomings and cannot achieve optimized management directed to the typologies of stored products. Thus, in order to remedy the detected difficulties and reduce the energy consumption of the installation, an action strategy was formulated based on the development of a complementary tool to the monitoring system implemented. This tool enables: the optimization of energy

consumption in service areas based on the dynamic temperature adjustment of equipment; the improvement of alarmistic as it provides more information based on troubleshooting; providing intuitive graphical information and advice on the best energy tariff. Compliance of the developed solution was evaluated based on the implementation of the implementation project in a case study.

***Keywords***

Monitoring, Energy Efficiency, Cold Storage, Dynamic Management, Consumption Optimization

# Índice

AGRADECIMENTOS.....	I
RESUMO .....	III
ABSTRACT .....	V
ÍNDICE .....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS .....	IX
ÍNDICE DE TABELAS .....	XIII
ACRÓNIMOS.....	XV
<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
1.1.ENQUADRAMENTO E MOTIVAÇÃO .....	1
1.2.OBJETIVOS DO TRABALHO.....	2
1.3.METODOLOGIA DE TRABALHO.....	3
1.4.ORGANIZAÇÃO DO RELATÓRIO .....	5
<b>2. DIGITALIZAÇÃO DOS SISTEMAS DE REFRIGERAÇÃO.....</b>	<b>7</b>
2.1.REVISÃO DE CONCEITOS DE TERMODINÂMICA .....	7
2.2.SISTEMAS DE REFRIGERAÇÃO .....	10
2.3.ÁREAS DE SERVIÇO.....	16
2.3.1. <i>Sistema de Frio</i> .....	17
2.3.2. <i>Equipamentos de frio</i> .....	18
2.3.3. <i>Temperatura dos produtos e suas influências</i> .....	21
2.4.CONSUMO DE ENERGIA.....	23
2.4.1. <i>Consumo de energia na União Europeia</i> .....	24
2.4.2. <i>Consumo de energia em Portugal</i> .....	25
2.4.3. <i>Consumo Energético e emissões no setor da refrigeração</i> .....	25
2.5.OTIMIZAÇÃO E AUMENTO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA .....	26
2.5.1. <i>Medidas de Eficiência Energética</i> .....	27
2.5.2. <i>Benchmarking energético</i> .....	29
2.6.MONITORIZAÇÃO E CONTROLO DE EQUIPAMENTOS DE FRIO.....	30
2.6.1. <i>Tecnologias de Controlo</i> .....	31
2.6.2. <i>Equipamentos de Monitorização e Controlo</i> .....	33
2.6.3. <i>Protocolo de Comunicação dos Sistemas de Monitorização e Controlo</i> .....	36
2.6.4. <i>Funcionalidades de Monitorização e Controlo</i> .....	38

2.6.4.1.	<i>Parâmetros de um sistema de monitorização e controlo</i>	38
2.6.4.2.	<i>Dispositivos complementares de um sistema de monitorização e controlo</i>	40
<b>3.</b>	<b>PROJETO DE IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA DE MONITORIZAÇÃO</b>	<b>43</b>
3.1.	REGISTO E IDENTIFICAÇÃO DE PARÂMETROS	43
3.2.	CARACTERIZAÇÃO DA INSTALAÇÃO	45
3.3.	IDENTIFICAÇÃO DOS PROBLEMAS ENCONTRADOS	47
3.4.	IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA DE MONITORIZAÇÃO	48
3.5.	APLICAÇÃO DO SISTEMA DE MONITORIZAÇÃO NO PROJETO PILOTO	51
3.6.	MELHORIAS AO SISTEMA DE MONITORIZAÇÃO ADOPTADO NO PROJETO	54
3.6.1.	<i>Identificação das Lacunas Encontradas</i>	54
3.6.2.	<i>Definição das etapas do projeto a desenvolver</i>	55
3.6.3.	<i>Desenvolvimento da ferramenta de otimização</i>	56
<b>4.</b>	<b>APLICAÇÃO A UM CASO DE ESTUDO</b>	<b>69</b>
4.1.	DESCRIÇÃO DO CASO DE ESTUDO	69
4.2.	RESULTADOS DA MONITORIZAÇÃO E CONTROLO	74
4.3.	ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS	82
<b>5.</b>	<b>CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>85</b>
5.1.	ANÁLISE CONCLUSIVA	85
5.2.	TRABALHOS FUTUROS	87
	<b>REFERÊNCIAS DOCUMENTAIS</b>	<b>89</b>
	<b>ANEXO A. APRESENTAÇÃO DA PROPOSTA DE OPORTUNIDADE DE REDUÇÃO DE CUSTOS NAS ZONAS COMERCIAIS DAS ÁREAS DE SERVIÇO</b>	<b>95</b>
	<b>ANEXO B. API DA XWEB</b>	<b>99</b>
	<b>ANEXO C. LISTA DE POSSÍVEIS CAUSAS E SOLUÇÕES DE RESOLUÇÃO</b>	<b>107</b>
	<b>ANEXO D. PRESSUPOSTOS CONSIDERADOS NO SIMULADOR TARIFÁRIO</b>	<b>111</b>
	<b>ANEXO E. APRESENTAÇÃO DA IMPLEMENTAÇÃO DA FERRAMENTA DESENVOLVIDA.</b>	<b>113</b>
	<b>ANEXO F. FICHA TÉCNICA DO EQUIPAMENTO DE FRIO</b>	<b>119</b>

## *Índice de Figuras*

Figura 1 – Detalhe da metodologia de investigação-ação. Adaptado de [3]	3
Figura 2 – Instalações da SKK localizadas em Matosinhos. Adaptado <i>Google Earth</i>	4
Figura 3 – Áreas de aplicação da Termodinâmica	8
Figura 4 – Demonstração da Lei Zero da Termodinâmica	9
Figura 5 – Aparelho descrito por Jacob Perkins, patenteado no ano de 1834. Fonte:[10]	11
Figura 6 – Constituição de um sistema de refrigeração doméstico. Fonte: [12]	12
Figura 7 – Evolução do investimento anual e do valor dos produtos refrigerados.	14
Figura 8 – Distribuição dos consumos energéticos de um supermercado. Adapt. [18]	14
Figura 9 – Consumo de energia primária no setor comercial. Fonte: [19]	15
Figura 10 – Distribuição de lojas de comércio nos EUA em 2004. Fonte: [22]	17
Figura 11 – Estrutura dos sistemas de frio de uma área de serviço	18
Figura 12 – Diagrama de constituição de sistema de frio	19
Figura 13 – Móvel de refrigeração com porta e sem porta	20
Figura 14 – Móvel expositor de bebidas	20
Figura 15 – Câmara frigorífica expositora	21
Figura 16 – Consumo de energia na União Europeia em 2016. Adaptado [28]	25
Figura 17 – Consumo de energia em Portugal. Adaptado de [30]	26
Figura 18 – Ciclo de vida da pegada de carbono. Fonte [31]	27

Figura 19 – Fases do processo de Benchmarking [38]	29
Figura 20 – Sistemas múltiplos com diversos controladores individuais [41]	31
Figura 21 – Sistemas integrados numa só rede de controlo [41]	31
Figura 22 – Esquema de Integração de sistema SCADA. Adaptado [40]	33
Figura 23 – Aplicação de um sistema de monitorização e controlo [41]	34
Figura 24 – Gama de monitorização e supervisão de sistemas da Dixell	35
Figura 25 – Interface de visualização de alarmes da <i>XWEB EVO</i>	35
Figura 26 – Relatório exemplificativo do uso de energia extraído da <i>XWEB EVO</i>	36
Figura 27 – Exemplo de diagrama de sequência de comunicação	37
Figura 28 – Comparação entre sondas NTC e PTC [47]	39
Figura 29 – Analisador de energia da Carlo Gavazzi [50]	41
Figura 30 – Controlador digital Dixell	41
Figura 31 – Módulo de aquisição de dados da Dixell	42
Figura 32 – Diagrama de implementação	45
Figura 33 – Planta tipo de uma loja da área de serviço	46
Figura 34 – Controlador digital e analógico existente numa área de serviço	47
Figura 35 – Consumo energético de um equipamento de frio nos dias 26 e 27 Julho	50
Figura 36 – Diagrama de implementação do sistema de monitorização e controlo	52
Figura 37 – Consumo energético de dois equipamentos de frio consoante as temperaturas interiores e exteriores registadas ao longo de um ano	53
Figura 38 – Diagrama da otimização do projeto implementado	54

Figura 39 – Formato de email exemplificativa resultante da notificação de alarme	55
Figura 40 – Diagrama de comunicação entre diversos níveis num sistema	57
Figura 41 – Diagrama de configuração da rede de monitorização e controlo	58
Figura 42 – Comparação do consumo teórico e real da instalação a monitorizar	61
Figura 43 – Fluxograma de otimização do <i>setpoint</i> de temperatura	63
Figura 44 – Consumo energético vs <i>Setpoint</i> presente na ferramenta de otimização	64
Figura 45 – Regressão polinomial usada na previsão do consumo energético	65
Figura 46 – Simulador de tarifário – exportação de relatório via email	67
Figura 47 – Diagrama de localização dos dispositivos de monitorização e controlo	73
Figura 48 – Diagrama de ligação do sistema de monitorização	74
Figura 49 – Esquema elétrico da implementação do sistema de monitorização	75
Figura 50 – Estado da instalação do caso de estudo no dia 13/09/2019	76
Figura 51 – Detalhe do funcionamento do equipamento de frio no dia 13/09/2019	76
Figura 52 – Consumo energético do equipamento de frio do caso de estudo no período de 07/09/2019 a 13/09/2019 obtido pelo equipamento de monitorização e controlo	77
Figura 53 – Consumo energético diário aplicado ao caso de estudo	79
Figura 54 – Consumo energético semanal aplicado ao caso de estudo	80
Figura 55 – Consumo energético mensal aplicado ao cenário	80
Figura 56 – Previsões de consumo energético aplicado ao caso de estudo	81
Figura 57 – Previsão da otimização do consumo energético	83



## *Índice de Tabelas*

Tabela 1	– Projeção das fases de planeamento e método de trabalho	6
Tabela 2	– Setores de utilização de sistemas de refrigeração [20] [21]	16
Tabela 3	– Temperatura recomendada no interior do equipamento de frio [24]	22
Tabela 4	– Condições ambiente das áreas comerciais nos EUA [22]	23
Tabela 5	– Diferenças entre sistemas múltiplos e sistemas integrados. Adapt. [41]	32
Tabela 6	– Vantagens e Desvantagens dos diferentes elementos de temperatura	40
Tabela 7	– Temperaturas recomendadas para os artigos armazenados [53] [54]	49
Tabela 8	– Tipologia de alarmes	59
Tabela 9	– Informação da alarmística visualizada na ferramenta de otimização	60
Tabela 10	– Levantamento das necessidades das áreas a controlar	70
Tabela 11	– Informação do equipamento de frio obtida da ferramenta de otimização	79
Tabela 12	– Previsões obtidas através da ferramenta de otimização	81



## *Acrónimos*

- APGEI – Associação Portuguesa de Gestão e Engenharia Industrial
- API – *Application Programming Interface*
- APIRAC – Associação Portuguesa da Indústria de Refrigeração e Ar Condicionado
- ASAE – Autoridade de Segurança Alimentar e Económica
- ASHRAE – *American Society of heating, Refrigeration and Air.conditioning Engineers*
- CFC – Clorofluorocarboneto
- DAQ – Sistemas de Aquisição de dados
- DCS – Controlo distribuído
- DSEE – Dissertação de Sistemas Eléctricos de Energia
- ERSE – Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos
- EU – União Europeia
- EUA – Estados Unidos da América
- FDA – *Food and Drug Administration*
- GEE – Gases de Efeito de Estufa
- GWP – Potencial de aquecimento global
- HACCP – *Hazard Analysis and Critical Control Point*
- HFC – Hidrofluorocarboneto

HMI	–	Interface Homem-Máquina
IIR	–	<i>International Institute of Refrigeration</i>
ISO	–	<i>International Organization for Standardization</i>
ISP	–	<i>Internet Service Provider</i>
LED	–	Díodo Emissor de Luz
NP	–	Norma Portuguesa
NTC	–	<i>Negative Temperature Coefficient</i>
OSHAS	–	<i>Occupational Health and Safety Assessments Series</i>
PAG	–	Potencial de Aquecimento Global
PIB	–	Produto Interno Bruto
PLC	–	Programmable Logic Controller
PTC	–	<i>Positive Temperature Coefficient</i>
SCADA	–	<i>Supervisory Control and Data Acquisition</i>
SMS	–	<i>Short Message Service</i>

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1. ENQUADRAMENTO E MOTIVAÇÃO

Este trabalho insere-se no âmbito da unidade curricular Dissertação (DSEE) do mestrado em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Eléctricos de Energia, do Instituto Superior de Engenharia do Porto, e contou com o apoio da empresa SKK – Climatização e Refrigeração, Lda, que disponibilizou a instalação de Matosinhos, para o estudo e implementação deste projeto. Este trabalho incidu sobre a importância da monitorização e controlo de equipamentos de frio, no setor das áreas de serviço.

A eficiência energética e os custos energéticos são uma preocupação crescente não só no setor da climatização e da refrigeração, mas também em todo o desenvolvimento de novas tecnologias. É neste sentido que surge o tema desta dissertação, que tem como objetivo implementar um sistema de monitorização de equipamentos de frio presentes em áreas de serviço, obtendo uma melhoria da eficiência energética nas instalações.

Nos dias de hoje, o conceito de monitorização está muito presente na nossa sociedade, em particular no conhecimento pormenorizado de toda a instalação tornando-a o mais eficiente

possível. Se tivermos em conta os consumos energéticos, o conceito de monitorização mostra-se fundamental na vertente de conhecer como a energia está a ser consumida. Com isto, é possível analisar todo o processo, não só de forma quantitativa, mas também qualitativa [1], através de faturas de energia e analisadores de energia. Esta análise permite obter padrões de consumo e agir em conformidade com os mesmos promovendo a alteração de comportamentos que contribuem para uma utilização mais racional e eficiente do recurso energético em causa.

A implementação de um sistema de monitorização, simples e intuitivo, direciona a organização para ações de monitorização, controlo e atuação em tempo real, minimizando consumos energéticos e evitar desperdícios dos recursos disponíveis. Com esta dissertação pretende-se a implementação de um sistema de monitorização de equipamentos de frio existentes em áreas de serviço e posterior análise de um caso real. Esta implementação será realizada com o auxílio da gama de monitorização e supervisão de sistemas - *XWEB EVO* – da *Dixell*.

## **1.2. OBJETIVOS DO TRABALHO**

O principal objetivo deste projeto é a implementação de um sistema de monitorização de equipamentos de frio, nas áreas de serviço, de modo a tornar o processo de monitorização mais centralizado e controlado por um técnico especializado para o efeito.

Para isso, num primeiro momento, realizar-se-á um estudo das potenciais soluções de monitorização a implementar na área da refrigeração, com o intuito de dispor e adequar a melhor solução à área de estudo deste projeto.

Posteriormente, após o levantamento dos equipamentos de frio existentes nas áreas de serviço, é elaborada uma proposta de implementação de um sistema de monitorização assente na demonstração das oportunidades de melhoria da eficiência energética de diversos equipamentos refrigerados. No âmbito desta abordagem, é expectável a redução do consumo energético nestes equipamentos.

O sistema de monitorização irá também permitir a gestão da alarmística por forma a assegurar a manutenção da qualidade dos produtos e a otimização da intervenção da manutenção corretiva.

Após toda a implementação de monitorização do sistema de equipamentos de frio prevê-se analisar oportunidades de melhoria da solução implementada de forma a complementar a análise energética da instalação.

### 1.3. METODOLOGIA DE TRABALHO

Esta dissertação está assente numa metodologia de investigação-ação, que procura aproximar a investigação à prática. Esta metodologia surge da necessidade de superar a lacuna entre a teoria e prática incentivando a troca de conhecimentos e experiências entre a empresa e o estagiário, com benefício mútuo.

A metodologia investigação-ação assenta os seus princípios na importância de aprendizagem cooperativa num processo de pesquisa [2]. Segundo Gerald Susman [3], esta metodologia está assente num ciclo de cinco fases, como demonstrado na Figura 1: numa fase inicial há um problema que é identificado e os respetivos dados são recolhidos para um diagnóstico mais detalhado. De seguida, é elaborado o planeamento do plano de ação identificando as várias soluções possíveis para resolução do problema em questão. Na fase seguinte, após a elaboração do plano de ação, os dados obtidos são organizados e analisados com o intuito de avaliar o cumprimento dos objetivos iniciais e assim validar o sucesso da ação. Caso a ação não tenha o sucesso pretendido, o problema inicial é reavaliado e o processo é reiniciado. Este ciclo é interrompido assim que o problema seja resolvido [3].



Figura 1 – Detalhe da metodologia de investigação-ação. Adaptado de [3]

Este método revela-se o mais adequado para esta dissertação uma vez que o tema desta provem de uma dificuldade de monitorização e elevada percentagem de consumo energético na área comercial. Esta metodologia de trabalho foi desenvolvida, no âmbito empresarial, na SKK – Climatização e Refrigeração, Lda. Esta empresa encontra-se sediada em Matosinhos (Figura 2), local onde foi realizado o estágio curricular, no entanto também dispõe de um escritório em Coimbra.



**Figura 2 – Instalações da SKK localizadas em Matosinhos. Adaptado Google Earth**

A marca SKK foi criada em 1998, com o objetivo de efetuar a seleção e distribuição de equipamentos e componentes de sistemas de frio e ar condicionado. A sua atividade abrange o projeto, distribuição e fornecimento de equipamentos utilizados em sistemas de refrigeração industrial, comercial e ar condicionado. Para além disto, procura desenvolver soluções de engenharia que permitam melhorar a eficiência energética destes sistemas. A empresa tem ao seu dispor uma equipa de engenharia altamente qualificada que projeta os sistemas de frio e seleciona os equipamentos mais adequados para cada situação. Auxilia-se de um portfolio diversificado de marcas líderes mundiais que garante solidez, fiabilidade e eficiência energética nos diversos serviços de aplicação.

A SKK, encontra-se associada às seguintes entidades: *International Institute of Refrigeration* (IIR), Associação Portuguesa da Indústria de Refrigeração e Ar Condicionado (APIRAC) e Associação Portuguesa de Gestão e Engenharia Industrial (APGEI).

A empresa tem como política a certificação dos seus sistemas na área da qualidade pela norma NP EN ISO 9001, que assegura a qualidade dos seus processos e dos produtos que comercializa, na área da gestão ambiental pela NP EN ISO 14001, que assegura a proteção do ambiente em todas as suas operações, e ainda, na área da higiene e segurança no trabalho pela NP 4397/OSHAS 18001, que assegura a proteção das pessoas e bens.

A elaboração do projeto compreenderá as seguintes fases de planeamento e método de trabalho: enquadramento e fundamentação teórica (Fase 1), desenvolvimento do problema (Fase 2) e implementação de um caso de estudo e comparação de resultados (Fase 3) contempladas na Tabela 1.

#### **1.4. ORGANIZAÇÃO DO RELATÓRIO**

A presente dissertação encontra-se dividida em 5 capítulos distintos e respetivos subcapítulos, de forma a agilizar a leitura e consulta da informação.

No primeiro capítulo é sintetizado o enquadramento do trabalho desenvolvido e a introdução ao restante documento constituída pela definição dos objetivos do trabalho, metodologia praticada e a descrição da organização deste documento.

No segundo capítulo é apresentada uma revisão bibliográfica denominada “Digitalização dos Sistemas de Refrigeração”, na qual são abordados os temas de apoio para o desenvolvimento desta dissertação.

No capítulo três é exposta a metodologia desenvolvida para a implementação de um sistema de monitorização numa área comercial como as áreas de serviço.

No capítulo seguinte – capítulo quatro – é apresentada a análise e discussão dos resultados obtidos com a aplicação do sistema de monitorização dos equipamentos de frio na área de aplicação desta dissertação através de um caso de estudo.

No capítulo cinco, é exposta uma conclusão do trabalho realizado e uma sugestão de possíveis trabalhos futuros.

Por fim, nas últimas secções são apresentadas as referências bibliográficas consultadas para o desenvolvimento desta tese de dissertação e anexos complementários ao relatório.

**Tabela 1 – Projeção das fases de planeamento e método de trabalho**

<p>Introdução ao tema do projeto e ao trabalho desenvolvido na empresa SKK;</p> <p>Formação em sistemas de refrigeração do Curso virtual da Danfoss (marca de refrigeração conceituada);</p> <p>Revisão termodinâmica; Estudo de conceitos de refrigeração e eficiência energética;</p> <p>Investigação dos componentes de um sistema de refrigeração, sistemas de monitorização e controlo e melhoria de eficiência energética;</p> <p>Estudo da gama de sistemas de supervisão e monitorização da marca Dixell, e correspondentes equipamentos de sensorização e controlo da respetiva marca.</p>	<p>Fase I</p>
<p>Desenvolvimento da metodologia de implementação do sistema de monitorização de equipamentos de frio a aplicar em áreas de serviço;</p> <p>Implementação do sistema de monitorização de equipamentos de frio a apresentar à empresa de manutenção das áreas de serviço.</p>	<p>Fase II</p>
<p>Estudo de caso prático;</p> <p>Identificação de melhorias do sistema de monitorização de equipamentos de frio;</p> <p>Desenvolvimento de uma ferramenta complementar de otimização;</p> <p>Análise e discussão dos resultados obtidos – caso de estudo;</p> <p>Proposta de trabalhos futuros.</p>	<p>Fase III</p>

## 2. DIGITALIZAÇÃO DOS SISTEMAS DE REFRIGERAÇÃO

Nesta secção serão mencionados diversos temas relevantes para o desenvolvimento do projeto. Assim, esta secção tem como intuito fazer uma revisão de conceitos abordados na área da refrigeração, abordar os temas relacionados com os sistemas de monitorização e controlo de equipamentos de frio, mencionar os sistemas de refrigeração aplicados às áreas de serviço, abordar os diversos equipamentos de refrigeração no seu global e, particularizar a área de aplicação desta dissertação.

### 2.1. REVISÃO DE CONCEITOS DE TERMODINÂMICA

A termodinâmica pode ser considerada como a ciência da energia. O seu nome deriva da junção de duas palavras gregas: *Therme* (calor) e *dynamis* (energia). Hoje em dia, a termodinâmica é interpretada pela transformação de energia na Natureza, particularmente na área da engenharia como, por exemplo, a geração de energia, a refrigeração e as relações entre as propriedades da matéria [4].



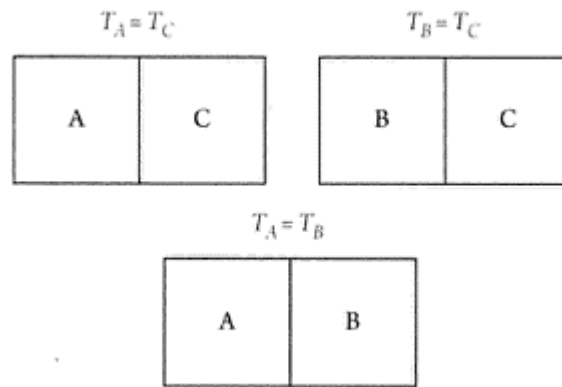
**Figura 3 – Áreas de aplicação da Termodinâmica**

A termodinâmica é uma área da Física que estuda as transferências de energia e as suas diferentes formas, bem como as suas interações com a matéria. Tal como noutras ciências, a Termodinâmica reside na observação experimental e é baseada no princípio da conservação da energia, regendo-se em quatro leis fundamentais:

- Lei Zero da Termodinâmica, que trata do equilíbrio termodinâmico;
- Primeira Lei da Termodinâmica, que postula o carácter conservativo da energia;
- Segunda Lei da Termodinâmica, que se relaciona com a noção de irreversibilidade e da propriedade entropia;
- Terceira Lei da Termodinâmica, que trata das propriedades da matéria na vizinhança da temperatura zero [5].

Abaixo, são enunciadas as leis da termodinâmica com maior relevância e impacto nesta dissertação.

A Lei Zero da Termodinâmica, formulada em 1931 por R.H. Fowler [5], relaciona o equilíbrio térmico e é enunciada da seguinte forma: “se dois sistemas estiverem em equilíbrio térmico com um terceiro estão também em equilíbrio térmico entre si”. Ou seja, se um corpo A estiver em equilíbrio térmico com um corpo C, à mesma temperatura, e caso o corpo B estiver igualmente em equilíbrio térmico com o corpo C, igualmente à mesma temperatura, então o corpo A e B estão também em equilíbrio térmico entre si, à mesma temperatura. Esta exemplificação é demonstrada na Figura 4 [5].



**Figura 4 – Demonstração da Lei Zero da Termodinâmica**

Sempre que se pretende saber se dois corpos estão à mesma temperatura não é necessário pô-los em contacto e verificar se as suas propriedades se alteram com o tempo, basta verificar se os corpos estão em equilíbrio térmico com o terceiro [5].

A primeira lei da termodinâmica é conhecida pelo princípio de Joule ou pelo princípio da conservação de energia, pelos nomes dos seus criadores: Mayer e Joule [6]. Esta lei enuncia que “a variação da energia interna de um sistema termodinâmico fechado é igual à soma da energia térmica fornecida ao sistema e o trabalho realizado no sistema” [6].

A segunda Lei da termodinâmica estabelece o conceito de entropia (S) em que “a entropia total de qualquer sistema isolado termodinamicamente, tende a aumentar com o tempo até atingir um valor máximo”. Esta afirmação aponta duas consequências distintas. Segundo Clausius, “é impossível construir um dispositivo que opere, segundo um ciclo, e que não produza outros efeitos, além da transferência de calor de um corpo frio para um corpo quente” [7], isto é, num corpo de menor temperatura, o calor não passa de forma espontânea para um corpo de temperatura superior. No entanto, segundo Kelvin, “é impossível construir um dispositivo que opere num ciclo termodinâmico e que não produza outros efeitos além de remover calor de um reservatório térmico e produzir uma quantidade equivalente de trabalho” [7].

A terceira da lei da termodinâmica, desenvolvida por Walther Nernst, afirma que quando um sistema se aproxima da temperatura do zero absoluto, todos os processos terminam e o valor da entropia no sistema é mínimo. Esta lei surge com uma referência para a determinação do valor da entropia em função da temperatura, como ponto de referência [6].

## 2.2. SISTEMAS DE REFRIGERAÇÃO

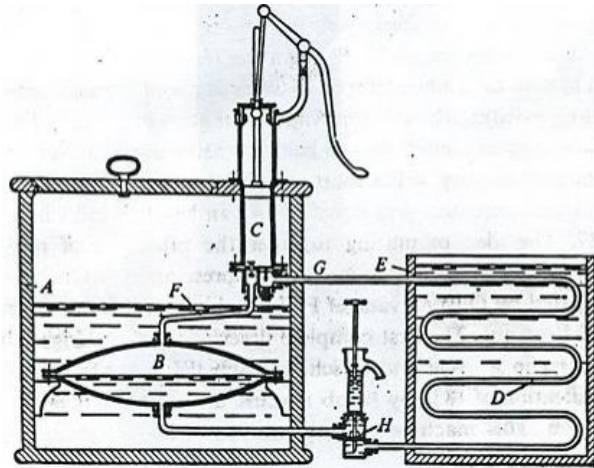
De acordo com a etimologia, a palavra refrigeração tem origem no latim *frigus* que significa frio. Os sistemas de refrigeração têm como principal objetivo atingir e manter uma temperatura inferior à temperatura ambiente de forma a refrigerar um produto ou espaço para uma temperatura configurada e exigida por determinados requisitos. Este processo é alcançado pela transferência de calor do produto a refrigerar para outro meio com temperatura inferior [8].

O uso da refrigeração representou um marco importante da civilização moderna. Esta mudança surgiu da necessidade do ser humano conservar produtos perecíveis, permitindo conservar e distribuir alimentos e, ainda, climatizar ambientes domésticos e laborais evitando viver e trabalhar em condições climáticas hostis [9].

Séculos antes de Cristo, a conservação dos alimentos era obtida através da utilização de sistemas de refrigeração baseada na recolha de gelo natural, existente nas superfícies dos rios e lagos congelados, de forma a conservar os alimentos em poços e debaixo da terra [9].

A origem da produção de frio artificial remonta a 1755 quando o professor escocês William Cullen [10] produziu uma pequena quantidade de gelo evaporando éter etílico sob vácuo. William Cullen concluiu que “reduzindo a pressão na água num recipiente fechado, com uma bomba de ar, o líquido evaporava ou fervia a uma temperatura baixa.” Assim, “o calor necessário para uma porção de água mudar de fase líquida para vapor era retirado do resto da água e uma parte da água transformava-se em gelo” [10].

Em 1834, Jacob Perkins [10] descreveu pela primeira vez o ciclo de refrigeração por compressão a vapor, patenteando a sua metodologia no mesmo ano. Esta metodologia era constituída por um compressor, um condensador, um evaporador e uma válvula entre os dois elementos anteriores, onde ao submeter um líquido volátil a uma pressão baixa, conseguiam obter uma pequena quantidade de gelo. Com auxílio da Figura 5, é possível visualizar um esquema da metodologia patenteada, onde o gás refrigerante (éter ou outro fluido volátil) ferve no evaporador B, retirando o calor da água circundante no recipiente A. A bomba C retira vapor e comprime para uma pressão mais alta na qual pode condensar em líquidos nos tubos D, fornecendo calor à água, no vaso E. O líquido condensado flui através da válvula de carga H, que mantém a diferença de pressão entre o condensador e o evaporador. A bomba pequena acima de H é usada para carregar o aparelho com refrigerante [10].



**Figura 5 – Aparelho descrito por Jacob Perkins, patenteado no ano de 1834. Fonte: [10]**

Nos anos seguintes, surgiram as primeiras unidades refrigeradas que detinham a sua classificação mediante o fluido refrigerante que continham. Desde a utilização de fluidos como o ar até aos fluídos de Clorofluorcarbonetos (CFC), na década de 80 começaram a aparecer estudos de impacto ambiental que apontavam danos na camada de ozono devido à libertação para o meio ambiente de CFCs. Daí, passaram a ser usados Hidrofluorcarbonetos (HFC) acompanhados de regulamentações destinadas para o seu uso pois são fluidos refrigerantes com elevado potencial de aquecimento global (PAG) [10].

Atualmente, a produção de frio não está assente apenas na conservação dos alimentos, mas também na garantia da qualidade dos produtos. Com auxílio do avanço tecnológico, os princípios da refrigeração tiveram uma grande evolução acompanhados sempre de uma preocupação ambiental e económica. Os equipamentos de frio começaram a ser mais eficientes e amigos do ambiente utilizando no seu ciclo de funcionamento gases refrigerantes com menor PAG. A produção de frio auxilia-se de equipamentos de monitorização e controlo de forma a permitir o controlo mais detalhado e dinâmico, obtendo ciclos de funcionamento com consumos energéticos menos significativos.

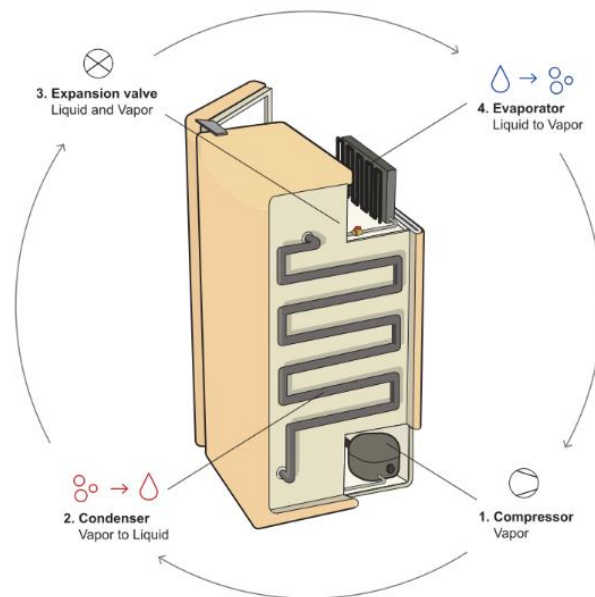
A refrigeração está presente no dia-a-dia da sociedade atual, desde a produção, distribuição, transporte e conservação de produtos perecíveis e não perecíveis, até ao conforto térmico proveniente dos sistemas de climatização. Estes processos estão distribuídos por diversas áreas de aplicação, independentemente da dimensão da aplicação. Nos pontos, abaixo, é realizada uma breve descrição das diversas áreas de aplicação como o caso da refrigeração doméstica, transporte, comercial e industrial.

### a) Refrigeração doméstica

A refrigeração doméstica, como o nome indica, é destinada a ambientes domésticos como habitações, restaurantes de pequena dimensão e até quartos de hotéis. Nestes locais são usadas unidades de frio independentes para a preservação de bens alimentares por um reduzido período de tempo [11].

As primeiras máquinas de refrigeração domésticas usavam máquinas de compressão de vapor surgiram em 1910, nos Estados Unidos da América (EUA). Posteriormente, surgiram diversas tipologias de frigoríficos domésticos como o frigorífico do tipo absorção e, anos mais tarde os termoelétricos. Em 1951, iniciou-se a produção em massa de frigoríficos domésticos do tipo compressão soviéticos ZIL [11].

Um frigorífico doméstico é constituído por uma estrutura de metal com uma unidade de refrigeração hermeticamente fechada (Figura 6). Dentro da estrutura encontra-se uma unidade de frio com prateleiras para armazenamento de produtos. O isolamento térmico é colocado entre as paredes da unidade e a estrutura do frigorífico. O ar na unidade de frio é arrefecido pela transferência de calor entre o ar e a superfície fria do evaporador. As condições de temperatura necessárias no frigorífico são fornecidas pela breve operação cíclica da unidade de refrigeração, que é ligada por meio de um relé térmico. Geralmente, estes equipamentos têm um espaço de armazenamento de 20 a 800 litros [11].



**Figura 6 – Constituição de um sistema de refrigeração doméstico. Fonte: [12]**

## **b) Refrigeração Marítima e de transporte**

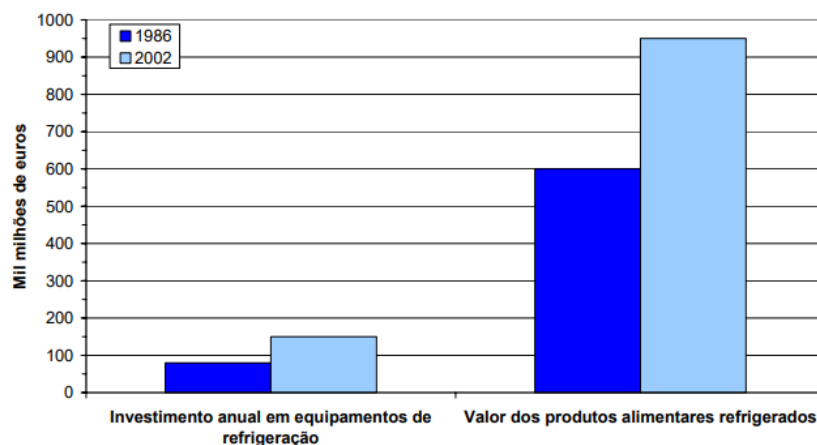
A refrigeração marítima refere-se à refrigeração a bordo de embarcações marítimas como barcos de pesca, embarcações de transporte de carga perecível e navios de armazenamento. A refrigeração de transporte relaciona-se com os equipamentos de refrigeração utilizados no transporte em camiões e vagões ferroviários frigoríficos. Ambas as refrigerações enunciadas têm controlos de refrigeração bastante apertados, particularmente no que diz respeito à qualidade dos alimentos segundo o regulamento de Análise de Perigos e Controlo de Pontos Críticos (HACCP). Este regulamento tem por base uma metodologia preventiva que assegura a redução dos riscos que podem causar nos consumidores, através da eliminação dos perigos dos alimentos não seguros [13].

## **c) Refrigeração comercial**

O setor da refrigeração comercial tem vindo a ter uma importância bastante significativa devido à necessidade constante de conservação e refrigeração de alimentos frescos em zonas urbanas, ao aumento da regulamentação do setor de atividade e das exigências dos consumidores.

Conforme os dados consultados numa publicação do IIR, é possível analisar, a partir da Figura 7, a evolução dos investimentos e custos associados à refrigeração comercial, na década 1998-2002. É possível deparar com uma expansão colossal do valor dos produtos alimentares refrigerados e conseqüentemente do investimento anual em equipamentos que desempenhem a função de refrigeração, mantendo a qualidade do produto armazenado. Comparativamente com o Produto Interno Bruto (PIB) do país com maior potencial de economia, Estados Unidos da América, verifica-se que cerca de 10% do PIB correspondem ao valor dos produtos alimentares refrigerados. Numericamente, os produtos que necessitam de refrigeração correspondem a 950 mil milhões de euros (dados relativos à data de desenvolvimento do estudo) do PIB do país.

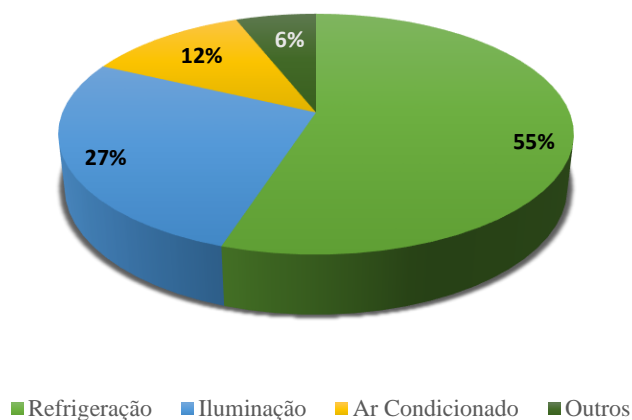
A refrigeração comercial está associada a aplicações muito variadas e com elevada importância no quotidiano da população. Este tipo de refrigeração inclui supermercados, restaurantes, hotéis e locais sujeitos a armazenamento, exposição e distribuição de produtos perecíveis [14] [15].



**Figura 7 – Evolução do investimento anual e do valor dos produtos refrigerados. Fonte: [16]**

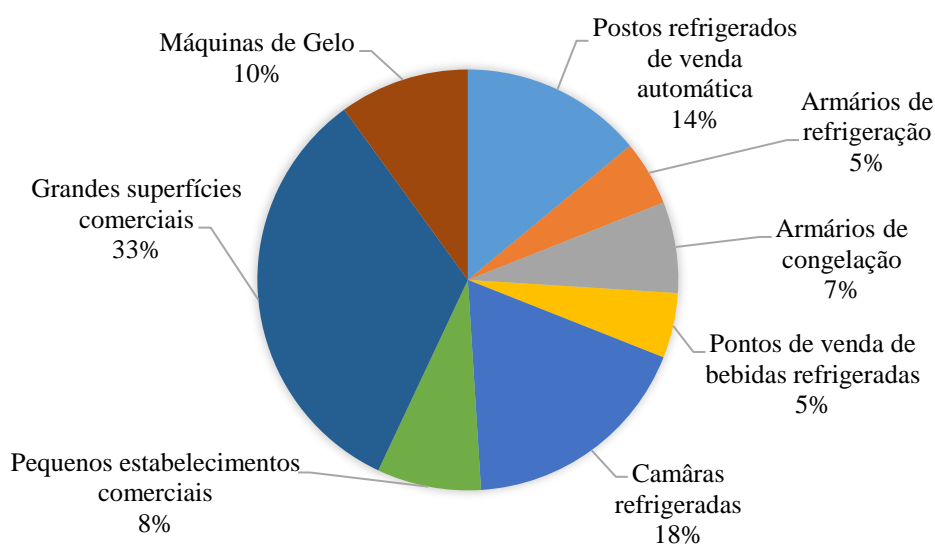
Os alimentos perecíveis estão sujeitos a restrições apertadas de segurança alimentar nas indústrias dos laticínios, carne, pescado, entre outros, em que a cadeia de refrigeração não pode ser interrompida desde a sua origem até ao consumidor final. Esta cadeia de refrigeração também é crucial na indústria farmacêutica e na indústria das flores [17].

A refrigeração comercial engloba todos os equipamentos com o objetivo de preparar, armazenar e conservar os alimentos congelados e frescos e bebidas para os clientes adquirirem nas lojas comerciais, como supermercados, minimercados e áreas de serviço. Este tipo de refrigeração é um dos setores de consumo de energia com uma percentagem significativa de consumo de energia e de emissões de gases de efeitos de estufa. No caso dos supermercados, mais de metade do consumo de energia está associado ao sistema de refrigeração, como é possível visualizar na Figura 8.



**Figura 8 – Distribuição dos consumos energéticos de um supermercado. Adaptado de [18]**

Arthur D. Little [19] alcançou uma estimativa diferenciada por equipamento de frio do consumo energético dos mesmos. Através da Figura 9 constata-se que tanto em locais com denominação de “Grandes superfícies comerciais” como em “Pequenos estabelecimentos comerciais”, o elevado consumo energético deve-se a equipamentos refrigerados expositores. Faramarzi, também afirma, que no setor comercial destinado à comercialização de produtos alimentares, nomeadamente produtos armazenados e conservados em equipamentos de frio, cerca de 50% do consumo energético das instalações é atribuído aos equipamentos de refrigeração [19].



**Figura 9 – Consumo de energia primária no setor comercial. Fonte: [19]**

As análises consultadas permitem apurar que a maior percentagem do consumo energético do setor comercial é imputada aos equipamentos de frio.

#### **d) Refrigeração Industrial**

A refrigeração industrial é muitas vezes confundida com a refrigeração comercial, uma vez que não há distinção clara entre ambas. Este tipo de refrigeração confere características muito idêntica às já enunciadas para a refrigeração comercial, no entanto, esta possui potências frigoríficas de maior dimensão, assim como as áreas onde é aplicada.

Os diversos setores instalados no mercado possuem diferentes gamas de temperatura e gamas de potência dependendo da função de arrefecimento necessário para cada aplicação. Com isto, na Tabela 2, surge um resumo das diversas características distintivas dos sistemas de refrigeração anunciados acima.

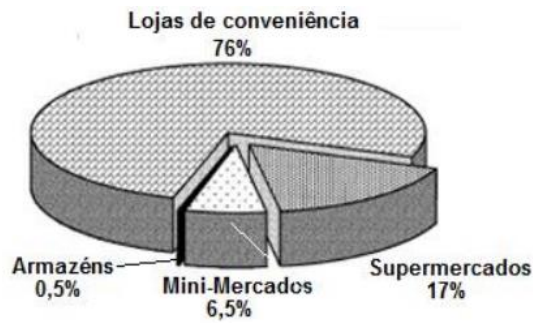
**Tabela 2 – Setores de utilização de sistemas de refrigeração [20] [21]**

<b>Setores</b>	<b>Gama de temperaturas</b>	<b>Gama de Potências</b>	<b>Volume de resfriamento</b>	<b>Aplicação</b>
Doméstico	+2°C a +7°C -18°C a -8°C (congelados)	1 a 10 kW	1 a 3 m <sup>3</sup>	Frigoríficos e congelados de uso doméstico
Transporte	-30°C a +2°C	1 a 100 kW	1 a 100 m <sup>3</sup>	Utilizados para transporte em caminhões e vagões ferroviários
Comercial	-30°C a -5°C	1 a 30 kW	1 a 40 m <sup>3</sup>	Frigoríficos e congelados de grande porte utilizados em restaurantes, bares, laboratórios, etc.
Industrial	-30°C a -5°C	100 a 1500 kW	500 a 1500 m <sup>3</sup>	Capacidade superior aos de uso doméstico. Requerem um operador de serviço.

### **2.3. ÁREAS DE SERVIÇO**

Antigamente, a venda a retalho era caracterizada pelo grande número de pequenos estabelecimentos com a distribuição assente em múltiplos distribuidores de menor dimensão. Ao longo dos anos o pequeno comércio sofreu grandes alterações devido ao aparecimento das grandes superfícies consequência do aumento populacional e alterações de comportamento populacional. Os consumidores em geral passaram a procurar lojas onde podem usufruir de uma grande variedade de produtos alimentares e não alimentares, num só local.

De acordo com um estudo realizado nos EUA [22], as lojas de comércio alimentar continuam a marcar a sua posição, representando cerca de 200 mil lojas de comercialização de produtos alimentares, garantindo uma expansão constante deste tipo de comércio. Através da Figura 10, é possível verificar que, num total de 200 mil lojas de comercialização de alimentos existentes no país oriundo do estudo em causa, cerca de 76% são lojas de pequena dimensão – denominadas lojas de conveniência – e a restante percentagem correspondem às grandes superfícies [22].



**Figura 10 – Distribuição de lojas de comércio nos EUA em 2004. Fonte: [22]**

Associado às lojas de comércio alimentar, está assente um objetivo essencial de garantir a segurança e comercialização adequada de acordo com a legislação e a tipologia de cada produto alimentar. Para tal, os sistemas de refrigeração possuem uma elevada importância, representando uma elevada percentagem de consumo energético da instalação.

O consumo energético relacionado com os sistemas de refrigeração depende de um número significativo de fatores como o formato da loja, a diversas tipologias de produtos armazenados, as práticas de negócio, o controlo e supervisão dos equipamentos, etc.

As áreas de serviço, objeto de estudo desta dissertação, remetem para o setor de refrigeração comercial ao nível das lojas de conveniência. Os sistemas de frio utilizados neste tipo de lojas podem ser agrupados mediante a temperatura de refrigeração e as diferentes tipologias de equipamentos de frio.

### **2.3.1. SISTEMA DE FRIO**

Os sistemas de frio instalados numa área comercial podem dividir-se em duas categorias principais mediante a temperatura de refrigeração:

- **Temperaturas Positivas:** Destinadas ao arrefecimento e ao armazenamento de produtos refrigerados com gamas de temperatura entre os 0 °C e os 10 °C. Neste intervalo de temperatura, os equipamentos de frio com esta aplicação detêm características que mantêm os produtos expostos frescos e prontos para consumo, evitando que os mesmos se estraguem.
- **Temperaturas negativas:** São atribuídas funcionalidades de congelação e conservação de produtos congelados com gamas de temperatura entre os 0 °C e os -

40 °C. As centrais de temperatura negativa garantem uma maior durabilidade dos bens, armazenando-os por longos períodos de tempo.

As áreas de serviço são pequenas áreas comerciais que complementam a disponibilização de do serviço da venda de combustíveis. Daí são espaços pequenos que comercializam bens alimentares como snacks, gelados, bebidas e gelo. Comparando esta zona comercial, pode-se afirmar que são equivalentes a grandes superfícies comerciais como supermercados. Na Figura 11, é possível visualizar um diagrama com a estrutura constituinte dos equipamentos refrigerados que podemos encontrar numa área de serviço tipo.

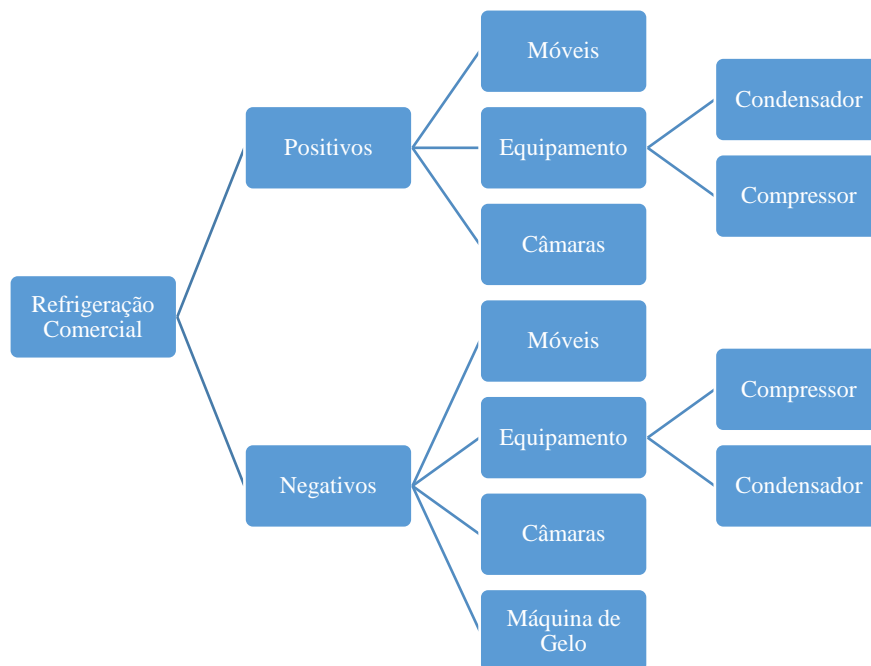


Figura 11 – Estrutura dos sistemas de frio de uma área de serviço

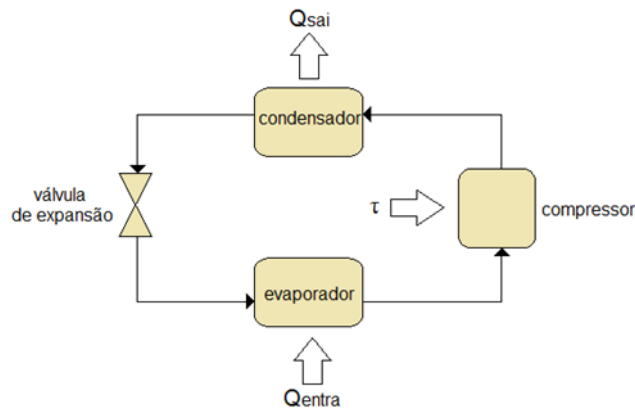
### 2.3.2. EQUIPAMENTOS DE FRIO

Neste subcapítulo, serão abordados os principais componentes constituintes de um sistema de refrigeração, tais como compressor, condensador, evaporador, dispositivo de expansão, móveis e câmaras.

#### a) Sistema de refrigeração

Um sistema de refrigeração tem a sua função assente na remoção de calor de um sistema com base em meios mecânicos e naturais. Este sistema é constituído por 4 elementos

fundamentais: um evaporador, um compressor, um condensador e um sistema de expansão representados na Figura 12.



**Figura 12 – Diagrama de constituição de sistema de frio**

O fluido refrigerante circula no evaporador com a função de retirar a energia do meio interno durante a fase de mudança de estado (evaporação). O fluido entra no compressor, no estado de vapor, onde é comprimido e conduzido até ao condensador, provocando uma baixa de pressão no evaporador e alta pressão no condensador e, ainda, elevando a temperatura do fluido. No condensador, o fluido liberta a energia para o meio exterior, transformando-se em líquido. Neste último estado, o fluido passa pelo dispositivo de expansão onde a sua pressão é reduzida até alcançar a pressão de evaporação, de forma a reiniciar o ciclo.

### **b) Equipamentos expositores refrigerados**

Os equipamentos expositores refrigerados têm a função de fornecer e garantir o armazenamento temporário dos alimentos perecíveis e não perecíveis de acordo com a temperatura dos mesmos. Além da temperatura de armazenamento dos produtos, o marketing é uma das características com mais impacto na arquitetura dos equipamentos expositores. Estes equipamentos podem ser divididos em diversas categorias [23] de acordo com as suas características físicas, de design e de layout, como é possível verificar na Figura 13 e Figura 14:

- Móveis expositores verticais ou murais, destinados à apresentação de uma ampla área de exposição, de modo a que o utilizador consiga alcançar sozinho diversos produtos como produtos lácteos e derivados ou charcutaria;

- Expositores verticais abertos: estes tipos de equipamentos são constituídos por prateleiras que garantem um maior volume de armazenamento de produtos por metro quadrado. Devido à não existência de portas, esta tipologia contém mais humidade, exigindo um maior número de ciclos de descongelação e por sua vez acarreta uma maior percentagem de consumo de energia elétrica.
- Expositor vertical com porta envidraçada: em comparação à tipologia descrita anteriormente, este modelo é constituído por portas envidraçadas que garantem uma barreira térmica e isolante entre o interior e o exterior do equipamento de frio. Devido às suas características, é recomendado armazenar produtos congelados ou produtos com grande sensibilidade às diferenças de temperatura. O consumidor alcança os produtos através da abertura da porta envidraçada.



**Figura 13 – Móvel de refrigeração com porta e sem porta**



**Figura 14 – Móvel expositor de bebidas**

- Móveis expositores horizontais ou ilhas, cuja aplicação é indicada para aproveitamento de espaços livres geralmente destinados à exposição e conservação de artigos frescos ou congelados;

- Vitrines destinadas á exposição e conservação de uma ampla gama de produtos como pastelaria ou peixaria;
- Camâras frigoríficas são construídas em painel modular ou em alvenaria com o intuito de armazenar a uma atmosfera controlada mediante o produto para as quais são projetadas. São consideradas instalações onde a temperatura e a humidade são controladas de forma mais minuciosa. Este tipo de instalação também podem ter a possibilidade de ter duas funcionalidades: armazenamento (na parte traseira) e exposição (na parte frontal) através da acessibilidade de portas de vidro, como é visível na Figura 15.



**Figura 15 – Camâra frigorífica expositora**

### **2.3.3. TEMPERATURA DOS PRODUTOS E SUAS INFLUÊNCIAS**

A temperatura dos produtos é o ponto com mais impacto na longevidade de um artigo alimentar. Segundo dados da *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers* (ASHRAE) [22], num período de um ano, estima-se que cerca de 24 a 81 milhões de pessoas sofrem de doenças provenientes de microrganismos presentes nos alimentos, emergindo aproximadamente 10 mil mortes no mesmo período temporal. Para tal, surge a importância do controlo minucioso da temperatura dos alimentos desde a produção até à comercialização dos mesmos.

Os equipamentos de frio têm a função de manter e proporcionar as condições mais adequadas de armazenamento possíveis relativas aos produtos presentes no seu interior. De modo a combater essa situação, a *Food and Drug Administration* (FDA) publicou um código onde faz referência que a temperatura no interior dos produtos como a carne, peixe, lacticínios e

produtos perecíveis semelhantes não sofram variações superiores a 5°C ao longo do processo até chegar ao consumidor final.

A temperatura dos produtos está dependente de diversos fatores provenientes do meio envolvente, não só do interior do equipamento de frio, mas também, do exterior do dispositivo. No interior do equipamento de frio, este fator depende da temperatura do ar que é descarregado para o meio envolvente. De acordo com a Tabela 3, e dependendo do produto exposto, as temperaturas do ar envolvente variam entre um valor máximo e mínimo para cada tipologia de equipamento expositor de frio.

**Tabela 3 – Temperatura recomendada no interior do equipamento de frio [24]**

Artigo Armazenado	Tipologia de Equipamento de Frio	Temperatura do ar envolvente no interior	
		Mínima	Máxima
Produtos Lácteos	Expositor aberto	1,1°C	3,3 °C
Frutas e legumes embalados	Ilhas	1,7 °C	3,3 °C
	Expositor aberto	1,7 °C	3,3 °C
Carne	Expositor fechado	2,2 °C	3,3 °C
Carne fumada	Expositor aberto	0 °C	2,2 °C
Carne embalada	Expositor aberto	-4,5 °C	-3,3 °C
Congelados	Ilhas	-	-25 °C
	Expositor aberto	-	-23 °C
	Expositor fechado	-	-20 °C
Gelados	Ilhas	-	-31 °C
	Expositor fechado		-25 °C

No exterior, a temperatura, humidade e movimento do ar circundante são fatores ambientais que têm implicações diretas nas variações de temperatura interna do equipamento e por sua

vez no consumo energético do mesmo. A área onde é colocado o equipamento de frio deve estar de acordo com as condições descritas na Tabela 4, como a temperatura do bolbo seco, do bolbo húmido, humidade absoluta e humidade relativa. Estas características variam conforme o ambiente térmico característico de cada estação do ano.

**Tabela 4 – Condições ambiente das áreas comerciais nos EUA [22]**

<b>Estação do ano</b>	<b>Temperatura do Bolbo seco (°C)</b>	<b>Temperatura do bolbo húmido (°C)</b>	<b>Humidade absoluta (g<sub>água</sub>/Kg<sub>ar seco</sub>)</b>	<b>Humidade relativa (%)</b>
Outono	21,1	14,4	7,9	50
Inverno	20,6	12,2	5,4	36
Primavera	21,1	14,4	7,9	50
Verão	21,7	16,1	9,1	56

No espaço europeu, as condições ambientais regem-se pela Norma ISO 23953 de 2005, onde explicita a classe climática nº3 com referência a 25°C de temperatura do bolbo seco, 60% de humidade relativa e a uma temperatura de ponto de orvalho de 16,7°C.

## **2.4. CONSUMO DE ENERGIA**

Atualmente, existe uma crescente preocupação na forma como o setor elétrico é gerido uma vez que a sua gestão tem um elevado impacto ambiental. O setor energético é um dos pilares fundamentais da economia nacional, quer ao nível do setor industrial, quer ao nível do setor residencial. De acordo com a sua natureza, é considerado um sistema complexo que envolve inúmeras entidades, e que está em constante adaptação e mudança para se ajustar aos desafios globais impostos pela comunidade europeia [25].

A união Europeia detém políticas baseadas em três objetivos principais: segurança no fornecimento de recursos energéticos, aprovisionamento dos recursos energéticos de acordo com as carências energéticas e, ainda, garantir o consumo energético sustentável, através da aplicação de estratégias como a redução da dependência dos combustíveis fósseis e emissões de poluentes [26].

Assim, e de acordo com as metas de energia impostas pela União Europeia (EU), assentes na Estratégia Energia 2020, a EU tem como prioridade o desenvolvimento sustentável através de uma economia hipocarbónica. Esta estratégia impõe a redução mínima de 20% de emissões de gases de efeito de estufa (GEE) relativamente aos valores obtidos no ano de 1990, uma contribuição de 20% da energia renovável no consumo final bruto da EU e uma redução de 20% no consumo de energia primária relativas às projeções de consumo para 2020 baseadas no aumento da eficiência energética. Findando o período da estratégia anterior, foram analisadas e revistas as prioridades energéticas e foram estabelecidas novas metas para 2030. Estas novas metas são estabelecidas com base no Pacote Clima e Energia que enuncia:

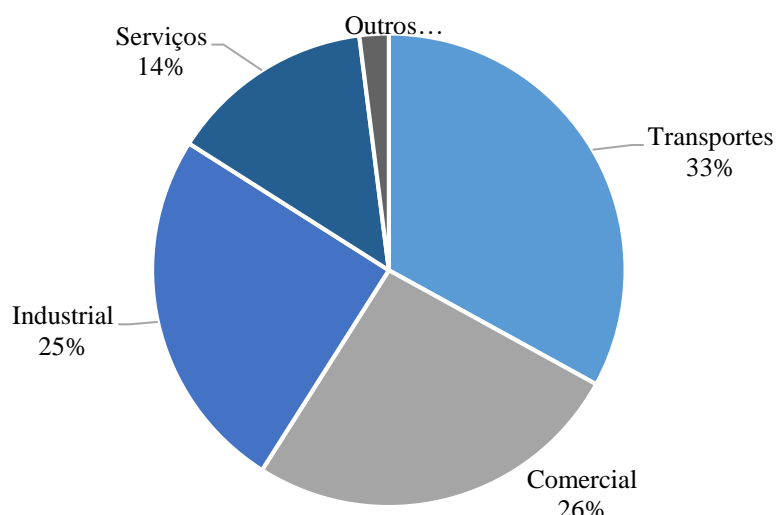
- “Pelo menos 40% de reduções nas emissões de GEE, em relação aos valores 1990;
- Pelo menos 27% de renováveis no *mix* de energia;
- Aumento da eficiência energética em pelo menos 27%, a ser revista em 2020;
- 15% de interconexão elétrica entre os Países Membros, em relação à capacidade total de produção elétrica instalada.” [27].

As preocupações fundamentais orientam o estabelecimento de objetivos, a implementação de instrumentos de medida e monitorização, com a respetiva análise, de forma a perceber a dependência energética e a contribuição para as alterações climáticas e poluição dos mesmos.

Assim, a perspetiva de consumo de energia também dirige a preocupação com a redução do consumo de energia através da monitorização e análise da dependência energética.

#### **2.4.1. CONSUMO DE ENERGIA NA UNIÃO EUROPEIA**

Segundo os dados recolhidos pelo Eurostat, a energia é consumida por diversos setores económicos: setor residencial, transportes, indústria, serviços e agricultura e silvicultura. Os setores com maior percentagem de consumo de energia são os setores dos transportes e da comercial que representam uma percentagem de 59% do consumo total, como se pode observar na Figura 16 [28].



**Figura 16 – Consumo de energia na União Europeia em 2016. Adaptado [28]**

#### **2.4.2. CONSUMO DE ENERGIA EM PORTUGAL**

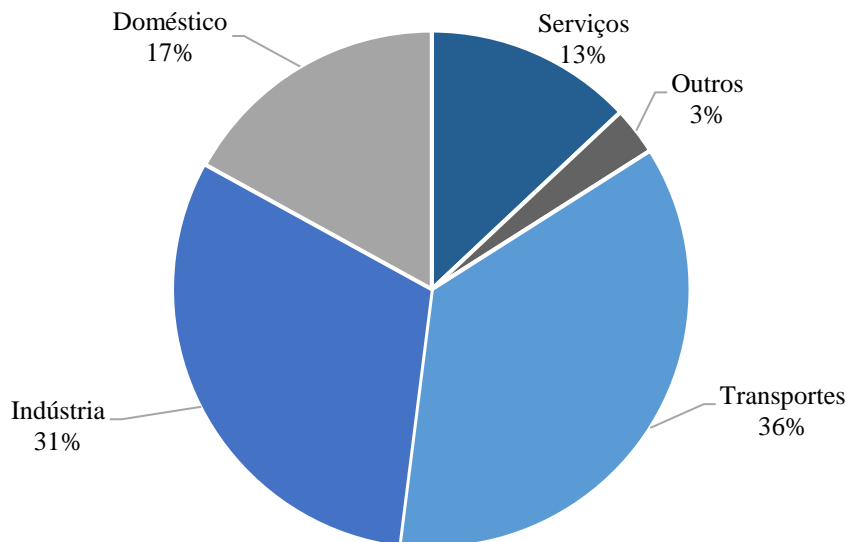
O setor energético em Portugal tem sofrido grandes modificações, centrada na descarbonização, na descentralização e na digitalização. Estas alterações expressam uma redução significativa da dependência de combustíveis fósseis e consequentemente uma redução das emissões de gases poluentes. São assentes numa gestão integrada das diversas infraestruturas energéticas do país, nomeadamente nos mercados do gás, da eletricidade, do aquecimento e frio e da valorização dos resíduos [29].

À imagem da situação ocorrida na UE, Portugal apresenta o setor dos transportes com a maior fatia do consumo total, representando uma percentagem de consumo de 36%, seguindo-se do setor da indústria (31%) e do setor doméstico (17%), como é possível visualizar na Figura 17 [30].

#### **2.4.3. CONSUMO ENERGÉTICO E EMISSÕES NO SETOR DA REFRIGERAÇÃO**

Tal como abordado no ponto 2.2.1, a maior percentagem de consumo de energia na área da refrigeração corresponde a áreas comerciais, como por exemplo supermercados e áreas de serviço.

Este consumo elevado reflete-se na fatura energética paga pela empresa, sendo um desafio para as empresas a sua diminuição. Além do desafio de diminuir o consumo de energia, o setor da refrigeração também se depara com a necessidade de controlar a emissão de gases prejudiciais, nomeadamente CO<sub>2</sub>, ao meio ambiente.



**Figura 17 – Consumo de energia em Portugal. Adaptado de [30]**

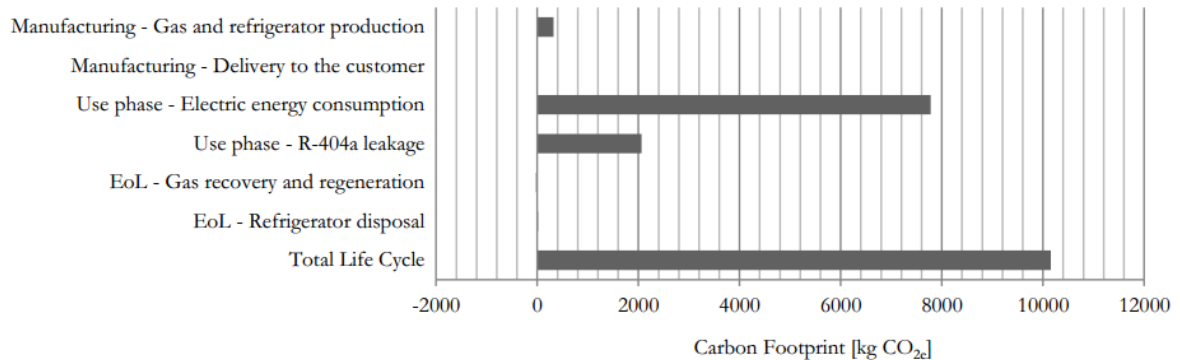
O ciclo de vida de um equipamento de frio pode ser resumido em duas fases: a de fabrico e produção e a de utilização do equipamento. De acordo com a Figura 18, é possível obter uma perspetiva mais alargada da pegada de carbono do ciclo de vida do equipamento de frio, através da quantidade de CO<sub>2</sub> associada a cada etapa do ciclo de vida do sistema. Observa-se que a pegada de carbono devido ao consumo de energia elétrica é superior à fase de fabrico e produção. Ambientalmente, a carga associada à produção de energia consumida pelo equipamento de frio ao longo do seu ciclo de vida é cerca de 76,6% do total da pegada de carbono. O gás refrigerante constituinte do equipamento de frio representa uma percentagem significativa das emissões de CO<sub>2</sub> dependendo do índice de aquecimento global (GWP). Relativamente às restantes fases do ciclo de vida como a entrega do dispositivo para o cliente e destruição do equipamento não apresentam valores relevantes [31].

## **2.5. OTIMIZAÇÃO E AUMENTO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA**

A eficiência energética – “rácio entre o resultado em termos do desempenho, serviços, bens ou energia gerados e a energia utilizada para o efeito” [32] - é um conceito que está cada vez mais evidenciado na sociedade. Aliado a este facto, ao longo dos anos, a sociedade possui uma maior preocupação com os consumos de energia.

A otimização e o aumento da eficiência energética surgem do aumento de eficiência energética resultante de mudanças tecnológicas, comportamentais e/ou económicas [32].

**Figura 18 – Ciclo de vida da pegada de carbono. Fonte [31]**



### **2.5.1. MEDIDAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA**

A escassez de recursos energéticos e o seu impacto no meio ambiente surge do consumo descontrolado dos recursos energético durante longos anos. O crescente aumento da utilização de energia a nível mundial origina preocupações relativamente à escassez de recursos energéticos e os seus impactos no ambiente, como alterações climáticas, aquecimento global e diminuição da camada de ozono. Nos últimos anos, observou-se particularmente nos países desenvolvidos, um aumento do consumo de energia, em edifícios comerciais (entre 20 a 40% no consumo global de energia). Este aumento ultrapassou os setores de atividade industrial e dos transportes. Caso não sejam tomadas medidas de forma a agir em conformidade com esta situação, prevê-se que com o aumento populacional, da crescente procura de serviços comerciais e a exigência dos níveis de conforto ao nível da refrigeração, surgirá uma contínua procura de energia [33].

Devido a este facto, surge a necessidade de reduzir o consumo energético. As políticas mundiais obrigam a que cada país desenvolva políticas energéticas [34]. Estas políticas impõem que cada país, incluindo Portugal, cumpram as exigências impostas pela legislação que tem em conta os elevados consumos energéticos para a produção e distribuição da energia final. Assim, o conceito de eficiência energética foi ampliado da literatura para a aplicação real otimizando os ciclos de energia e poupança de energia [35].

Segundo o coordenador de projetos e eficiência energética da Cushman & Wakefiel, a eficiência energética de uma instalação é possível ser otimizada melhorando o desempenho dos equipamentos que apresentam maior consumo. Este coordenador afirma que “é possível atingir uma redução na ordem de 15% nos gastos com energia implementando algumas mudanças na operação dos sistemas que, dentro de um edifício, representa um elevado custo

mensal”. Estas alterações variam conforme o perfil do cliente, no entanto podem ser mudanças irrisórias como, por exemplo, uma mudança do *setpoint* de temperatura do ar condicionado. Esta ação não tem qualquer custo e pode reduzir o consumo de energia em 8% [36].

Nas instalações com sistemas de frio incorporado podem ser tomadas medidas que conduzam a uma utilização racional da energia, como por exemplo:

- Ajuste de temperaturas e condições de processo;
- Substituição de equipamentos por outros mais eficientes,
- Compensação de energia reativa;
- Implementação de equipamentos mais eficientes.

Outro ponto onde é possível atuar é a manutenção dos equipamentos de frio. A manutenção é um ponto fundamental no aumento da eficiência dos equipamentos e conseqüentemente na eficiência energética de todo o sistema de frio. A falta deste procedimento pode pôr em causa a vida útil do equipamento e paragens repentinas desnecessárias, originando a diminuição do rendimento e conseqüente eficiência do mesmo. A manutenção dos equipamentos de frio deve ser assente em:

- Estabelecer um plano de manutenção estruturado com base nas normas e nas descrições técnicas dos equipamentos, assim como a deteção de qualquer avaria nos equipamentos, respetivas conseqüências e posteriores resoluções;
- Identificar através da manutenção de rotina, avarias, anormalidades em eficiência energética ou identificar áreas onde a eficiência energética pode ser melhorada;
- Identificar e retificar qualquer fuga ou equipamento em falha que afete ou controle a utilização da energia [37].

Por mais eficiente que a instalação ou o equipamento seja, se os utilizadores e os responsáveis de gestão do sistema não tiverem consciencializados da otimização e da eficiência energética, não é possível promover um sistema de frio eficiente e otimizado. De forma a colmatar esta situação, é necessário promover formação e sensibilização dos intervenientes na instalação de forma a integrá-los na otimização da eficiência energética. As formações devem incorporar os impactos ambientais da utilização da energia, benefícios

da economia de energia, a dependência energética da empresa e formas de economizar energia e as atitudes cívicas a implementar para economizar energia [34].

### 2.5.2. BENCHMARKING ENERGÉTICO

O termo benchmarking surge da necessidade de determinar o ponto utilizado como referência numa análise geológica ou do terreno na área da geologia. Passado alguns anos, nos anos 70, passou a ser utilizado por empresas de forma a comparar o desempenho entre dois ou mais sistemas. Nos anos 90, surge o conceito de *building energy benchmarking* para representar a comparação entre a utilização energética em edifícios com características similares [38].

Benchmarking é um indicador de gestão que avalia a *performance* de uma empresa de forma comparativa e sistemática, procurando identificar e atuar nos fatores de sucesso e de insucesso [39]. Este indicador permite avaliar o desempenho da empresa, comparando-o com um determinado setor de atividade, e definir ações prioritárias com o intuito de projetar o futuro, como é visível na Figura 19.



**Figura 19 – Fases do processo de Benchmarking [38]**

No setor energético, o benchmarking energético é um bom indicador do desempenho de um determinado espaço físico, que possibilita a compreensão e a distribuição do consumo energético. Com estes dados, é apresentada a evolução do desempenho energético do caso em estudo e faz-se uma comparação com os edifícios semelhantes do setor. Assim, é possível avaliar o melhor desempenho dos dois edifícios. No edifício com pior desempenho deve colocar em prática as medidas estratégicas do edifício com melhor desempenho com vista a melhoria da eficiência energética e a redução dos custos operacionais do local. [38]

Uma vez que este indicador é baseado numa comparação, há aspetos que trazem desvantagens para este método. A falta de informação relativamente à realidade, como por exemplo, a taxa de ocupação dos edifícios ou o clima onde o edifício se encontra, evidenciam alguns pontos que acarretam uma percentagem de incerteza para o processo.

Para reduzir essa incerteza, é fundamental que os indicadores que são definidos permitam efetuar uma comparação justa de acordo com a informação complementar que lhes está associada [38].

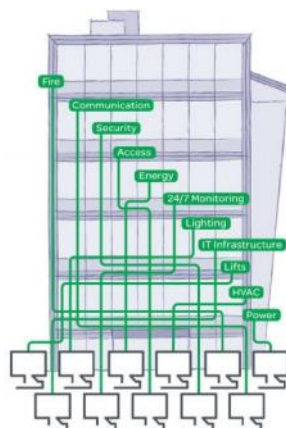
No caso específico da rede de frio de uma área de serviço e tendo por base o benchmarking enquanto uma ferramenta de comparação e incentivando ao melhoramento das performances energéticas, o *target* (consumo teórico calculado) total é equivalente à soma dos vários equipamentos de frio presentes numa determinada loja, ou seja, corresponde aos consumos dos móveis de frio, das câmaras e das arcas de congelados. Efetuando a divisão do consumo real da loja, obtido pela medição de consumo energético, pelo *target* total, obtém-se os valores associados ao benchmarking [38].

## **2.6. MONITORIZAÇÃO E CONTROLO DE EQUIPAMENTOS DE FRIO**

A maioria das instalações de refrigerados atuais usam sistemas de controlo e monitorização computadorizados de modo a controlar o desempenho dos componentes intervenientes no sistema de refrigeração. Estes controladores permitem visualizar os parâmetros fundamentais para a refrigeração como temperatura, pressão, modo de funcionamento, humidade, estado de conservação do produto, entre outros [40].

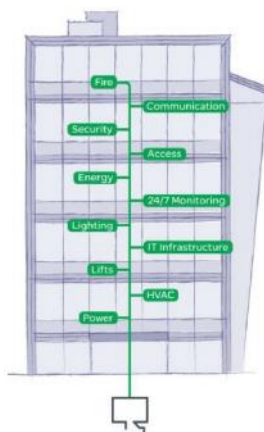
O controlo computacional é uma área diversificada que abrange diversos tipos de sistemas de controlo como:

- Controladores individuais – correspondem a controladores independentes - Figura 20 -, nível mais básico de sistemas de controlo, que controlam o funcionamento de equipamentos individuais sem supervisão direta como, por exemplo, sistemas de climatização;
- Controlo distribuído (DCS) – relacionados com sistemas mais complexos que consistem em vários elementos de controlo direto. Este controlo resulta da aquisição de dados aplicado a um controlador industrial sem qualquer intervenção humana;



**Figura 20 – Sistemas múltiplos com diversos controladores individuais (situação tradicional) [41]**

- Controlo integrado como sistemas de controlo de supervisão e aquisição de dados como sistemas *Supervisory Control and Data Acquisition* (SCADA) – este tipo de controlo resulta da conjugação dos sistemas de controlo apresentados anteriormente, no entanto, gerem a informação adquirida, em tempo real, de forma agregada e remota - Figura 21- [40].



**Figura 21 – Sistemas integrados numa só rede de controlo [41]**

Com a mudança de mentalidades das populações, os sistemas múltiplos, constituídos por múltiplos controladores e sensores, comparativamente aos sistemas integrados apresentam algumas desvantagens, como é possível visualizar a Tabela 5.

### **2.6.1. TECNOLOGIAS DE CONTROLO**

As tecnologias de controlo têm vários níveis de atuação mediante as necessidades dos equipamentos e das áreas a controlar.

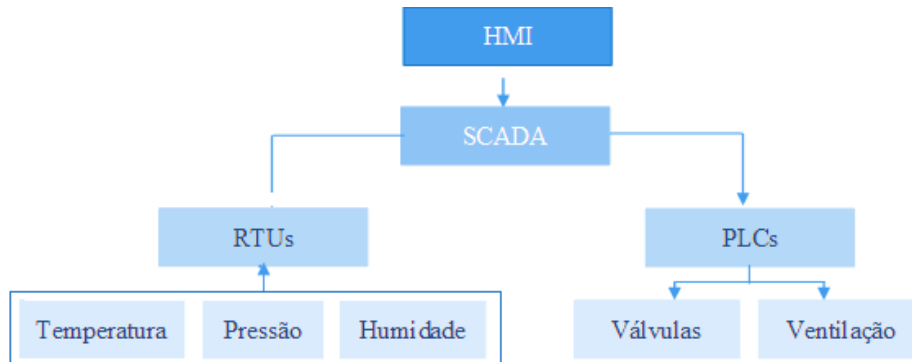
**Tabela 5 – Diferenças entre sistemas múltiplos e sistemas integrados. Adaptado [41]**

<b>Critério</b>	<b>Sistemas Múltiplos</b>	<b>Sistemas integrados</b>
Quantidade de redes distintas	Múltiplas	Uma única rede
Quantidade de sistemas de monitorização e controlo	Múltiplos	Um único
Complexidade de operação	Maior	Menor
Deteção de avarias	Mais complexa	Mais simples
Custos de infraestrutura	Maior	Menor
Custos de operação e manutenção	Maior	Menor
Custos com formação	Maior	Menor
Dependência dos integradores	Maior	Menor
Exigência dos requisitos de projeto	Menor	Maior

Nas instalações equipadas com equipamento de frio, o nível mais básico das tecnologias de controlo consiste no controlo dos constituintes do sistema físicos de controlo e monitorização do equipamento de frio, como válvulas e motores. A estes estão conectados atuadores e controladores de válvulas e/ou disjuntores que tem a função de controlar o sistema elétrico do equipamento e são responsáveis pela conversão das entradas em saídas. Em simultâneo, os sensores existentes nos controladores como sondas de temperatura, de pressão ou de humidade, têm a responsabilidade de monitorizar o funcionamento e as condições do sistema de frio do equipamento e pela conversão da informação recebida em dados elétricos. Por sua vez, estes dados elétricos são convertidos em informação analógica e integrados num nível de controlo superior como os sistemas SCADA [40].

A tecnologia SCADA engloba a gestão das redes de controlo e comunicação que permitem o controlo integrado do sistema. Esta recebe informação centralizada no centro de controlo (MTU), onde os dados do sistema são recolhidos e geridos por supervisores através de interfaces homem-máquina (HMI) [42]. Os sistemas SCADA convertem a informação analógica em informação digital. As RTUs são microprocessadores que coletam dados de sensores e os comunicam de volta ao SCADA. O SCADA coleta e processa esses dados, emite alarmes e controla ou permite que os supervisores controlem equipamentos. Os

*programmable logic controller* (PLCs) recebem instruções do SCADA, tomam decisões lógicas e comunicam-se com o equipamento para executar as instruções [40]. A metodologia descrita pode ser visualizada Figura 22.



**Figura 22 – Esquema de Integração de sistema SCADA. Adaptado [40]**

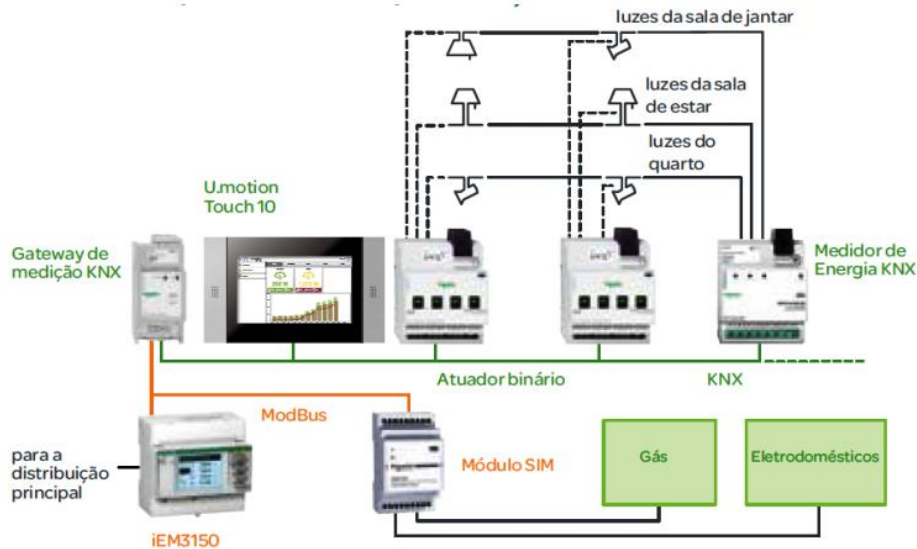
Nas instalações de refrigeração o controlo mais usual é o DCS, apesar das características mais vantajosas dos sistemas SCADA como a capacidade de comunicação.

### **2.6.2. EQUIPAMENTOS DE MONITORIZAÇÃO E CONTROLO**

Os equipamentos de monitorização e controlo são uma ferramenta de monitorização crucial que asseguram as condições mais adequadas de produção e armazenamento. Um dos exemplos com maior impacto é o da indústria alimentar que através da portaria 1129/2009, foi exigida a instalação de instrumentos de medição e registo de temperatura para controlo da temperatura em todos os processos desde a sua produção até à comercialização/armazenamento. No entanto, não só a este tipo de indústria tem obrigatoriedades no controlo de processos, mas também a indústria farmacêutica no controlo da cadeia de frio de armazenamento de fármacos, reagentes, amostras de sangue, entre outros.

Estes equipamentos têm por base a utilização de protocolos que comunicação que fazem a interligação entre os equipamentos a controlar e o próprio sistema de monitorização e controlo. Baseiam-se no registo de diversos parâmetros, que mediante o controlo do próprio sistema, permite ao utilizador interagir com os dados e receber alertas em caso de falhas de energia, de portas abertas durante determinado tempo ou na deteção de desvio aos valores parametrizados. Como é possível exemplificar na Figura 23, os equipamentos de monitorização e controlo são muito diversificados e atuam em diversas aplicações conjuntas

como no controlo do conforto de uma área através do controlo da iluminação, na otimização de gastos energéticos com a monitorização de analisadores de energia, na gestão horária de diferentes cargas e na gestão do funcionamento de equipamentos através de dispositivos complementares que auxiliam todo o processo de gestão integrada.



**Figura 23 – Aplicação de um sistema de monitorização e controlo [41]**

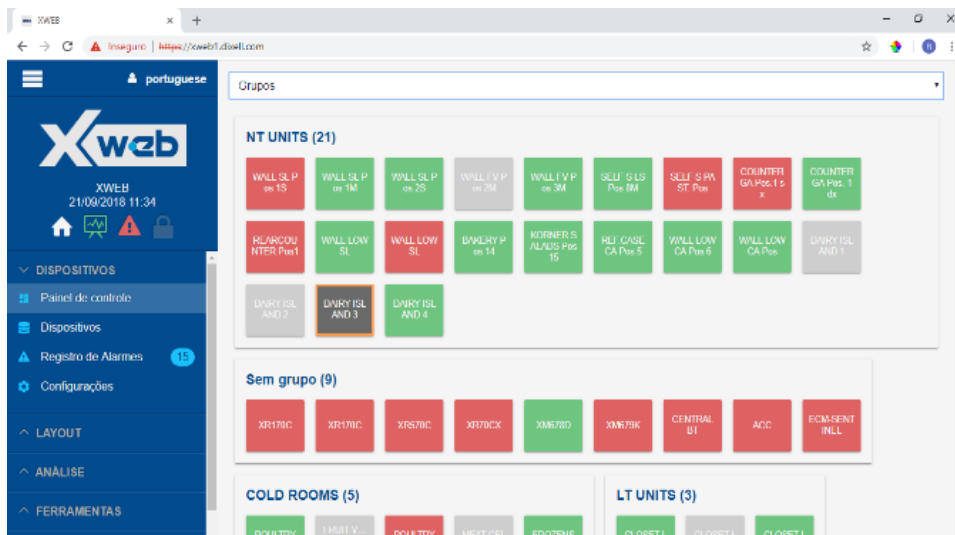
Na área de aplicação desta dissertação, existem diversos equipamentos de monitorização e controlo que combinam diversas funcionalidades como alarmes completamente configuráveis, envio de alertas sempre que ocorrem desvios de valores parametrizáveis via sms e/ou email, emissão de relatórios periódicos automáticos/configuráveis, permitem a visualização do estado das áreas monitorizadas e benchmarking através da correlação de vários parâmetros monitorizados.

A *XWEB EVO* é um exemplo de equipamento de monitorização e controlo utilizado na gestão de uma instalação com maior incidência na gestão otimizada de aplicações de retalho e de HVAC/R. As suas características físicas possibilitam a sua incorporação numa instalação já existente ou contemplado numa futura área de equipamentos de frio. É um equipamento de pequena dimensão, como é possível visualizar na Figura 24, que possibilita a instalação num quadro de controlo ou numa parede da área técnica da instalação a supervisionar.



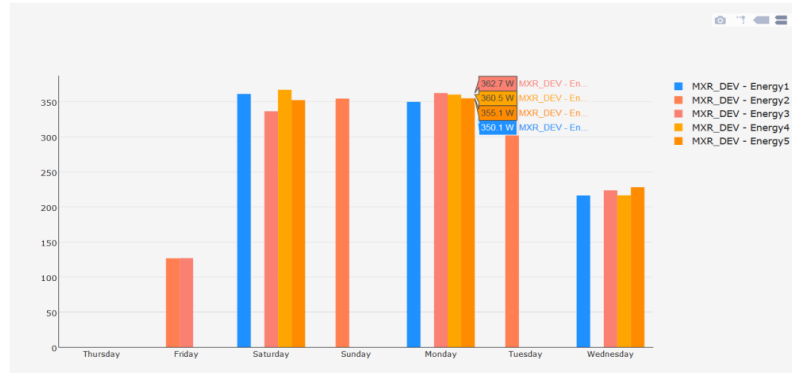
**Figura 24 – Gama de monitorização e supervisão de sistemas da Dixell**

Tal como outros dispositivos de monitorização e controlo, este contém uma interface Web de utilizador personalizável para facilitar a navegação sem qualquer software adicional. A *XWEB EVO* foi projetada para monitorização dos parâmetros de temperatura e controlo do sistema de frio de forma a obter poupança de energia, reduzindo assim os custos de funcionamento e a preservação do meio ambiente. Ao nível da manutenção de alarmes, possui um algoritmo de gestão eficaz de alarme que deteta facilmente e sinaliza o estado do alarme assim que a intervenção alerta possa restaurar o funcionamento da aplicação, como é exemplificado na Figura 25.



**Figura 25 – Interface de visualização de alarmes da XWEB EVO**

Com a sua tecnologia, possui algoritmos especiais com rastreamento contínuo do uso de energia (Figura 26), otimiza a eficiência da aplicação, aumentando a economia de energia e reduzindo os custos.



**Figura 26 – Relatório exemplificativo do uso de energia extraído da XWEB EVO**

Esta solução, além da funcionalidade já enunciadas, ainda permite maior eficiência na gestão da manutenção de uma instalação através da poupança nas deslocações, com a prevenção de potenciais perdas de produtividade na identificação prévia dos problemas detetados ou pela paragem forçada dos equipamentos para manutenção.

### **2.6.3. PROTOCOLO DE COMUNICAÇÃO DOS SISTEMAS DE MONITORIZAÇÃO E CONTROLO**

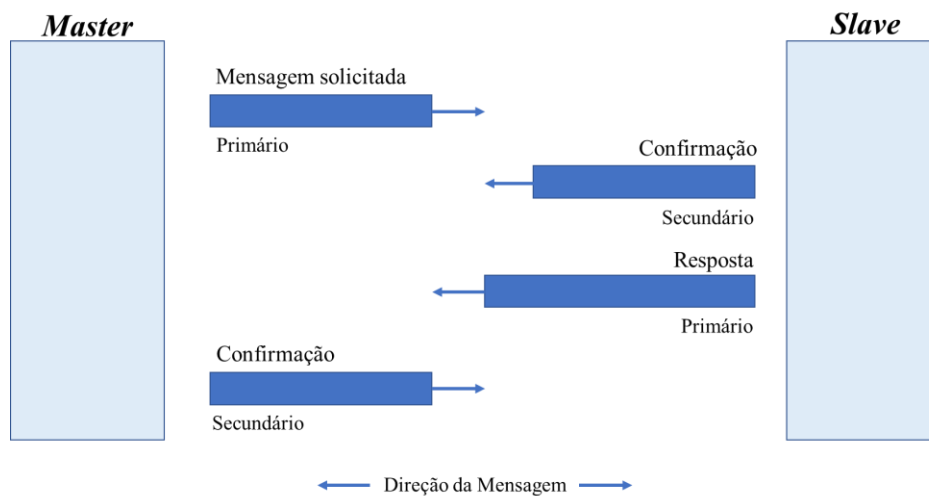
Os protocolos de comunicação são um conjunto de regras estabelecidas e seguidas pelos dispositivos intervenientes nas ligações que determinam as estratégias da mensagem a transmitir entre utilizadores. Este conjunto de informação possibilita que equipamentos de diferentes fabricantes e com arquiteturas diferentes estabeleçam ligação de forma a obter um correto funcionamento [43].

Na área da indústria, principalmente em sistemas de monitorização e controlo, o protocolo de maior utilização a nível mundial é o Modbus devido à sua disponível em “todos” os fabricantes de equipamentos de entradas e saídas passivos, controladores, equipamentos de medida, etc.

O protocolo Modbus foi desenvolvido pela Gould Modicon, em 1979, para desenvolvimento de sistemas de automação industrial e controladores programáveis da empresa. É um protocolo simples e de fácil implementação muito utilizado na indústria, segundo a revista *American Control Engineering* mais 40% das aplicações industriais utilizam o protocolo

Modbus [44]. Esta situação deve-se ao facto de este permitir a transferência de informação E/S discreta ou analógica e dados de registo entre o controlo industrial e dispositivos de monitorização [45].

Os dispositivos Modbus, cliente-servidor, comunicam entre si usando o modelo de comunicação *master-slave*. Este modelo tem um controlo unidirecional sobre um ou mais dispositivos, permitindo a sua fácil implementação. Frequentemente, este protocolo é usado num ambiente controlado de mensagens, independente da camada física, onde um dos dispositivos é controlador (*master*) e os restantes controlados (*slave*) pelo superior hierárquico. O master envia uma mensagem, enquanto que o *slave* executa as seguintes tarefas: confirma a sua receção, responde ao emissor, por fim este último envia a confirmação da resposta. Esta sequência de acontecimentos, como é exemplificada na Figura 27, ocorre sempre que o master queira enviar um pedido ao dispositivo que pretende controlar. Com isto é considerado um protocolo de comunicação pois define regras de organização e interpretação de dados [44].



**Figura 27 – Exemplo de diagrama de sequência de comunicação**

O protocolo de comunicação Modbus TCP/IP é considerado um protocolo Modbus RTU com uma interface TCP executada em *Ethernet* (físico). O TCP é responsável por garantir que todos os pacotes de dados são recebidos de forma correta enquanto que o IP garante que as mensagens são corretamente endereçadas e encaminhadas ao destino final [45].

## **2.6.4. FUNCIONALIDADES DE MONITORIZAÇÃO E CONTROLO**

O sistema de monitorização é constituído por um equipamento de monitorização e controlo interligados com os vários controladores instalados no equipamento de frio através de um protocolo de comunicação.

### **2.6.4.1. PARÂMETROS DE UM SISTEMA DE MONITORIZAÇÃO E CONTROLO**

A monitorização de um sistema está assente na conjugação de diversos parâmetros dependentes das condições de funcionamento da instalação, dos locais a controlar e dos equipamentos a monitorizar. A incorporação dos fatores intervenientes no sistema de monitorização como temperatura e consumo energético são exemplos, através da sua conjugação, de um sistema de monitorização integrado.

#### **a) Temperatura**

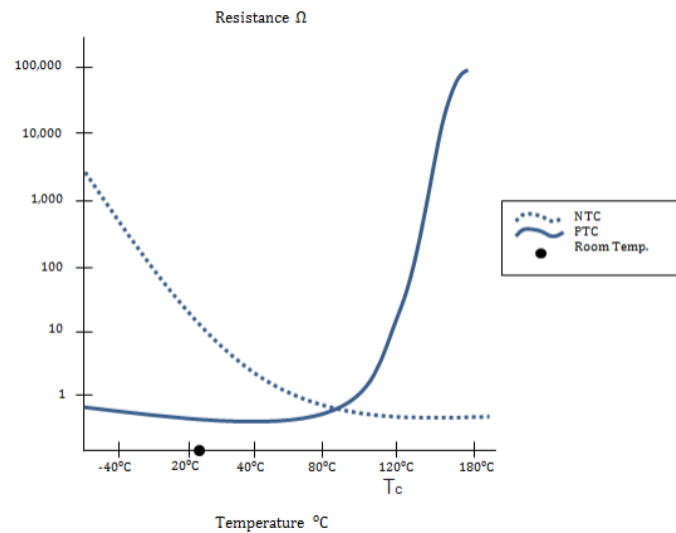
Ao nível da temperatura, a monitorização pode ser implementada por diversas opções dependendo da tipologia do equipamento de frio, do uso final do equipamento e do espaço físico onde este é integrado.

A temperatura é medida por sondas de temperatura que sofrem variação de uma grandeza elétrica de acordo com uma grandeza física (exemplo: resistência elétrica *versus* temperatura), sempre que exista uma relação conhecida entre a variação elétrica e a grandeza física, mensuráveis e com uma boa tolerância e precisão. As sondas de temperatura podem ser *Negative Temperature Coefficient* (NTC), *Positive Temperature Coefficient* (PTC) e Pt1000.

As sondas NTC são utilizadas no controlo, medição ou polarização de circuitos de frio pela sua elevada sensibilidade relativamente ao aumento de temperatura. Estas sondas possuem uma resistência inversamente proporcional à temperatura registada, numa gama de -50 a 150°C [45]. A mudança de resistência com a variação da temperatura pode resultar num coeficiente negativo da resistência, na qual resulta a diminuição da resistência interna com um aumento da temperatura [47].

As sondas PTC possuem um funcionamento oposto às sondas NTC, como pode ser visualizado na Figura 28. Estas possuem uma resistência proporcional à temperatura, ou seja, quando a resistência aumenta com uma variação positiva da temperatura, o resultado é um

coeficiente positivo da temperatura. Estas sondas registam temperaturas na gama de -50 a 150 °C [46] [47].



**Figura 28 – Comparação entre sondas NTC e PTC [47]**

As sondas de temperatura Pt1000 são variantes das sondas de tipologia PTC (coeficiente de temperatura positivo). Estas sondas têm a capacidade de registar valores entre -50°C e 120°C. Possuem melhor estabilidade ao longo de um período temporal e, por consequente, registam melhor desempenho em ciclos de temperatura [48].

Comparando os três tipos de sondas de temperatura mencionados, há características que se destacam. A alta exatidão de medição e linearidade também são possíveis com uma sonda NTC, no entanto, apenas é possível numa gama de temperatura limitada. Na Tabela 6 é indicado o resumo relativo às vantagens e desvantagens dos diferentes elementos de medição de temperatura [48].

### **b) Consumos Energéticos**

Hoje em dia, a monitorização dos consumos energéticos quer de um equipamento, quer de uma instalação é muito frequente. Este conceito proporciona um controlo dos gastos através da captação de informação através de um equipamento de medição. Os sistemas de gestão de energia proporcionam ao utilizador a informação necessária acerca das tendências dos consumos de um determinado período horário e permitem tomar medidas corretivas necessárias [49].

**Tabela 6 – Vantagens e desvantagens dos diferentes elementos de temperatura**

<b>Vantagem/Desvantagem</b>	<b>NTC</b>	<b>PTC</b>	<b>Pt1000</b>
Gama de temperatura	-	-	++
Exatidão	-	-	++
Linearidade	-	-	++
Estabilidade a longo prazo	+	-	++
Sensibilidade de temperatura	++	++	+

Os consumos energéticos estão diretamente relacionados com a fatura de energia. A sua análise fornece informação pormenorizada que pode auxiliar o consumidor a tomar decisões que o levem a obter uma melhor gestão de energia, reduzindo assim os seus consumos. A análise dos consumos energéticos a partir da análise dos perfis de carga permitem negociar condições mais vantajosas da potência contratada com o fornecedor de energia ou fazer a alteração da entidade comercializadora de energia [49].

A monitorização de consumos de energia permite ao utilizador consciencializar –se de certos comportamentos que influenciam negativamente o consumo energético. A monitorização também permite comparar dados em tempo real com os registados em períodos temporais anteriores, de forma a prever condições de sobrecarga, tomar medidas preventivas de disparos de proteções e a adotar medidas e ações que alterem as diferenças de consumos registadas [49]. Determinados equipamentos, como o indicado na Figura 29, permitem programação de alarmes de aviso para os gestores das instalações quando são atingidos os respetivos limites.

#### **2.6.4.2. DISPOSITIVOS COMPLEMENTARES DE UM SISTEMA DE MONITORIZAÇÃO E CONTROLO**

Um sistema de monitorização e controlo é composto por um equipamento central responsável pela gestão integrada de todos os componentes intervenientes e controle o funcionamento do sistema para qual foi dimensionado. Este equipamento central é interligado com dispositivos complementares como controladores digitais que funcionam de

forma autónoma e independente ou dispositivos acessórios responsáveis pela aquisição de sinais.



**Figura 29 – Analisador de energia da Carlo Gavazzi [50]**

Os equipamentos de frio contêm controladores digitais, semelhantes aos da Figura 30, responsáveis pelo correto desempenho do sistema de refrigeração constituente de cada equipamento ao nível da gestão do *setpoint* de temperatura definido, da ativação do(s) compressor(es), do(s) ventilador(es), da descongelação, entre outras funcionalidades. Os controladores são projetados e selecionados mediante o funcionamento do equipamento e a tipologia de aplicação de frio que é pretendido.

Num sistema de monitorização e controlo, no caso do equipamento de frio não possua controladores digitais ou mesmo que tenha dispositivos analógicos que sejam incompatíveis com a solução de monitorização a implementar, podem ser inseridos módulos de aquisição de dados. Os módulos de aquisição de dados, Figura 31, são dispositivos responsáveis pela modulação dos sinais registados através de sensores de forma a que o equipamento de monitorização e controlo possa interpretá-los.



**Figura 30 – Controlador digital Dixell**

Comparativamente com os dispositivos autónomos e independentes, os dispositivos baseados em sistemas de aquisição de dados (DAQ) exploram a capacidade e a versatilidade de processamento e de recursos que um sistema de monitorização pode alcançar. No entanto, a parte do sistema de monitorização associado ao controlo com o equipamento de frio ou a área a controlar fica mais limitada pois estes dispositivos não possuem algoritmos de funcionamento presente nos controladores digitais.



**Figura 31 – Módulo de aquisição de dados da Dixell**

# 3. PROJETO DE IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA DE MONITORIZAÇÃO

Neste capítulo é estruturado um projeto de implementação de um sistema de monitorização e controlo de equipamentos de frio em áreas de serviço. Para tal, é necessário o levantamento e registo dos parâmetros intervenientes no sistema integrado de monitorização e controlo. De seguida, é feita a caracterização da instalação, identificação dos problemas encontrados de forma obter uma implementação do sistema eficaz e eficiente. Por fim, é descrita a aplicação do projeto de implementação estruturado a um projeto piloto específico e serão enunciadas melhorias ao sistema adotado.

## **3.1. REGISTO E IDENTIFICAÇÃO DE PARÂMETROS**

A implementação de sistemas de monitorização é baseada na gestão energética, no controlo e registo dos parâmetros associados aos equipamentos de frio como temperatura, humidade, mas também em ações de manutenção corretiva e preventiva.

A gestão de energia possibilita traçar um conjunto de ações que conduzam à redução de desperdícios energéticos que ocorram devido a parametrizações mal calculadas, limitações dos processos tecnológicos, descuido dos utilizadores e outras deficiências inerentes à falta de manutenção dos equipamentos de frio e da restante instalação [51].

Um dos primeiros passos para a implementação de sistemas de monitorização tem por base a correta caracterização da instalação, nomeadamente no que diz respeito à quantificação da energia consumida pela mesma. O processo de quantificação de energia auxilia na obtenção de uma visão geral da situação energética da instalação e posteriormente na identificação dos equipamentos em que é possível atuar nos parâmetros associados [51]. O processo de medição de energia deve ser confrontado com as faturas de energia do mesmo período temporal de forma a haver uma comparação dos diversos constituintes e períodos de consumo. Este processo tem por base auditorias energéticas que definem a utilização racional do consumo de energia de forma a determinar como e onde é consumida a energia da empresa. Neste sentido pretende-se:

- identificar os principais consumidores de energia;
- identificar os equipamentos onde é possível controlar o seu funcionamento;
- definir os regimes de funcionamento dos equipamentos;
- efetuar o levantamento dos consumos mensais, do período de funcionamento, características técnicas, respetivos fatores de utilização dos equipamentos e políticas de poupança existentes [51].

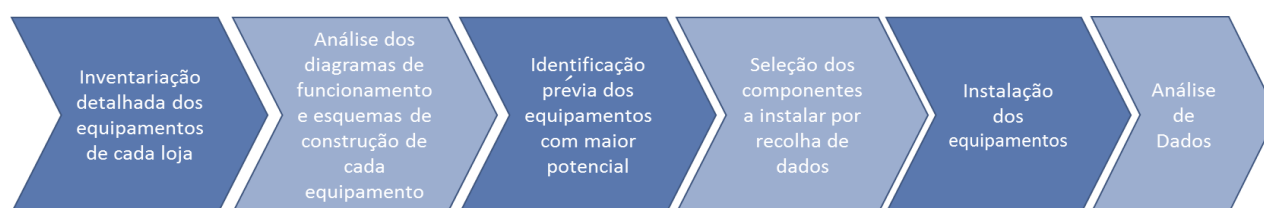
Todos estes passos, conjuntamente com uma gestão cuidada dos sistemas, conduzem a uma redução do consumo energético da área onde o sistema é implementado.

Numa segunda fase, sempre com o intuito de diminuir o impacto da refrigeração no consumo de energia da instalação, é realizado o levantamento dos problemas existentes em cada instalação de frio. Nesse sentido, é também feita a identificação dos equipamentos com maior potencial de redução de consumo de energia. Esta fase inclui a elaboração do impacto destes problemas nos balanços de energia da instalação. O resultado desta fase possibilita a identificação da estratégia de atuação com vista à resolução eficaz das situações mais críticas.

Numa terceira fase é estruturada uma metodologia de implementação do sistema de monitorização e controlo com o auxílio de um dos equipamentos da gama de monitorização e supervisão de sistemas - *XWEB EVO* – da *Dixell*.

Numa última fase, após a implementação física do sistema de monitorização e controlo, procede-se à análise de dados, confrontando a situação anterior e posterior à implementação do sistema de monitorização.

De forma a sintetizar as diversas fases descritas anteriormente é apresentado o diagrama resumo da metodologia de implementação do sistema, Figura 32.



**Figura 32 – Diagrama de implementação**

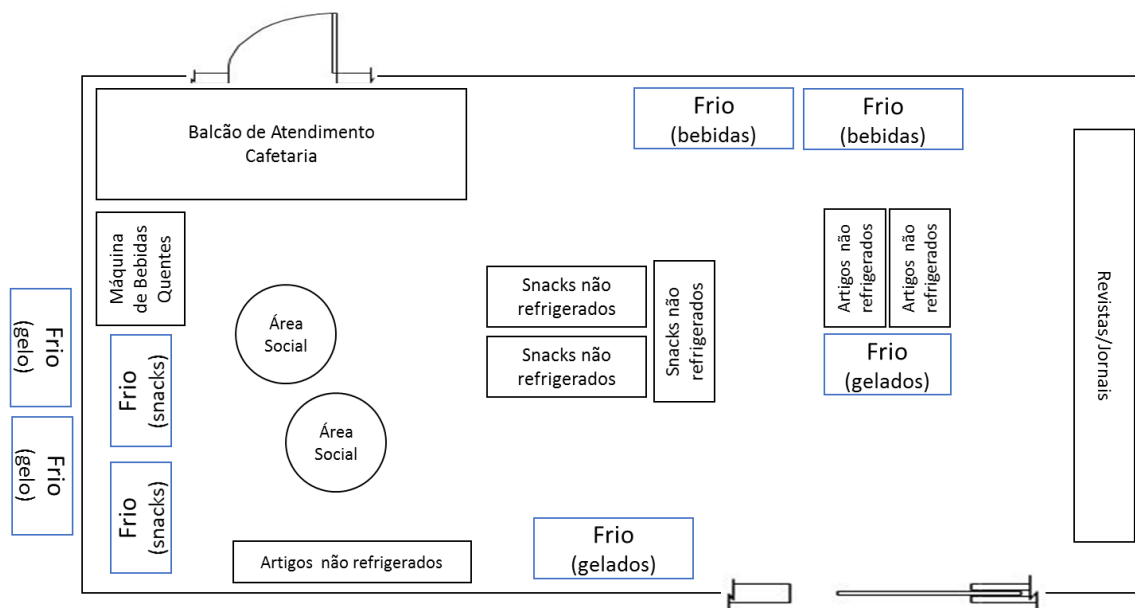
### **3.2. CARACTERIZAÇÃO DA INSTALAÇÃO**

As áreas de serviço instaladas no nosso país, são áreas comerciais que possuem na sua maioria a mesma gama de produtos, horários de funcionamento e tipologia de equipamentos. Estes espaços comerciais têm como intuito a disponibilização de um serviço de qualidade, frescura e conveniência de forma a atingir todas os consumidores. Dependendo da sua localização física, um dos fatores críticos de sucesso, têm horários de funcionamento distintos. As áreas de serviço localizadas nas vias de circulação de alta velocidade como as autoestradas estão estrategicamente abertas 24 horas por dia, enquanto que as restantes têm um período de funcionamento mais reduzido, estando encerradas durante o período noturno.

As áreas de serviço são compostas por uma área de cafetaria, pastelaria, snacks, bebidas refrigeradas, gelados, gelo e comercialização de bens como revistas e jornais. Os diversos artigos comercializados são expostos em locais destinados para o efeito de forma a garantir a qualidade e frescura dos mesmos. Os snacks perecíveis são expostos em móveis de refrigeração verticais abertos de modo a que o consumidor tenha uma visão direta para o produto, analisando as suas características facilitando assim a sua escolha. Os gelados são armazenados em arcas frigoríficas localizadas no interior da loja num móvel expositor com

portas em vidro, de forma a garantir o produto apelativo relativa ao consumidor final. O gelo encontra-se armazenado em arcas frigoríficas no exterior da loja. Relativamente às bebidas refrigeradas podem estar expostas em diversos tipos de móveis, como morais verticais abertos ou fechados ou, ainda, em câmaras frigoríficas expositoras. Os restantes artigos não perecíveis estão dispostos nas áreas circundantes da área comercial em expositores destinados para o efeito sem qualquer aplicação de frio.

Através de visitas espontâneas a diversas áreas de serviço da zona norte do país, foi possível verificar que os layouts das áreas de serviço são muito idênticos. Com isto, foi possível estruturar uma planta tipo de uma loja da área de serviço como a apresentada na Figura 33.



**Figura 33 – Planta tipo de uma loja da área de serviço**

Ao nível dos equipamentos refrigerados, este tipo de instalação é constituído por equipamentos de frio de classe negativa e de classe positiva. Quanto aos equipamentos de temperatura negativa, a área de serviço possui arcas de congelados (verticais e horizontais) para armazenamento de gelados e de gelo. Relativamente aos equipamentos de temperatura positiva, estes são câmaras frigoríficas expositoras e móveis de refrigeração verticais abertos, com o intuito de manter os produtos expostos a uma temperatura adequada sem que os mesmos se deteriorem e ao mesmo tempo frescos para o seu consumo.

Estes equipamentos estão equipados com controladores autónomos individuais sem qualquer integração com os restantes equipamentos, utilizando termostatos digitais e termómetros analógicos, como exemplificado na Figura 34.



**Figura 34 – Controlador digital e analógico existente numa área de serviço**

Com a análise dos dados de energia de uma área de serviço-tipo verificou-se que tem registos de consumos muito elevados, na ordem das centenas de kWh mensais. Verificou-se que, os principais consumidores de energia são os equipamentos de refrigeração e a iluminação. No entanto, não existe uma análise individual de cada consumidor de energia, nem dos seus regimes de funcionamento.

### **3.3. IDENTIFICAÇÃO DOS PROBLEMAS ENCONTRADOS**

A identificação dos problemas encontrados é um ponto essencial para estruturar a metodologia de implementação do sistema de monitorização e controlo de cada instalação em particular. Este ponto permite identificar os pontos essenciais nos quais este estudo se pretende focar com vista à sua resolução.

O fator mais problemático neste tipo de área comercial é o valor significativo da fatura de energia da instalação. De acordo com a bibliografia consultada, comparando com os dados de outras áreas comerciais o peso da fatura energética deve-se na sua maioria aos equipamentos de refrigeração e à iluminação.

Relativamente aos equipamentos de frio, o principal problema encontrado nas áreas de serviço é a utilização de controladores autónomos, digitais ou analógicos, para monitorizar e controlar os equipamentos de frio. Este facto exige que um funcionário esteja fisicamente presente ou próximo do controlador de cada equipamento de frio. No caso de surgirem condições inesperadas como a avaria de um componente constituinte do móvel de refrigeração, a temperatura regulada pode alterar-se, danificando o produto armazenado. Este facto, se ninguém estiver presente na área para agir, o conteúdo armazenado deixa de estar viável para a sua comercialização e torna-se numa perda significativa para a loja e consequentemente para o cliente final.

### 3.4. IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA DE MONITORIZAÇÃO

Após a realização do levantamento e conseqüente identificação dos problemas encontrados, foram identificados os fatores que mais contribuem para o elevado consumo energético. Com a adoção da metodologia acima descrita, prevê-se a minimização dos consumos de energia com base na implementação de um sistema de monitorização e controlo.

A implementação de um sistema de monitorização pode ser abordada de diversas formas sempre com base na resolução ou redução de impacto dos problemas identificados no ponto anterior. Neste estudo foi utilizado o sistema de monitorização e controlo da *Dixell*, marca representada exclusivamente pela empresa na qual este trabalho foi realizado. A *XWEB EVO* é um sistema de monitorização e controlo baseado na gestão otimizada de aplicações de retalho e de HVAC/R. Este sistema é provido de uma interface Web de utilizador personalizável e constituído por funções que facilitam a programação e a análise de dados. A *XWEB EVO* foi projetada para a monitorização dos parâmetros de temperatura e controlo do sistema de frio de forma a obter poupança de energia, reduzindo assim os custos de funcionamento e a preservação do meio ambiente.

Assim, no desenvolvimento desta dissertação, optou-se por implementar uma estratégia de monitorização por tipo de variável que poderá ter impacto num sistema de frio de uma área de serviço: temperatura e consumo de energia.

No que concerne à temperatura, para a otimização dos controladores existentes nas áreas de serviço optou-se por fazer o *retrofitting* dos termómetros analógicos por soluções mais eficientes. Para tal, foi necessário selecionar a tipologia das sondas de temperatura mais adequadas a utilizar relativamente à sua localização e ao regime de temperaturas do equipamento a monitorizar. Optou-se por uma sonda do tipo NTC de silicone, devido à elevada gama de temperatura que consegue medir e pelas suas características físicas.

A temperatura dos alimentos é uma característica muito minuciosa na parametrização e no controlo de um sistema de frio. Esta característica exerce uma influência muito grande no crescimento e conseqüente velocidade de multiplicação de microrganismos. Deste modo, o controlo do frio deve respeitar a temperatura de refrigeração e congelação de cada alimento. Segundo a Autoridade de Segurança Alimentar e Económica (ASAE) [52], as temperaturas inferiores a 5°C e temperaturas superiores a 60°C /65°C reduzem a velocidade de crescimento da maioria das bactérias e destroem os microrganismos, respetivamente. Os alimentos

frescos/refrigerados devem ser conservados em unidades frigoríficas destinadas para o efeito, a temperaturas na gama dos 0°C a 8°C. A elaboração desta metodologia teve por base a Tabela 7 que inclui as temperaturas aconselhadas para a conservação e congelação dos produtos comercializados numa área de serviço. De notar, que a temperatura de referência para cada alimento será sempre a temperatura do ar interior do equipamento de frio.

**Tabela 7 – Temperaturas recomendadas para os artigos armazenados em áreas comerciais [53] [54]**

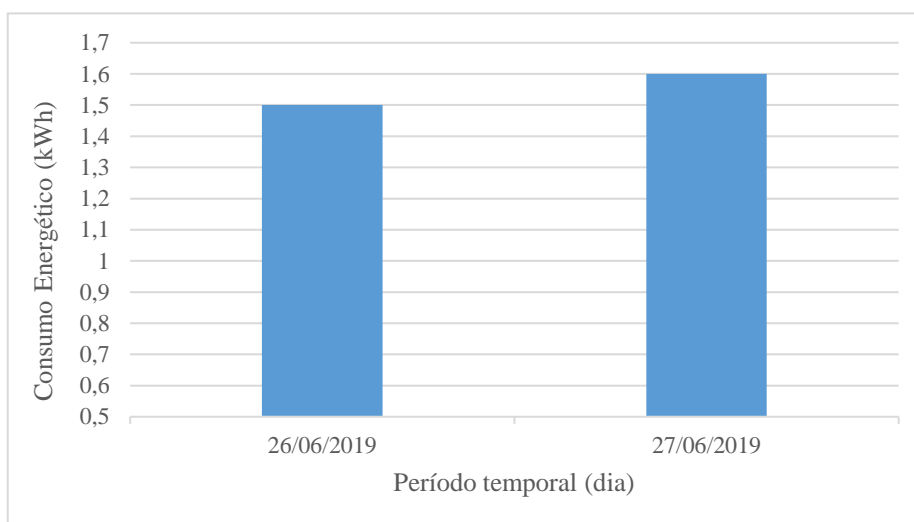
<b>Tipologia</b>	<b>Artigo</b>	<b>Temperatura Recomendada</b>
Refrigeração	Bebidas (refrigerantes, águas, bebidas alcoólicas)	0 °C a 5 °C
	Leite e Derivados	4 °C a 6 °C
	Frutas, verduras, legumes higienizados, fracionados e descascados	6 °C a 8 °C
	Produtos de panificação e confeitaria com coberturas e recheio	6 °C a 8 °C
Congelação	Gelo e Gelados	-18 °C a -10 °C

No entanto, o conhecimento das temperaturas aconselhadas para a conservação de cada alimento comercializado não basta para a gestão otimizada da temperatura de um sistema de frio. As condições ambientais, particularmente as temperaturas registadas nos espaços onde são armazenados os equipamentos, têm um impacto significativo na forma como um sistema de refrigeração se comporta devido ao facto de o ar ser o meio de transmissão de calor (refrigerante intermédio) entre os alimentos e o sistema de refrigeração. Para tal, foi estruturada uma metodologia de gestão das temperaturas que consiste na instalação de sondas de temperatura no interior de cada equipamento de frio, no interior da área comercial e, ainda, a colocação de uma sonda de temperatura no exterior da área de serviço. Esta instalação permite saber quais as variações de temperaturas ambientes ocorridas no interior e no exterior da área comercial de forma a otimizar, com o auxílio de um sistema de controlo, a temperatura do interior do equipamento de frio tendo por base a composição do artigo armazenado.

Com a utilização do sistema de monitorização, é possível obter uma gestão eficaz do sistema de frio ao nível da temperatura através da manutenção dos alarmes. A *XWEB EVO* deteta

facilmente e sinaliza o estado do alarme assim que a intervenção alerta possa restaurar o funcionamento da aplicação.

A alarmística de um sistema é o principal fator a ter em conta para a minimização do consumo. Por exemplo, o simples gesto de abrir a porta de um equipamento de frio, por mais curto que este seja, tem um impacto significativo no consumo do equipamento. Esta abertura provoca a libertação do frio armazenado no interior, levando a um esforço adicional do sistema frigorífico e, conseqüente aumento da energia elétrica consumida pelo mesmo, de forma manter constante a temperatura prevista. O esquecimento da porta de um equipamento de frio aberta pode ser minimizado com a inclusão de um sistema de notificação de alarmes que, com a receção de uma notificação agiliza e diminui o consumo energético do equipamento e em grande escala da instalação comercial. Com a realização de um estudo prévio, no dia 27/06 foi detetado um alarme de porta aberta com duração de 15 minutos. Posto isto, verificou-se um aumento de 0,1kWh, como pode ser comprovado pelo gráfico da Figura 35. Por outro lado, verifica-se que o ajuste da temperatura em mais 1°C é o suficiente para reduzir o consumo energético em 0,1kWh.



**Figura 35 – Consumo energético de um equipamento de frio nos dias 26 e 27 de Julho**

No que toca ao consumo energético, a análise deste em cada equipamento de frio instalado em cada área de serviço é um ponto essencial para a monitorização e controlo eficazes e eficientes de uma área comercial. Como tal, numa primeira fase, foi feito o levantamento das características presentes na chapa de característica de cada equipamento: potência nominal, corrente nominal, tipo de gás refrigerante, potência frigorífica, capacidade de armazenamento e a energia consumida pelo equipamento. Após o levantamento, é necessário

perceber se o seu modo de utilização está de acordo com as recomendações de utilização fornecidas pelo fornecedor do equipamento.

Cada equipamento, desde que tenha uma alimentação elétrica, consome energia. No entanto, a sua forma de utilização é um dos pontos influenciadores do consumo energético de um equipamento. O fabricante de um equipamento calcula e informa a energia consumida para um determinado equipamento com base em determinadas condições como o número de horas de funcionamento e a carga de produto a refrigerar. Assim, se as condições de cálculo não forem iguais ou, no limite aproximadas, os consumos energéticos são diferentes. De modo a colmatar e monitorizar estas situações, recomenda-se a incorporação de analisadores de energia.

Os analisadores de energia são a forma mais eficaz de ter uma perceção real do consumo do mesmo, qual o seu impacto na instalação e analisar as oportunidades de poupança. De modo a obter-se um controlo mais pormenorizado, deve ser instalado um analisador no quadro elétrico geral com o intuito de comparar o consumo da instalação com o registado nas faturas de energia e um analisador em cada equipamento de frio de forma a monitorizar o consumo real energético e compará-lo com os dados teóricos enunciados pelos fabricantes dos mesmos.

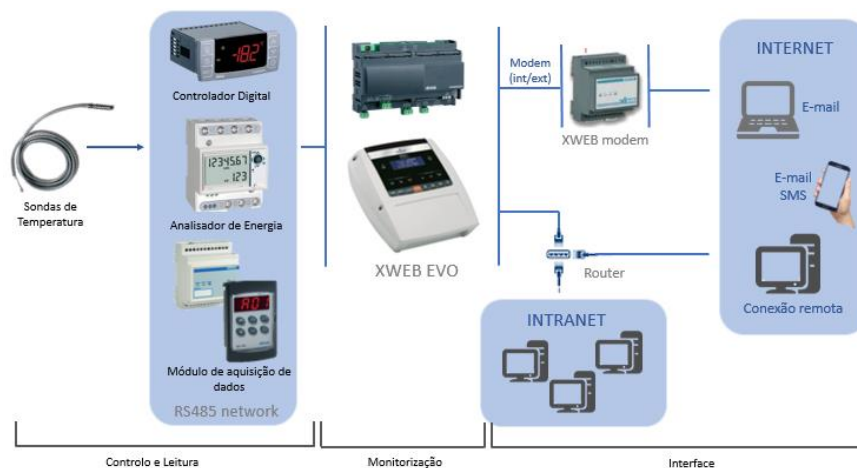
A seleção de um analisador de energia tem por base as características registadas anteriormente para cada equipamento ao nível da alimentação (monofásica ou trifásica) e corrente nominal. Os analisadores de energia devem registar a corrente por fase (A), potência ativa (W), potência reativa (var) e, ainda, a energia consumida (kwh).

### **3.5. APLICAÇÃO DO SISTEMA DE MONITORIZAÇÃO NO PROJETO PILOTO**

Na área da refrigeração, o principal objetivo é a utilização da energia da forma mais eficaz, tendo em conta o descuido dos utilizadores, as deficiências relativas à falta de manutenção dos equipamentos de frio e o aumento da eficiência energética através de dispositivos de monitorização e controlo do sistema e novas tecnologias.

A instalação de um sistema de monitorização incorpora a gestão integrada de todos os equipamentos de frio de uma instalação. Esta proporciona a monitorização e controlo dos equipamentos de frio ao nível da temperatura e gestão alarmística dos mesmos e essencialmente ter a perceção da quantidade de energia consumida tendo um controlo de

eficiência energética na instalação de frio. A gestão de alarmes é um dos fatores mais importantes nos sistemas de monitorização remota. A notificação imediata dos alarmes existentes permite agir rapidamente em conformidade com os mesmos, reduzindo o risco de deterioração do alimento armazenado. Esta proposta segue o diagrama de implementação apresentado na Figura 36.



**Figura 36 – Diagrama de implementação do sistema de monitorização e controlo**

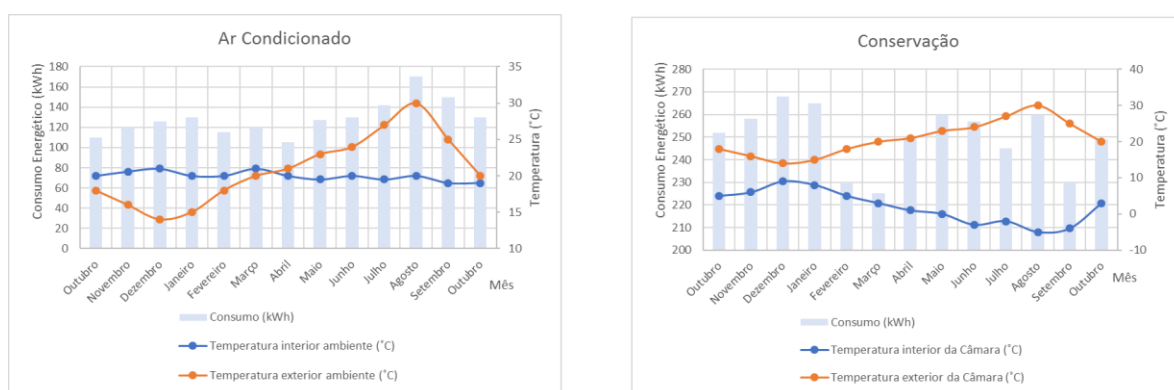
A metodologia descrita anteriormente foi apresentada na forma de um projeto piloto a ser aplicada nas áreas de serviço da GALP em parceria com a sua empresa de manutenção. Para tal, foi formalizada uma proposta de apresentação, presente no Anexo A, onde foram apresentadas as condições para se efetuar a instalação de dispositivos de monitorização e controlo de equipamentos de refrigeração em 5 áreas de serviço distribuídas entre a região Norte e Sul do país. Foi enunciado o objetivo da instalação piloto que consiste na demonstração de melhorias da eficiência energética de diversos equipamentos que têm um grande peso na fatura de energia de cada instalação comercial com o intuito expectável de redução do consumo energético destes equipamentos. Foi também focada a otimização da intervenção da manutenção corretiva, fator valorizado pela equipa de manutenção, com a incorporação de um sistema de gestão da alarmística dos equipamentos.

Com a implementação do projeto piloto nas áreas de serviço pretende-se atuar em diversas componentes, nomeadamente no consumo energético e conseqüente redução de custos. A diminuição do consumo energético é passível através da intervenção pontual em alguns componentes do sistema de refrigeração, como a substituição de compressores mais eficientes, a otimização do sistema de iluminação, a substituição da iluminação existente por soluções *Light Emitting Diode* (LED) mais economizadores e/ou com o controlo do seu

regime de funcionamento nas zonas menos frequentadas (exemplo do armazém e casas de banho), e ainda, com o controlo do regime de funcionamento dos equipamentos de frio instalados na área de serviço.

Se a temperatura dos equipamentos de frio for desadequada podemos ter problemas constantes nestes locais. A agravar esta situação, se os funcionários destes locais só detetarem o problema quando o equipamento de frio já está a produzir muito gelo, reduzindo o espaço para o armazenamento de um determinado artigo ou quando os artigos armazenados não se encontram num estado físico adequado podem ocorrer perdas avultadas. Estas situações podem ter diversas causas como a avaria de um componente interveniente no ciclo de refrigeração, má definição dos *setpoints* de temperatura consoante as características de conservação de cada alimento. Todas estas causas implicam que o equipamento de frio consuma mais energia para atingir as temperaturas parametrizadas sem qualquer necessidade.

Com a implementação de um sistema de controlo e monitorização é possível ajustar o *setpoint* de temperatura consoante o produto armazenado em cada equipamento e de acordo com as temperaturas interiores e exteriores do ciclo de refrigeração, como se pode verificar na Figura 37. Também permite a implementação de um sistema de alarmística obtendo uma gestão eficiente de alarmes com a notificação via email ou SMS para determinados colaboradores ou técnicos associados a cada área de serviço. Esta notificação e consequente assistência rápida permitem que os produtos não entrem num estado de deterioração e, ainda, garante a qualidade dos produtos de acordo com os regulamentos de HACCP. Esta gestão otimizada tem um impacto significativo na redução de custos da área de serviço.



**Figura 37 – Consumo energético de dois equipamentos de frio consoante as temperaturas interiores e exteriores registadas ao longo de um ano**

### 3.6. MELHORIAS AO SISTEMA DE MONITORIZAÇÃO ADOTADO NO PROJETO

Este subcapítulo tem por base a identificação de medidas de melhoria do sistema de monitorização de equipamentos de frio devido às lacunas detetadas na utilização do equipamento de monitorização e controlo *XWEB*.

Recorrendo à metodologia de investigação-ação enunciada no ponto 1.3 desta dissertação, após a verificação e validação dos objetivos deste trabalho inicialmente impostos, verificou-se que estes não se encontravam em completa concordância. Assim, e como refere a metodologia orientadora em uso, foi necessário colmatar os problemas identificados e estipular uma nova metodologia de ação. Esta nova metodologia assenta no diagrama de otimização do projeto implementado enunciado na Figura 38. Para esta otimização é feita a identificação das lacunas identificadas ao longo da estruturação do projeto de implementação, a definição das etapas do projeto a desenvolver e o desenvolvimento da ferramenta de otimização por forma a colmatar as fases anteriores. Por fim, é testada e avaliada a ferramenta desenvolvida e é analisada a conformidade dos objetivos iniciais. Estas duas últimas fases serão apenas mencionadas no capítulo 4 desta dissertação através da aplicação num caso de estudo.

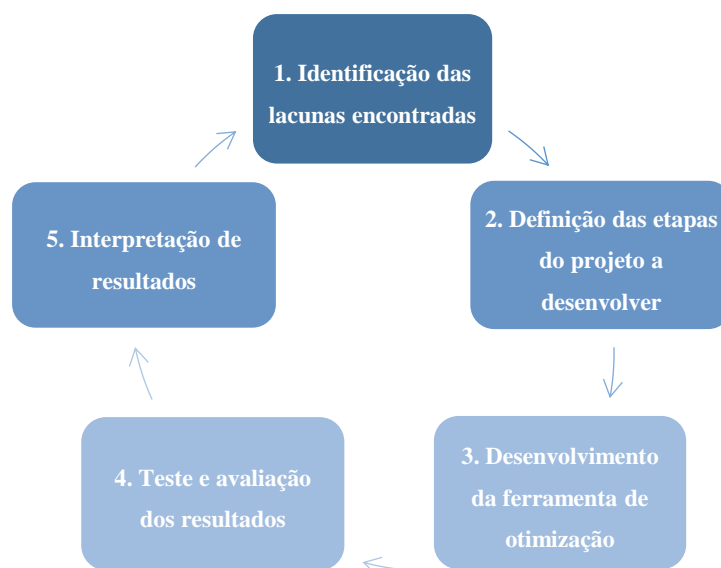


Figura 38 – Diagrama da otimização do projeto implementado

#### 3.6.1. IDENTIFICAÇÃO DAS LACUNAS ENCONTRADAS

Após a estruturação e implementação do sistema de monitorização de equipamentos de frio, surgiu a necessidade de otimizar a metodologia implementada devido à deteção de falhas

existentes. Estas falhas são provenientes das lacunas impostas pelo equipamento de monitorização e controlo em estudo (*XWEB*) apesar da grande diversidade de características de funcionamento.

Com a utilização do equipamento de monitorização em estudo detetou-se pontos em falta na medida de otimização dos consumos energéticos e falta de informação na resolução de alarmes.

A metodologia inicial de implementação de equipamentos de frio foi assente na otimização de consumos energéticos, no entanto, não se constatarem grandes alterações e a informação recolhida pelo equipamento de monitorização torna-se confusa e pouco intuitiva para o utilizador final.

No caso da alarmística do sistema de monitorização, o sistema implementado apenas sinaliza o estado do alarme e notifica por email e SMS a lista de utilizadores configurados mediante uma ordem de prioridade. A notificação do alarme informa o equipamento que está em alarme, o motivo e a duração do mesmo, como pode ser visualizado na Figura 39 .

Se existirem problemas com a forma como esta mensagem é apresentada, clique aqui para vê-la num browser.

Device	Model	Alarm name	Started	Ended	Term.
RS1-003 Frigorífico	XR60CX	Open Door	04/04/2019 15:01	ACTIVE	

**RS1-003 Frigorífico**

Alarms					
EEPROM Failure: Off	Error Pb2: Off	Low Value Pb2: Off	Low Value Pb1: Off	Error Pb1: Off	Open Door: <b>On</b>
High Value Pb2: Off	High Value Pb1: Off	No-Link: Off			
Set Points					
SetPoint: 4.00 °C					
Analogics					
Temperatura Interior: 3.70 °C	Probe 2: 0.00 °C	SetPoint R: 4.00 °C	Probe R: 3.70 °C		
Digital Inputs					
Generic Digital Input: On					
Digital Outputs					
Ventilação: On	Arrefecimento: Off	Descongelação: Off			

Figura 39 – Formato de email exemplificativa resultante da notificação de alarme

### 3.6.2. DEFINIÇÃO DAS ETAPAS DO PROJETO A DESENVOLVER

De forma a resolver a identificação dos problemas encontrados no ponto 0, desenvolveu-se uma ferramenta de melhoria baseada na metodologia de investigação-ação. Esta ferramenta

tem o intuito de otimização do consumo de energia nas áreas de serviço, melhorar a alarmísticas na medida de conceder mais informação com base em *troubleshooting*, conceder informação gráfica intuitiva, e ainda, na verificação e aconselhamento do melhor tarifário de energia.

A metodologia do plano de ação tem como desenvolvimento de uma ferramenta, em Excel, que integre e interaja com os dados obtidos pela *XWEB*. Um dos pressupostos da ferramenta desenvolvida consiste no ajuste do *setpoint* de temperatura dinâmico de modo obter um decréscimo do consumo de energia. Este pressuposto tem por base o ajuste do *setpoint* de temperatura mediante diversos fatores como a temperatura da instalação, o horário de funcionamento de cada instalação, estação do ano, a tipologia do alimento armazenado e a frequência da abertura das portas das unidades frigoríficas.

Outro pressuposto em que este plano se assenta é a análise energética que reúne toda a informação relativa a consumos de energia em diferentes períodos temporais - diários, semanais e mensais -, inclui informação estatística relativas a consumos e poupança energética e, ainda abrange o cálculo da pegada de carbono. Este conjunto de informação são relevantes para saber qual o panorama energético de qualquer instalação de equipamentos de frio.

A ferramenta desenvolvida colmata ainda as falhas identificadas ao nível da alarmística através de uma opção que procede ao envio de um conjunto de possíveis causas e possíveis soluções do alarme detetado. Com isto, a ação de resolução por parte do utilizador torna-se mais simplificada e otimizada relativa ao correto funcionamento dos equipamentos de frio da instalação.

De forma a tornar a aplicação mais intuitiva e mais completa é incluída uma opção de verificação e aconselhamento do tarifário de energia. Esta opção baseia-se nos consumos energéticos e o tarifário atual de uma determinada instalação e compara-os com uma base de dados de tarifário energéticos. O resultado obtido é indicado ao utilizador via email com um relatório detalhado desta comparação.

### **3.6.3. DESENVOLVIMENTO DA FERRAMENTA DE OTIMIZAÇÃO**

A ferramenta desenvolvida tem o intuito de colmatar as dificuldades encontradas e o aumento da eficiência energética de uma instalação de frio. Para tal foi desenvolvida uma

ferramenta em Excel com auxílio da *Application Programming Interface* (API) da *XWEB* que integrada com o software do equipamento de monitorização e controlo em uso otimizando o seu funcionamento e a demonstração de resultados.

A API é uma interface que faz a interligação entre diferentes aplicações ou sistemas com diferentes linguagens de programação de forma rápida e com segurança. Por outras palavras, a API é responsável pela comunicação entre a ferramenta desenvolvida e o software do equipamento de monitorização e controlo, interligado aos equipamentos de medição e registo, como se pode verificar na Figura 40.

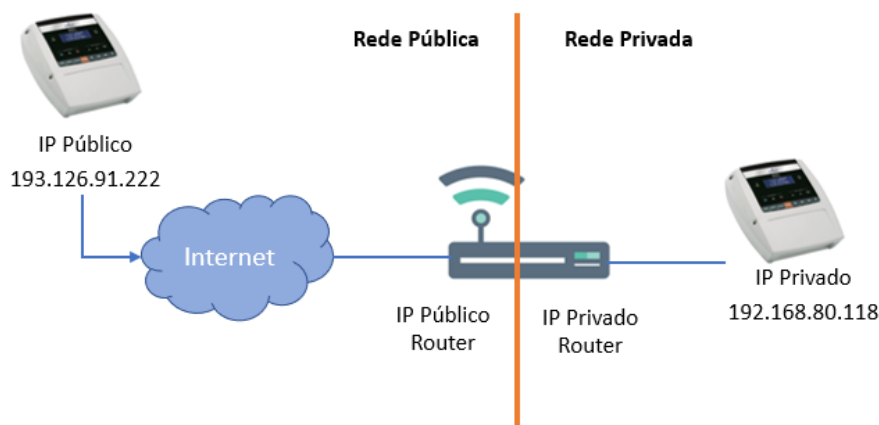
Esta interface tem a capacidade de agregar um conjunto de funções e rotinas de programação definidos por um software e possibilita o uso das funcionalidades das diversas aplicações para integrar com outros serviços, sem ter a necessidade de envolver procedimentos de implementação muito complexos. A API base utilizada, foi fornecida pelo fornecedor do equipamento de monitorização e controlo de modo a poder desenvolver uma ferramenta de otimização. A informação fornecida encontra-se no Anexo B.



**Figura 40 – Diagrama de comunicação entre os diversos níveis intervenientes num sistema de monitorização e controlo**

De modo a ter-se acesso em qualquer local, sem ser necessário acesso à rede local da *XWEB*, é necessário configurar o equipamento em causa com um IP público. Este tipo de configuração permite aceder ao *XWEB* diretamente de qualquer dispositivo com conexão à Internet sem a necessidade de instalação de qualquer software adicional. A conexão do equipamento à Internet, é realizada através do router da instalação e de um "endereço IP

público e estático", fornecido pelo *Internet Service Provider (ISP)*. Esta configuração é efectuada utilizando o protocolo de comunicação HTTP, através da camada de aplicação do modelo OSI, com a porta 80 da rede da instalação. A configuração enunciada acima é exemplificada com auxílio da Figura 41.



**Figura 41 – Diagrama de configuração da rede do equipamento de monitorização e controlo**

Este tipo de configuração permite não só aceder ao sistema de monitorização e controlo implementado na área de serviço, mas também aceder à ferramenta a desenvolver de qualquer local sem ter acesso à rede local do equipamento.

A implementação da ferramenta desenvolvida está assente na otimização do consumo energético, na análise energética, na alarmística do sistema e na verificação e aconselhamento do tarifário de energia. De seguida, serão abordados cada um dos pontos anteriormente referidos:

#### **a) Alarmística**

Uma das dificuldades detetadas durante o projeto foi a deficiente resposta e ágil resolução da notificação de alarmes recebida pelos funcionários da instalação (primeiro nível de notificação) e pelos responsáveis pela manutenção (segundo nível de manutenção). Como tal, pretende-se colmatar esta dificuldade apresentando para tipo de alarme notificado no sistema de monitorização e controlo um conjunto de causas e possíveis soluções de resolução da alarmística do sistema.

De forma a colmatar as falhas descritas anteriormente, através da ferramenta em Excel, foi contruída uma opção que contém informação que ajuda a identificação da causa da

notificação de alarme recebida e posteriormente um conjunto de possíveis soluções a implementar. Esta opção foi desenvolvida com o intuito de facilitar e acelerar o processo de identificação da causa através do problema identificado pelo sistema de monitorização.

Para o seu desenvolvimento foram analisados todos os possíveis alarmes que o sistema de monitorização podia detetar. Verificou-se que os alarmes dependiam da tipologia do controlador digital, associados a parâmetros de controlo. Por exemplo, como visível na Tabela 8, os controladores digitais com funcionalidade de gestão de congelação e ventilação através de relés têm o controlo de inúmeras grandezas físicas, como a temperatura, o estado de abertura da porta do equipamento, o estado de funcionamento do equipamento, entre outras grandezas associadas. Nestes casos, os alarmes que são notificados estão associados aos parâmetros lidos e controlados pelo equipamento de controlo. Por outro lado, os módulos de aquisição de dados apenas controlam parâmetros associados às sondas ou relés que lhe forem integrados, como: temperaturas através de sondas de temperatura; humidade com o auxílio de sondas de humidade; estado da porta do equipamento através de relés.

**Tabela 8 – Tipologia de alarmes**

<b>Equipamento de controlo</b>	<b>Parâmetros/Grandezas a controlar</b>	<b>Tipologia de Alarmes</b>
Controlador Digital	Temperatura, descongelação, condensação, interruptor de porta, início de descongelação, interruptor de pressão, economização de energia, ventilação, iluminação	Erro da sonda; Valor máximo da sonda; Valor mínimo da sonda; Porta aberta; Equipamento sem ligação; Falha da memória EEPROM do equipamento
Módulos de aquisição de dados	Temperatura	Erro da sonda; Valor máximo da sonda; Valor mínimo da sonda
Sensores	Existência de gás, Deteção de movimento;	Deteção de movimento; Gás detetado; Falha do sensor;

Dependendo da tipologia de alarmes que é possível notificar ao utilizador, foi reunido um conjunto de causas que poderiam motivar o alarme detetado e posteriormente um conjunto de soluções a implementar de forma a solucioná-los. As diversas opções apresentadas na ferramenta foram conjugadas com base na literatura estudada e com o apoio de ferramentas

de marcas concorrentes já implementadas no mercado. Esta informação encontra-se listada no Anexo C.

A ferramenta recebe informação da alarmística do sistema de monitorização através da contante comunicação entre a ferramenta desenvolvida e a interface da *XWEB* com auxílio da API do sistema. No caso de não haver alarmes ativos, a ferramenta apresenta apenas a informação relativa à não existência de alarmes ativos.

No entanto, no caso de o sistema de monitorização detetar um alarme, o utilizador da ferramenta pode consultar as possíveis causas e propostas de resoluções que deve implementar através do botão “Atualizar Alarmes”, como pode visualizar na Tabela 9.

**Tabela 9 – Informação da alarmística visualizada na ferramenta de otimização**

<b>Lista de alarmes</b>	<b>Sintoma</b>	<b>Causa</b>	<b>Proposta de Resolução</b>
Open Door	Porta aberta	A porta do seu equipamento encontra-se aberta; Duração de porta aberta superior ao tempo de atraso configurado;	Verifique o estado da porta do equipamento. Verifique os parâmetros de porta aberta presentes no controlador em causa.

De forma a complementar a ferramenta desenvolvida, através da funcionalidade criada para o efeito denominada “Equipamentos”, é possível obter informação relativa aos equipamentos de frio existentes na loja. Esta funcionalidade fornece as características técnicas de cada equipamento existente, a sua localização na loja (interior ou exterior), a tipologia do produto armazenado e respetiva gama de temperaturas recomendada. É, ainda possível, visualizar a temperatura ambiente do interior e do exterior da área de serviço de modo a perceber a relação do funcionamento do equipamento de frio com a temperatura da instalação. Esta informação é obtida através de uma base de dados fornecida pelo fabricante do equipamento e dos regulamentos da qualidade dos produtos alimentares.

Com base na aba “Consumo Energético da Loja” e com auxílio dos gráficos presentes na Figura 42, é possível consultar a comparação do consumo teórico (à esquerda) e o consumo real (à direita) da instalação em análise. O consumo teórico é obtido através de uma análise estatística das diversas componentes intervenientes onde a energia elétrica é a base do seu funcionamento como: equipamentos de frio (representado a azul), iluminação (apresentado a laranja) e outros equipamentos de menor dimensão como o ar condicionado e o

automatismo de abertura das portas da área comercial (evidenciado a cinzento). De acordo com os dados bibliográficos procedeu-se a uma análise estatística com base no consumo teórico dos equipamentos e o número de horas de funcionamento. O consumo real é obtido através dos dados registados pelos analisadores de energia instalados em cada equipamento de frio e no quadro geral da instalação a monitorizar. Nesta funcionalidade, além da distribuição percentual do consumo energético das diversas componentes é ainda possível ter a perceção do consumo total da instalação. Neste caso particular, a ferramenta de otimização indica que o consumo teórico total é cerca de 296 kWh/ano e o consumo real total ronda os 265 kWh/ano.

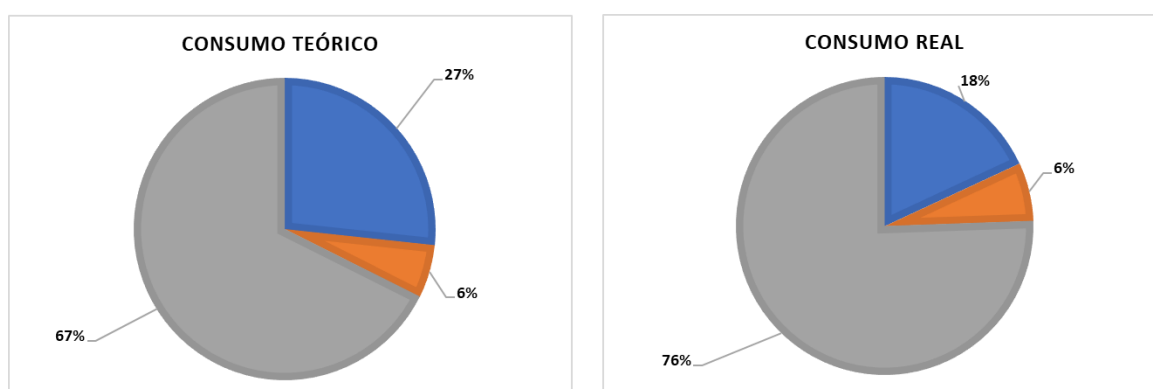


Figura 42 – Comparação do consumo teórico e real da instalação a monitorizar

### b) Otimização do consumo energético

A otimização do consumo energético tem por base o ajuste dinâmico do *setpoint* da temperatura dos móveis expositores presentes em cada área de serviço monitorizada e controlada pelo sistema em uso. Para esse ajuste, numa primeira fase, foi necessário relacionar a temperatura interior e exterior atual do equipamento de frio e a tipologia e temperatura recomendada para o artigo armazenado no interior do móvel. Posto isto, uma vez que a temperatura interior da loja não está relacionada com a estação do ano dado que as estações de serviço são climatizadas foi apenas tido em conta o horário de funcionamento do estabelecimento comercial e a frequência de abertura das portas (caso de aplicação). No caso de o móvel ter portas, é possível desenvolver uma metodologia que optimize o *setpoint* recomendado em determinados períodos de funcionamento do estabelecimento e assim alcançar uma redução do consumo energético do equipamento.

O ajuste do *setpoint* de temperatura segue a metodologia descrita no fluxograma apresentado na Figura 43, na qual, numa fase inicial, se verifica o equipamento a otimizar, lendo-se de

seguida o *setpoint* do equipamento. Posto isto, verifica-se se a loja se encontra aberta ou fechada e, caso a loja se encontre aberta, é definido como temperatura recomendada a média das gamas de valores ótimos para o armazenamento do produto em questão. Caso a loja se encontre fechada, define-se como temperatura recomendada o valor superior da gama de temperaturas recomendadas para o armazenamento do produto em questão.

É importante salientar que para esta metodologia de otimização assumiu-se que a temperatura interior da loja não está relacionada com a estação do ano uma vez que as estações de serviço são climatizadas. Caso não o fossem, de inverno sem abertura de portas a temperatura no interior do equipamento vai sofrer menor variação do que no verão pelo que o valor de temperatura definido para inverno com loja fechada pode ser maior.

Esta funcionalidade é estruturada através da seleção do equipamento no qual se pretende aplicar a gestão do *setpoint* dinâmico, pela correspondência da tipologia do produto armazenado no seu interior, pelo valor atual do *setpoint* de temperatura (atualizado ao minuto) e pelo *setpoint* recomendado conforme o algoritmo da Figura 43.

De forma complementar, esta funcionalidade possui a particularidade de informar os consumos energéticos reais por equipamento de frio. Através da seleção do equipamento de frio e da seleção do período horário desejado é possível visualizar o consumo energético pretendido. Estes dados são extraídos do sistema de monitorização instalado com auxílio das suas API's e podem ser visualizados mediante o período temporal selecionado: diário, semanal e mensal. De modo a complementar a informação gráfica apresentada, é evidenciado o dia de maior consumo, a temperatura para esse mesmo dia e a temperatura média para o período horário selecionável.

### **c) Análise energética**

A análise energética surge da necessidade de clarificar o panorama energético da instalação a monitorizar. Esta funcionalidade foi desenvolvida com o intuito de simplificar a apresentação da análise gráfica do paralelismo entre os consumos energéticos e as temperaturas registadas. Nesta secção, é possível visualizar a informação nos mesmos períodos temporais que os contidos no sistema de monitorização: últimas 24 horas, hoje, última semana, último mês, ontem. A obtenção destes dados surge da manipulação dos dados de diversos parâmetros como temperatura interior, *setpoint* do equipamento e o consumo energético registado pelo sistema de monitorização.

Através do desenvolvimento de um algoritmo de seleção dos parâmetros essenciais para a construção dos gráficos. É solicitado ao utilizador da ferramenta a seleção do equipamento de frio e o respetivo período temporal para os quais serão construídos os gráficos comparativos. Com a seleção efetuada, a ferramenta comunica através do protocolo em uso com o sistema de monitorização e controlo e carrega as variáveis solicitadas para a seleção feita pelo utilizador. Após esta interação, são apresentados os gráficos comparativos onde é feita a comparação entre o *setpoint* e a temperatura interior do equipamento de frio, o consumo energético e a temperatura interior e, ainda, o consumo energético e o *setpoint* do mesmo equipamento. Estes gráficos demonstram a progressão comparativa de duas variáveis em simultâneo.

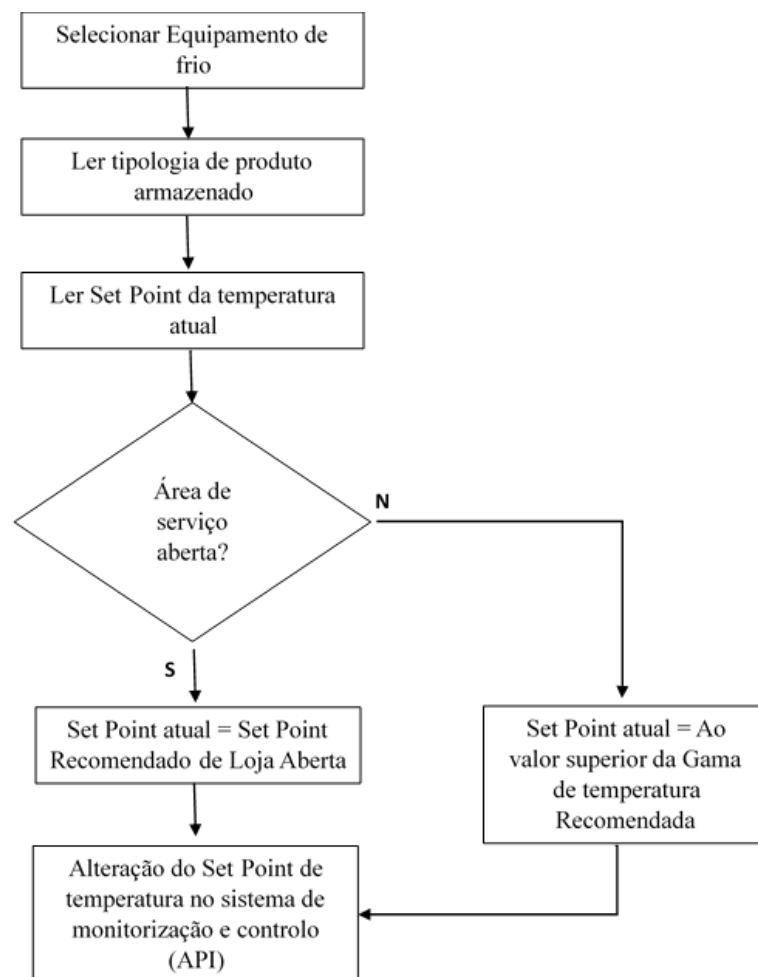
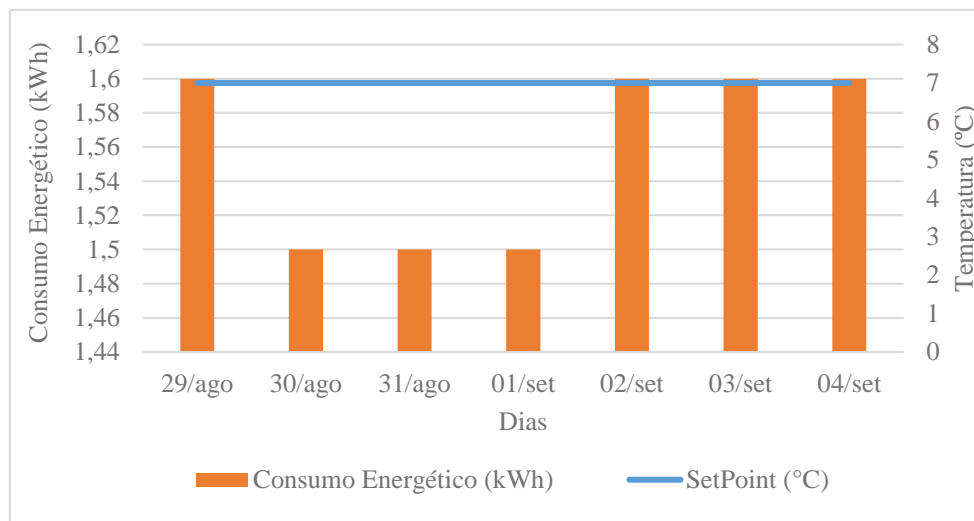


Figura 43 – Fluxograma de otimização do *setpoint* de temperatura de um equipamento de frio

Por exemplo, no caso de o utilizador selecionar o equipamento “Móvel Vertical Fechado” com o período temporal de “semanal”, é possível observar os gráficos correspondentes e proceder a diversas análises. Assim, é possível ao utilizador observar o comportamento das variações registadas, constatar eventuais problemas da instalação e, ainda, se for necessário, agir em conformidade com os picos de consumo energético apresentados. No gráfico “Consumo vs *SetPoint*”, da Figura 44, verifica-se que ao longo da semana em análise, com o mesmo valor de *setpoint*, verifica-se que o consumo energético em 4 dos dias desse período é superior aos restantes. Com a análise desta evidência, é possível avaliá-la de forma a perceber qual a causa desta diferença. Esta variação pode ter por base anomalias do sistema de frio ou depender da frequência de utilização do equipamento que podem ser corrigidas pela equipa de manutenção da instalação ou através da aplicação de medidas de otimização referentes à utilização dos equipamentos.



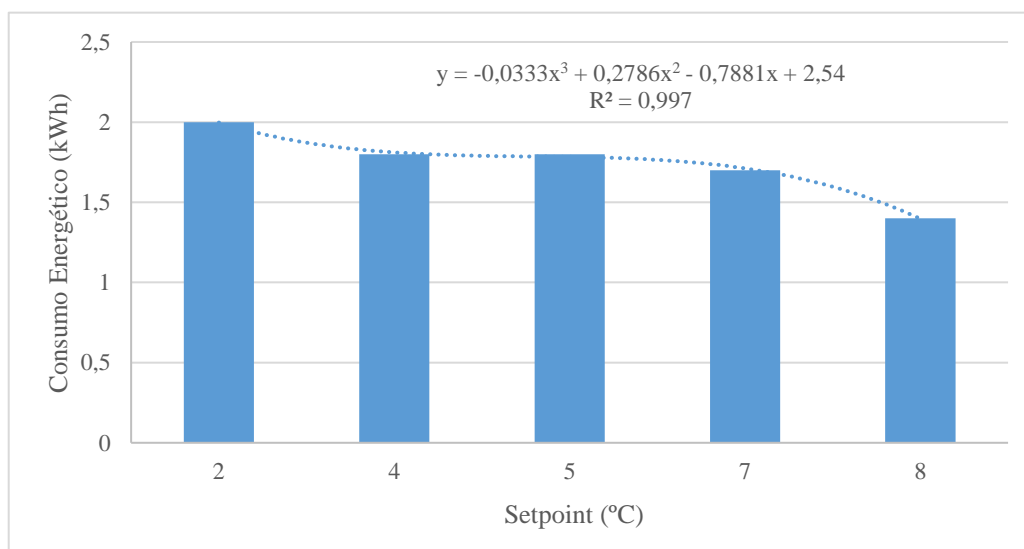
**Figura 44 – Consumo energético vs *Setpoint* presente na aba “Análise” da ferramenta de otimização**

Nesta mesma componente, é possível ter acesso à elaboração de previsões relativas a consumos e poupanças energéticas associadas à otimização do *setpoint* de temperatura dos equipamentos de frio. Para o algoritmo de previsões foram efetuadas medições horarias para cinco *setpoints* diferentes (2°C, 4°C, 5°C, 7°C, 8°C) ao longo de cinco dias consecutivos, tendo sido efetuado uma regressão polinomial - representada na Figura 45 - com vista à obtenção do algoritmo para o melhor coeficiente de correlação. Este modelo é, no entanto, um modelo simplista, uma vez que, não foi considerada a influência da temperatura exterior no consumo energético do equipamento.

#### d) Verificação e aconselhamento do tarifário de energia

A verificação e aconselhamento do tarifário de energia é uma funcionalidade que pretende, como a própria nomenclatura indica, aconselhar e verificar se o estabelecimento comercial possui o tarifário de energia mais indicado para o consumo registado.

Esta funcionalidade é baseada num simulador de comparação de comercializadoras de energia. O simulador tem por base a comparação de sete comercializadoras orientadas no mercado liberalizado - EDP Comercial, Alfa Energia, Energia Simples, Gold Energia, Iberdrola, Endesa e Galp Energia – e, ainda, a comercializadora com mais impacto ao nível do mercado regulado - EDP Universal. Este simulador tem como objetivo principal informar um atual ou futuro cliente consumidor de eletricidade até a um valor máximo de potência contratada de 20,7KVA em baixa tensão. Esta opção orienta o cliente da melhor oferta mediante as informações conhecidas pelo cliente. Assim, a ferramenta foi desenvolvida com base no conhecimento por parte do cliente dos dados da sua fatura ou mesmo na ausência do mesmo. Esta diferencia é escolhida pelo utilizador através da seleção da resposta “Sim” ou “Não” à questão colocada “Possui os dados da sua fatura” presente na secção “Simulador Tarifário” da ferramenta.



**Figura 45 – Regressão polinomial usada na previsão do consumo energético**

Caso este conheça os dados da sua fatura, o utilizador introduz os seguintes dados: potência contratada, existência ou não de tarifário trifásico, tipo de tarifário - simples ou bi-horário - , o valor mensal da energia consumida de uma fatura existente e a estimativa da percentagem de consumo de energia consumida durante a noite.

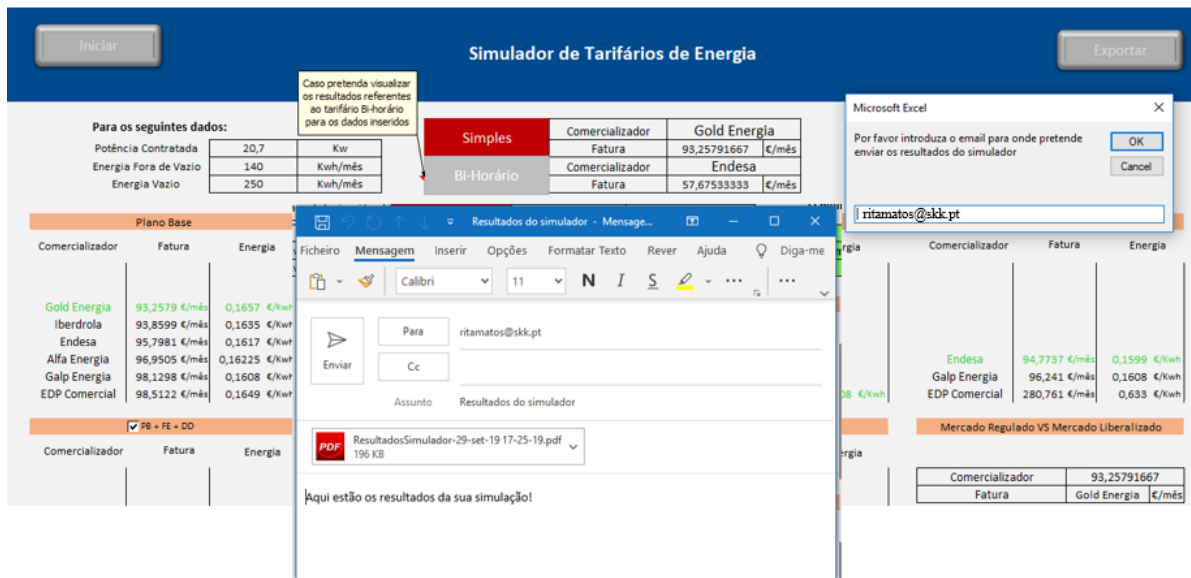
Caso não conheça o valor de potência contratada ou pretenda confirmar o valor da potência instalada no seu estabelecimento, o utilizador tem ao seu dispor um simulador de potência a contratar. O utilizador tem a sua disposição uma lista de equipamentos de frio constituintes de uma área de serviço convencional com a respetiva potência do equipamento, o número de horas de utilização do mesmo e ainda a quantidade. No caso de o utilizador pretender inserir informação de um equipamento de frio que não esteja contemplado, é disponibilizado um conjunto de campos para o efeito. Para melhor aconselhamento do tarifário (simples ou bi-horário) é questionada a percentagem estimada do consumo energético durante a noite.

O simulador de potência a contratar direciona os consumos energéticos registados pelo sistema de monitorização, quer de cada equipamento de frio, quer da totalidade da área comercial, e faz uma extrapolação dos mesmos para um determinado período temporal. Após a extrapolação dos dados, a ferramenta em uso indica a melhor potência a contratar pelo utilizador.

Após a inserção dos dados pelo utilizador, o simulador calcula o valor da fatura, incluindo as taxas adicionais e impostos, com base nos pressupostos do Anexo D, realiza a comparação com a base de dados das comercializadoras. A base de dados foi elaborada segundo os dados disponibilizados pela Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos (ERSE) atualizados a 20 de Fevereiro de 2018.

Concluída a fase de inserção de dados, o simulador devolve o melhor valor de fatura de energia correspondente ao melhor comercializador liberalizado referente aos dados obtidos e, ainda, uma comparação entre o mercado liberalizado e regulado. Os resultados obtidos podem ser visualizados pelo cliente através de um destaque principal ao nível superior da página de resultados. Na apresentação de resultados é possível escolher um conjunto de opções de pagamento e de forma de visualização de fatura indicando o melhor valor para essas mesmas opções.

Por fim, caso o utilizador pretenda consultar os resultados originados pela ferramenta em uso, este concede a possibilidade de exportar o relatório em formato pdf, via email, através do botão “Resultados”, exemplificado na Figura 46.



**Figura 46 – Simulador de tarifário – exportação de relatório via email**

A funcionalidade deste simulador de tarifário permite eventuais alterações por parte do utilizador através do botão “Anterior”.

De referir que no Anexo E, são apresentadas imagens exemplificativas de toda a ferramenta desenvolvida.



## 4. APLICAÇÃO A UM CASO DE ESTUDO

Na sequência do “Projeto de implementação de um sistema de monitorização” presente no capítulo 3, o capítulo 4 surge com o propósito de apresentar a aplicação do sistema de monitorização desenvolvido através de um caso de estudo criado na empresa onde foi levado a cabo este trabalho. Nesta secção pretende-se descrever o caso de estudo proposto e fazer o paralelo entre a implementação do sistema e o seu impacto. Com isto, e de forma a extrapolar o caso de estudo para uma área de serviço real, é possível determinar e promover a aplicação de medidas e ações que promovam a eficiência energética dos equipamentos de frio.

### 4.1. DESCRIÇÃO DO CASO DE ESTUDO

O sistema de monitorização foi apresentado em formato de projeto piloto a uma das mais importantes empresas portuguesas no setor da energia. Embora não tenha sido possível levar a cabo o projeto de implementação de acordo com o previsto, esta sistema foi aplicado na empresa de acolhimento. Esta aplicação foi instituída nas instalações da empresa tendo por base de comparação os equipamentos existentes numa área de serviço, o tipo de controlo, as temperaturas registadas e a utilização dos equipamentos. De notar que o local de implementação do caso de estudo tem algumas limitações comparativamente para o qual foi

projetado nomeadamente no número de equipamentos de frio existentes e a frequência de utilização dos mesmos.

O caso de estudo foi desenvolvido à semelhança de uma área de serviço com vista à monitorização e controlo da temperatura, gás refrigerante e o funcionamento de um equipamento de frio, tendo por base o consumo energético da instalação. À semelhança de uma instalação de área de serviço, as instalações da empresa não possuem qualquer monitorização ou controlo integrado, isto é, os equipamentos de frio têm o seu controlo independente não existindo uma gestão eficaz das temperaturas dos mesmos.

Numa primeira fase, e conforme o projeto de implementação desenvolvido, foi feito o levantamento das potenciais áreas e equipamentos a controlar, como se pode visualizar na Tabela 10.

**Tabela 10 – Levantamento das necessidades das áreas a controlar**

<b>Área</b> <b>Controlo</b>	<b>Copa</b>	<b>Sala de reuniões</b>	<b>Armazém</b>	<b>Instalação total</b>
Equipamento de Frio	•			
Temperatura	•	•		
Deteção de gás			•	
Porta Aberta	•			
Consumo Energético	•			•

A copa é constituída por um expositor vertical de frio positivo com porta envidraçada (semelhante ao descrito no ponto 2.3.2-b)), destinado à conservação de bebidas, iogurtes e snacks dos colaboradores. Nesta divisão é possível controlar todos os parâmetros do equipamento de frio, particularmente a temperatura, a utilização do equipamento pela monitorização da porta do equipamento e o seu consumo energético. Este equipamento é a essência do estudo desta dissertação devido ao facto de ser o elemento mais semelhante aos existentes nas áreas de serviço.

De acordo com o produto armazenado, a gama de temperatura de armazenamento deve ser adequada e controlada de forma a não haver deterioração dos produtos. Este equipamento

de frio está constantemente ligado e em funcionamento, tendo uma utilização mais frequente no período semanal, de segunda-feira a sexta-feira, período de laboração da empresa. Este equipamento tem temperatura de funcionamento prevista de 0°C a 8°C e consumo teórico de 2,63kWh/24hr, como se pode verificar na ficha técnica do equipamento presente no Anexo E.

Nas restantes áreas da empresa, incluídas neste caso de estudo, não há qualquer controlo ao nível da temperatura. Como boa prática, o projeto de implementação deve ser adequado à instalação em causa e não deve ficar restrito ao projetado. Dado a área de atividade das instalações do projeto, existe um local de manipulação de gás refrigerante e, como tal, foi tido como boa prática a inclusão desta zona no plano de monitorização e controlo devido à importância de deteção de uma possível fuga de gás.

Para a implementação do sistema de monitorização e controlo, foram tidas em conta as seguintes etapas:

#### **a) Seleção do modelo do equipamento de monitorização e controlo**

A gama de equipamentos de monitorização e controlo é constituída por diversos modelos dependente do número de equipamentos que é necessário controlar e respetivas funcionalidades que são pretendidas controlar e monitorizar. Assim, a seleção do equipamento de monitorização e controlo depende do número de equipamentos que se pretende incluir na monitorização de cada instalação.

Na instalação em estudo, pretende-se controlar 4 áreas, contabilizando cerca de 5 equipamentos. A seleção do equipamento mais adequado e, tendo em conta a área de aplicação onde o sistema de monitorização irá ser instalado bem como as funcionalidades pretendidas, o equipamento mais aconselhado é o modelo *XWEB 300D EVO* com controlo de 6 a 18 dispositivos. No entanto, por uma questão comercial, o equipamento selecionado para esta instalação foi o modelo *XWEB 500 EVO* que permite a monitorização e controlo mais abrangente e é aconselhado par a instalação em estações de serviço, lojas de conveniência, restaurantes e hotelaria. Este equipamento apesar de estar sobredimensionado para o caso de estudo em causa, permite um posterior alargamento do sistema em análise sem ser necessário substituir o equipamento principal. O equipamento selecionado - referência 5K000 - controla até um máximo de 100 equipamentos e é o único equipamento da gama *XWEB* com um pequeno display que permite a consulta de parâmetros como

temperaturas atuais e registo de alarmes no próprio equipamento, através de uma ligação IP de um *browser*.

Este equipamento é interligado aos dispositivos auxiliares do sistema, descritos no ponto seguinte, por ligação por cabo RS485. Esta ligação está assente no protocolo de comunicação Modbus, onde cada dispositivo de controlo é constituído por um endereço distinto e independente, de forma a instituir o modelo de comunicação do tipo cliente-servidor, como referido na secção 2.6.3.

#### **b) Seleção dos dispositivos complementares do sistema de monitorização e controlo**

De forma a controlar a temperatura e abertura da porta do equipamento de frio, foi utilizado um controlador de digital com descongelação e controlo da ventilação do mesmo. Este controlador - modelo XR60CX – é um termostato digital para aplicações ventiladas em refrigeração de média e baixa temperatura de encastrar no móvel de frio, equivalente ao enunciado na Figura 34.

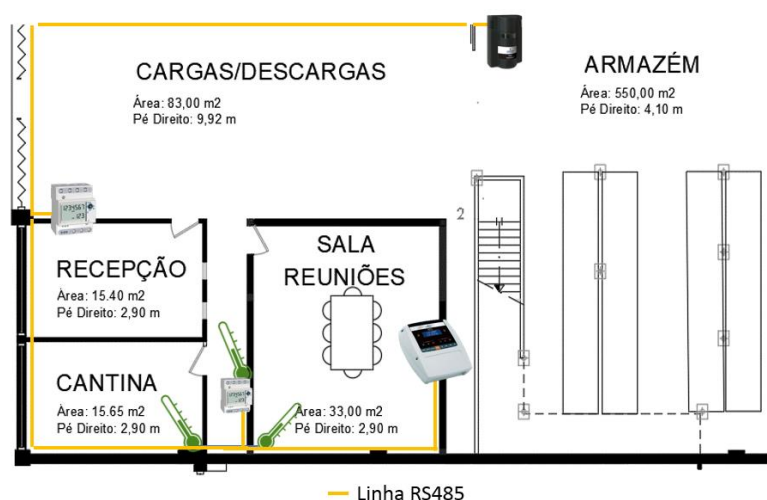
A monitorização da temperatura da copa e da sala de reuniões foi usado um módulo de aquisição de dados auxiliado por 2 sondas de temperatura (uma para cada área). O módulo selecionado - modelo XJP60D - é responsável pela conversão dos valores registados pelas sondas. As sondas selecionadas são sondas do tipo NTC devido às características técnicas já enunciadas e às suas características físicas que permitem o seu uso em aplicações de congelação e conservação graças à sua gama de temperatura.

A monitorização do consumo energético, quer do equipamento de frio, quer da instalação em geral, deve-se à instalação de analisadores de energia de acordo com as características de tensão de cada situação. Para a monitorização energética do equipamento de frio foi utilizado um analisador monofásico, enquanto que para a análise da instalação na sua totalidade teve de se optar por um modelo trifásico devido às características da instalação elétrica da mesma.

De forma complementar, e dado as características físicas e laborais da instalação foram incorporados sensores de deteção de fugas de gás refrigerante para 3 tipos de gás refrigerante presentes na área a controlar. Estes sensores têm a função de sinalizar a deteção de eventuais fugas de gás que são prejudiciais para a saúde humana.

### c) Configuração do sistema de monitorização e controlo – Hardware e Software

No seguimento da seleção do equipamento de monitorização e controlo e dos dispositivos de controlo complementares, foi necessária a determinação da localização dos mesmos pela instalação de modo a obter valores mais exatos e sem interferências. Esta localização, dado que não existe qualquer informação normativa, nem regulamentar acerca da localização dos dispositivos de controlo e respetivas sonda, foram distribuídos de acordo com o diagrama enunciado na Figura 47.



**Figura 47 – Diagrama de localização dos dispositivos de monitorização e controlo**

Ao nível do hardware, os dispositivos intervenientes na implementação deste projeto foram devidamente instalados de acordo com as informações descritas em cada ficha técnica e de instalação. Na sequência do procedimento de instalação da XWEB EVO, esta possui uma porta série RS485 à qual a linha dos dispositivos de controlo deve estar conectada, de acordo com a Figura 48. A maioria dos dispositivos intervenientes nesta instalação são fornecidos com saídas série RS485, para conectar ao equipamento de monitorização e controlo, sem a necessidade de um módulo externo ou de um cabo de conexão. No entanto, alguns dispositivos Dixell, como o dispositivo de gestão do equipamento de frio, não possuem saída RS485 diretamente, é necessária a aplicação de um pequeno conversor externo - XJ485.

A linha dos dispositivos de controlo e a respetiva ligação de todos os dispositivos intervenientes em toda a instalação encontram-se exemplificados no esquema elétrico do projeto de implementação deste caso de estudo, representado na Figura 49.



**Figura 48 – Diagrama de ligação do sistema de monitorização**

Ao nível do software, a rede de equipamentos a monitorizar foi configurada de acordo com o ponto 3.6.3 relativamente aos parâmetros de cada controlador foram ajustados os valores associados às temperaturas de controlo, intervalos de deteção de alarmes e respetivos endereços de ModBus.

#### **4.2. RESULTADOS DA MONITORIZAÇÃO E CONTROLO**

Após a configuração do sistema de monitorização e controlo, é possível através do endereço IP do equipamento aceder a toda a instalação e visualizar o estado da mesma ao nível da alarmística de cada controlador.

Com auxílio de um browser de internet, digitando na barra de pesquisa o IP do equipamento e as credências de acesso ao mesmo é possível visualizar um resumo da instalação como é visível na Figura 50. No caso de existir um alarme ativo, o equipamento em causa ficaria com a cor vermelha e seria enviado um alerta via email e/ou SMS de acordo com a configuração da alarmística do sistema.

Particularizando, o sistema permite visualizar cada dispositivo do sistema e avaliar o seu funcionamento. Como ilustrado na Figura 51, o equipamento de frio (configurado com o endereço 3 de ModBus), no dia 13/09/2019 às 16:35, regista 6.5°C no seu interior tendo como valor da temperatura de *setpoint* a 6°C. Além da informação apresentada é possível obter informação gráfica da variação da temperatura registada no equipamento de frio, mas também saber o estado das saídas de ventilação, descongelação e arrefecimento do controlador de acordo com o funcionamento do sistema de refrigeração enunciado no ponto 2.3.2-a). Nesta funcionalidade permite o envio de comandos para a unidade física e a alteração de parâmetros de funcionamento sem a necessidade de deslocar até à instalação e por sua vez ao equipamento de frio.

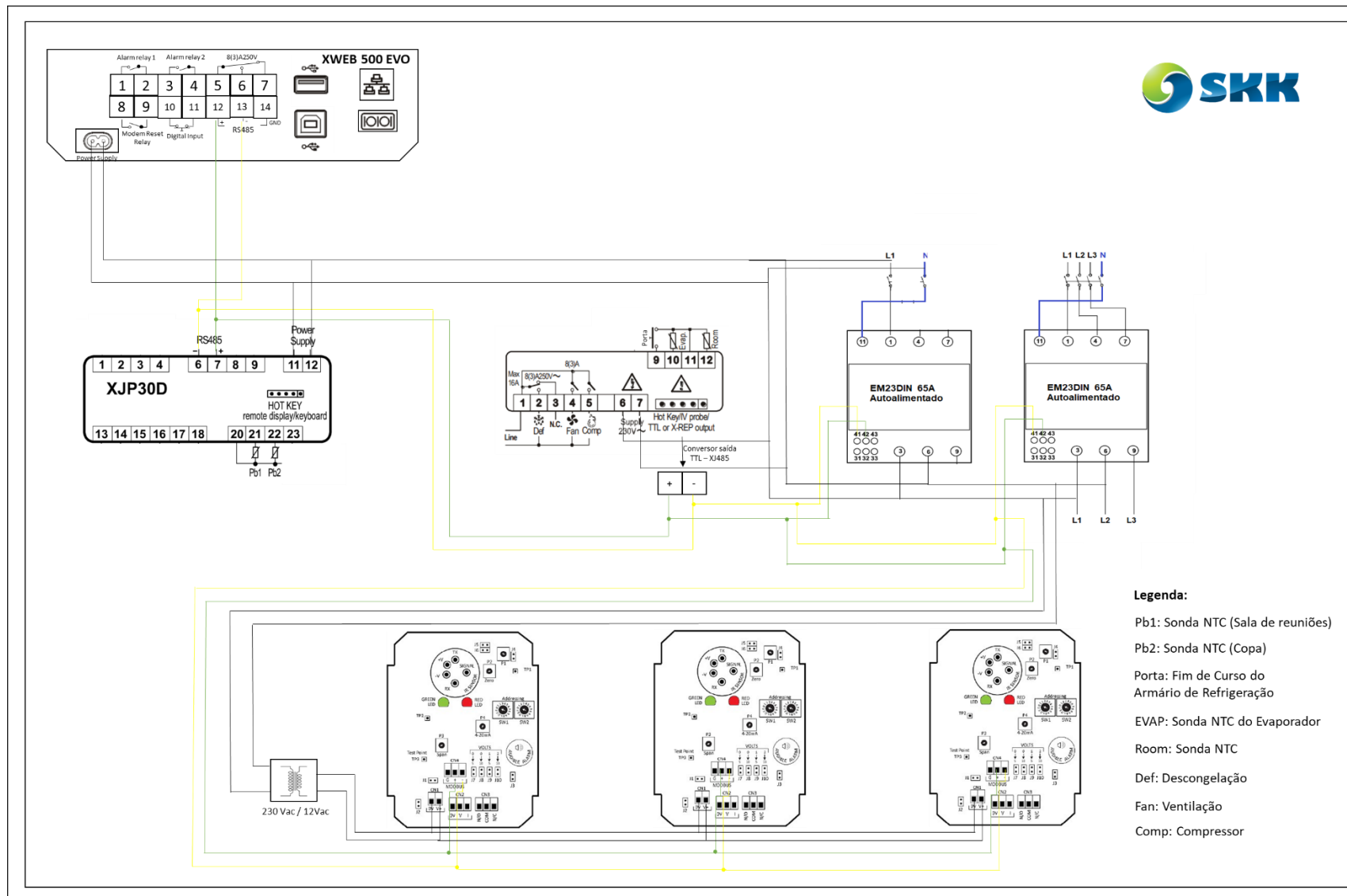
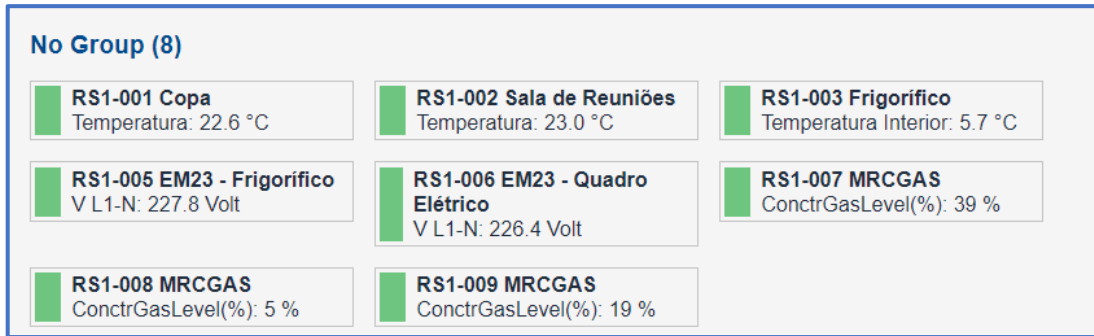


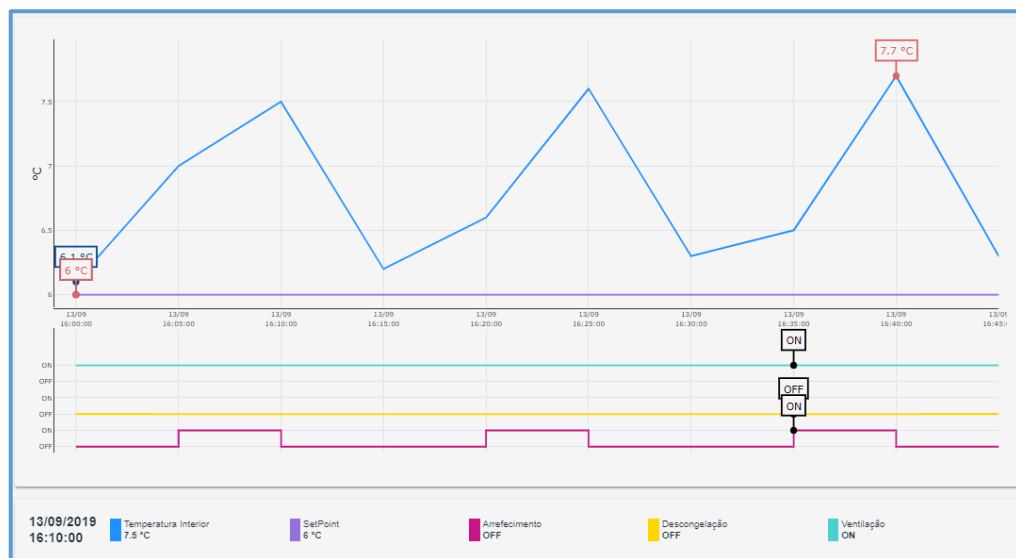
Figura 49 – Esquema elétrico da implementação do sistema de monitorização no caso de estudo



**Figura 50 – Estado da instalação do caso de estudo no dia 13/09/2019**

Através da funcionalidade “*Alarms Log*” é possível visualizar o registo dos alarmes registados pelo equipamento através de um período de tempo seleccionável pelo utilizador, perceber qual o equipamento em causa, o tipo de alarme, a sua duração e se ainda está ativo ou não.

Com o auxílio da funcionalidade “*Reports*” é possível exportar gráficos com as variáveis e períodos temporais que se pretenda, até mesmo relatórios de HACCP para controlo das temperaturas dos equipamentos de frio, segundo a norma EN 12830.

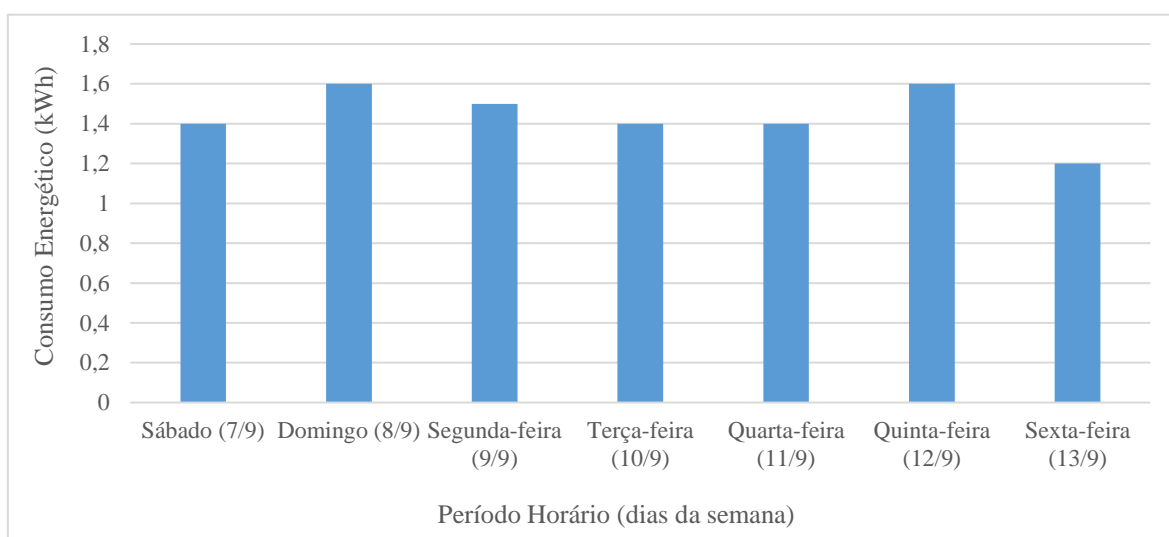


**Figura 51 – Detalhe do funcionamento do equipamento de frio no dia 13/09/2019**

Com recurso à funcionalidade “*Charts*” é possível construir gráficos com as diversas variáveis de todos os controladores do sistema de monitorização e controlo em estudo, com os períodos temporais mais adequados às situações que o utilizador desejar. Por exemplo é possível avaliar o comportamento e as variações de temperatura existentes no equipamento

de frio comparativamente com a temperatura ambiente do local onde está instalado na entidade de acolhimento.

Como visível na aba “*Consumptions Analyzer*”, é possível avaliar o consumo energético de um determinado equipamento, perceber quais as suas variações e os picos de consumo do equipamento, como visível na Figura 52. No período de tempo de 07/09/2019 a 13/09/2019, pode-se constatar que os dias de maior consumo (1,6kWh) foram 8 (*Sunday*) e 12 (*Thursday*) do mês em análise.



**Figura 52 – Consumo energético do equipamento de frio do caso de estudo no período de 07/09/2019 a 13/09/2019 obtido pelo equipamento de monitorização e controlo**

Por forma a testar a ferramenta desenvolvida e, tendo por base a instalação do caso de estudo em causa, optou-se por simular a instalação em particular como uma área de serviço. A área de serviço que se pretendeu simular foi a localizada na A.S. Matosinhos (IP4/A4) que se encontra em funcionamento 24 horas por dia, isto é, das 00h 00 minutos às 23h 59 minutos. A instalação em estudo é constituída por um equipamento de frio expositor que contém bebidas (refrigerantes, águas e bebidas alcoólicas) cuja temperatura ideal varia entre 0°C e os 8°C.

Partindo dos pressupostos enunciados acima para testar a ferramenta desenvolvida foi necessário ter conhecimento do IP do sistema de monitorização e controlo e das credenciais de acesso ao mesmo. A partir da página inicial, o utilizador tem acesso a uma ferramenta complementar ao sistema de monitorização e controlo existente de forma a poder otimizar e tomar decisões acerca do funcionamento da instalação. Tem o intuito de otimizar o *setpoint*

de temperatura dos equipamentos de frio, do seu consumo energético e de forma a complementar este estudo, um simulador tarifário de energia.

De seguida, de forma a colmatar a dificuldade da falta de informação na resolução de alarmes, esta ferramenta identifica a existência de alarmes ativos. No caso de não existirem alarmes ativos, é visualizada a mensagem correspondente “Não existem alarmes ativos”. Caso contrário, é mostrada uma tabela com a informação dos alarmes existentes no momento, o sintoma e causa associados e é evidenciada uma proposta de resolução do problema detetado pelo sistema de monitorização implementado.

Por exemplo, o sistema de monitorização detetou um alarme denominado “Open Door”, o utilizador recebe um SMS com informação relativa à tipologia do alarme, a data e hora da deteção do alarme, com a identificação do alarme e do respetivo equipamento. Também poderá receber um email com a mesma informação presente no SMS complementada com o valor das variáveis atuais do equipamento de frio. No entanto, em caso algum é sugerida a causa e possíveis resoluções a aplicar à ocorrência detetada. Com a ferramenta de otimização auxiliar é possível obter informação acerca do sintoma, da possível causa e uma lista de sugestões de resolução prováveis a aplicar a cada tipologia de alarme. Em conformidade com o previsto na Tabela 9 é possível visualizar que ao detetar o alarme denominado de “Open Door”, é evidenciado o facto da porta do equipamento se encontrar aberta como sintoma; Duração de porta aberta superior ao tempo de atraso configurado como causa; e sugerida duas possíveis resoluções: “Verifique que o estado da porta do equipamento. Verifique os parâmetros de porta aberta presentes no controlador em causa”. Desta forma, o utilizador pode intervir com os equipamentos em alerta e agir em conformidade com os mesmos, de acordo com as sugestões de resolução dadas.

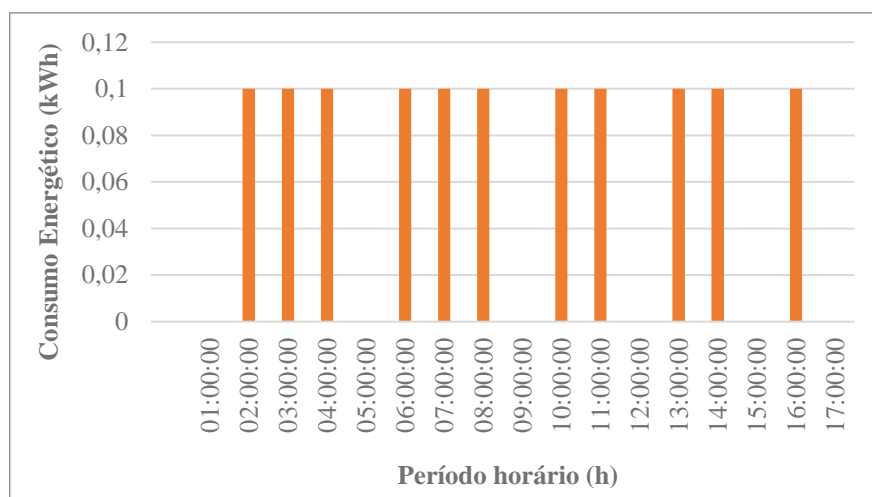
De seguida, é mostrado ao utilizador uma janela com as temperaturas interior (22,6°C) e exterior (23,4°C) da área envolvente do caso de estudo e, informações relativas ao equipamento selecionado tais como: tipo de produto armazenado, temperaturas admissíveis para o armazenamento, entre outras. Neste caso, iremos analisar o móvel vertical fechado cujo consumo teórico é de 200kWh e que armazena bebidas, como é exemplificado na Tabela 11.

**Tabela 11 – Informação do equipamento de frio obtida da ferramenta de otimização**

<b>Equipamento</b>	Móvel vertical fechado
<b>Produto armazenado</b>	Bebidas (refrigerantes, águas)
<b>Temperatura mínima do produto</b>	0,0°C
<b>Temperatura máxima do produto</b>	8,0°C
<b>Localização do equipamento</b>	Interior da área de serviço
<b>Consumo teórico anual</b>	959,95 kWh

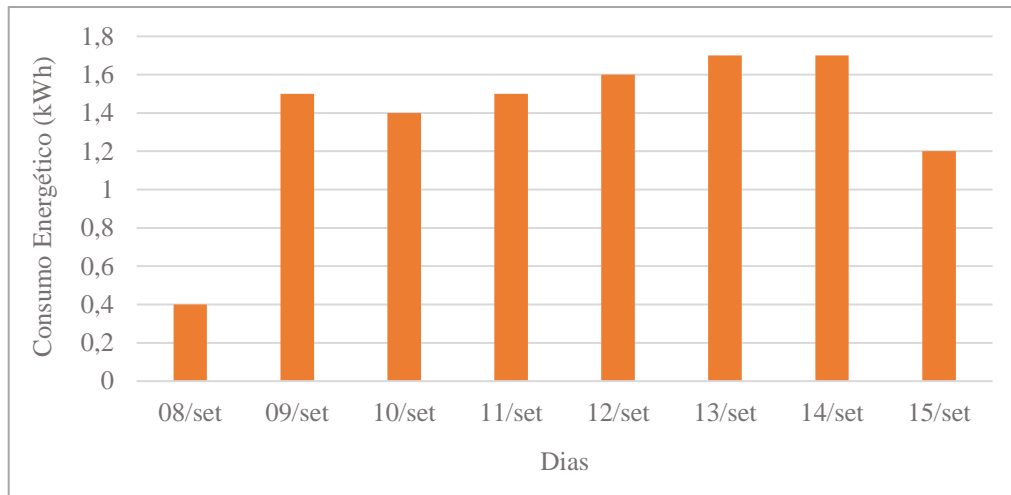
Uma vez que o equipamento acima mencionado ainda não se encontra com um *setpoint* otimizado, o consumo real do equipamento é de 654,4 kWh/anual para um *setpoint* de 6°C - temperatura a que o equipamento operava normalmente com bebidas.

Posto isto, analisou-se os consumos do equipamento para o *setpoint* atual do equipamento em causa, tendo-se obtido os perfis de consumo abaixo ilustrados. Para um perfil de consumo diário - Figura 53 -, verificou-se que a hora de maior consumo são as 07 horas uma vez que, no caso da instalação em simulação, é a hora em que se regista um maior número de utilizações do equipamento. Relativamente à temperatura média do dia em análise foi registado 5,7°C.



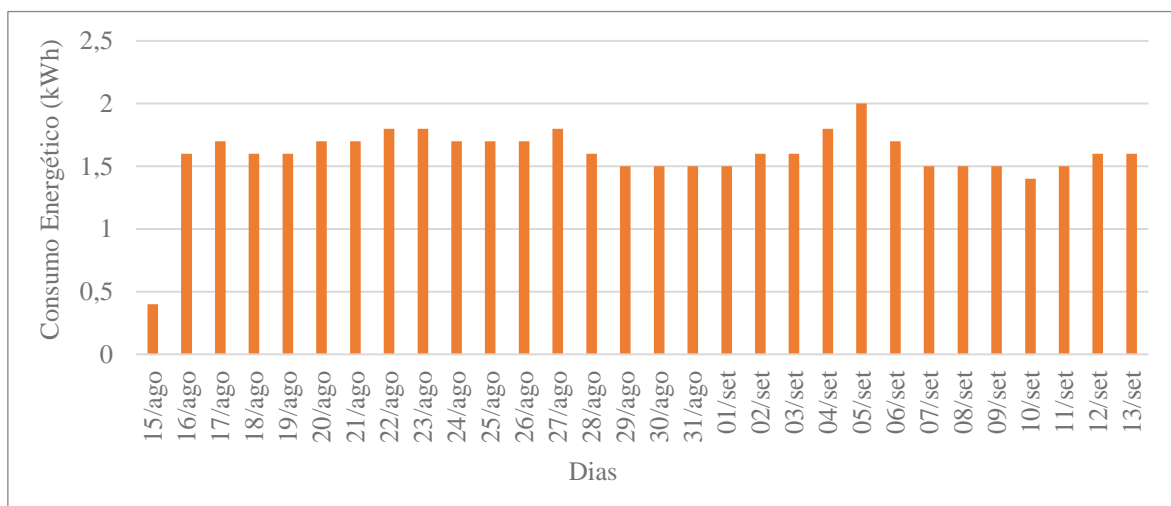
**Figura 53 – Consumo energético diário aplicado ao caso de estudo**

Para o perfil de consumo semanal - Figura 54 -, verificou-se uma variação evidente ao desse período. O dia de maior consumo foi o dia 13 de setembro de 2019 com registo médio de temperatura de 7,0°C. Uma vez que, foi sentida a maior temperatura interior da semana de 8,2°C.



**Figura 54 – Consumo energético semanal aplicado ao caso de estudo**

Por fim, verificou-se que para um perfil de consumo mensal relativamente contante, apenas com algumas variações, como exemplificado na Figura 55, o dia de maior consumo foi o dia 5 de setembro de 2019 em que se registou uma temperatura média de 3,2°C. Neste período em análise também é possível observar o valor de 6,9°C como temperatura média do mês.



**Figura 55 – Consumo energético mensal aplicado ao cenário**

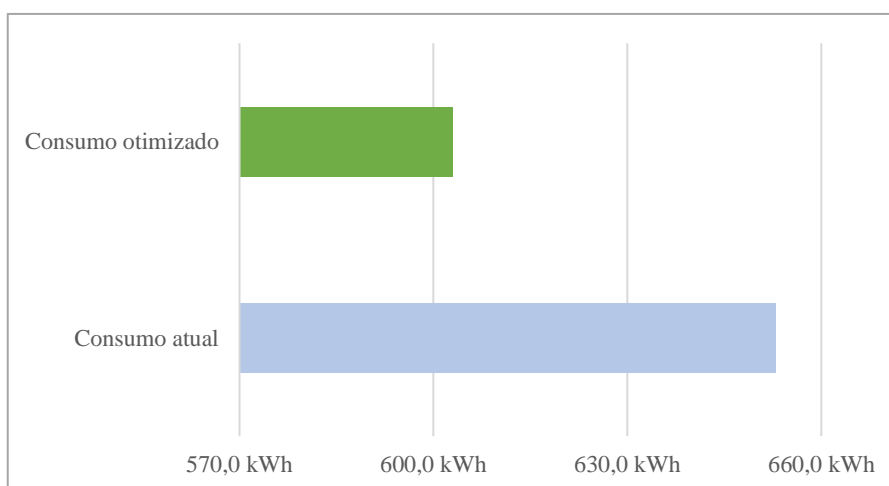
Através do algoritmo descrito no capítulo anterior e, de acordo com o produto armazenado no equipamento em análise (bebidas), a temperatura recomendada é de 4°C uma vez que esta

loja funciona 24h por dia (condição de loja aberta). Caso a loja encerre, o *setpoint* recomendado pelo algoritmo será superior. Posto isto, procedeu-se à alteração da temperatura do equipamento para a temperatura recomendada de acordo com a Tabela 12.

**Tabela 12 – Previsões obtidas através da ferramenta de otimização**

<b>Dados atuais</b>	Temperatura atual	4,0 °C
	Consumo anual com a temperatura atual	653,0 kWh
<b>Otimização do <i>setpoint</i> de temperatura</b>	Temperatura recomendada loja aberta	4,0 °C
	Consumo anual (Loja Aberta)	653,0 kWh
	Temperatura recomendada loja fechada	8,0 °C
	Consumo anual (Loja Fechada)	503,1 kWh

Para o *setpoint* anteriormente definido no equipamento (6°C), o consumo anual estimado era de 654,4 kWh. Após ter-se definido o *setpoint* para 4°C, foi possível constatar a poupança anual com os ajustes do *setpoint* segundo as recomendações do algoritmo da ferramenta, o consumo anual passou a ser de 603,0 kWh. Tal facto deve-se ao algoritmo acima descrito considerar as operações de abertura de porta ao longo do dia na estação de serviço e, deste modo, considerar que a temperatura de “loja aberta” deve ser considerada em 2/3 do período de funcionamento da loja. No restante período, o algoritmo considera a temperatura de “loja fechada”. Por fim, com a otimização do *setpoint* obtêm-se uma poupança de 8% (51,4 kWh) no consumo energético da loja tal como visível na Figura 56.



**Figura 56 – Previsões de consumo energético aplicado ao caso de estudo**

### 4.3. ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

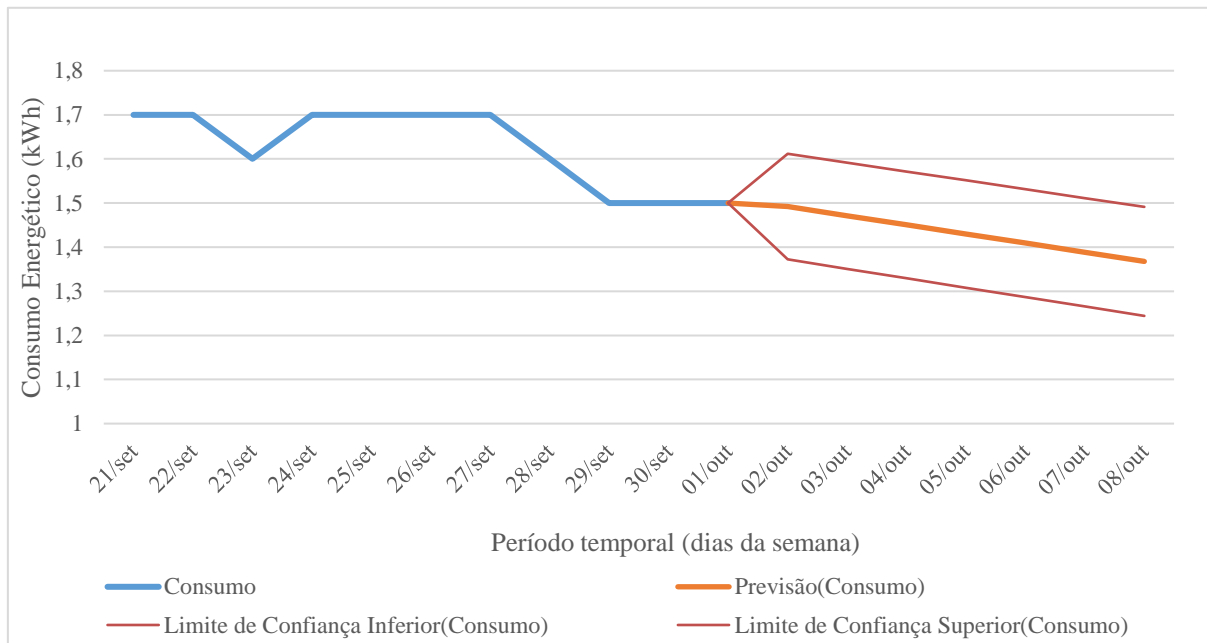
A monitorização e controlo de equipamentos de frio teve por base essencialmente a redução de consumo energético e maior eficiência das áreas de serviço. Com o desenvolvimento do projeto de implementação e posterior construção de uma ferramenta complementar de otimização aplicados a um caso de estudo em particular foi possível ter a perceção de diversas ações de poupança.

Verifica-se que para um valor mais elevado de temperatura, o equipamento de frio consome menos energia. No entanto, se o produto no interior do equipamento de frio possuir uma gama de temperatura de armazenamento de 0°C a 8°C, como o caso de estudo implementado, não devemos parametrizar o valor máximo da gama permitida. Este facto deve-se ao facto de a performance do equipamento ser afetada pelo número de vezes que as portas do equipamento são abertas e pelas variações da temperatura exterior do equipamento. Estes fatores influenciam a temperatura de armazenamento do produto, não conseguindo que a temperatura média se mantenha igual ou inferior ao *setpoint* considerado. Com isto, e com o diagrama de otimização do *setpoint* de temperatura desenvolvido, é mais consciente definir um valor inferior por exemplo 4°C de *setpoint*, porém, durante o período de fecho da área de serviço, como não existe abertura de portas do equipamento é possível definir para 8°C (temperatura máxima da gama de armazenamento). Esta alteração evidencia a economização de energia uma vez que a temperatura média do produto será igual ao *setpoint* definido.

Com a aplicação do caso de estudo, é possível, com auxílio da ferramenta de previsões do Excel, obter a previsão do consumo ao longo de um período de tempo, representada no gráfico da Figura 57. Com implementação do algoritmo de otimização desenvolvido, após a sua implementação a partir do dia 29 de setembro, verifica-se uma redução do consumo energético.

Os resultados obtidos na otimização dos equipamentos de frio, através da implementação de um sistema de monitorização em conjunto com uma ferramenta de otimização complementar, são concordantes com o enunciado no capítulo 2.5.1. Como é enunciado pelo coordenador de projetos e eficiência energética da Cushman & Wakefield, um simples ato de mudança, mesmo por mais pequeno que seja, como alterações dos valores do *setpoint* de temperatura de um equipamento de frio, podem reduzir cerca de 8% no consumo de energia. Com a otimização aplicada ao caso de estudo verificou-se que com a gestão do *setpoint* de

temperatura no período de loja fechada é possível alcançar uma redução de 51,4 kWh por ano que corresponde a uma minimização em 8% do consumo energético do equipamento de frio para o mesmo período temporal.



**Figura 57 – Previsão da otimização do consumo energético**

No entanto, seria interessante validar o enunciado em que, caso a otimização seja levada a cabo, não só nos equipamentos de frio, mas também nos restantes elementos consumidores de energia elétrica, a poupança energética poderá chegar aos 15%. Esta otimização pode ser feita através da substituição de equipamentos por soluções mais eficientes ou apenas pela aplicação de medidas complementares de otimização como a limpeza do equipamento ou o alerta da abertura das portas dos equipamentos de frio apenas quando necessita de aceder ao seu interior.

Apesar do caso de estudo levado a cabo só ter em conta um equipamento de frio e num caso real as lojas deterem mais do que um equipamento de frio é, no entanto, importante ressaltar que para este equipamento o consumo energético é de 603,0 kWh/ano tendo a poupança sido de 51,4 kWh/ano. Se estes valores forem multiplicados pelo número de lojas existentes na empresa detentora das áreas de serviço onde este projeto piloto seria implementado (691 lojas), é possível obter uma poupança de 35.517,4 kWh o que se traduz numa poupança na ordem das centenas de euros.



# 5. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

## 5.1. ANÁLISE CONCLUSIVA

Como já referido, esta dissertação tem como principal objetivo a criação de um projeto de implementação de um sistema de monitorização e controlo de equipamentos de frio de modo a diminuir o consumo energético dos equipamentos de frio e, por sua vez, uma diminuição do consumo energético de cada instalação. Este projeto focou-se no setor comercial, nomeadamente as áreas de serviço de uma das maiores empresas de energia em Portugal.

Através do estudo dos consumos energéticos na União Europeia e, principalmente, em Portugal, verifica-se que os setores da indústria, dos transportes e do setor comercial representam a maior percentagem de consumo no universo do consumo geral. Assente nesta informação, e com a análise focada na área da refrigeração, conclui-se que esta área tem um impacto muito relevante no consumo de energia de uma instalação. Este impacto deve-se, por vezes, ao mau dimensionamento dos equipamentos de frio, à falta ou à incorreta manutenção por equipas especializadas, às falhas ou inexistente controlo e monitorização dos equipamentos de frio, temperaturas de conservação e congelação inadequadas para o produto armazenado, entre outras causas.

De forma a minimizar as causas acima enumeradas e o consumo de equipamentos de frio, formalizou-se um projeto de implementação que teve por base estudos de benchmarking com visitas a diversas áreas de serviço. O projeto de implementação teve o intuito de obter uma gestão mais eficiente ao nível do consumo energético dos equipamentos de frio e tornar a gestão mais simplista e intuitiva para os técnicos responsáveis pela gestão das áreas de serviço. A estruturação do projeto foi baseada na instalação de um equipamento central de monitorização e controlo adaptado aos dispositivos (digitais e analógicos) já existentes e ao padrão de equipamentos de frio encontrados nas áreas de serviço. O sistema de monitorização implementado prevê a monitorização de parâmetros como temperatura interior do equipamento, temperatura interior e exterior da área de serviço, consumos energéticos, deteção de fugas de gás, entre outras variáveis.

Com a implementação do sistema de monitorização e controlo foram detetadas algumas falhas na análise dos resultados recolhidos pelo equipamento e a deficiente gestão da alarmística do sistema apenas com a sinalização do alarme de determinado equipamento de frio. Através da análise da temperatura e do consumo energético respeitantes ao mesmo equipamento de frio, constatou-se que com a variação positiva de 1°C no valor do *setpoint* de temperatura, havia diminuição mínima do consumo energético para o período de tempo correspondente à variação da temperatura. Assim, verificou-se se estas variações podiam ser aplicadas aos equipamentos de frio de forma a otimizar o consumo energético dos equipamentos mediante algumas condições.

De forma a colmatar as dificuldades encontradas e a obter uma gestão mais otimizada do *setpoint* da temperatura dos equipamentos foi projetada uma ferramenta complementar ao sistema de monitorização projetado. Esta ferramenta tem inúmeras funcionalidades tendo por base a interligação ao sistema de monitorização já existente que amplifica a eficiência energética das instalações a monitorizar.

A ferramenta desenvolvida possui um algoritmo de otimização do valor da temperatura do equipamento de frio com base na tipologia de produto armazenado, os limites máximos e mínimos das temperaturas dos alimentos impostas pelas normas europeias tendo em conta a viabilidade de consumo do produto em questão e o horário de funcionamento da área de serviço. O horário de funcionamento pode ser considerado um ponto com menor relevância na otimização da energia do equipamento, no entanto, é um fator com um elevado impacto. Este impacto deve-se ao simples facto de que quando a área de serviço está dentro do seu

horário de funcionamento há maiores variações de temperatura ambiente da instalação e um maior número de abertura das portas dos equipamentos de frio o que acarreta um maior esforço por parte do sistema de refrigeração em manter constante a temperatura no interior do equipamento.

É importante salientar que caso o projeto proposto tivesse sido testado numa área de serviço, ou resultados obtidos seriam mais realistas. No entanto, é notória a poupança que a otimização da gestão dos equipamentos de frio acarreta na fatura energética destes equipamentos. Com pequenos ajustes dinâmicos da temperatura em função dos padrões de funcionamento de uma área de serviço teórica, foi possível reduzir em 8% o consumo energético anual do equipamento de frio em análise em conformidade com o enunciado pelo coordenador de projetos e eficiência energética da Cushman & Wakefiel.

É, no entanto, importante realçar que a implementação deste sistema de monitorização projetado terá de ser adaptada a cada instalação e pode ser necessária a incorporação do controlo/monitorização de outras variáveis que não foram tidas em conta no modelo de análise adotado neste projeto. Nesta dissertação foi projetado uma solução base que é completamente adaptável e expansível a qualquer instalação do setor comercial e do setor industrial.

## **5.2. TRABALHOS FUTUROS**

Devido à resposta tardia por parte da empresa interveniente no projeto piloto para a realização atempada desta dissertação, o projeto de implementação teve de seguir outro rumo e ser aplicado como caso de estudo nas instalações da empresa.

De forma a dar continuidade ao trabalho proposto, sugere-se a implementação real em 5 áreas de serviço como planeado na apresentação do projeto piloto. Nesta implementação será importante aferir os seguintes pontos:

- Implementação e instalação do projeto de implementação do sistema de monitorização e controlo de equipamentos de frio numa situação real;
- Realização de ensaios nas áreas de serviço de forma a aferir os impactos do projeto de implementação;

- Análise do impacto dos consumos energéticos em cada área de serviço através da implementação do sistema de monitorização e aplicação de medidas/ações que promovem a eficiência energética;
- Possibilidade de integração da ferramenta desenvolvida no âmbito do software já existente do sistema de monitorização e controlo em uso (XWEB).

## *Referências Documentais*

- [1] P. E. Energética, "Monitorização de consumos," 2018. [Online]. Available: <https://pierenergy.pt/monitorizacao-de-consumos/>. [Accessed 13 Janeiro 2019].
- [2] T. Gilmore, J. Krantz and R. Ramirez, Action Based Modes of Inquiry and the Host-Researcher Relationship, Fall: Consultation 5.3, 1986.
- [3] G. I. Susman, Action Research: A Sociotechnical Systems Perspective, London:Sage Publications: G. Morgan, 1993.
- [4] Y. A. Çengel and M. A. Boles, "Thermodynamics and Energy," in *Thermodynamics - An Engineering Approach, 5th ed*, McGraw-Hill, 2015, pp. 1-20.
- [5] C. Afonso, "Termodinâmica para Engenharia," Porto, FEUP Edições, 2012, p. 37.
- [6] M. J. Oliveira, Termodinâmica, São Paulo: Livraria da Física, 2005.
- [7] N. Mesquita, "Resumo da teoria de refrigeração," *Redução do consumo energético de um equipamento de frio*, p. 17, 15 Julho 2009.
- [8] R. C. Arora, Refrigeration and Air Conditioning, PHI Learning Private Limited, 2010.
- [9] H. o. Refrigerator, "History of Refrigerator – First Domestic Refrigerators," [Online]. Available: <http://www.historyofrefrigeration.com/refrigeration-history/history-of-refrigerator/>. [Accessed Maio 2019].
- [10] I. Kharagpur, "History Of Refrigeration, Version 1 ME," [Online]. Available: <https://nptel.ac.in/courses/112105129/pdf/RAC%20%20Lecture%201.pdf>. [Accessed Maio 2019].
- [11] T. M.-H. Companies, "Refrigerator Domestic," in *The Great Soviet Encyclopedia, 3rd Edition*, The Gale Group, Inc., 1970-1979.

- [12] D. D. Pietri and D. D. R. Lab, "Basic functioning of a refrigerator," *DensityDesign Integrated Course Final Synthesis Studio (Polytechnic University of Milan)*, 2015.
- [13] Asae, "Autoridade de Segurança Alimentar e Económica - HACCP - O que é," República Portuguesa, Abril 2017. [Online]. Available: <http://www.asae.gov.pt/?cn=57995855AAAAAAAAAAAAAAAAAAAA>. [Accessed 2 Fevereiro 2019].
- [14] L. C. M. Júnior, "Sistemas de refrigeração industrial," 19 Junho 2013.
- [15] Danfoss, "Refrigeração Comercial," [Online]. Available: <https://www.danfoss.com/pt-br/markets/refrigeration-and-air-conditioning/dcs/commercial-refrigeration/#tab-learning>. [Accessed 20 Março 2019].
- [16] F. Billard and J. L. Dupont, "Industry as a partner for sustainable development - Refrigeration," in *Final Report prepared for UNEP - United Nations Environment Programme*, International Institute of Refrigeration (IIR), Paris, France, 2002.
- [17] Danfoss, "Refrigeração em Supermercados," [Online]. Available: <https://www.danfoss.com/pt-br/markets/food-and-beverage/dcs/food-retail/>. [Accessed 20 Março 2019].
- [18] D. S.r.l. and E. C. Technologies, "ENERGY SAVING SOLUTIONS on Refrigeration, Conditioning and Lighting for the Retail Market".
- [19] A. D. Little, D. Westphalen, R. Zogg, A. Varon and M. Foran, "'Energy Savings Potential for Commercial Refrigeration Equipment," in *Final Report prepared For Building Equipment Division Office of Building Technologies*, U.S. Department of Energy, Cambridge, 1996.
- [20] C. Afonso, *Refrigeração*, FEUP: ISBN-978-989-98632-0-0, 2013.
- [21] Danfoss, "Danfoss Learning," citado em 2018 de 1/09 até 25/9. [Online]. Available: <http://learning.danfoss.com/>.

- [22] R. e. A. C. A Sociedade Americana de Engenheiros de Aquecimento, Retail food store refrigeration and equipment, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2010, pp. 1-11.
- [23] D. H. Walker, R. T. Faramarzi and V. D. Baxter, "Investigation of energy-efficient supermarket display cases", pp. 5-13, Dezembro 2004.
- [24] P. Baptista, P. D. Gaspar and J. Oliveira, "Higiene e Segurança Alimentar na Distribuição de Produtos Alimentares," Forvisão, Guimarães, 2007.
- [25] A. p. a. Energia, "Portugal Energia - Setor Energético," [Online]. Available: <https://www.portugalenergia.pt/setor-energetico/>. [Accessed 21 Março 2019].
- [26] C. European, "Energy Strategy," 2015. [Online]. Available: <http://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-strategy>.
- [27] D.-G. f. E. a. F. Affairs, Member State's Energy Dependence: An Indicator-Based Assessment, EUROPEAN ECONOMY, 2014.
- [28] Eurostat, "3.1 What kind of energy do we consume in the EU?," Comissão Europeia, [Online]. Available: <https://ec.europa.eu/eurostat/cache/infographs/energy/bloc-3a.html>. [Accessed Maio 2019].
- [29] Expresso, "O que significa energia em 2028," *EDP Open Innovation*, Agosto 2018.
- [30] C. Cardos and D. G. d. E. e. Geologia, "As prioridades nacionais para a Eficiência Energética," *Ordem dos Engenheiros - Infoday da Eficiência Energética*, pp. 1-17, Abril 2017.
- [31] A. Cascini, M. Bortolini, M. G. Lucia Botti, A. Graziani and C. Mora, "Life Cycle Assessment of a commercial refrigeration system under different use configurations," *XVIII Summer School "Francesco Turco" - Industrial Mechanical Plants*, pp. 352-357.
- [32] J. O. d. U. Europeia, "Diretiva 2012/27/UE DO PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO," p. 56, 25 Outubro 2012.

- [33] L. Pérez-Lombard, J. Ortiz and C. Pout, "A review on buildings energy consumption information," in *Energy and Building*, 2008, pp. 394-398.
- [34] J. G. Jorge, "O IMPACTO DE BOAS PRÁTICAS DE GESTÃO E UTILIZAÇÃO DOS SISTEMAS DE REFRIGERAÇÃO NA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA," Junho 2015.
- [35] Efinerg, "Plano setorial de melhoria da eficiência energética em PME - Setor Agroalimentar," Associação Empresarial de Portugal, [Online]. Available: <http://efinerg.aeportugal.pt/>. [Accessed 2 Março 2019].
- [36] C. & Wakefield, "Melhoria no desempenho do ar-condicionado gera economia de gastos com energia," 13 Outubro 2016. [Online]. Available: <http://cushwakebrasil.com/pb/2016/10/melhoria-no-desempenho-do-ar-condicionado-gera-economia-de-gastos-com-energia/>. [Accessed 2 Março 2019].
- [37] M. N. d. Silva, "Eficiência Energética em Sistemas de Refrigeração Industrial e Comercial," Dezembro 2010.
- [38] L. Pérez-Lombard, "A review of benchmarking, rating and labelling concepts within the framework of building energy certification schemes," *Energy and Buildings*, pp. 272-278, 2009.
- [39] M. J. Spendolini, *The Benchmarking Book*, New York: amacom, Abril 1, 1992.
- [40] L. T. A. M. A. R. M. P. A. Lekov, "Opportunities for Energy Efficiency and Automated Demand Response in Industrial Refrigerated Warehouses in California," pp. 21-22, Maio 2009.
- [41] A. Sá and O. d. E. d. R. Norte, "NZEB – Algumas ideias em energia elétrica," "*A Sustentabilidade em edifícios: tendência para a energia zero*", pp. 23-28, 17 Setembro 2019.
- [42] M. N. d. Silva, "Eficiência Energética em Sistemas de Refrigeração Industrial e Comercial," 2005.

- [43] S. S. Nunes, "Redes de Comunicação," Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, [Online]. Available: <https://web.fe.up.pt/~ssn/disciplinas/crc/redes-de-comunicacao.pdf>.
- [44] B. M. I. T. Edwin Wright BSc, "Practical Modern SCADA Protocols: DNP3, 60870-5 and Related Systems," 2004, pp. 170-171 DE 548.
- [45] Acromag, "INTRODUCTION TO MODBUS TCP/IP," U.S.A, ACROMAG INCORPORATED, inc, 2005, p. 248.
- [46] E. C. Technologies, "Temperature Probes," *General Catalogue*, pp. 146-149.
- [47] A. I. Mehdi Samii, "PTC Thermistors for Inrush Current Limiting". *Improving Inrush Current Protection*.
- [48] W. A. W. S. & C. KG, "Pt100/Pt1000 resistance thermometer," [Online]. Available: <https://blog.wika.com/>. [Accessed 27 Junho 2019].
- [49] E. R. Soares, "Eficiência Energética e Sistemas de Gestão de Consumos em Edifícios de Serviços," Coimbra, 2016.
- [50] C. G. A. SpA, "Innovation for Energy Management 1," [Online]. Available: [http://www.gavazzi-automation.com/docs/download\\_area/ENERGY\\_MNGMT.pdf](http://www.gavazzi-automation.com/docs/download_area/ENERGY_MNGMT.pdf). [Accessed 27 Junho 2019].
- [51] J. L. A. Emanuel S. Sá, "AUDITORIAS ENERGÉTICAS NO SECTOR DE FRIO INDUSTRIAL. MEDIDAS DE POUPANÇA E DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA.," 8º CONGRESSO IBEROAMERICANO DE ENGENHARIA MECANICA, 23 a 25 Outubro 2007.
- [52] A. d. S. A. e. Económica, "Conservação dos alimentos no frio," Abril 2017. [Online]. Available: [www.asae.gov.pt/perguntas-frequentes1/conservacao-dos-alimentos-no-frio.aspx](http://www.asae.gov.pt/perguntas-frequentes1/conservacao-dos-alimentos-no-frio.aspx). [Accessed Julho 2019].

- [53] A. R. d. S. d. Norte, *CONSERVAÇÃO DOS PRODUTOS ALIMENTARES*, Chaves: Unidade de Saúde Pública - Agrupamento dos Centros de Saúde do Alto Tamega e Barroso.
- [54] G. Adamante, *Conservação de Alimentos – Tabelas de Temperatura e Tempo*, Delta Containers.

# Anexo A. Apresentação da Proposta de Oportunidade de redução de custos nas zonas comerciais das áreas de serviço



**SKK**  
Refrigeração | Engenharia | Eficiência

**upK**  
facilities up-keeping

**galp**

## Oportunidade de redução de custos energéticos nas zonas comerciais das áreas de serviço

---

### Projeto Piloto

Custóias, Dezembro 2018

### Introdução

---

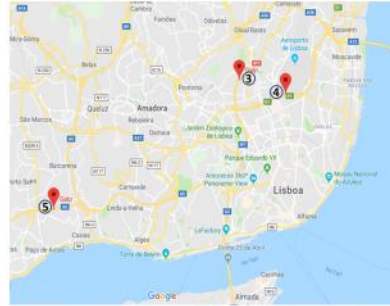
- A presente proposta apresenta as condições para se efetuar a instalação de dispositivos de monitorização e controlo de equipamentos de refrigeração em 5 áreas de serviço;
- O objetivo desta instalação piloto consiste na demonstração das oportunidades de melhoria da eficiência energética de diversos equipamentos refrigerados e potencialmente no ar condicionado e na iluminação;
- No âmbito desta abordagem, é espectável a redução em 2 dígitos do consumo energético nestes equipamentos;
- O sistema de monitorização irá também permitir a gestão da alarmística por forma a melhorar a garantia da qualidade de produtos e otimização da intervenção da manutenção corretiva;

## Proposta de Locais de Atuação



1 A.S. Matosinhos (Amarante/Matosinhos)  
A4/IP4, Custóias - Matosinhos

2 A.S. Circunvalação (Parque Real)  
Estrada Ext. da Circunvalação  
Matosinhos

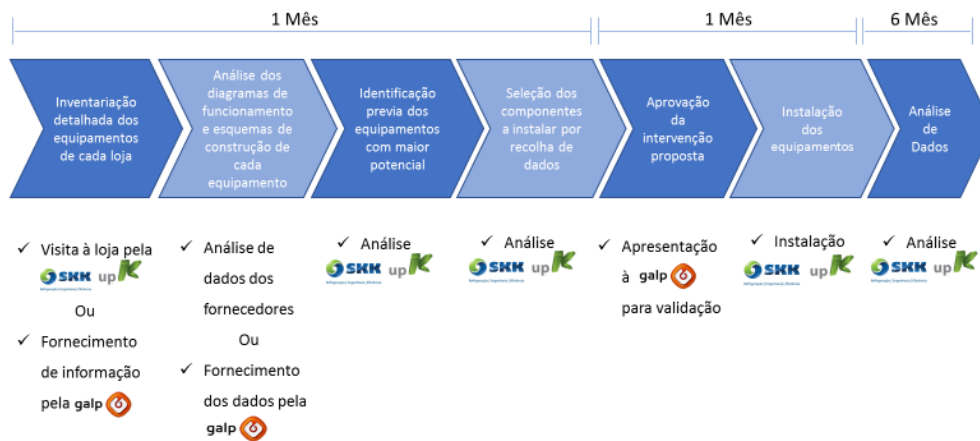


3 Telheiras – Norte-Sul  
Alto da Faia, EIXO Norte-Sul,  
1600-000 Lisboa

4 Aeroporto - Lisboa-Porto  
Av. Marechal Craveiro Lopes  
(S/N) 1800 Lisboa

5 Oeiras  
A5 Km 9,6 - Lisboa,  
2780-000 Oeiras

## Metodologia de Abordagem



## Proposta

➤ Em cada área de serviço propomos instalar os seguintes grupos de equipamentos:

	Aplicação	Marca	Modelo	
Medição de Dados: ▪ Sondas de temperatura	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Sondas para o interior de cada equipamento</li> <li>➤ Em cada zona com diferente temperatura</li> <li>➤ Sonda de temperatura exterior</li> <li>➤ Sonda de temperatura interior</li> </ul>	<b>dixell</b>	NS6S NTC Silicone	
Medição de consumo de energéticos	Um para cada equipamento que se pretende medir o consumo	<b>CARLO GAVAZZI</b>	EM23D-1P	
Aquisição de Sinal	Módulo de aquisição de dados	<b>dixell</b>	XIP60D	
Equipamento de monitorização e controlo	XWEB EVO	<b>dixell</b>	XWEB500 EVO	

## Proposta

➤ Para além dos equipamentos referidos na proposta anterior, numa fase posterior iremos apresentar proposta para os seguintes elementos:

### ✓ Componentes

- Ar condicionado

- Detetores de Presença

- Análise do nível de luminosidade

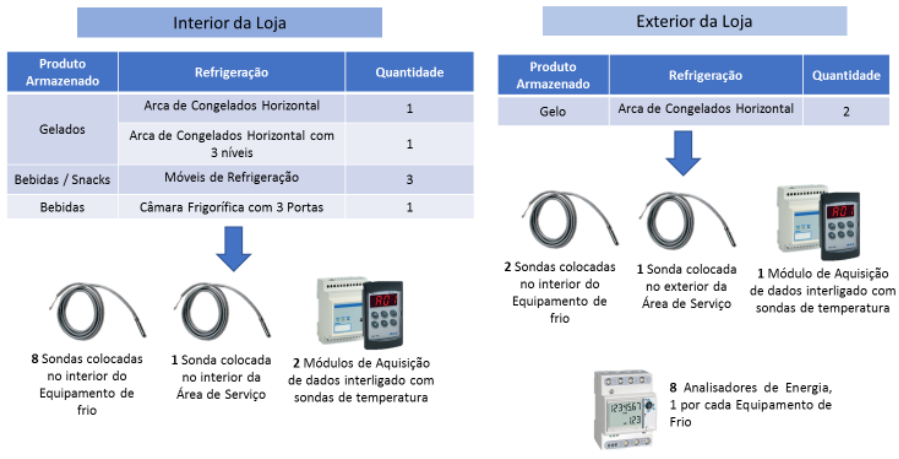
### Vantagens

- ✓ Integração direta com XWEB permite monitorização e o ajuste dinâmico do set point de temperatura

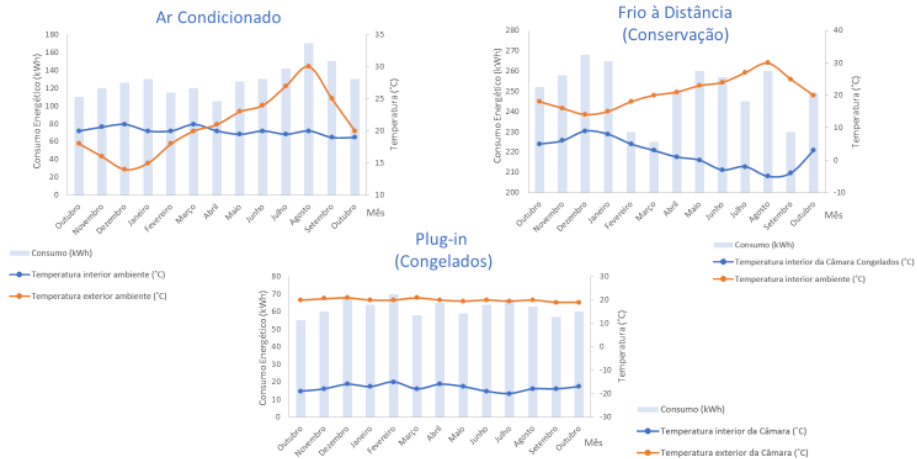
- ✓ Condicionar com consumos energéticos e desenvolvimentos de funcionalidades adicionais

- ✓ Potencial de otimização energética

## Exemplo – A.S. Circunvalação (Parque Real), Matosinhos



## Exemplos de Análise a Efetuar



## Potenciais Conclusões

---

### 1. Consumo Elevado

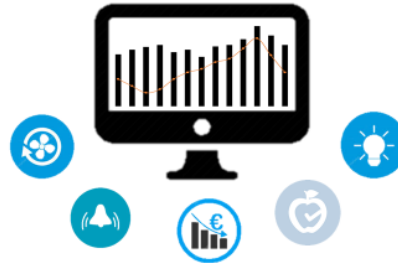
- ✓ Intervenção pontual em alguns componentes
- ✓ Retrofit:
  - Ventilador
  - Iluminação
  - Controlo

### 2. Temperatura demasiado baixa

- ✓ Oportunidade de redução de custos
- ✓ Ajuste do set point dinâmico
- ✓ Otimização de procedimentos

### 3. Temperaturas Elevadas

- ✓ Melhoria na gestão de alarmes
- ✓ Melhoria da qualidade dos produtos



## Anexo B. API da XWEB

### **Disclaimer**

This documentation could include technical or other mistakes, inaccuracies or typographical errors. Emerson Dixell may make changes to the software or documentation without further notice. This documentation may be out of date, and Emerson Dixell makes no commitment to update such materials.

Technical questions about the usage of this software and documentation, including, but not limited to, the frequency of the requests should be discussed with Emerson Dixell.

### **Introduction**

The public XWEB EVO APIs can be called at address <IPaddress>/api , in example <https://192.168.0.150/api> .

### **Request Format**

The API requests can be done using GET or POST methods, however for security reasons we suggest to always use POST over HTTPS (as the address of GET requests could be logged). Requests can be done using standard query string or using XML.

### **Query String Request**

Requests can be done using standard query string in both methods GET and POST. The following examples are functionally equal.

```

// request using GET method
$.ajax({
  type: 'GET',
  url: 'https://192.168.0.150/api?parameter1=value1&parameter2=value2'
});

// request using POST method
$.ajax({
  type: 'POST',
  url: 'https://192.168.0.150/api',
  data: 'parameter1=value1&parameter2=value2'
});

```

## XML Request

Requests can also be done using XML. XML request must be done using POST, and needs to put on the POST data an XML document using the following schema:

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<request parameter1="value1" parameter2="value2" />

```

## Response Format

The APIs responses contains some common properties (usually concerning the status of the request) alongside other properties depending to the requested API. The following properties can be found in any API response:

Property	Values	Description
<code>status</code>	<code>ok</code> , <code>error</code>	tells the status of the request. If <code>ok</code> , the request has been successful and can contain additional data depending to the request. If <code>error</code> , the request has encountered an error and you should check the properties <code>error</code> and <code>message</code> for further informations.
<code>error</code>	<code>&lt;string&gt;</code>	if the request has not been successful ( <code>status = error</code> ), this property contains an identifier of the error. Examples: <code>NOT_ENOUGH_PARAMETERS</code> , <code>PERMISSION_DENIED</code> , <code>EXECUTION_ERROR</code> , <code>NOT_FOUND</code> , <code>ACTION_NOT_SUPPORTED</code> , etc.
<code>message</code>	<code>&lt;string&gt;</code>	tells a human readable information about the status of the request. It can be useful in case of error, alongside the <code>error</code> property. Do <b>NOT</b> use this property to identify the error as it can be subject to change and localization, use the <code>error</code> property instead.

## Global Parameters

The following parameters are common to any request.

Parameter	Values	Default	Description
<code>action</code>	<code>&lt;string&gt;</code>	-	mandatory, tells the action to perform
<code>format</code>	<code>json</code> , <code>xml</code>	<code>json</code>	optional, tells the format of the response. If the value is not valid or is not specified, the default is used instead.
<code>version</code>	<code>&lt;integer&gt;</code>	1	optional, tells the API version to use. If not specified it use the default value (that is the last version available).
<code>username</code>	<code>&lt;string&gt;</code>	-	optional, tells the username of the user used to authenticate the action. Used alongside <code>password</code> .
<code>password</code>	<code>&lt;string&gt;</code>	-	optional, tells the password of the user used to authenticate the action. Used alongside <code>username</code> .
<code>auth</code>	<code>&lt;string&gt;</code>	-	optional, tells the authentication token used to authenticate the action. If given, it uses the authentication token over <code>username</code> and <code>password</code> .

## APIs

### Authenticate

Using this API you can get an authentication token that you can use on subsequent API requests. Every request must specify an authentication token or a username and password to authenticate that the user requesting the action can perform the action given his permissions. Even if you can just pass username and password to every request, it's better to create an authentication token and then use it on subsequent requests if you need to do more than one request.

Parameter	Values	Description
<code>action</code>	<code>authenticate</code>	-
<code>username</code>	<code>&lt;string&gt;</code>	Username of the user with which you want to authenticate
<code>password</code>	<code>&lt;string&gt;</code>	Password of the user with which you want to authenticate

## System Info

Using this API you can get some info about the system. This API does not require authentication.

Parameter	Values	Description
<code>action</code>	<code>system_info</code>	-

## Update Password

Using this API you can edit the password of a user. If the user that perform the action have the needed permission, it's possible to edit the password of another user, otherwise it's possible to only edit its own password.

Parameter	Values	Description
<code>action</code>	<code>update_password</code>	-
<code>auth</code>	<code>&lt;string&gt;</code>	See Global Parameters.
<code>username</code>	<code>&lt;string&gt;</code>	See Global Parameters.
<code>password</code>	<code>&lt;string&gt;</code>	See Global Parameters.
<code>target</code>	<code>&lt;string&gt;</code>	Username of the user to which will be assigned the new password. If not specified, the user that is performing the action is used instead. If <code>target</code> is not the user that is performing the action, then the user must have the needed permission to complete the action.
<code>newpassword</code>	<code>&lt;string&gt;</code>	New password that will be assigned to the user <code>target</code> .

## Devices List

Using this API you can get a list of the configured devices. Each device has a unique identifier that will be helpful for other APIs.

Parameter	Values	Description
<code>action</code>	<code>devices_list</code>	-
<code>auth</code>	<code>&lt;string&gt;</code>	See Global Parameters.
<code>username</code>	<code>&lt;string&gt;</code>	See Global Parameters.
<code>password</code>	<code>&lt;string&gt;</code>	See Global Parameters.

## Points List

Using this API you can get a list of the enabled points of a given device. Each point has a unique identifier that will be helpful for other APIs. You can also get the current value of the point if you want.

Analogic points will also have a unit property that is the label of the unit used by the system for the given point. Editable *SetPoints* will also have a *editable* property set to true.

Parameter	Values	Default	Description
<code>action</code>	<code>points_list</code>	-	-
<code>auth</code>	<code>&lt;string&gt;</code>	-	See Global Parameters.
<code>username</code>	<code>&lt;string&gt;</code>	-	See Global Parameters.
<code>password</code>	<code>&lt;string&gt;</code>	-	See Global Parameters.
<code>device</code>	<code>&lt;string&gt;</code>	-	Device ID of the device you want to get the points list.
<code>language</code>	<code>&lt;string&gt;</code>	<code>en-GB</code>	Language of the points description, if available. If not available, the default is used instead.
<code>values</code>	<code>yes , no</code>	<code>no</code>	If <code>yes</code> , it will also return the current value for each point.

## Commands List

Using this API you can get a list of the enabled commands of the given device. Each command has a unique identifier that will be helpful for other APIs.

Parameter	Values	Default	Description
<code>action</code>	<code>commands_list</code>	-	-
<code>auth</code>	<code>&lt;string&gt;</code>	-	See Global Parameters.
<code>username</code>	<code>&lt;string&gt;</code>	-	See Global Parameters.
<code>password</code>	<code>&lt;string&gt;</code>	-	See Global Parameters.
<code>device</code>	<code>&lt;string&gt;</code>	-	Device ID of the device you want to get the commands list.
<code>language</code>	<code>&lt;string&gt;</code>	<code>en-GB</code>	Language of the commands description, if available. If not available, the default is used instead.

## Send Command

Using this API you can send a device command to a given device. The user that perform the action needs to have the related permission to complete this task.

Parameter	Values	Description
<code>action</code>	<code>send_command</code>	-
Parameter	Values	Description
<code>auth</code>	<code>&lt;string&gt;</code>	See Global Parameters.
<code>username</code>	<code>&lt;string&gt;</code>	See Global Parameters.
<code>password</code>	<code>&lt;string&gt;</code>	See Global Parameters.
<code>device</code>	<code>&lt;string&gt;</code>	Device ID of the device you want to send the given command to.
<code>command</code>	<code>&lt;string&gt;</code>	Command ID of the command you want to send.

## Edit SetPoint

Using this API you can edit a given *SetPoint* of a given device. The user that perform the action needs to have the related permission to complete this task.

Parameter	Values	Description
<code>action</code>	<code>edit_setpoint</code>	-
<code>auth</code>	<code>&lt;string&gt;</code>	See Global Parameters.
<code>username</code>	<code>&lt;string&gt;</code>	See Global Parameters.
<code>password</code>	<code>&lt;string&gt;</code>	See Global Parameters.
<code>device</code>	<code>&lt;string&gt;</code>	Device ID of the device you want to edit the given <i>SetPoint</i> .
<code>point</code>	<code>&lt;string&gt;</code>	Point ID of the <i>SetPoint</i> you want to edit.
<code>value</code>	<code>&lt;string&gt;</code>	Numeric value you want the to set the <i>SetPoint</i> to.

## Device Data

Using this API you can get recorded data of a given device between a given time range.

Parameter	Values	Description
<code>action</code>	<code>device_data</code>	-
<code>auth</code>	<code>&lt;string&gt;</code>	See Global Parameters.

<code>username</code>	<code>&lt;string&gt;</code>	See Global Parameters.
<code>password</code>	<code>&lt;string&gt;</code>	See Global Parameters.
<code>device</code>	<code>&lt;string&gt;</code>	Device ID of the device you want to get the data.
<b>Parameter</b>	<b>Values</b>	<b>Description</b>
<code>from</code>	<code>&lt;string&gt;</code>	UNIX timestamp in seconds of the start of the time range.
<code>to</code>	<code>&lt;string&gt;</code>	UNIX timestamp in seconds of the end of the time range.

## Alarms Data

Using this API you can get logged active alarms or logged alarms between a given time range. If both from and to parameters are not given, it returns the active alarms list. Otherwise, it returns the alarms started between the given range.

Parameter	Values	Description
<code>action</code>	<code>alarms_data</code>	-
<code>auth</code>	<code>&lt;string&gt;</code>	See Global Parameters.
<code>username</code>	<code>&lt;string&gt;</code>	See Global Parameters.
<code>password</code>	<code>&lt;string&gt;</code>	See Global Parameters.
<code>from</code>	<code>&lt;string&gt;</code>	optional, UNIX timestamp in seconds of the start of the time range.
<code>to</code>	<code>&lt;string&gt;</code>	optional, UNIX timestamp in seconds of the end of the time range.

## Update System

Using this API you can update the system. The user that perform the action needs to have the related permission to complete this task.

Parameter	Values	Description
<code>action</code>	<code>update</code>	-
<code>auth</code>	<code>&lt;string&gt;</code>	See Global Parameters.
<code>username</code>	<code>&lt;string&gt;</code>	See Global Parameters.
<code>password</code>	<code>&lt;string&gt;</code>	See Global Parameters.
<code>server_address</code>	<code>&lt;string&gt;</code>	Optional, the URL or IP Address of the custom server.
<code>server_path</code>	<code>&lt;string&gt;</code>	Optional, the path on the custom server.

<code>server_auth</code>	0, 1, 2, 3, 4	Optional, the authentication mode. 0 = None, 1 = Basic, 2 = Digest, 3 = GSS, 4 = Any. If not set, 0 is assumed.
<code>server_username</code>	<string>	Optional, the authentication username.
<code>server_password</code>	<string>	Optional, the authentication password.

## Error Codes

In addition to the global error codes, this API can return the following error codes:

Error Code	Description
<code>NOT_ENOUGH_PARAMETERS</code>	One or more required parameters for the given request are missing.
<code>UPDATE_LOCKED</code>	System update is currently locked. Usually this means that a system update is already running.
<code>PERMISSION_DENIED</code>	The user does not have the required permissions to perform the system update.
Error Code	Description
<code>SYSTEM_UP_TO_DATE</code>	The system has checked the server, but no update is necessary.
<code>EXECUTION_ERROR</code>	An error occurred during the system update.

## Factory Reset

Using this API you can factory reset the system. All data of devices, users, logs and tools will be removed and restored as factory, while system settings will be left untouched. Please note that the user requesting the Factory Reset must have the relative permission in order to execute this procedure.

Parameter	Values	Description
<code>action</code>	<code>factory_reset</code>	-
<code>auth</code>	<string>	See Global Parameters.
<code>username</code>	<string>	See Global Parameters.
<code>password</code>	<string>	See Global Parameters.

## Anexo C. Lista de Possíveis Causas e Soluções de Resolução

<b>Lista de Alarmes</b>	<b>Sintoma</b>	<b>Causa</b>	<b>Resolução</b>
Blackout	A XWEB ficou sem alimentação da rede	Falha de energia	Verifique a alimentação da instalação
Aquisitions ON	Aquisição de dados ativa	Ativação do ícone de aquisição de dados	Verifique se o ícone responsável pela aquisição de dados está ativo
Aquisitions OFF	Aquisição de dados desativa	Desativação do ícone de aquisição de dados	Verifique se o ícone responsável pela aquisição de dados está ativo
High CPU Temperature	Temperatura do CPU da XWEB elevada	Sobrecarga de energia do equipamento	Desligue o equipamento da fonte de alimentação. Entre em contacto com o fornecedor do equipamento.
Digital Input 1 ON	Entrada digital 1 ativada		Verifique a causa da entrada digital.
Digital Input 2 ON	Entrada digital 2 ativada		Verifique a causa da entrada digital.
Max Size Data Log	Máximo registo de dados atingido	A XWEB atingiu o limite de registo de dados.	Entre em contacto com o fornecedor do equipamento.
Max Size System Log	Máximo registo do sistema atingido	A XWEB atingiu o limite de registo de sistema atingido.	Entre em contacto com o fornecedor do equipamento.
Max Size Temporary Directory	Máximo registo de diretório temporário atingido	A XWEB atingiu o limite de registo de dados no diretório temporário.	Entre em contacto com o fornecedor do equipamento.

<b>Lista de Alarmes</b>	<b>Sintoma</b>	<b>Causa</b>	<b>Resolução</b>
Error System Configuration	Erro de configuração do sistema	Configuração incorreta do sistema	Verifique as configurações do sistema conforme os conselhos indicados no manual de funcionamento do equipamento. No caso de não conseguir solucionar o problema, entre em contacto com o fornecedor do equipamento.
Error Sending Email	Erro de envio de email	Configuração incorreta do email	Verifique a configuração do email, indicando o servidor em uso, a autenticação solicitada e confirme se a funcionalidade está habilitada
Error Sending SMS	Erro de envio de SMS	Configuração incorreta do SMS	Verifique a configuração de SMS, indicando os dados solicitados. Verifique se o serviço contratado para esta funcionalidade tem saldo suficiente para o envio de SMS.
Error Xcenter	Erro de Xcenter	Configuração incorreta do Xcenter	Verifique a configuração de SMS, indicando os dados solicitados. Entre em contacto com o fornecedor do equipamento.
EEPROM Failure	Falha da memória EEPROM do equipamento	Limite da memória atingido ou anomalia do controlador	Verifique o limite da memória do controlador. No caso do limite ter sido atingido, contacte o fornecedor do equipamento em causa.
Error Pb1	Erro da sonda Pb1	Falha de ligação da sonda Pb1	Verifique a ligação da sonda ao controlador.
Error Pb2	Erro da sonda Pb2	Falha de ligação da sonda Pb2	Verifique a ligação da sonda ao controlador.
High Value Pb1	Valor elevado da sonda Pb1	Valor máximo configurado da sonda Pb1 atingido	

<b>Lista de Alarmes</b>	<b>Sintoma</b>	<b>Causa</b>	<b>Resolução</b>
High Value Pb2	Valor elevado da sonda Pb2	Valor máximo configurado da sonda Pb2 atingido	
Low Value Pb1	Valor baixo da sonda Pb1	Valor mínimo configurado da sonda Pb1 atingido	
Low Value Pb2	Valor baixo da sonda Pb2	Valor mínimo configurado da sonda Pb2 atingido	
No-Link	Sem ligação da XWEB ao equipamento	Falha na ligação RS485 ou da alimentação do equipamento de medição/registo do(s) equipamento(s) ligados à XWEB	Verifique a ligação da rede RS485 e da alimentação dos equipamento de medição/registo do(s) equipamento(s) ligados à XWEB
Open Door	Porta aberta	Duração de porta aberta superior ao tempo de atraso configurado	A porta do seu equipamento encontra-se aberta. Verifique que o estado da porta do equipamento. Verifique os parâmetros de porta aberta presentes no controlador em causa.
GasDetected	Gás detetado	Concentração de Gás > <i>Setpoint</i> de alarme	Verifique os parâmetros do detetor de fugas. Verifique a instalação de gás com auxílio de detetores de fugas. No caso de deteção de fugas, repare as fugas detetadas.



## Anexo D. Pressupostos Considerados no Simulador Tarifário

Fonte: MANUAL DO SIMULADOR DE PREÇOS DE ENERGIA DA ERSE

O valor da fatura apresentado na página de resultados pode ser separado em três parcelas, a saber: redes, energia, e taxas e impostos:

**Redes** – Potência Contratada (€/período de faturação)

**Energia** – Energia consumida (kWh \* €/ kWh)

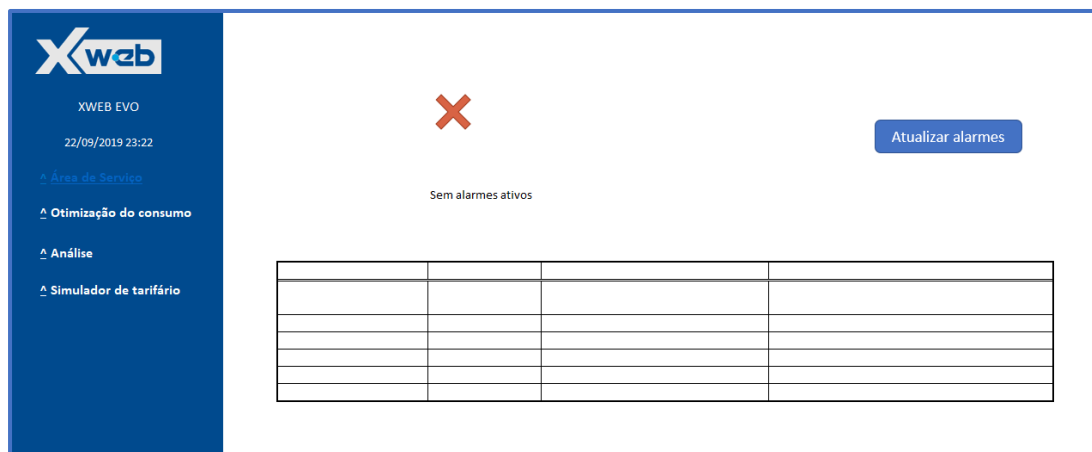
**Taxas e impostos:**

<b>Contribuição para o Audiovisual (CAV)</b> A Contribuição para o Audiovisual destina-se a financiar o serviço público de radiodifusão e de televisão, sendo entregue à Autoridade Tributária e Aduaneira que posteriormente a entregará à Rádio e Televisão de Portugal, S.A. Os beneficiários da tarifa social que têm direito à taxa reduzida de CAV de 1,00 €/mês, são os seguintes: ) a) Beneficiários do complemento solidário para idosos; b) Beneficiários do rendimento social de inserção; c) Beneficiários do subsídio social de desemprego; d) Beneficiários do 1.º escalão do abono de família; e) Beneficiários da pensão social de invalidez.	2,85 € / mês
<b>Imposto Especial de Consumo de Eletricidade (IEC)</b> Este imposto pertence à categoria dos impostos sobre os produtos petrolíferos e energéticos e está definido para Portugal continental. Consumidores com direito ao desconto da tarifa social de eletricidade estão isentos de pagar o IEC	0,001 € / kWh
<b>Imposto sobre o valor acrescentado (IVA)</b> O IVA incide sobre a Tarifa de Acesso às Redes, sobre a parcela da energia e sobre as restantes taxas (CAV, IEC e Taxa DGEG). No caso da CAV, é aplicada uma taxa reduzida de IVA de 6%	23%



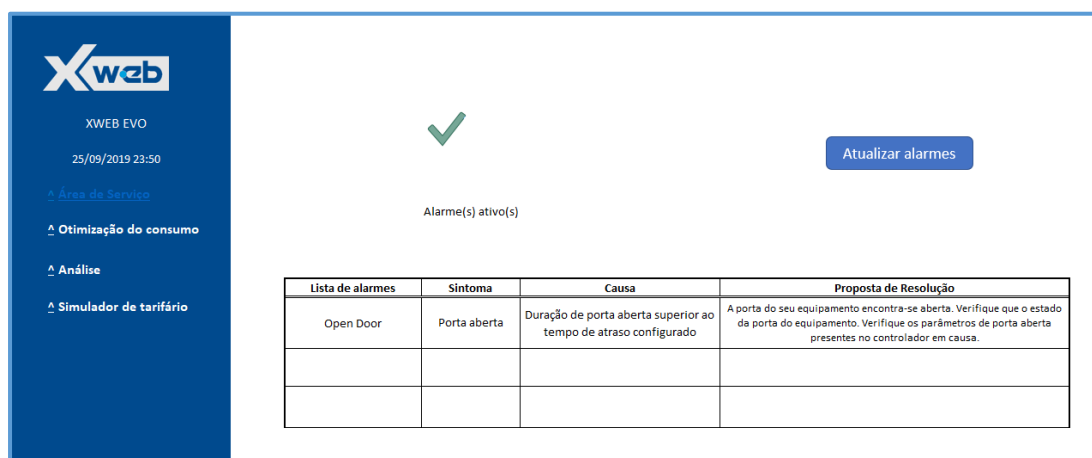
## Anexo E. Apresentação da implementação da ferramenta desenvolvida

### a) Área de Serviço: Sem alarmes ativos



The screenshot shows the Xweb EVO interface. On the left is a dark blue sidebar with the Xweb logo, the text 'XWEB EVO', the date '22/09/2019 23:22', and a list of menu items: 'Área de Serviço', 'Otimização do consumo', 'Análise', and 'Simulador de tarifário'. The main content area has a white background with a large red 'X' icon at the top center. Below the icon, the text 'Sem alarmes ativos' is displayed. To the right of this text is a blue button labeled 'Atualizar alarmes'. Below the text is an empty table with 4 columns and 5 rows.

### b) Área de Serviço: Informação alarmística com alarmes ativos



The screenshot shows the Xweb EVO interface with an active alarm. The sidebar is identical to the previous screenshot. The main content area features a large green checkmark icon at the top center. Below it, the text 'Alarme(s) ativo(s)' is displayed. To the right is a blue button labeled 'Atualizar alarmes'. Below the text is a table with 4 columns: 'Lista de alarmes', 'Sintoma', 'Causa', and 'Proposta de Resolução'. The first row contains the following data:

Lista de alarmes	Sintoma	Causa	Proposta de Resolução
Open Door	Porta aberta	Duração de porta aberta superior ao tempo de atraso configurado	A porta do seu equipamento encontra-se aberta. Verifique que o estado da porta do equipamento. Verifique os parâmetros de porta aberta presentes no controlador em causa.

c) Área de Serviço: Informação complementar dos equipamentos instalados da área de serviço

The screenshot shows the 'Área de Serviço' (Service Area) for 'Equipamentos' (Equipment). The store is 'A.S Matosinhos (IP4/A4)' and the operating hours are '0:00' to '23:59'. The interior temperature is 22,5 °C and the exterior is 23,4 °C. The selected equipment is 'Móvel Vertical Fechado'. The product stored is 'Bebidas (refrigerantes, águas)'. The temperature settings are 0,0 °C minimum and 8,0 °C maximum. The location is 'Interior da área de serviço' and the theoretical consumption is 200 kWh. An image of the refrigerator is shown on the right.

d) Consumo Energético da Loja: Análise comparativa

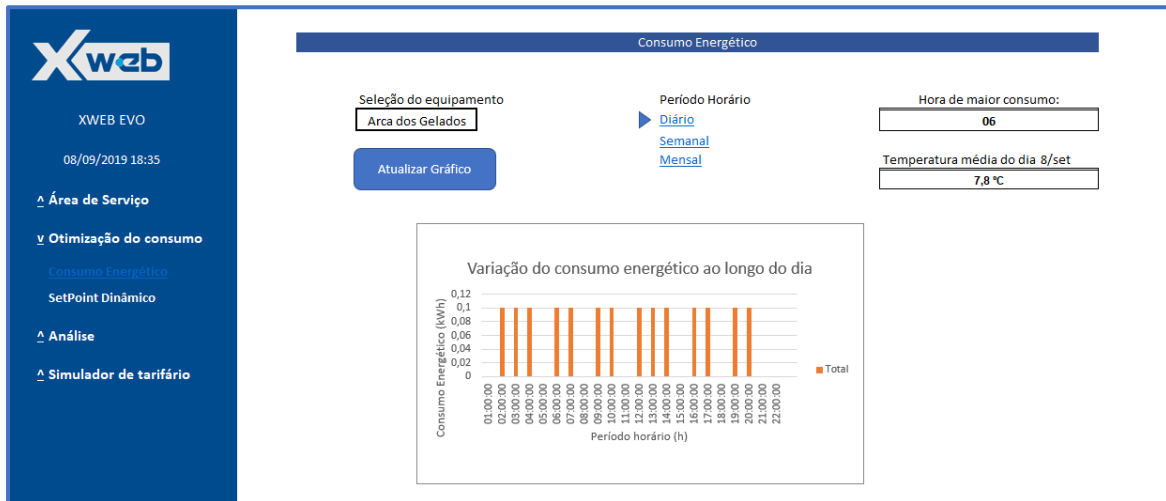
The screenshot displays the 'Consumo Mensal' (Monthly Consumption) analysis. It compares 'Consumo Teórico' (Theoretical Consumption) and 'Consumo Real' (Real Consumption). The total theoretical consumption is 296 kWh, and the total real consumption is 265 kWh. The data is broken down into three categories: Equipamentos de Frio (Refrigeration), Iluminação (Lighting), and Outros (Others).

Consumo	Equipamentos de Frio	Iluminação	Outros
Consumo Teórico	27%	6%	67%
Consumo Real	18%	6%	76%

e) Otimização do consumo – Setpoint dinâmico

The screenshot shows the 'Setpoint Dinâmico' (Dynamic Setpoint) optimization interface. The store is 'A.S Matosinhos (IP4/A4)' and the operating hours are '0:00' to '23:59'. The selected equipment is 'Móvel Vertical Fechado', the product is 'Bebidas (refrigerantes, águas)', and the store status is 'Loja Aberta'. The current setpoint is 6 (per minute) and the recommended setpoint is 4. A button 'Atualizar para Set Point recomendado' (Update to recommended Set Point) is available.

f) Otimização do consumo: Consumo energético com seleção de período diário



g) Otimização do consumo: Consumo energético com seleção de período semanal



h) Otimização do consumo: Consumo energético com seleção de período mensal



i) Análise – Seleção do equipamento e respetivo período temporal

The screenshot shows the Xweb interface with a sidebar on the left containing navigation links: Xweb logo, XWEB EVO, 15/09/2019 10:55, Área de Serviço, Otimização do consumo, Análise (with sub-links for Gráficos, Previsões, and Simulador de tarifário).

The main content area contains two selection boxes:
 

- Seleção o dispositivo pretendido: Móvel Vertical Fechado
- Seleção o período temporal desejado: Hoje

 A blue 'Selecionar' button is positioned to the right of the second box.

j) Análise – Visualização dos gráficos de acordo com a seleção do utilizador

The screenshot shows the Xweb interface with the same sidebar as above. The main content area features three charts under 'Voltar' and 'Atualizar' buttons:

- Temperatura VS Setpoint:** A dual-axis chart showing 'Temperatura Interior (°C)' as blue bars and 'SetPoint (°C)' as an orange horizontal line. The x-axis represents days from 29/ago to 04/set.
- Consumo VS SetPoint:** A dual-axis chart showing 'Consumo Energético (kWh)' as orange bars and 'SetPoint (°C)' as a blue horizontal line. The x-axis represents days from 29/ago to 04/set.
- Consumo VS Temperatura interior:** A dual-axis chart showing 'Consumo Energético (kWh)' as orange bars and 'Temperatura Interior (°C)' as a blue line. The x-axis represents days from 29/ago to 04/set.

k) Simulador de tarifário – redireccionamento dos dados conhecidos pelo utilizador

**Xweb**  
XWEB EVO  
14/09/2019 11:18

Área de Serviço  
Otimização do consumo  
Análise  
Simulador de tarifário

Possui os dados da sua fatura?

Sim Não

l) Simulador de tarifário – Inserção dos dados referentes à fatura de energia conhecida

**Xweb**  
XWEB EVO  
14/09/2019 11:27

Área de Serviço  
Otimização do consumo  
Análise  
Simulador de tarifário

Por favor, insira os dados referentes à sua fatura:

Potência Contratada:  Kw  Trifásico

Tipo de Tarifário:  Tarifário Simples  Tarifário Bi-Horário Qual a percentagem do seu consumo durante a noite?  %

Valor mensal da energia consumida:  Kw

Resultados  
Anterior

m) Simulador de tarifário – Simulador de potência contratada

**Xweb**  
XWEB EVO  
14/09/2019 11:31

Área de Serviço  
Otimização do consumo  
Análise  
Simulador de tarifário

Assumindo os pressupostos evidenciados abaixo:

<input checked="" type="checkbox"/> Móvel Vertical Fechado	
Potência do Equipamento	100 W
Tempo de utilização	720 h/mês
Quantidade	1 Unidade

<input type="checkbox"/> Arca do gelo	
Potência do Equipamento	200 W
Tempo de utilização	720 h/mês
Quantidade	1 Unidade

<input type="checkbox"/> Arca dos Gelados	
Potência do Equipamento	300 W
Tempo de utilização	720 h/mês
Quantidade	1 Unidade

<input type="checkbox"/> Móvel Vertical Aberto	
Potência do Equipamento	400 W
Tempo de utilização	720 h/mês
Quantidade	1 Unidade

<input checked="" type="checkbox"/> Ar Condicionado	
Potência do Equipamento	400 W
Tempo de utilização	400 h/mês
Quantidade	1 Unidade

<input checked="" type="checkbox"/> Iluminação	
Potência do Equipamento	14 W
Tempo de utilização	700 h/mês
Quantidade	20 Unidade

Caso pretenda incluir equipamentos que não estejam contemplados acima, preencha os campos abaixo:

Referência:	
Potência do Equipamento	500 W
Tempo de utilização	70 h/mês
Quantidade	1 Unidade

Potência Contratada  Kw  Trifásico

Qual a percentagem do seu consumo durante a noite?  %

Resultados  
Anterior

n) Simulador de tarifário - resultados

**Simulador de Tarifários de Energia**

Exportar

Para os seguintes dados:

Potência Contratada	1,15	Kw
Energia Fora de Vazio	241,8	Kwh/mês
Energia Vazio	0	Kwh/mês

Caso pretenda visualizar os resultados referentes ao tarifário Bi-Horário para os dados inseridos

<b>Simples</b>	Comercializador	Iberdrola
	Fatura	36,67891 €/mês
<b>Bi-Horário</b>	Comercializador	Galp Energia
	Fatura	48,75181867 €/mês

O melhor tarifário é:

Tarifário	<b>Simples</b>
Comercializador	<b>Iberdrola</b>
Fatura	36,67891 €/mês

Plano Base			<input checked="" type="checkbox"/> PB + Adesão Online			<input checked="" type="checkbox"/> PB + FE			<input checked="" type="checkbox"/> PB + DD		
Comercializador	Fatura	Energia	Comercializado	Fatura	Energia	Comercializador	Fatura	Energia	Comercializador	Fatura	Energia
Gold Energia	48,6692 €/mês	0,165 €/Kwh									
Iberdrola	48,6905 €/mês	0,163 €/Kwh									
Endesa	49,2187 €/mês	0,1617 €/Kwh									
Galp Energia	49,7949 €/mês	0,1608 €/Kwh									
Alfa Energia	49,8578 €/mês	0,16225 €/Kwh									
EDP Comercial	50,6875 €/mês	0,1619 €/Kwh									
			<b>Energia Simples</b>	50,128 €/mês	0,1635 €/Kwh	<b>Galp Energia</b>	49,1531 €/mês	0,1608 €/Kwh			
									<b>Endesa</b>	48,6709 €/mês	0,1599 €/Kwh
									<b>Galp Energia</b>	49,1531 €/mês	0,1608 €/Kwh
									<b>EDP Comercial</b>	50,1668 €/mês	0,1603 €/Kwh

<input checked="" type="checkbox"/> PB + FE + DD			<input checked="" type="checkbox"/> PB + FE + DD + ONLINE			<input checked="" type="checkbox"/> PB + FE + ONLINE			Mercado Regulado VS Mercado Liberalizado		
Comercializador	Fatura	Energia	Comercializado	Fatura	Energi	Comercializador	Fatura	Energia			
									Comercializador 36,67891		
									Fatura Iberdrola €/mês		

## Anexo F. Ficha Técnica do Equipamento de Frio

Fonte: Fricon - [https://www.fricon.pt/wp-content/uploads/2015/10/FICHA-T%C3%89CNICA-VCV-5B\\_220-240V\\_50Hz\\_Embraco-R134a\\_Danfoss-Digital\\_PT.pdf](https://www.fricon.pt/wp-content/uploads/2015/10/FICHA-T%C3%89CNICA-VCV-5B_220-240V_50Hz_Embraco-R134a_Danfoss-Digital_PT.pdf)

### Características técnicas do Equipamento de Frio

Características Técnicas – Equipamento de Frio			
<b>Modelo</b>	VCV 5B	<b>Dimensões interiores (altura x profundidade x largura) mm</b>	800 x 460 x 300
<b>Tipo de Equipamento</b>	Refrigerador Vertical	<b>Tipo de tampa/porta</b>	Porta – vidro
<b>Temperatura de funcionamento</b>	0°C a 8°C	<b>Revestimento externo</b>	Chapa Pré-pintada
<b>Volume Bruto</b>	79 L	<b>Revestimento Interno</b>	Chapa Pré-pintada
<b>Volume Líquido</b>	65 L	<b>Espessura de parede</b>	55 mm
<b>Dimensões exteriores (altura x profundidade x largura) mm</b>	1000 x 530 x 430	<b>Classe Climática</b>	4

Características Energéticas		Componentes	
<b>Tensão/Frequência</b>	230V – 50Hz	<b>Compressor</b>	Embraco
<b>Corrente Nominal</b>	1.32 A	<b>Modelo</b>	EMT43HLP
<b>Potência</b>	153 W	<b>Cilindrada</b>	4.85 cm <sup>3</sup>
<b>Consumo</b>	2.63 kWh/24hr	<b>Potência Nominal</b>	102W

<b>Características Energéticas</b>		<b>Componentes</b>	
<b>Eficiência Energética</b>	-	<b>Condensador</b>	Ventilado
<b>Proteção do compressor</b>	Externa - Bimetálica	<b>Ventilador</b>	EBMPAPST
<b>Nível de Ruído</b>	<56dB	<b>Potência</b>	5 W
<b>Acessórios</b>		<b>Termóstato</b>	Digital
<b>Termómetro</b>	Sim - Digital	<b>Refrigerante</b>	R134
		<b>Quantidade</b>	115g
		<b>Evaporador</b>	Ventilado
		<b>Iluminação</b>	Fluorescente
		<b>Potência</b>	15W