

**INSTITUTO UNIVERSITÁRIO MILITAR
DEPARTAMENTO DE ESTUDOS PÓS-GRADUADOS
CURSO DE PROMOÇÃO A OFICIAL SUPERIOR
2015/2016**



TII

**GESTÃO TÉCNICA CENTRALIZADA EM
EDIFÍCIOS DA FORÇA AÉREA**

**O TEXTO CORRESPONDE A TRABALHO FEITO DURANTE A
FREQUÊNCIA DO CURSO NO IUM SENDO DA RESPONSABILIDADE DO
SEU AUTOR, NÃO CONSTITUINDO ASSIM DOCTRINA OFICIAL DAS
FORÇAS ARMADAS PORTUGUESAS OU DA GUARDA NACIONAL
REPUBLICANA.**

**JORGE MANUEL SOUSA MARTINS
CAP/TMMEL**



INSTITUTO UNIVERSITÁRIO MILITAR
DEPARTAMENTO DE ESTUDOS PÓS-GRADUADOS

TÍTULO DO TRABALHO

CAP/TMMEL Jorge Manuel Sousa Martins

Trabalho de Investigação Individual do CPOS/FA

Pedrouços 2016



**INSTITUTO UNIVERSITÁRIO MILITAR
DEPARTAMENTO DE ESTUDOS PÓS-GRADUADOS**

TÍTULO DO TRABALHO

CAP/TMMEL Jorge Manuel Sousa Martins

Trabalho de Investigação Individual do CPOS FA

Orientador: **MAJ/ENGAER Carlos Batalha**

Pedrouços 2016



Declaração de compromisso Antiplágio

Eu, Jorge Manuel Sousa Martins, declaro por minha honra que o documento intitulado “Gestão Técnica Centralizada em Edifícios da Força Aérea”, corresponde ao resultado da investigação por mim desenvolvida enquanto auditor do CPOSFA 2015/2016 no Instituto Universitário Militar e que é um trabalho original, em que todos os contributos estão corretamente identificados em citações e nas respetivas referências bibliográficas. Tenho consciência que a utilização de elementos alheios não identificados constitui grave falta ética, moral, legal e disciplinar.

Pedrouços, 12 de julho de 2016

Jorge Manuel Sousa Martins



Agradecimentos

Em primeiro lugar quero agradecer à Instituição Militar que me recebeu, ao Centro de Formação Militar e Técnica da Força Aérea e ao Instituto de Soldadura e Qualidade. Uma palavra de apreço muito especial ao Engenheiro Miguel Martins e ao Doutor Dr. Fernando Fonseca, coordenador de formação no ECOTERMOLAB do Instituto de Soldadura e Qualidade, pelo seu importantíssimo contributo no desenvolvimento do presente Trabalho de Investigação Individual.

Ao Sr. MAJ/ENGAER Carlos Batalha pela excelente orientação dada ao longo de todo o percurso do trabalho de investigação, pelo apoio e permanente disponibilidade.

Um enorme agradecimento ao Sr. MAJ/TMI Armando Venâncio, Sr. CAP/ENGAER José Romão e ao Sr. CAP/TMMEL Victor Nunes, ambos do Centro de Formação Militar e Técnica da Força Aérea, pelos contributos prestados e total disponibilidade.

A todos Militares e Civis que, de uma forma ou outra, primaram pelas suas capacidades técnicas na partilha do bem-fazer.

Por fim, um carinho especial à minha família, pela compreensão e apoio neste período de frequência do Curso de Promoção a Oficial Superior.



Índice

Introdução.....	1
1. Revisão Bibliográfica	4
1.1. Gestão Técnica Centralizada	4
1.1.1. Enquadramento Histórico.....	5
1.1.2. Arquitetura funcional	7
1.1.3. Arquitetura estrutural	9
1.2. Quadro Legislativo e Regulamentar	11
2. Metodologia.....	13
2.1. Taxa Interna de Rentabilidade	13
2.2. Valor Atual Líquido.....	14
2.3. Período de Recuperação do Investimento.....	14
3. Estudo de Caso.....	15
3.1. Caracterização das Instalações	15
3.1.1. ECOTERMOLAB	15
3.1.1.1. ECOTERMOLAB - SGTC	15
3.1.2. CFMTFA	17
3.1.2.1. CFMTFA - SGTC	18
3.2. Análise Energética	19
3.3. Recursos humanos	24
4. Viabilidade Económica.....	25
4.1. Taxa Interna de Rentabilidade	25
4.2. Valor Atual Líquido.....	26
4.3. Período de Recuperação do Investimento.....	27
4.4. Análise de sensibilidade	28
Conclusões.....	30
Bibliografia.....	35



Índice de Anexos

Anexo A —	Mapa Conceptual	A-1
Anexo B —	Orçamento QC12 da TERMOSUL.....	B-1
Anexo C —	Fatura de energia elétrica do CFMTFA (fevereiro 2016).....	C-1
Anexo D —	Período contagem de energia para ciclo semanal tri-horário.....	D-1
Anexo E —	Calendário escolar.....	E-1
Anexo F —	Ocupação QC12 2015/2016.....	F-1

Índice de Apêndices

Apêndice A —	Cálculos Justificativos.....	1
--------------	------------------------------	---

Índice de Figuras

Figura 1 –	Sistemas centralizados isolados	6
Figura 2 –	Sistemas distribuídos hierarquizados	6
Figura 3 –	Sistema integrado	7
Figura 4 –	Estrutura de um SGTC	8
Figura 5 –	Arquitetura estrutural	10
Figura 6 –	Edifício ECOTERMOLAB, ISQ	15
Figura 7 –	Rede aeáulica	16
Figura 8 –	Rede hidráulica.....	17
Figura 9 –	Edifício ECOTERMOLAB, ISQ	17
Figura 10 –	Menu “Produção”.....	18
Figura 11 –	Menu “Aquec.”	19
Figura 12 –	Consumo anual de energia 2013 com GTC (ECOTERMOLAB).....	20
Figura 13 –	Consumo anual estimado de energia 2016 com GTC (QC12).....	21
Figura 14 –	Poupança anual de energia (ECOTERMOLAB e QC12).....	22
Figura 15 –	Custos anuais de energia (ECOTERMOLAB e QC12).....	23
Figura 16 –	TIR (ECOTERMOLAB e QC12)	26
Figura 17 –	PRI (ECOTERMOLAB e QC12).....	28
Figura 18 –	Simulação (ECOTERMOLAB e QC12).....	29

Índice de Tabelas

Tabela 1 -	Energia Elétrica nos períodos de medições	21
Tabela 2 –	Custos unitários de energia.....	23



Tabela 3 – Variáveis "n" e "t"	26
Tabela 4 – Cash-flow.....	27



Resumo

A investigação centra-se na aplicação da Gestão Técnica Centralizada como instrumento para a melhoria da eficiência energética dos edifícios e infraestruturas da Força Aérea Portuguesa e diminuição de pessoal afeto à sua manutenção, tendo por base, dois casos de estudo, o edifício QC12 do Centro de Formação Militar e Técnica da Força Aérea e o ECOTERMOLAB, pertencente ao Instituto de Soldadura e Qualidade.

Da análise desenvolvida conclui-se que o funcionamento dos edifícios ECOTERMOLAB e QC12, com controlo por GTC, representam anualmente uma diminuição de consumo energético em 30% e 44% respetivamente e, uma redução de 50% nos recursos humanos afetos à instalação do QC12. Da viabilidade económica obtiveram-se as métricas de Valor Atual Líquido e a Taxa Interna de Rentabilidade positivos e um Período de Recuperação do Investimento, de 11,5 anos para ECOTERMOLAB e 10,7 anos para QC12.

Por fim, teceram-se algumas recomendações, dirigidas à Força Aérea Portuguesa, com o intento de melhorar a eficiência energética elétrica e a redução de recursos humanos afetos.

Palavras-chave

Gestão Técnica Centralizada, Eficiência Energética, AVAC, Recursos humanos, Avaliação económica



Abstract

The research is focused in the application of the Centered Technique Management as an instrument to improve the Portuguese Air Force buildings and infrastructures' energetic efficiency and to reduce the staff in charge of its maintenance, based on two study cases, QC 12 building in The Air Force Military and Technique Training Center and ECOTERMOLAB, which belongs to Instituto de Soldadura e Qualidade (Quality and Welding Institute).

From the analysis, one can conclude that the functioning of the ECOTERMOLAB and QC12 buildings, with GTC control, represents an annual consumption of less 30% and 44% respectively and a 50% reduction in the human resources of the QC 12.

From the economical viability, it was possible to get the figures of the Net Present Value and the Internal Rate of Return and a Period of Return on Investment of 11,5 years for ECOTERMOLAB and 10,7 years for QC 12.

Finally, some recommendations to the Portuguese Air Force were made, aiming the improvement of the electrical energetic efficiency and a reduction in human resources.

Key words

Centered Technique Management, energetic efficiency, AVAC, human resources, economical evaluation



Lista de abreviaturas, siglas e acrónimos

- AQS – Águas Quentes Sanitárias
- AVAC – Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado
- CE – Comissão Europeia
- CFMTFA – Centro de Formação Militar e Técnica da Força Aérea (Ota)
- CFS – Curso de Formação de Sargentos
- Eco.AP[7] - Programa de Eficiência Energética na Administração Pública
- EMB – Esquadra de Manutenção de Base
- EMMET – Esquadra de Manutenção de Material Elétrico de Terra
- ENE2020 - Estratégias Nacionais para a Energia
- FAP – Força Aérea Portuguesa
- GTC – Sistemas de Gestão Técnica Centralizada
- IESM – Instituto de Estudos Superiores Militares
- IVA – Imposto sobre Valor Acrescentado
- PC – Computador Pessoal
- PD – Pergunta Derivada
- PLC– *Programmable Logic Controller*
- PRI– Período de Recuperação do Investimento
- PRS – Período de retorno simples
- PT – Posto de Transformação
- QC – Questão Central
- RCCTE - Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios
- RECS - Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços
- REH - Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação
- RSECE – Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios
- SACA – Sistema Automático de Controlo de Acessos
- SADG – Sistema Automático de Detecção de Gases
- SADI – Sistema Automático de Detecção de Incêndios
- SAEE – Sistema Automático de Evacuação de Emergência
- SAEG – Sistema Automático de Extinção por Gases
- SAIR – Sistema de Alarme contra Intrusão e Roubo



SCADA – *Supervisory Control And Data Acquisition*

SCE – Sistema Certificação Energética

SGCP – Sistema de Gestão Centralizada de Perigos

SGTC – Sistemas de Gestão Técnica Centralizada

TIR – Taxa Interna de Rentabilidade

UTA – Unidade de Tratamento de Ar

VAL – Valor Atual Líquido



Introdução

A industrialização e o modelo de desenvolvimento das sociedades ocidentais ao considerarem que os combustíveis fósseis seria um bem barato e acessível a todos, originaram que 87% da energia consumida provem dos combustíveis fósseis. Dado o elevado consumo de energia e conseqüentemente de combustíveis fósseis, originou com que as reservas sejam cada vez mais difíceis de alcançar e, como tal, a incrementação do custo de extração. Os progressivos custos de extração colocam em causa o pressuposto da energia barata, assim como o paradigma de crescimento das economias ocidentais. Encontrando-se as sociedades numa era de globalização comercial onde a competitividade é grande, os gastos com a utilização da energia são frequentemente críticos para a prossecução das organizações. Como as organizações não podem gerir o custo da energia, a opção é gerir a sua procura, implementando estratégias que lhes permitam usar a energia de uma forma tão eficiente quanto possível (Associação das Agências de Energia e Ambiente, 2014).

Nas sociedades modernas, os custos de funcionalidade e de manutenção dos edifícios são, em geral, elevados e a Força Aérea Portuguesa (FAP) não é exceção. Não surpreende por isso, que no sentido de redução desses custos, sejam implementados sistemas automatizados e integrados numa Gestão Técnica Centralizada (GTC), com o intuito de racionalizar e otimizar a exploração dos edifícios. Cumulativamente, as diretivas europeias e demais legislação nacional em vigor vieram reforçar a necessidade de aumentar a eficiência energética e conseqüentemente a redução de emissões de gases de efeito de estufa (GEE).

O objetivo geral do presente trabalho é analisar o efeito da implementação da GTC nos edifícios da FAP, na melhoria da eficiência energética e na redução de recursos humanos afetos à manutenção. Neste sentido, pretende-se complementar outros Trabalho de Investigação Individual (TII) anteriormente realizados no Instituto de Estudos Superiores Militares (IESM) que, com o mesmo objetivo geral, exploraram outras técnicas de promoção da eficiência energética.

O estudo será limitado aos subsistemas de AVAC, integrados na GTC de dois edifícios, um pertencente ao Centro de Formação Militar e Técnica da Força Aérea (CFMTFA) e outro ao Instituto de Soldadura e Qualidade.

Os edifícios escolhidos tiveram em conta as suas características construtivas e os dados disponíveis para a análise do presente trabalho.



Para o efeito utilizou-se os equipamentos do sistema de AVAC existentes nos edifícios, de forma a analisar as diferenças de consumos de energia com GTC e sem esta. De forma a valorizar a presente investigação foi utilizado o edifício ECOTERMOLAB, pertencente ao Instituto de Soldadura e Qualidade (ISQ), por ser uma entidade idónea, de referência internacional em várias valências, nomeadamente na Certificação Energética.

Dado a complexidade do objetivo geral, considerou-se necessário dividir em objetivos específicos, designadamente:

- Identificar edifícios da FAP com GTC em sistemas de AVAC;
- Analisar os sistemas existentes;
- Tratar dados de consumo energético elétrico;
- Comparar resultados.

Para a persecução desta investigação, de forma cientificamente suportada, são adotados os procedimentos propostos por Quivy e Campenhoudt (2005) no seu Manual de Investigação em Ciências Sociais, cuja aplicação se detalha no anexo A, tendo-se formulado na primeira etapa a seguinte questão central (QC):

“Qual o impacto da Gestão Técnica Centralizada dos edifícios da Força Aérea Portuguesa ao nível dos recursos humanos afetos à manutenção e da eficiência energética?”

Associadas à QC, surgem as seguintes perguntas derivadas (PD):

PD1: Recorrendo à GTC, que ações promoveram a melhoria da eficiência energética dos edifícios da FAP?

PD2: Qual o impacto da implementação da GTC nos recursos humanos afetos à manutenção?

PD3: Qual o retorno do investimento do Sistema de Gestão Técnica Centralizada (SGTC) ?

De forma a obter as respostas pretendidas, construiu-se um modelo de análise, tendo-se formulado as seguintes hipóteses:

H1: Os sistemas de GTC contribuem para diminuir os custos energéticos;

H2: A agregação de sistemas de AVAC reduziu a necessidade de pessoal da FAP afeto à manutenção;

H3: Os indicadores económicos do investimento são positivos.



As perguntas derivadas acima mencionadas, bem como as hipóteses associadas, constam no mapa conceptual desenvolvido para o efeito, conforme anexo A.

O presente TII é constituído por quatro capítulos. No primeiro capítulo, é explanada a composição e o funcionamento do SGTC, descrito a sua arquitetura tipo e um breve enquadramento histórico. No final do capítulo é exposto o enquadramento legal e regulamentar subjacente à eficiência energética.

No segundo capítulo é exposta a metodologia usada nos estudos de caso e no terceiro capítulo, fruto da investigação desenvolvida, é realizada uma resenha da descrição dos edifícios alvo do estudo de caso, assente essencialmente nos sistemas AVAC. Fará parte do mesmo capítulo a análise dos consumos energéticos, bem como as necessidades de recursos humanos necessários à manutenção, tendo em conta com e sem a GTC. No quarto capítulo é aferida viabilidade económica e investimento *vs* poupança energética.

No último capítulo é efetuada a síntese e respetivas conclusões das investigações desenvolvidas, com o objetivo de verificar a validação das hipóteses.

No final são enumeradas algumas recomendações de sensibilização, dirigidas à FAP, com o intento de melhorar a eficiência energética elétrica e a redução de recursos humanos.



1. Revisão Bibliográfica

A gestão da energia, monitorização e o controlo fazem parte dos sistemas integrados com vista à otimização e gestão dos consumos dos edifícios. A presente regulamentação térmica obriga à implementação destes sistemas. Por este facto as grandes empresas de renome internacionais e líderes no setor elétrico, tem evoluído a sua tecnologia a empregar nos SGTC. Dada a dimensão e complexidade de equipamentos nos SGTC, houve necessidade estabelecer comunicação entre equipamentos dos vários fabricantes.

Segundo a Schneider, "A nossa política de sistemas abertos, baseados em protocolos de comunicação normalizados, como o LonWorks, Bacnet, Modbus, KNX, DALI, permite-nos para além da integração de sistemas de controlo a interligação a sistemas de gestão informáticos" para "a global satisfação dos requisitos dos nossos clientes". Também a Siemens evolui para protocolos normalizados e sistemas abertos nos seus sistemas. "O DESIGO, o nosso sistema de gestão técnica de edifícios, trabalha com o protocolo BACnet, sendo compatível com os mais diversos padrões industriais, tais como o ModBUS, o LON, o KNX e o MBus, além de ser uma plataforma aberta para integrações por PC. Para nós, esta polivalência e abertura à integração com equipamentos de terceiros é fundamental" (Edifícios e Energia, 2016).

Dada a importância do tema por parte da FAP, foi realizado um TII pelo CAP/TMI Armando Venâncio de 2012/2013, com o tema "Automação de edifícios e infraestruturas na Força Aérea", tendo como "objetivo central a avaliação do impacto da implementação de sistemas de telecontrolo e monitorização, na racionalização do consumo de energia na FAP", bem como o TII realizado pelo CAP/ENGEL Gonçalo Carvalho, no CPOSFA de 2011/2012, com o tema "Gestão de consumo de energia elétrica", tendo como objetivo implementar um sistema de gestão de consumo de energia elétrica para a FAP

1.1. Gestão Técnica Centralizada

Proferir GTC é sem dúvida falar em padrões de eficiência energética. A eficiência energética não passa só pela compra de equipamentos eficientes, mas depende também da forma como é realizada a gestão dos consumos energéticos, incluindo os custos de operação e manutenção.

Através do SGTC é possível assegurar uma gestão adequada, permitindo monitorizar, controlar, comandar e gerir, de forma integrada, os vários subsistemas existentes nos edifícios, a um nível ótimo de funcionamento dos equipamentos e de acordo



com as necessidades de conforto de cada utilizador. Com o SGTC é possível ao longo da vida dos edifícios, adaptar e readaptar estratégias operacionais sem recurso a alterações físicas. Este controlo pode ser local ou remoto, utilizando meios de comunicação, nomeadamente a internet. O SGTC pode também ter um papel preponderante no apoio à gestão da manutenção preventiva e corretiva das instalações e na utilização racional e otimizada dos recursos humanos afetos. Esta otimização provem de desvios ocorridos e registados em relatórios que, depois de avaliados, podem antecipar a avaria, bem como a rapidez da localização de avarias através de alarmes definidos.

1.1.1. Enquadramento Histórico

Com a construção das habitações, o homem procurou controlar os seus espaços para melhor conforto. Nesse sentido temos como sistema mais elementar de controlo de fluxo de ar as janelas e as portadas, persinas, estores, cortinas, etc., no controlo da luminosidade. No decorrer dos tempos surgiu a lareira como um sistema de aquecimento fixo, controlado manualmente, com o objetivo de dar conforto. Ainda hoje é usada, mas com a possibilidade de incorporar as tecnologias atuais de controlo automático. Com a invenção da eletricidade, desenvolveram os interruptores como comando manual e à distância dos pontos de iluminação. Equipamento rudimentar face à tecnologia atual, mas ainda em uso.

Com a evolução tecnológica começaram a ser introduzidos termóstatos para controlo de temperatura e relés para comando de potência, relés temporizados, entre outros. Com a utilização destes equipamentos surgem sistemas rudimentares, mas já automatizados, como exemplo temos os aquecedores elétricos e iluminação de escada temporizada. A manutenção era apenas local e por pessoal especializado. Com o aparecimento de dispositivos eletrónicos, os anteriores dispositivos eletromecânicos deixam de ser tão utilizados, em grande parte face às grandes dimensões.

Uma nova geração surgiu com aparecimento dos microprocessadores em que surgem os primeiros sistemas centralizados dedicados, possibilitando num único local verificar e controlar o estado dos equipamentos. Para que esta tecnologia fosse possível eram necessárias quantidades enormes de cablagens que interligassem os sensores, atuadores e equipamentos de potência ao sistema central. O equipamento central era programado na linguagem Assembly¹ de difícil programação e morosa. O sistema já incorporava deteção de desvios de valores pré-definidos e ativação de sinóticos de grandes dimensões, no

¹ Assembly – Linguagem de programação de baixo nível

entanto a tomada de decisão final era sempre do operador (ISEL, 2003). A evolução continuou, mas direcionada para a especialização e diversificação, controlando vários sistemas, doravante designados por subsistemas, como é exemplo AVAC, incêndios, energia, etc. No entanto os sistemas centralizados eram isolados uns dos outros, com imensas cablagens de interligação entre equipamentos. A seguinte figura 1 é exemplo da estrutura isolada.

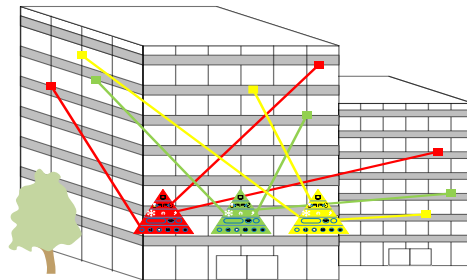


Figura 1 – Sistemas centralizados isolados

Fonte: (Schneider Electric, 2016)

Com a crise petrolífera dos anos 70 e segundo Pinto (2016) assistiu-se a uma nova geração de equipamentos de controlo centralizado, denominados de autómatos programáveis ou PLC², com novas linguagens de programação, como exemplo a linguagem de contatos, mais intuitiva e com funções dedicadas. A instalação em edifícios tornou-se de tal forma generalizada que evoluiu para controlo de processos industriais, abandonando as arquiteturas puramente centralizadas para adotar as distribuídas com controlo hierárquico, reduzindo custos com cablagens (ISEL, 2003). Exemplo de sistemas distribuídos hierarquizados isolados entre si é demonstrado na figura seguinte.

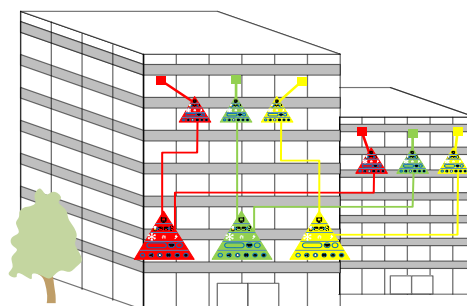


Figura 2 – Sistemas distribuídos hierarquizados

Fonte: (Schneider Electric, 2016)

Neste sistema mantinha-se o problema de incompatibilidade entre os protocolos de comunicação dos diferentes fabricantes.

² PLC - Programmable Logic Control

Na década de 80 houve uma mudança completa com a introdução de um equipamento no topo da pirâmide da hierarquia, que corresponde a um nível adicional de controlo, destinado a supervisionar e coordenar os vários sistemas específicos de automação (Pinto, 2016). Deixaram de ser arquiteturas hierarquizadas isoladas para passar a serem arquiteturas hierarquizadas integradas, conforme figura 3.

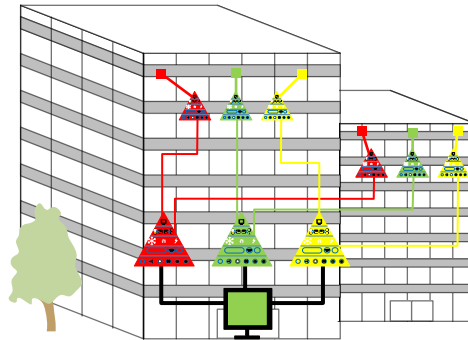


Figura 3 – Sistema integrado

Fonte: (Schneider Electric, 2016)

Este tipo de arquitetura integra subsistemas, AVAC, iluminação, entre outros, a um equipamento central, que interage com todos eles, possibilitando uma gestão global de apenas um ponto. Permite também a interoperabilidade com diferentes subsistemas, tendo como exemplo o caso de uma ocorrência de alarme de incêndio, em que o sistema de AVAC será interrompido e imagens relevantes do espaço serão exibidos.

Para que esta arquitetura, ainda em uso, funcione, tiveram de haver desenvolvimentos significativos no processamento de informação e da comunicação de dados. A evolução deu origem a “um sistema aberto multimarca e multiprotocolo com unidades de controlo livremente programáveis, composto por equipamentos de campo para medição, consolas de comando local e supervisão central” (essani, 2016), através de novos meios de comunicação, como é o caso da internet, intranet e redes móveis.

1.1.2. Arquitetura funcional

Como se verificou no ponto anterior, a GTC evoluiu ao longo dos anos, sendo cada vez maior a sua exigência e complexidade e convergiu para um sistema integrado e hierarquizado, como é exemplificado na figura 4.



Figura 4 – Estrutura de um SGTC

Fonte: (autor, 2016)

Segundo ISEL (2003), em termos gerais a estrutura integrada e hierarquizada de um SGTC tem por base integrar vários subsistemas, como é exemplo “Energia e Conforto”, “Segurança Eletrónica” e “Proteção Contra Incêndios”, com várias tipologias de instalações, monitorizados e controladas. O subsistema “Energia e Conforto” é constituído pelas instalações de AVAC, Iluminação (ILUM) e Energia; o subsistema “Segurança Eletrónica” pelas instalações de Alarme Contra Intrusão e Roubo (SAIR), Automático de Controlo de Acessos (SACA), Circuito Fechado de TV (CCTV) e Gestão Centralizada de Perigos (SGCP); o subsistema “Proteção Contra Incêndios” pelas instalações de automático de Detecção de Incêndios (SADI), Automático de Extinção por Gases (SAEG); Automático de Detecção de Gases (SADG) e Automático de Evacuação de Emergência (SAEE).

Cada subsistema possibilita a sua monitorização e controlo através de consolas de visualização. Com integração dos subsistemas é possível, num nível superior, monitorizar, gerir e controlar todos os equipamentos instalados através de um computador pessoal (PC), equipado com um *software* dedicado de supervisão e aquisição de dados, usualmente denominado SCADA³ (Ascenso, 2010, p. 11). Com este *software* é possível visualizar o estado total do sistema através de sinópticos representativos das várias instalações, ativar

³ SCADA - Supervisory Control And Data Acquisition



ou desativar equipamentos e alterar parâmetros de funcionamento, *set-point*, horários de funcionamento, verificar estados de ocupação, controlo de acesso, intrusão, entre outros.

Através da supervisão é possível identificar alarmes de avarias, bem como a sua localização. Com esta informação é possível orientar, com grande rapidez, as ações mais apropriadas com vista à resolução das mesmas. Conjugando as avarias com os tempos de funcionamento dos equipamentos é possível otimizar as datas das manutenções preventivas e consequentemente reduzir a manutenção corretiva.

A este nível dispõe-se de todos os dados dos subsistemas, em tabelas, gráficos e relatórios de consumos, eventos e avarias. Não basta saber o quanto se consome, mas também onde, como e quando se consome a energia. Neste sentido, com estes dados, podem-se realizar comparações e análises de tendências energéticas e avarias, de forma a auxiliar o gestor na sua decisão, tendo sempre em conta a economia energética, os custos de equipamentos eventualmente necessários e o conforto dos utilizadores.

Com a monitorização é também possível o emprego de técnicas de *benchmarking*, ferramenta para a otimização do sistema, tendo por base aprender com as boas práticas, ou seja, comparam-se dados energéticos, físicos, entre outros, de dois equipamentos ou edifícios semelhantes, colocando o equipamento menos eficiente a funcionar com as características do mais eficiente (Infopédia (2016)). .

1.1.3. Arquitetura estrutural

Os SGTC abrangem equipamentos e um *software* que funcionam sob o princípio da integração de subsistemas, como é exemplo do AVAC, iluminação, energia, que a partir desse mesmo *software* é possível monitorizar e comandar os diversos processos primários de diversas naturezas, em uma ou mais instalações existentes. Estes equipamentos podem ser de diversos fabricantes, no entanto terão obrigatoriamente de comunicar entre si, com protocolos iguais ou com equipamentos do tipo *gateway*⁴. Os SGTC são essenciais nos grandes edifícios de serviços e industriais, mas podem ser instalados noutros quaisquer, nomeadamente no setor residencial.

A arquitetura de um SGTC é composta por vários equipamentos, escalonados em cinco níveis (ISEL, 2003).

⁴ *Gateway* – ponto de interligações de redes com diferentes protocolos

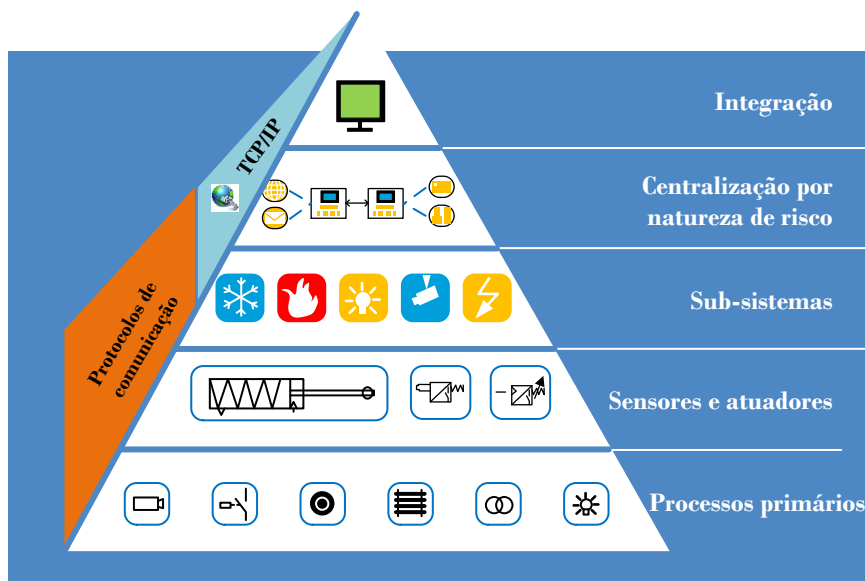


Figura 5 – Arquitetura estrutural

Fonte: (autor, 2016)

Na base encontra-se o nível um, composto pelos equipamentos primários dos subsistemas, consumidores de energia, como lâmpadas, transformadores de potência, ventiladores, compressores, entre outros. Funcionam em regime de “tudo ou nada”, ou seja, desligado ou ligado a valores nominais, ou em regimes variáveis contínuos ou por escalões. Este nível encontra-se ligado por condutores ao nível três, subsistemas, através de circuitos de comando, os quais comandam os circuitos de potência diretamente ou indiretamente com variadores de velocidade.

No nível dois encontram-se os sensores e atuadores, normalmente instaladas nos equipamentos primários. Os sensores têm por função converter grandezas físicas em outras grandezas, usualmente elétricas. Como exemplo temos termopar que converte temperatura em sinais elétricos, *Light Dependent Resistor* (LDR) que varia a resistência com a incidência da luz, piezoelétrico que converte a pressão em sinal elétrico. Os sinais elétricos que saem dos sensores podem ser analógicos ou convertidos em digitais, designando assim a tecnologia dos sensores em analógicos ou digitais.

No nível três encontram-se os subsistemas, AVAC, iluminação, energia elétrica, entre outros. É um nível especial, onde se encontra o “coração” de cada subsistema que é composto por PLC, responsável pelo total controlo de execução. Os PLC’s são extremamente flexíveis, podendo configurar seu *hardware*, trocando as funções das cartas, bem como alterar o *software* utilizando linguagens *Ladder* ou blocos de funções, por exemplo. Através de cartas de entrada e saída de sinais analógicos, digitais ou



comunicações, é realizada a ponte das informações recebidas dos sensores e consolas que, conjugados com o *software*, vão controlar os equipamentos e os atuadores dos níveis um e dois respetivamente. É também responsável pelas funções de comunicações, utilizando como meio físico padrões RS232, RS485, RS422, TCP/IP, USB (Arcelet, 2016), etc, com protocolos de comunicações como é exemplo Modbus⁵, Profibus⁶.

O nível quatro é composto por consolas que controlam e monitorizam, de forma hierarquizada e isolada o seu subsistema. Este nível interatua com os autómatos de cada subsistema, localmente ou à distância, permitindo definir, apenas no seu subsistema, horários de funcionamento, forçar equipamentos à marcha/paragem, visualizar alertas de avarias, entre outros.

No nível 5 encontra-se o topo da hierarquia do SGTC, onde toda a informação dos subsistemas é centralizada e gravada num equipamento baseado em um PC ou autómatos programáveis de grande capacidade, possibilitando o controlo e monitorização de todos os equipamentos. O computador é constituído por placas de comunicação do tipo TCP/IP e um *software* dedicado de supervisão com quadros sinópticos ativos, representativos dos vários subsistemas.

1.2. Quadro Legislativo e Regulamentar

Em 1986 deram-se os primeiros passos legais em Portugal, que segundo o Decreto-Lei nº250/86, de 25 de agosto, “A situação energética em Portugal continua a revelar uma forte dependência do exterior, que ultrapassa 80% da respetiva energia total consumida”. O presente diploma tinha como objetivos incentivar a produção de energia a partir de recursos renováveis ou por outros processos de que resulte economia de energia e a substituição do petróleo bruto e derivados por outros combustíveis.

Com o Decreto-Lei nº40/90, de 6 de fevereiro, surge o primeiro Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE).

Passados alguns anos, com novas publicações, surge com a Resolução de Conselho de Ministros nº 80/2008, de 20 de maio, o Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética (PNAEE) (2008-2015) – “Portugal Eficiência 2015”, que visava alcançar até 2015 a implementação de medidas de melhoria de eficiência da energética equivalente a 10 % do consumo final de energia. Neste contexto o governo traçou novas Estratégias

⁵ Modbus - Sistema de comunicação em rede, tipo mestre/escravo, da Schneider electric

⁶ Profibus - Process Field Bus, sistema de comunicação em rede, da Siemens



Nacionais para a Energia (ENE2020), do qual se destaca a redução de 20% do consumo de energia final até 2020, denominado Programa de Eficiência Energética na Administração Pública, Eco.AP[7]. Estas medidas foram instituídas com a publicação do Decreto-Lei nº29/2011, de 28 de fevereiro, que segundo o artigo 2º, o “Estado e as demais entidades públicas devem promover e implementar, até final de 2020, nos seus edifícios e equipamentos afetos à prestação de serviços públicos, medidas de melhoria da eficiência energética, destinadas a aumentar a eficiência na utilização final da energia.”

Com a nova regulamentação, Decreto-Lei nº 118/2013, de 20 de agosto, é aprovado o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE), o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS) e por força do mesmo são revogados os Decreto-Lei n.º 78/2006, de 4 de abril, o Decreto-Lei n.º 79/2006, de 4 de abril, e o Decreto-Lei n.º 80/2006, de 4 de abril. Segundo o artigo 4º, do Decreto-Lei nº 118/2013, estão excluídos as infraestruturas militares.



2. Metodologia

O objetivo deste capítulo é explicar a metodologia usada na análise energética referente ao subsistema AVAC e que possa ser aplicada noutros estudos. Serão retirados valores de consumo de energia, provenientes dos contadores colocados nos edifícios QC12 e ECOTERMOLAB, ambos com o SGTC ativado e desativado, tendo em linha de conta o mesmo tipo de utilização por partes dos utilizadores. Será realizada a diferença entre os valores de energia elétrica retirados de cada edifício, com e sem SGTC. Serão também alvo de análise os valores quantitativos de recursos humanos afetos à manutenção antes da implementação e depois desta.

Como não basta provar que o consumo de energia é inferior, é essencial que se calcule o investimento da instalação e, para isso, será realizada uma análise económica simplificada, independentemente a cada edifício, com o objetivo de conhecer a viabilidade da implementação do SGTC e que possa promover novas instalações por parte de investidores, nomeadamente a FAP.

Os custos de investimento associados ao SGTC implementados no QC12 do CFMTFA e no ECOMATLAB do ISQ, englobam atuadores, sensores, custo em engenharia, ponto de integração, quadros de gestão técnica, cabos e *hardware* e *software*. Os valores detalhados dos custos dos investimentos, apenas disponível para o QC12, são apresentados anexo B.

Para aferir a viabilidade económica serão abordados três indicadores, conforme se exemplifica de seguida.

2.1. Taxa Interna de Rentabilidade

A Taxa Interna de Rentabilidade (TIR) representa a taxa máxima de rentabilidade do projeto, sem perder dinheiro. Não é mais do que a taxa de atualização que, no final do período de vida do projeto, iguala o VAL a zero (Miguel, 2006).

$$0 = \sum_{i=1}^n \frac{CF_i}{(1 + TIR)^i} - I_{ini} = (\%) \quad [exp. 1]$$

I_{ini} – investimento inicial

CF_{anual} – cash-flow anual

TIR – taxa de atualização com VAL=0

n – vida útil do projeto em anos

i – período de análise



Dada a complexidade do cálculo através da exp. 1, o cálculo da TIR é calculada por um processo simples, ou seja, determinam-se vários valores de VAL com resultados positivos e negativos, o tanto quanto possível próximo de zero. Com estes valores determina-se, através da regressão obtida, a expressão matemática correspondente, afim de saber o valor de TIR.

2.2. Valor Atual Líquido

O Valor Atual Líquido (VAL) tem como objetivo calcular a viabilidade de um projeto de investimento através do cálculo do valor atual de todos os seus cash-flows e o investimento inicial (Miguel, 2006). Se o VAL é positivo, significa que o projeto apresenta uma rentabilidade positiva. Para um único investimento no momento inicial, o VAL é dado pela expressão [exp.2]:

$$VAL = -I_{ini} + \sum_{i=1}^n \frac{CF_i}{(1+t)^i} = (\text{€}) \quad [exp. 2]$$

I_{ini} – investimento inicial

CF_{anual} – cash-flow anual

t – taxa de atualização (inflação + custo de capital)

n – vida útil do projeto em anos

i – período de análise

2.3. Período de Recuperação do Investimento

O Período de Recuperação do Investimento (PRI), também denominado como *Payback* é o tempo decorrido entre o investimento inicial e o momento no qual o lucro líquido acumulado se iguala ao valor desse investimento (Miguel, 2006).

O PRI é dado pelos Cash-Flow⁷ segundo a expressão [exp.3].

$$PRI = I_{ini} - \sum_{i=1}^n \frac{CF_i}{(1+t)^i} = 0 \quad (\text{anos}) \quad [exp. 3]$$

Dada a complexidade do cálculo através da exp. 3, o cálculo do PRI é calculado de forma idêntica ao cálculo da TIR.

⁷ Cash-Flow - Fluxos líquidos gerados pelo projeto que assumem a forma de numerário

3. Estudo de Caso

No terceiro capítulo, fruto da investigação desenvolvida, é realizada uma resenha da descrição dos edifícios caso de estudo, assente essencialmente nos sistemas de AVAC. São analisados os consumos energéticos elétricos, em separado, dos dois edifícios, tendo em conta o SGTC ativo e desativado, a fim de validar a hipótese 1, “*Os sistemas de GTC contribuem para diminuir os custos energéticos e de gestão dos edifícios*”.

Será também alvo de análise a informação adquirida referente às necessidades de recursos humanos necessários à manutenção, antes da implementação do SGTC e depois deste, a fim de validar a hipótese 2, “*A agregação de sistemas de AVAC reduziu a necessidade de pessoal da FAP afeto à manutenção*”

3.1. Caracterização das Instalações

Para uma melhor abordagem aos casos de estudo é essencial conhecer, de uma forma simples, as instalações e equipamentos de AVAC existentes.

3.1.1. ECOTERMOLAB

O edifício ECOTERMOLAB foi construído em 2010 e pertence ao ISQ, tem como função a formação e encontra-se na zona Industrial de Grijó, Vila Nova de Gaia.

O edifício ECOTERMOLAB é constituído por um SGTC, com vários subsistemas, tais como, energia, iluminação, AVAC, entre outros, que de forma integrada são monitorizados, comandados e controlados.



Figura 6 – Edifício ECOTERMOLAB, ISQ

Fonte: (GoogleEarth, 2016)

3.1.1.1. ECOTERMOLAB - SGTC

Segundo Fonseca (2016), para o arrefecimento do edifício é produzida energia térmica com recurso a um *chiller* “Água – Água” e para o aquecimento é utilizada uma

caldeira mural de condensação com queimador modulante. A renovação e tratamento térmico do ar nos espaços climatizados é realizado por cinco unidades terminais do tipo ventilconvetor, duas unidades aerotermo e por de três unidades de tratamento de ar (UTA).

A arquitetura do SGTC implementado apoia-se em controladores DDC⁸, interligados a uma rede TCP/IP e uma *workstation*, acessível por um servidor. Dados os equipamentos comunicarem entre diferentes protocolos, foi necessário a colocação de um *gateway* para interligação dos mesmos. No edifício existem cerca de 730 pontos com ligação aos controladores DDC, como é exemplo dos variadores de velocidade, bombas, ventiladores, sondas e atuadores. O edifício é também equipado por sondas de temperatura e CO₂ que tem como objetivo controlar a qualidade do ar, dez contadores de energia e dez de entalpia para monitorização de energia elétrica e térmica respetivamente.

A rede aerúlica no presente edifício é constituída por equipamentos que têm por função o tratamento do ar, nomeadamente ventiladores de insuflação e extração de ar, controlados por variadores de velocidade, sondas de temperatura e ar, pressostátos para verificação do estado dos filtros, entre outros, ligados ao SGTC. A GTC dispõe de vários quadros sinópticos, permitindo modos de funcionamento automático e manual e *setpoint*⁹ fixos ou dinâmicos, ou seja, dependente de outras variáveis. Como exemplo, temos na seguinte figura o quadro sinóptico com todas as informações sobre a UTA 1.

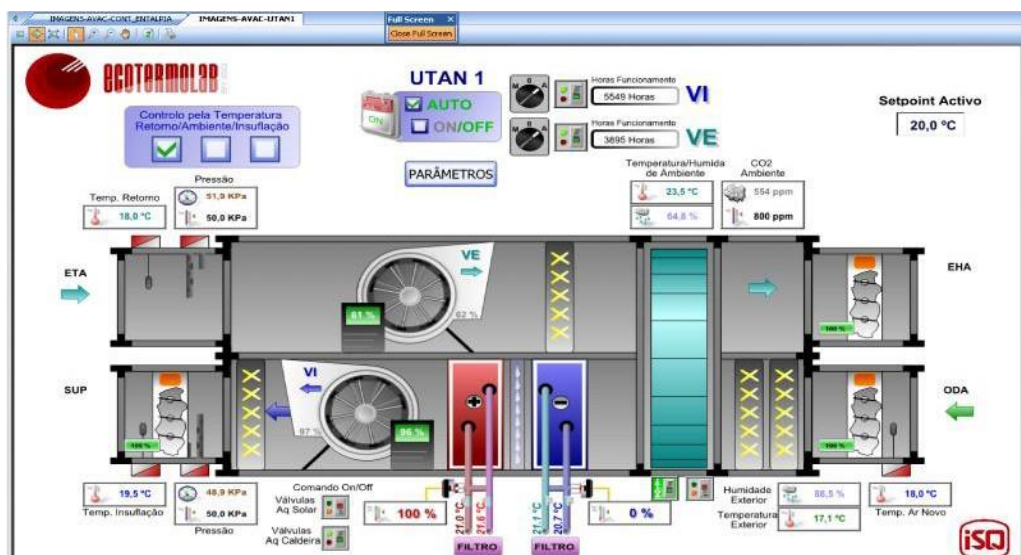


Figura 7 – Rede aerúlica

Fonte: (ISQ, 2016)

⁸ DDC - Direct digital control

⁹ Setpoint – valor alvo

À semelhança da rede aeráulica, o SGTC também monitoriza e controla a rede hidráulica do edifício. É composta por bombas de circulação com variação de caudal, válvulas modelantes, pressóstatos, sondas, entre outros com ligação ao SGTC.

A seguinte figura apresenta o quadro sinóptico com a informação da rede de água fria e água quente.

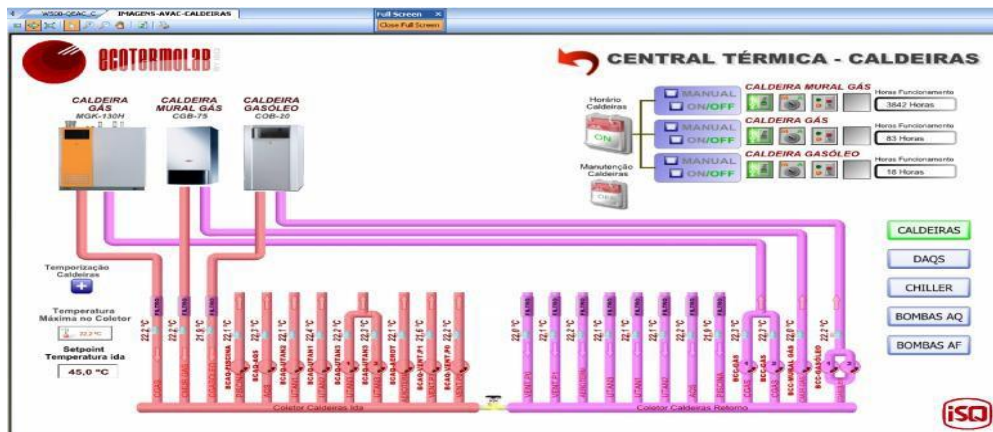


Figura 8 – Rede hidráulica

Fonte: (ISQ, 2016)

3.1.2. CFMTFA

O edifício denominado QC12, encontra-se localizado dentro do perímetro das instalações afetas ao CFMTFA, sito na Ota. Trata-se de um edifício para alojamento dos alunos do Curso Formação de Sargentos (CFS), constituído por quartos e instalações sanitárias, distribuídos por dois pisos com 816m². No edifício QC12 encontra-se instalada uma central térmica, constituída por bombas de calor, que fornecem água quente para aquecimento central e apoiará o depósito de Águas Quentes Sanitárias (AQS). A principal fonte de produção de AQS é realizada através de um sistema solar térmico de circulação forçada.



Figura 9 – Edifício ECOTERMOLAB, ISQ

Fonte: (GoogleEarth, 2016)

3.1.2.1. CFMTFA - SGTC

Segundo Venâncio (2016), o SGTC monitoriza e controla as instalações técnicas através do Sistema de Supervisão e Aquisição de Dados (SCADA) cujo acesso é realizado através de um portal Web realizado por um PC existente no Sector de Caldeiras e outro no gabinete do Comandante da Esquadra de Apoio do CFMTFA. Existe, também, uma ligação à rede informática da Unidade que é assegurada pelos serviços técnicos do CFMTFA.

A Central Térmica é dotada dum sistema de controlo, composto pelos controladores, sensores, atuadores e analisador de rede instalado no QC12 que mede e regista valores de consumo, entre outros. O sistema de controlo executa funções principais tais como programação horária, registo de tendências, monitorização e registos de horas de funcionamento e de consumos energéticos, registo e gestão de alarmes e ocorrências, envio de *e-mails* com notações de alarmes e ocorrências entre outros.

A arquitetura do SGTC implementado apoia-se num controlador DDC, interligado à rede do CFMTFA, acessível por um servidor. Dados os equipamentos comunicarem entre diferentes protocolos, standard BACnet, LonWorks, ModBuso, foi necessário a colocação de um *gateway* para interligação dos mesmos. O analisador de rede é também integrado no controlador através do protocolo BACnet.

A GTC dispõe de vários quadros sinópticos, permitindo modos de funcionamento automático e manual e *setpoint* fixos ou dinâmicos. Como exemplo, temos na seguinte figura o quadro sinóptico com todas as informações sobre a produção de energia térmica do circuito secundário.

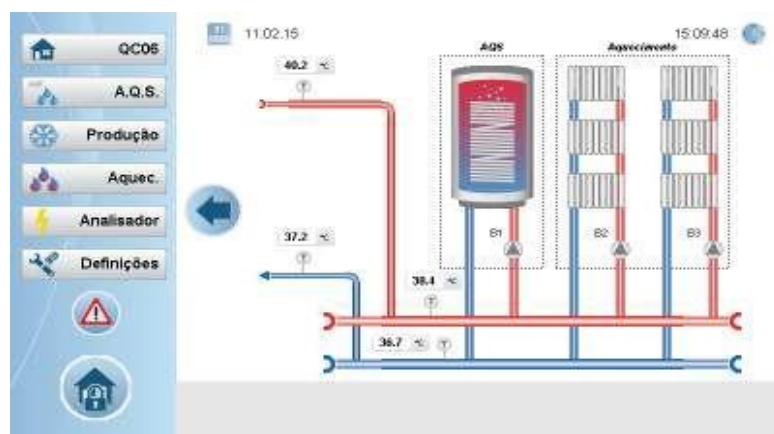


Figura 10 – Menu “Produção”

Fonte: (Venâncio, 2016)

Ao clicar sobre as bombas de calor abre-se um submenu onde é possível visualizar e modificar indicadores provenientes circuito primário, transmitidos através de Modbus, colocando a posição da botoneira *Auto/off* para cada bomba de calor. Neste submenu é, também, possível desativar o cálculo do *setpoint* e forçar o mesmo para o máximo das bombas de calor (65°C), desativando a opção *setpoint*.

À semelhança dos sinópticos “AQS” e “Produção”, a GTC também monitoriza e controla o aquecimento central. A seguinte figura apresenta o quadro “Aquec.”

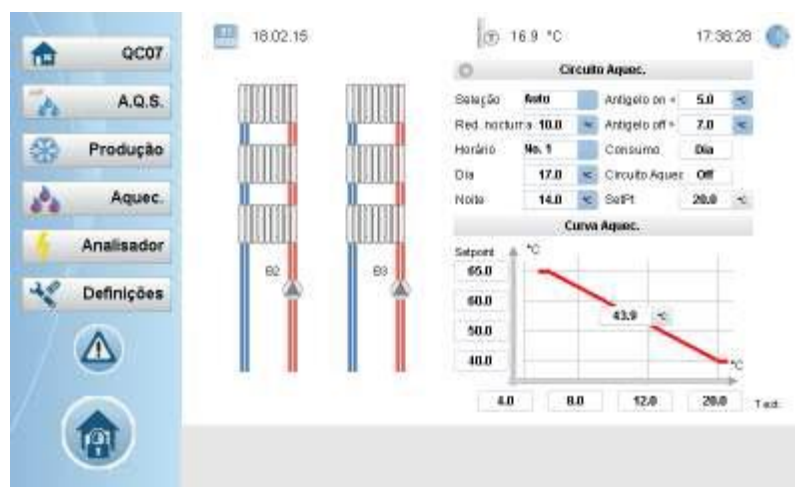


Figura 11 – Menu “Aquec.”

Fonte: (Venâncio, 2016)

No sinóptico “Aquec.” é possível forçar os *setpoint* a valores fixos ou dinâmicos, comparando valores de temperatura exterior e valores mínimos ultrapassados, para dia e noite, entre outros. A curva de aquecimento define a afetação desse mesmo *setpoint*.

No sinóptico “Analisador” são apresentadas as informações obtidas a partir do analisador de energia e no “Definições” visualiza-se o número de horas de funcionamento das bombas, programação horária, bem como aceder à página de alarmes.

3.2. Análise Energética

A análise energética do edifício ECOTERMOLAB recaiu sobre o ano de 2013 uma vez que, segundo Fonseca (2016), terá sido o ano em que o edifício funcionou em níveis normais e espectáveis do ponto de vista das horas de formação lecionadas. À data, o

edifício era alimentado pela EDP em BTE¹⁰, ciclo semanal sem feriados, tetra-horário e com uma potência contratada de 41,41KVA. Segundo a faturação anual com o edifício funcionando com GTC, consumiu 36,5MWh de energia elétrica e 36,9MWh de gás, o que representando um consumo de energia primária total de 16,16 tep¹¹/ano (1MWh = 0,22 tep).

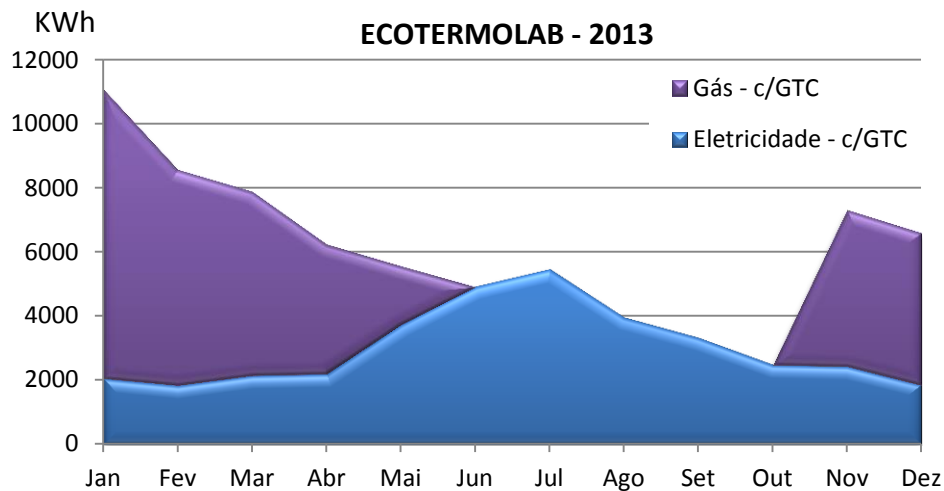


Figura 12 – Consumo anual de energia 2013 com GTC (ECOTERMOLAB)

Fonte: (Autor, 2016)

Analisando a figura 12, verifica-se que o maior consumo de gás situou-se na época fria com a produção de água quente através das caldeiras, enquanto o maior consumo de energia elétrica situou-se na época quente, devido à necessidade de refrigeração por parte do *chiller* “Água – Água”.

O CFMTFA, à presente data, é alimentado em MT pelo fornecedor Galp Power, potência contratada de 518KVA, ciclo semanal, tetra-horário e entre o Posto de Transformação 1 (PT 1) e o QC12 a baixa tensão de 400V/230V.

A análise energética do edifício QC12 recaiu sobre o ano letivo 2015/2016, mais propriamente na época fria, entre os meses de outubro de 2015 e maio do ano seguinte. Na época quente o aquecimento central encontra-se desligado e as AQS são apenas aquecidas pelos painéis solares. Pelo facto de não existir um pleno registo histórico de consumos de energia elétrica entre DEZ2015 a MAI2016 com GTC em funcionamento, calculou-se os restantes valores estimados, tendo em conta os valores medidos entre 18FEV2016 e 01MAI2016 e os dados de ocupação do QC12 por parte dos utilizadores.

¹⁰ BTE – Baixa Tensão Especial

¹¹ tep – tonelada equivalente de petróleo



Assim sendo, segundo o ponto 2.1 do apêndice B, o edifício QC12 consumiu cerca de 13,6MWh, correspondente a 3tep.

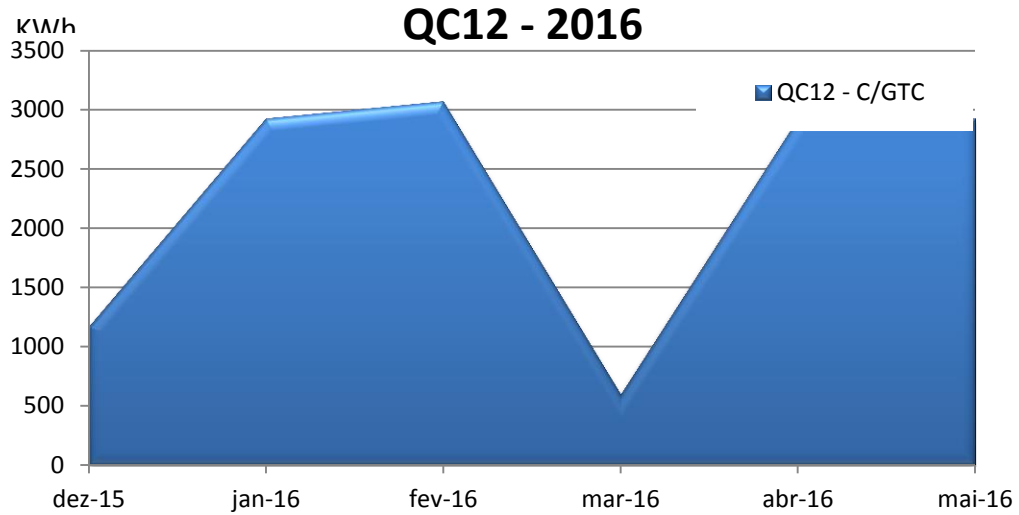


Figura 13 – Consumo o de energia estimado no período de aquecimento 2015 a 2016 com GTC (QC12)

Fonte: (Autor, 2016)

Observando a figura 13, verifica-se que o consumo de energia, para a época fria, iniciou-se em dezembro de 2015, data de início de utilização do QC12 e dois períodos de consumo reduzido, datas de férias escolares.

Para a análise do funcionamento dos edifícios sem controlo da GTC, foram necessários recorrer a algumas alterações no subsistema AVAC e configurações da GTC.

As alterações realizadas passaram por colocar o SGTC em modo manual, isto é, desligar programações horárias e controlo de temperatura dinâmico e *setpoint's*.

A seguinte tabela 1 apresenta os valores obtidos dos analisadores de rede durante os períodos, com e sem controlo da GTC e utilização idêntica.

Tabela 1 - Energia Elétrica nos períodos de medições

	QC12		ECOTERMOLAB			
	Energia Elétrica (kwh)		Energia Elétrica (kwh)		Gás (kwh)	
Período	04 a 06 ABR2016 e 13 a 20 MAI2016	19FEV a 01MAI de 2016	01 a 08 MAR2013	08 a 16 MAR2013	01 a 08 MAR2013	08 a 16 MAR2013
c/GTC		10543,6	1262		550	
s/GTC	655 + 1720			2478		806

Segundo os dados da tabela anterior verifica-se, com a utilização da GTC, uma diminuição do consumo de energia para os dois edifícios.

Os valores anuais de consumo de energia para o edifício ECOTERMOLAB, sem GTC, foram fornecidos pelo ISQ, enquanto os valores para o QC12 foram adquiridos pelo analisador de rede do subsistema AVAC em duas períodos, um de dois dias e outro de oito dias. Para obtenção dos restantes consumos de energia, foram calculados, tendo em conta os valores medidos sem GTC em funcionamento e os dados de ocupação do QC12 por parte dos utilizadores.

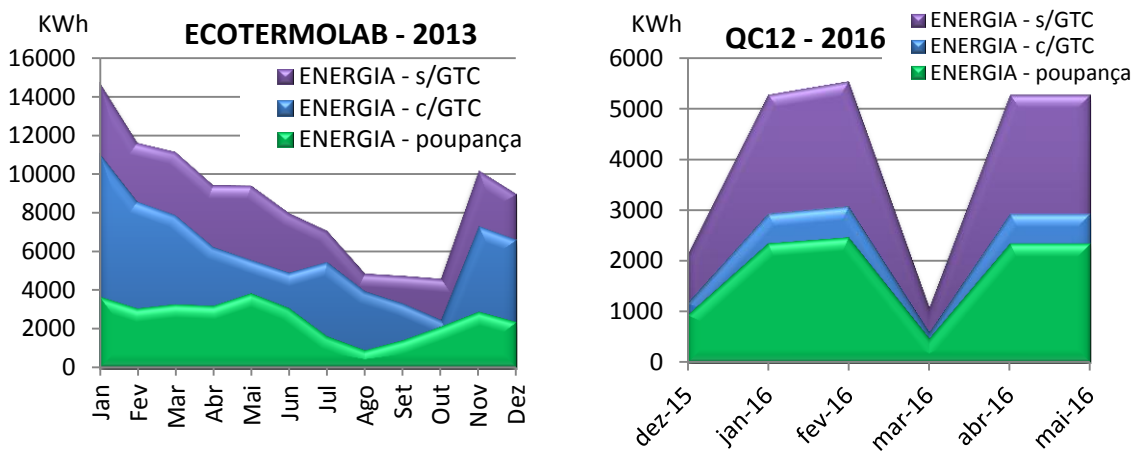


Figura 14 – Poupança anual de energia (ECOTERMOLAB e QC12)

Fonte: (Autor, 2016)

Segundo a figura anterior e os dados do apêndice A, verifica-se que o edifício ECOTERMOLAB tem um consumo anual de energia com GTC de 73454KWh e sem GTC de 104767KWh, perfazendo uma diferença de 31313KWh.

Quanto ao edifício QC12, no período de aquecimento, tem um consumo de energia com GTC de 24572KWh e sem GTC de 13638KWh, perfazendo uma diferença de 10934KWh.

Em sùmula, o funcionamento dos edifícios sem controlo da GTC, ECOTERMOLAB e QC12, apresentariam um aumento do consumo de energia estimado de 30% e 44% respetivamente. Como consumo total de energia primária representaria um aumento de 7 tep, equivalente a 21,9 ton/ano de CO₂ (1KWh = 0,523Kg CO₂).

O consumo energético representa um encargo financeiro e para a determinação desses mesmos custos é necessário calcular o custo unitário de cada kWh. No caso da energia elétrica, os preços unitários associados, dependem dos períodos horários em que são efetuadas a utilização da energia.



Assim sendo, para o cálculo dos custos unitários de energia elétrica foram considerados os períodos entre as 09h00 e as 23h00 para o edifício ECOTERMOLAB e entre as 07h30 e as 00h30 para o QC12, representando os períodos mais prováveis de utilização dos subsistemas AVAC. Nos referidos períodos existem dois tarifários, correspondentes às horas cheias e de ponta, pelo que, os valores unitários para a energia foram calculados através da média ponderada. Quanto ao gás utilizado pelo ECOERMOLAB o preço unitário é fixo dado não existir períodos com tarifários diferentes.

Tabela 2 – Custos unitários de energia

	QC12 (€/KWh)	ECOTERMOLAB (€/KWh)
Energia Elétrica	0,10499	0,109
Gás		0,056

Os valores unitários, sem Imposto sobre Valor Acrescentado (IVA), foram obtidos conforme pontos 1.1 e 2.1 do apêndice A.

A poupança anual dos custos de consumo de energia nos edifícios ECOTERMOLAB e QC12, são apresentados na seguinte tabela.

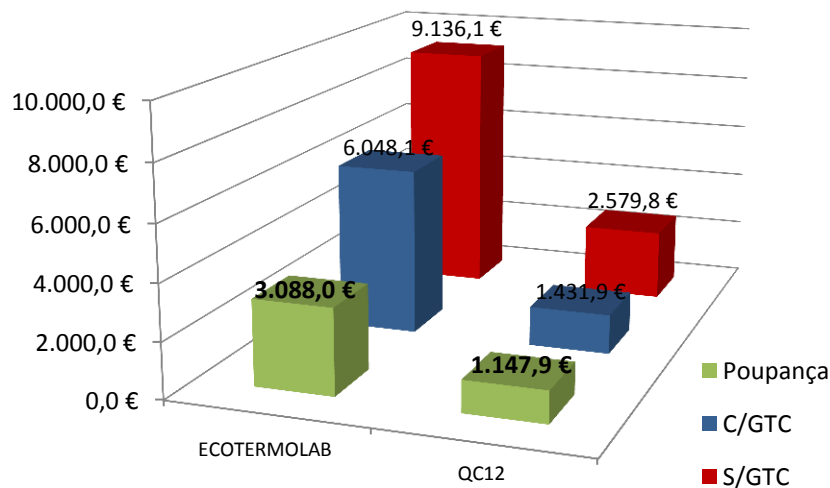


Figura 15 – Custos anuais de energia (ECOTERMOLAB e QC12)

Fonte: (Autor, 2016)



Analisando os valores da figura 15, verifica-se que os edifícios ECOTERMOLAB e o QC12 funcionando com os SGTC tem uma redução de energia e consequentemente uma redução nos custos de energia em 3088€/ano e 1148€/ano respetivamente.

Importa referir que dada a diferença de dias de valores de energia medidos para o QC12, 9 sem SGTC e 72 com GTC os seus valores médios distam do dobro.

Em suma, poder-se-á concluir que os edifícios estudados, com utilizações e tipologias diferentes, funcionando com SGTC, têm uma redução de energia em 30% para o ECOTERMOLAB e 44% para o QC12, contribuindo para a diminuição dos custos energéticos. Pelo exposto pode-se afirmar que foi validada a hipótese 2

3.3. Recursos humanos

Para conhecer quais os quantitativos de elementos afetos à manutenção dos edifícios, antes e depois da implementação do SGTC, foram entrevistados os responsáveis dos mesmos.

Segundo Fonseca (2016), não é possível comparar quantos elementos de manutenção existiam antes, dado o edifício ECOTERMOLAB ter sido construído de raiz com o SGTC.

Entrevistado Romão (2016), chefe da Esquadilha de Infraestruturas do CFMTFA, nomeadamente da manutenção do QC12, perguntado qual o efetivo para a manutenção do subsistema de AVAC do QC12, antes e depois da implementação do SGTC, o entrevistado preferiu que antes tinha dois civis e depois, dada a necessidade ter diminuído, passou a ter um elemento.

O entrevistado acrescentou que, a implementação do SGTC ao identificar alarmes de avarias e a sua localização, permitiu reduzir o número de rondas aos locais com equipamentos AVAC bem como diminuir os tempos de manutenção corretiva.

Pelo exposto, é de concluir que a implementação da GTC nos subsistemas de AVAC, neste caso na FAP, é passível de reduzir os recursos humanos afetos à manutenção, pelo que se verifica a hipótese 2, *“A agregação de sistemas de AVAC reduziu a necessidade de pessoal da FAP afeto à manutenção”*.



4. Viabilidade Económica

Este capítulo resulta da aplicação da metodologia apresentada no capítulo 2 que, através da avaliação económica simplificada, fornece indicadores económico-financeiros com o objetivo de validar a hipótese 3, “*Os indicadores económicos do investimento são positivos*”.

Dada a falta de meios de prova e os custos inerentes à sua implementação, grande parte dos proprietários consideram o investimento na SGTC um investimento dispensável. Assim sendo, importa promover a sensibilidade dos promotores e proprietários dos edifícios que o investimento na implementação de um SGTC é um bem necessário.

Para a avaliação económica serão então abordadas três métricas económicas, a saber, a TIR, o VAL e o PRI, que de uma forma simplificada podem demonstrar a viabilidade da implementação de um SGTC.

De forma a proceder à determinação dos indicadores enunciados, será apresentado de seguida a determinação das mesmas, segundo “Cálculos Justificativos”, dados do apêndice A.

4.1. Taxa Interna de Rentabilidade

$$\sum_{i=0}^n \frac{CF_i}{(1 + TIR)^i} - I_{ini} = 0 \quad (\%) \quad [exp. 1]$$

Dada a complexidade de cálculo com a exp. 1, ir-se-á calcular a TIR por um processo mais simples, determinando vários valores de VAL com resultados positivos e negativos, o tanto quanto possível próximo de zero. Com estes valores determina-se através da regressão obtida a expressão matemática correspondente, afim de saber o valor de TIR quando VAL=0, para os dois edifícios. Com base nos valores dos pontos 1.3 e 2.3 do apêndice A, obteve-se os seguintes gráficos:

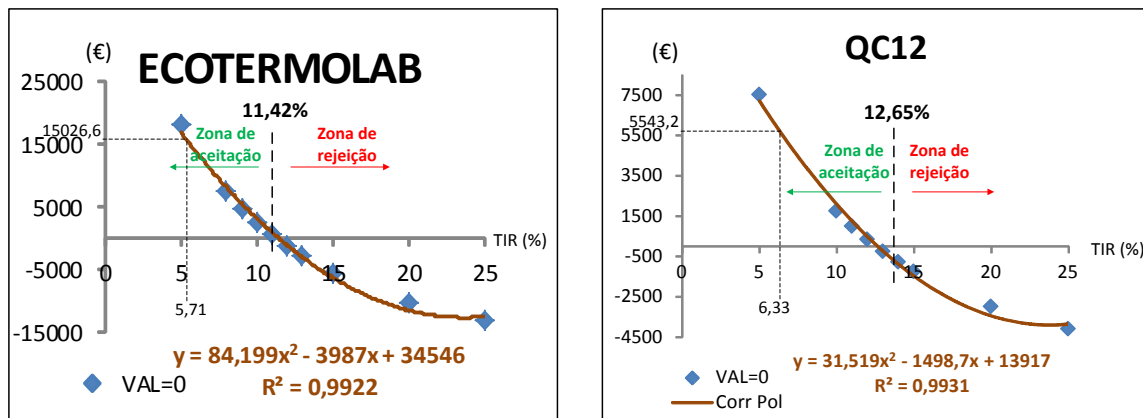


Figura 16 – TIR (ECOTERMOLAB e QC12)

Fonte: (Autor, 2016)

$$Y_{ECOTERMOLAB}(x=TIR) = -17971 \ln(x) + 46311 = 0 \Leftrightarrow TIR_{ECOTERMOLAB} = 11,42\%$$

$$Y_{QC12}(x=TIR) = 7,65x^2 - 631,6x + 7893,8 = 0 \Leftrightarrow TIR_{QC12} = 12,65\%$$

As TIR encontram-se por interseção da função com o eixo das abcissas. Da análise dos gráficos pode-se constatar que as taxas mais elevadas de rentabilidade, sem perder dinheiro, serão de **11,42%** para ECOTERMOLAB e **12,65%** para QC12. Se as TIR forem superiores, quando VAL=0, temos investimentos impraticáveis se abaixo temos investimentos viáveis. Conjugando as dimensões dos intervalos em que os valores de VAL são positivos, com a inflação e custo de capital, e que segundo Barros (2016) a FAP investiu capital próprio, pode-se concluir que o investimento é viável.

4.2. Valor Atual Líquido

Dado a inexistência de dados referentes às taxas de atualização, optou-se por utilizar valores médios dos valores máximos obtidos no ponto anterior.

Tabela 3 – Variáveis "n" e "t"

	n - Vida útil [ano]	t - Taxa de atualização [%]
ISQ	25	5,71
QC12	25	6,33

Fonte: (Autor, 2016)



$$VAL = -I_{ini} + \sum_{i=1}^n \frac{CF_i}{(1+t)^i} = (\text{€}) \quad [exp. 2]$$

$$VAL_{ECOTERMOLAB} = -25560 + \sum_{i=1}^{25} \frac{3088}{(1+0,0571)^i} = 15026,6 \text{ €}$$

$$VAL_{QC12} = -8683 + \sum_{i=1}^{25} \frac{1148}{(1+0,0633)^i} = 5543,2 \text{ €}$$

Com os valores de VAL positivos, para os edifícios ECOTERMOLAB e QC12, permitem concluir que se está perante projetos economicamente viáveis durante o horizonte temporal considerado e, com remanescentes financeiros de **15026,6€** e **5543,2€** respetivamente.

4.3. Período de Recuperação do Investimento

Como variáveis temos o investimento inicial e o cash-flow total no ano, conforme se demonstra na seguinte tabela.

Tabela 4 – Cash-flow

	Investimento inicial [€/ano]	Cash-flow total no ano [€/ano]
ECOTERMOLAB	25560	3088
QC12	8683	1148

Fonte: (Autor, 2016)

$$PRI = I_{ini} - \sum_{i=1}^n \frac{CF_i}{(1+t)^i} = 0 \text{ (anos)} \quad [exp. 3]$$

Dada a complexidade de cálculo com a exp. 3, ir-se-á calcular o PRI por um processo mais simples, determinando vários valores de VAL com resultados positivos e negativos, o tanto quanto possível próximo de zero. Com estes valores determina-se através da regressão obtida a expressão matemática correspondente, afim de saber o valor do PRI quando VAL=0, para os dois edifício. Com base nos valores calculados nos pontos 1.5 e 2.5, do apêndice A, obteve-se os seguintes gráficos:

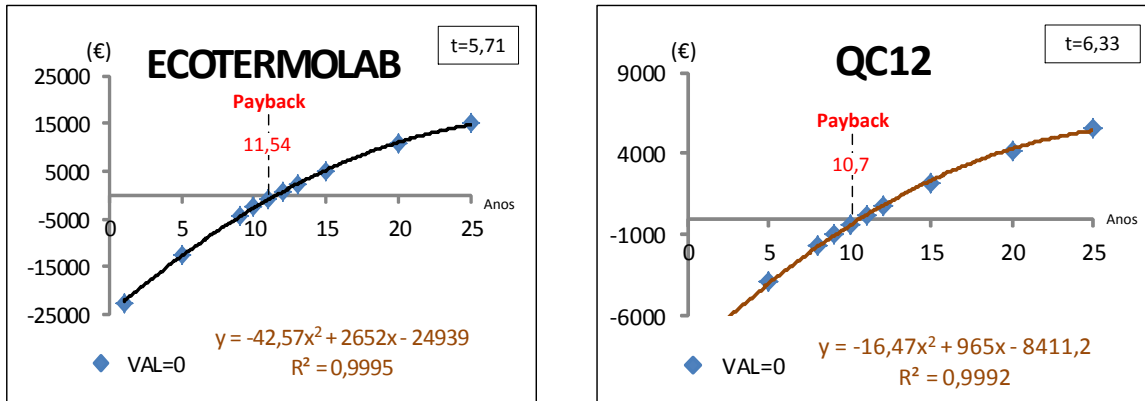


Figura 17 – PRI (ECOTERMOLAB e QC12)

Fonte: (Autor, 2016)

$$Y_{\text{ECOTERMOLAB}}(x=\text{PRI}) = -44,793x^2 + 2567,9x - 21700=0 \Leftrightarrow \text{PRI}_{\text{ECOTERMOLAB}}=\mathbf{11,5} \text{ Anos}$$

$$Y_{\text{QC12}}(x=\text{PRI}) = -17,299x^2 + 915,38x - 7172,5=0 \Leftrightarrow \text{PRI}_{\text{QC12}}=\mathbf{10,7} \text{ Anos}$$

Os PRI encontram-se por interseção da função com o eixo das abcissas. Com a análise dos gráficos pode-se constatar que a recuperação dos investimentos para os edifícios ECOTERMOLAB e QC12 são bem inferiores à vida útil dos equipamentos, ou seja, cerca de **11,5** e **10,7** anos respetivamente.

Uma vez mais resulta em indicadores económicos positivos indicando a viabilidade das instalações com SGTC.

4.4. Análise de sensibilidade

A análise de sensibilidade, segundo Nunes (P., 2015), tem como objetivo “medir a sensibilidade dos indicadores de viabilidade a determinadas variáveis fundamentais da análise e assim medir o próprio grau de incerteza e de risco das conclusões obtidas”.

Além do cenário estudo é considerado um cenário simulado pessimista e um otimista, tendo por base as variações da taxa de atualização (t) e despesas de exploração. A partir destas variações calculam-se os novos indicadores de viabilidade económica.

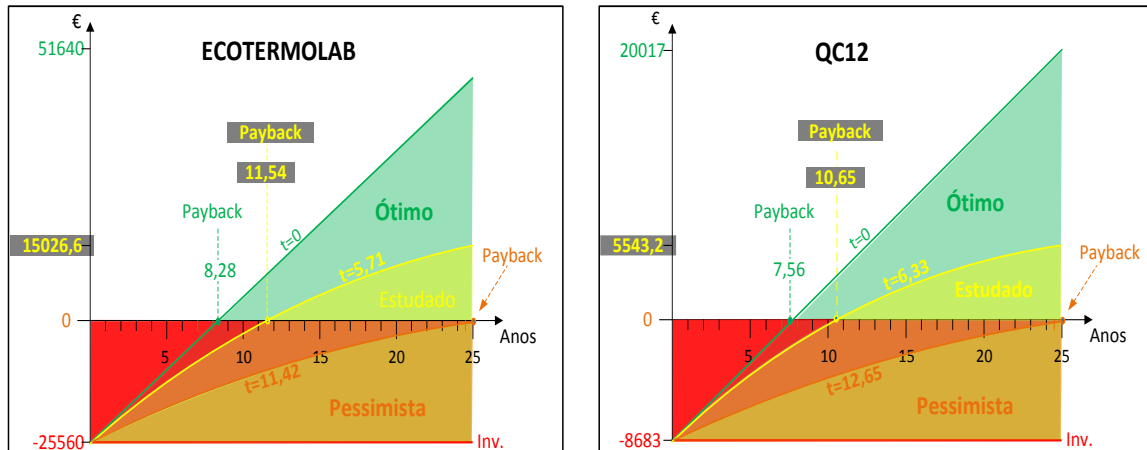


Figura 18 – Simulação (ECOTERMOLAB e QC12)

Fonte: (Autor, 2016)

Considerando a situação pessimista com TIR=11,54% para ECOTERMOLAB e TIR=12,65%, conforme apresentado na figura 18, verificam-se que os investimentos serão recuperados num espaço temporal limite à vida útil dos equipamentos e conseqüentemente VAL nulos. Neste caso estamos perante o limite da zona de aceitação dos investimentos para não perder dinheiro, em que os remanescentes financeiros são nulos.

Para a situação otimista, desprezando custo de manutenção e taxas de atualização, nomeadamente de empréstimos e desvalorização monetária e material, poder-se-á constatar que os *payback* serão ligeiramente inferiores aos estudados e conseqüentemente VAL máximos, ou seja, 51640€ para ECOTERMOLAB e 20017€ para QC12.

Dado as taxas de atualizações terem um desvio considerável das taxas atuais sobre empréstimos, empregue capital próprio no QC12 e os valores de manutenção serem baixos, dada a vida útil elevada dos equipamentos, pode-se verificar que os indicadores analisados, para taxas de atualização média, estão próximos dos valores simulados para a condição ótima.

Em suma, pode-se concluir que estamos perante investimentos de baixo risco e economicamente viáveis.

Assim sendo, pelo exposto do presente capítulo, verifica-se que os indicadores económicos do investimento são positivos, pelo que se valida a hipótese 3.



Conclusões

É do conhecimento geral que a GTC é uma mais-valia na poupança energética, no entanto, existe a falta de dados que a atestem e promova a sensibilidade dos promotores e proprietários dos edifícios que, o investimento de um sistema GTC é um recurso necessário.

Assim sendo, esta investigação foi direcionada para a questão associada à diferença dos consumos de exploração resultantes da utilização de energia num edifício, que podem ser obtidos com a implementação de um sistema de GTC e redução de pessoal operacional e de manutenção. Para a caracterização e identificação da situação atual, foram realizados dois casos de estudo que utilizou os sistemas e equipamentos existentes no edifício de quartelamento QC12 pertencente ao CFMTFA, sito na Ota, Alenquer e no edifício ECOTERMOLAB, pertencente ao ISQ, sito em Grijó, Porto, com o objetivo de verificar os diferentes consumos de energia com os subsistemas AVAC controlados por GTC e sem este. Foi, também, alvo de verificação quais as necessidades de recursos humanos com e sem a tecnologia da GTC. A escolha dos dois edifícios deveu-se em parte às suas dimensões e os dados disponíveis para a análise do presente trabalho.

Para a persecução desta investigação, de forma cientificamente suportada, foram adotados os procedimentos propostos por Quivy e Campenhoudt (2005) no seu Manual de Investigação em Ciências Sociais, tendo-se formulado na primeira etapa a seguinte questão central:

“Qual o impacto da Gestão Técnica Centralizada dos edifícios da Força Aérea Portuguesa tem ao nível dos recursos humanos afetos à manutenção e da eficiência energética?”

Da questão central desenvolveram-se quatro capítulos que se edificaram como os pilares desta investigação.

O primeiro capítulo centrou-se na “Revisão Bibliográfica”, no qual se explanou o conceito e propósito da GTC atual, as suas arquiteturas, bem como o enquadramento legal e regulamentar. Também, faz parte deste capítulo uma breve resenha histórica da evolução dos SGTC, demonstrando que atualmente existe uma preocupação por parte dos fabricantes em produzir equipamentos para GTC com sistemas de comunicação normalizados, possibilitando a interligação através de meios informáticos numa rede à escala global.



Deste capítulo salienta-se a capacidade da tecnologia da GTC na qual permite monitorizar, controlar e comandar equipamentos de AVAC sem comprometer o conforto dos utilizadores ou a função dos edifícios e infraestruturas.

O segundo capítulo, designado por “Metodologia”, teve como objetivo explicar a metodologia usada na análise energética referente ao subsistema AVAC, nomeadamente aquisição, comparação e análise de dados, bem como os valores quantitativos de recursos humanos afetos à manutenção antes da implementação do SGTC e depois deste.

Como não basta provar que o consumo de energia é inferior, é essencial que se calcule o investimento da instalação e, para isso, foram realizadas análises económicas simplificadas, independentemente a cada edifício, com o objetivo de conhecer a viabilidade da implementação do SGTC que possa promover novas instalações por parte de investidores, nomeadamente a FAP. As três métricas económicas usadas foram a TIR, o VAL e o PRI.

No terceiro capítulo, denominado “Estudo de Caso” e fruto da investigação desenvolvida, é realizada uma resenha da descrição dos edifícios caso de estudo, assente essencialmente nos sistemas de AVAC. São analisados os consumos energéticos de cada edifício, tendo em conta o SGTC ativado e desativado, afim de validar a hipótese 1, *“Os sistemas de GTC contribuem para diminuir os custos energéticos”*.

Será também alvo de análise a informação adquirida referente às necessidades de recursos humanos necessários à manutenção, antes da implementação do SGTC e depois deste, a fim de validar a hipótese 2, *“A agregação de sistemas de AVAC reduziu a necessidade de pessoal da FAP afeto à manutenção”*

A análise para o edifício ECOTERMOLAB reporta ao ano 2013, enquanto o edifício QC12 reporta à época fria com utilização, ou seja, DEZ2015 a MAI2016.

Em termos de resultados foi possível concluir, através dos dados disponíveis do edifício ECOTERMOLAB que, a maior percentagem de consumo é devido ao subsistema AVAC, seguindo-se equipamentos de força motriz, rede informática e por fim a iluminação e outros pequenos equipamentos. A investigação limitou-se ao subsistema de maior consumo, ou seja, AVAC.

As amostras de consumo energético fornecidas pelo ISQ tiveram dois períodos de oito dias seguidos, enquanto no edifício QC12 tiveram três períodos, dois e oito dias sem GTC e 72 dias com GTC. Procurou-se para cada edifício, com os períodos com GTC ativada e outro desativada, se encontrassem com o mesmo tipo de utilização. Para as



amostragens dos consumos de energia dos edifícios sem controlo da GTC, foi necessário desligar programações horárias, controlo de temperatura dinâmico e *setpoint's*, num espaço de tempo que não envolve-se custos significativos.

Os valores anuais de consumo de energia para o edifício ECOTERMOLAB, foram fornecidos pelo ISQ, enquanto os valores para o QC12, pelo facto de não existir um pleno registo histórico de consumos de energia elétrica entre DEZ2015 a MAI2016 com GTC em funcionamento, calculou-se os restantes valores estimados, tendo em conta os valores medidos entre 18FEV2016 e 01MAI2016 e os dados de ocupação do QC12 por parte dos utilizadores.

O estudo efetuado permitiu comparar os comportamentos de consumos energéticos anuais dos dois edifícios com as duas soluções de controlo dos subsistemas de AVAC. Para os edifícios ECOTERMOLAB e QC12 com GTC ativada verificou-se uma redução anual de 31313KWh e 10934KWh respetivamente.

Para os cálculos dos custos agregados aos consumos de energia foi necessário saber os custos unitários de cada kWh. Como os preços unitários da energia elétrica dependem dos períodos horários em que são efetuadas a utilização da energia, foi necessário recorrer a uma média ponderada, tendo em conta os períodos mais prováveis de utilização e os valores reais do kWh.

Tendo em conta o custo unitário ponderado calculado para cada kWh, verificou-se que os edifícios ECOTERMOLAB e o QC12 funcionando com os SGTC terão uma redução de energia e conseqüentemente uma redução nos custos de energia em 3088€/ano e 1148€/ano respetivamente.

Assim sendo, conclui-se que os edifícios estudados, funcionando com SGTC, têm uma redução de energia anual em 30% para o ECOTERMOLAB e 44% para o QC12, contribuindo para a redução dos custos energéticos e GEE na ordem das 21,9 ton/ano de CO₂. Pelo exposto foi validada a hipótese 1.

Para dar resposta à hipótese 2, foram entrevistados os responsáveis dos dois edifícios estudados. Segundo Fonseca (2016), não é possível comparar quantos elementos de manutenção existiam antes, dado o edifício ECOTERMOLAB ter sido construído de raiz com o SGTC. Para o edificio QC12 foi entrevistado Romão (2016), chefe da Esquadilha de Infraestruturas do CFMTFA, proferindo que a implementação do SGTC permitiu reduzir o número de rondas aos locais com equipamentos AVAC, bem como a localização de



avarias, contribuindo desta forma para diminuir os tempos de manutenção corretiva e preventiva para um elemento, num universo de dois. Assim sendo, verifica-se a hipótese 2.

O último capítulo, designado por “Viabilidade Económica”, resulta da aplicação da metodologia apresentada no capítulo 2 que, de uma forma simplificada, tem como objetivo validar a hipótese 3, “Os indicadores económicos do investimento são positivos”.

Avaliadas as diferenças de utilização de energia entre as duas soluções, com e sem GTC, interessa perceber se do ponto de vista do investidor, seja ele, um promotor imobiliário ou proprietário de um edifício, se o investimento num SGTC possui viabilidade económica, ou seja, se o investimento neste tipo de sistema permite uma redução dos custos de exploração de um edifício de forma a permitir um retorno do investimento efetuado.

Segundo a metodologia usada, o investimento no SGTC apresenta as TIR, ou seja, as taxas mais elevadas de rentabilidade, sem perder dinheiro, nos valores de 11,42% para ECOTERMOLAB e 12,65% para QC12. Conjugando as dimensões dos intervalos em que os valores de VAL são positivos com a inflação e custo de capital, e que segundo Barros (2016) a FAP investiu capital próprio na implementação do SGTC, pode-se concluir que o investimento é viável.

Quanto à segunda métrica económica determinada, VAL, resultou em valores positivos para os edifícios ECOTERMOLAB e QC12, permitindo concluir que se está perante projetos economicamente viáveis durante o horizonte temporal considerado de 25 anos, com remanescentes financeiros de 15026,6€ e 5543,2€ respetivamente.

A terceira métrica calculada, PRI da implementação dos SGTC para os edifícios ECOTERMOLAB e QC12 são bem inferiores à vida útil dos equipamentos, ou seja, cerca de 11,5 e 10,7 anos respetivamente.

Quanto ao grau de incerteza dos valores supra referenciados foi realizada a análise de sensibilidade, ou seja, a simulação para um cenário pessimista e outro ótimo, tendo por base as variações da taxa de atualização (t) e despesas de manutenção. Da análise verificou-se que os resultados obtidos e analisados neste TII estão próximos dos valores simulados para o cenário ótimo. Importa também referir que, os poucos dados energéticos sem GTC para o edifício QC12 limitou a precisão dos resultados, no entanto não colocou em causa as conclusões obtidas, dado a diferença entre valores com e sem GTC ser na ordem dos 44%. Pelo exposto se conclui que estamos perante investimentos de baixo risco,



economicamente viáveis e com indicadores económicos de investimento positivos e desta forma se validou a última hipótese.

Em suma, podemos concluir que independentemente das tipologias e utilizações diferentes nos edifícios, a implementação de SGTC permite monitorizar, controlar e gerir todo o subsistema de AVAC e principalmente reduzir os consumos energéticos sem comprometer o conforto.

Assim, respondendo à pergunta de partida, “Qual o impacto da Gestão Técnica Centralizada dos edifícios da Força Aérea Portuguesa ao nível dos recursos humanos afetos à manutenção e da eficiência energética?”, verifica-se uma redução do pessoal afeto à manutenção em 50%, melhoria da eficiência energética em 44%, retorno do investimento próximo dos 11 anos e remanescentes financeiros de 5543,2€ em 25 anos para o edifício QC12 do CFMTFA.

Por fim, recomenda-se à FAP que sensibilize os operadores dos seus SGTC para a verificação e análise dos registos de alarmes, eventos e principalmente dos consumos energéticos.

Pede-se ao IUM que pondere o presente TII ser alvo de aperfeiçoamento, nomeadamente aumentando o período de referência e amostragem dos consumos energéticos, dando origem a uma maior precisão nos resultados analisados.

A aposta na GTC deve ser um dos pilares estratégicos na promoção da eficiência energética, e para o cumprimento dos objetivos idealizados pelo governo, onde em 2020 os edifícios da Administração Pública deverão ter uma redução de 20% de consumo de energia.



Bibliografia

- Arcelect, 2016. *SCADA Data Communication. Converters and Hubs*. [em linha]
Disponível em:
http://www.arcelect.com/scada_data_communication_converters_and_hubs.htm
[Acedido em 19 janeiro 2016]
- Ascenso, R., 2010. *Gestão técnica centralizada. Edifícios e Energia*, 1 maio. pp.7-14.
- Associação das Agências de Energia e Ambiente (Rnae), 2014. *Sistemas de gestão de energia* [em linha] Lisboa: Rnae. Disponível em:
http://www.rnae.pt/download/Sistemas_de_gestao_de_energia_low.pdf, [Acedido em 30 novembro 2015]
- Barros, A., 2016. *Edifício QC12*. [Entrevista]. Lisboa (18 de fevereiro de 2016)
- Campenhoudt, R. Q. e. L. V., 2005. *Manual de Investigação em Ciências Sociais*. 4ª edição ed. Lisboa: Gradiva.
- Carvalho, GCFB, 2012. *Gestão de consumo de energia elétrica*. CPOS FA.IESM.
- Edifícios de Energia, 2016. *Gestão Técnica Centralizada*[em linha] Lisboa: Media Line
Disponível em: <http://www.edificioseenergia.pt/pt/a-revista/artigo/tema-cap> [Acedido em 18 janeiro 2016]
- essani, 2016. *Gestão Técnica centralizada*. [em linha] Penafiel. Disponível em:
<http://www.essani.pt/index.php?opcao=verNoticia&idNot=24> [Acedido em 17 janeiro 2016]
- European Commission, 2016. 2020 Energy Strategy. Disponível em:
<https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-strategy/2020-energy-strategy>, [Acedido em 15 janeiro 2016]
- Fonseca, F. 2016. *Edifício ECOTERMOLAB do ISQ*. [Entrevista]. Grijó (15 de janeiro de 2016).
- IESM, 2015. *NEP / ACA 010 - Trabalhos de Investigação*. Pedrouços: IESM.
- IESM, 2015. *NEP / ACA 018 - Regras de Apresentação e Referenciação para os Trabalhos Escritos a Realizar no IESM*. Pedrouços: IESM.



- Infopedia, 2016. *Benchmarkin* [em linha] Porto: Porto editora Disponível em: <http://www.infopedia.pt/dicionarios/lingua-portuguesa/benchmarkin> [Acedido em 18 janeiro 2016]
- ISEL, 2003. *Apontamentos automação Industrial*. Lisboa: ISEL
- Pinto, J., 2016. *A short history of Automation growth*. [em linha] USA, San Diego Disponível em: <http://www.jimpinto.com/writings/automationhistory.html> [Acedido em 17 janeiro 2016]
- Miguel, A., 2006. *Avaliação de Projetos*. Lisboa FCA Editora
- Nunes, P., 2015. *Análise de Sensibilidade* [em linha] Enciclopédia temática, Knoow.net. Disponível em: <http://knoow.net/cienceconempr/gestao/analise-de-sensibilidade/> [Acedido em 17 abril 2015]
- Nunes, V., 2016. *Edifício QC12*. [Entrevista]. Ota (15 de março de 2016).
- Presidência do Conselho de Ministros, 1986. *Cria Sistema de Estímulos à Utilização Racional de Energia e ao Desenvolvimento de Novas Formas de Energia* (Decreto-Lei n.º 250/86, de 25 de agosto), Lisboa: Diário da República.
- Presidência do Conselho de Ministros, 1990. *Aprova Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE)* (Decreto-Lei n.º 40/90, de 6 de fevereiro), Lisboa: Diário da República.
- Presidência do Conselho de Ministros, 1994. *Transpõe Diretiva Europeia n.º94/366/CEE* (Decreto-Lei n.º 195/94, de 19 de julho), Lisboa: Diário da República.
- Presidência do Conselho de Ministros, 2006. *Aprova o Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE)* (Decreto-Lei n.º 78/2006, de 4 de abril), Lisboa: Diário da República.
- Presidência do Conselho de Ministros, 2008. *Aprova o Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética (2008-2015)* (Decreto-Lei n.º 80/2008, de 20 de maio), Lisboa: Diário da República.
- Presidência do Conselho de Ministros, 2011. *Aprova regime jurídico aplicável à produção de eletricidade, a partir de recursos renováveis*, (Decreto-Lei n.º 24/2011, de 8 de março), Lisboa: Diário da República.



- Presidência do Conselho de Ministros, 2013. *Aprova o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE), o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS)* (Decreto-Lei n.º 118/2013, de 20 de agosto), Lisboa: Diário da República.
- Romão, J., 2016. *Edifício QC12*. [Entrevista]. Ota (15 de março de 2016).
- Schneider Electric, 2016. *Redes de Comunicação Industrial*. [em linha] Lisboa: Centro de formação Schneider Electric Portugal. Disponível em: <http://www.essani.pt/index.php?opcao=verNoticia&idNot=24> [Acedido em 17 janeiro 2016]
- Venâncio, ACM, 2013. *Automação de edifícios e infraestruturas na Força Aérea*. Trabalho de investigação individual CPOS FA.IESM
- Venâncio, ACM, 2016. *Edifício QC12*. [Entrevista]. Ota (26 de janeiro de 2016).



Anexo A — Mapa Conceptual

Pergunta de Partida	Perguntas Derivadas	Hipóteses	Conceitos	Dimensões	Indicadores
PP: Qual o impacto da Gestão Técnica Centralizada dos edifícios da Força Aérea ao nível dos recursos humanos afetos à manutenção e da eficiência energética?	PD1: Recorrendo à GTC que ações promoveram a melhoria da eficiência energética dos edifícios da FAP?	H1 – Os sistemas de GTC contribuem para diminuir os custos energéticos	GTC	Gestão Técnica Centralizada de AVAC	Consumos energéticos
					Otimização
					Controlo operacional
					Benchmarking:
	PD2: Qual o impacto da implementação da GTC nos recursos humanos afetos à manutenção?	H2 – A agregação de sistemas de AVAC reduziu a necessidade de pessoal da FAP afeto à manutenção	Recursos humanos	Manutenção	Corretiva
					Preventiva
				Controlo e monitorização	AVAC
	PD3: Qual o retorno do investimento da GTC?	H3 – Os indicadores económicos do investimento são positivos	Económico	Investimento	Payback
					Valor Atual Líquido - VAL
Taxa Interna Rentabilidade- TIR					



Anexo B — Orçamento QC12 da TERMOSUL

1 Questionnaire						
1.1 Articulado da Consulta (The values indicated do not include the VAT)						
						Total Price
						171286,61
Reference	Internal Reference	Description	Qty	Unit	Price per Unit	Total Price
1		TRABALHOS PREPARATORIOS E ACESSORIOS				
						10.2.1
10.5		INSTALAÇÃO ELÉTRICA ASSOCIADA E SISTEMA DE COMANDO E CONTROLO				
10.5.1		Fornecimento e montagem de Quadro Elétrico da Central Térmica (QE.CT.QC12), cumprindo todas as funções especificadas no caderno de encargos, incluindo todos os trabalhos, materiais e acessórios necessários à sua instalação, e de acordo com as CTE, MD e PD.	0	UN	7029,41	0,00
10.5.2		Fornecimento e montagem da Instalação elétrica associada à instalação de equipamentos no interior da Central Térmica e área técnica exterior, de potência, comando e controlo de todos os equipamentos, incluindo todos os trabalhos, materiais e acessórios necessários à sua instalação, e de acordo com as CTE, MD e PD.	1	VG	5697,14	5697,14
10.5.3		Fornecimento e montagem de quadro de gestão técnica totalmente eletrificado, equipado e preparado de acordo com a lista de pontos e com Web server e integrador BACnet.	1	UN	1798,13	1798,13
10.5.4		Fornecimento e montagem de sensor temperatura exterior, tipo passivo (PTc1000), IP54.	1	UN	18,63	18,63
10.5.5		Fornecimento e montagem de sensor de temperatura por imersão, tipo passivo (PTc1000), IP54, com caixa e bainha de d=12x120mm em cobre.	11	UN	42,39	466,29
10.5.6		Engenharia de programação, colocação em serviço, ensaios e formação do sistema de controlo.	1	VG	702,87	702,87



Anexo C — Fatura de energia elétrica do CFMTFA (fevereiro 2016)



Galp Power, S.A.

Atendimento comercial: 217 240 992
 N.º Atendimento Operador Rede : EDP 800 506 506 (24h) (chamada gratuita)
 Fax: 210 039 182
 E-mail: power.comercial@galpenergia.com

FATURA
 Original

Fatura: FT 1066/39198 de 2016-02-05
 (2016-01-02 a 2016-02-01)

ESTADO MAIOR FORÇA AEREA
 OTA 6 PT
 CFMTFA -CENTRO FORMAÇÃO MILITAR E TÉCNICA
 OTA
 2580 000 OTA

Data Limite de Pagamento: 2016-02-25
 Valor a Pagar: 23.780,08 (euros)

Informação Geral

ENDEREÇO DO FORNECIMENTO:
 OTA 6 PT-OTA
 2580 000 OTA
 CPE: PT0002000068091617WM

TITULAR: ESTADO MAIOR FORÇA AEREA
 N. FISCAL: 600010686 N. CLIENTE: 613411211 N. CONTRATO: 6736163
 TARIFA / SERVIÇO FORNECIDO: MEDIA TENSÃO <= 3.000MWh
 REF. DE COBRANÇA: 0.6736163.1-2016.02.01

Detalhe de Conceitos

Período de Fornecimento		Descrição	Quantidade	Preço Unitário €	Factor / Dias	Valor Sem Desconto €	Valor do Desconto €	Valor Sem IVA €	IVA %
Início	Fim								
2016-01-02	2016-02-01	Energia ativa vazio (medida)	37.948 kWh	0,05210	1	1.977,09	0,00	1.977,09	23
2016-01-02	2016-02-01	Energia ativa ponta (medida)	34.869 kWh	0,06630	1	2.311,81	0,00	2.311,81	23
2016-01-02	2016-02-01	Energia ativa cheias (medida)	79.248 kWh	0,06050	1	4.794,50	0,00	4.794,50	23
2016-01-02	2016-02-01	Energia ativa super vazio (medida)	21.657 kWh	0,04420	1	957,24	0,00	957,24	23
2016-01-02	2016-02-01	ISP - Energia elétrica	173.722 kWh	0,00100	1	173,72	0,00	173,72	23
2016-01-02	2016-02-01	(T. Acesso) Potencia Horas Ponta	332,09 kW	0,22630	31	2.329,71	0,00	2.329,71	23
2016-01-02	2016-02-01	(T. Acesso) Potencia Contratada	518,48 kW	0,03200	31	514,33	0,00	514,33	23
2016-01-02	2016-02-01	(T. Acesso) Energia Activa Ponta - I, IV	34.869 kWh	0,04730	1	1.649,30	0,00	1.649,30	23
2016-01-02	2016-02-01	(T. Acesso) Energia Activa Cheias - I, IV	79.248 kWh	0,04090	1	3.241,24	0,00	3.241,24	23
2016-01-02	2016-02-01	(T. Acesso) Energia Activa Vazio Normal - I, IV	37.948 kWh	0,02250	1	853,83	0,00	853,83	23
2016-01-02	2016-02-01	(T. Acesso) Energia Activa Super Vazio - I, IV	21.657 kWh	0,02170	1	469,96	0,00	469,96	23
2016-01-02	2016-02-01	(T. Acesso) Reactiva Fornecida em Vazio	194 kVarh	0,02080	1	4,04	0,00	4,04	23
2016-01-02	2016-02-01	(T.Acesso) React. Cons. em FV Escalão 1	5.832 kVarh	0,00910	1	53,07	0,00	53,07	23
2016-01-02	2016-02-01	(T.Acesso) React. Cons. em FV Escalão 2	46 kVarh	0,02770	1	1,27	0,00	1,27	23
2016-01-02	2016-02-01	(T.Acesso) React. Cons. em FV Escalão 3	46 kVarh	0,08310	1	0,00	0,00	0,00	23
Contribuição audiovisual						2,65	0,00	2,65	6

Galp Power, S.A., Rua Formosa da Foz, 1900-029 Lisboa
 C.R.C. de Lisboa, N.º P.C. 201723485 Capital Social: 1.000.000,00 Euros

FORÇA AEREA
 C.F.M.T.

Esquadra de Administração
 RECEBIDA A 16 FEV 2016
 A. Almeida

Total s/IVA 19.333,76
 Total de IVA 4.446,32
 Valor a Pagar 23.780,08

Leituras / Consumo

Potência Requirida	Potência Instalada	Potência Contratada	Ciclo Horário	Data Início Contrato	Consumo a Facturar: KWh
0,00	0,00	518,48	Ciclo semanal com feriados	2015-03-17	Total Mensal 173.722,00

Tarifas de acesso às redes

Valor independente do comercializador, sem IVA, incluído nos preços acima para o mesmo período de faturação 9.116,75€, o qual contém o valor de custos de interesse económico geral (CIEG), no valor de 4.649,54€.

Contacto do seu Gestor Comercial: Paulo Guina Tel. 918391062

(1) Taxa de IVA aplicável sobre o valor de cada parcela conforme legislação.

Mensagens

A eletricidade faturada foi produzida a partir das seguintes fontes de energia: 26,7% hídrica; 15,7 Eólica; 3,7% Cogeração renovável; 0,0% Geotermia; 2,4% Outras renováveis; 10,2% Cogeração fóssil; 4,7% Gás natural; 28,1% Carvão; 7,7% Nuclear; 0,3% Fuelóleo; 2,4% RSU. Fonte Erse

SUSTENTABILIDADE: Um valor com futuro. Emissões de CO2: 56.807,09 Kg CO2

Documento também serve de recibo.

KAFG - Processado por programa certificado nº 2321/AT

Pagamento por: Transferência Bancária

IBAN: PT50 0010 0000 40253110001 65
 Banco BPI, SA

Data Limite Pagamento: 2016-02-25

O não pagamento do documento na data de vencimento, implica a cobrança de juros à taxa legal em vigor.



Anexo D — Período contagem de energia para ciclo semanal tri-horário



Ciclo semanal opcional para os consumidores em MAT, AT e MT em Portugal Continental

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

Partilhe esta informação:



ERSE © 2009 Todos os direitos reservados

Rua Dom Cristóvão da Gama, 1 • 3º
1400 - 113 Lisboa, Portugal
Teléfono: 213 033 200
Fax: 213 033 201
erse@erse.pt



Anexo E — Calendário escolar

CALENDÁRIO ESCOLAR

2015 / 2016

SETEMBRO 2015							OUTUBRO 2015								
SEMANA	SEG	TER	QUA	QUI	SEX	SAB	DOM	SEMANA	SEG	TER	QUA	QUI	SEX	SAB	DOM
41	30		5			1	2	3	4	5	6				
42	31		6	7	8	9	10	11	12	13					
1	32		7	14	15	16	17	18	19	20					
2	33		8	21	22	23	24	25	26	27					
3	34		9	28	29	30									

NOVEMBRO 2015							DEZEMBRO 2015							JANEIRO 2016									
SEMANA	SEG	TER	QUA	QUI	SEX	SAB	DOM	SEMANA	SEG	TER	QUA	QUI	SEX	SAB	DOM	SEMANA	SEG	TER	QUA	QUI	SEX	SAB	DOM
8	39	14		4	2	3	4	5	6	7	8												
9	40	15		5	9	10	11	12	13	14	15												
10	41	16		6	16	17	18	19	20	21	22												
11	42	17		7	23	24	25	26	27	28	29												
12	18		8	30																			

FEBREIRO 2016							MARÇO 2016							ABRIL 2016									
SEMANA	SEG	TER	QUA	QUI	SEX	SAB	DOM	SEMANA	SEG	TER	QUA	QUI	SEX	SAB	DOM	SEMANA	SEG	TER	QUA	QUI	SEX	SAB	DOM
25	7	15	7	7		1	2	3	4	5	6	7											
26	8	16	8	8	C	10	11	12	13	14													
27	9	17	9	9		15	16	17	18	19	20	21											
28	10	18	10	10		22	23	24	25	26	27	28											
29	11	19	11	11		29																	

MAIO 2016							JUNHO 2016							JULHO 2016									
SEMANA	SEG	TER	QUA	QUI	SEX	SAB	DOM	SEMANA	SEG	TER	QUA	QUI	SEX	SAB	DOM	SEMANA	SEG	TER	QUA	QUI	SEX	SAB	DOM
	NL	27	19	19		2	3	4	F	6	7	8		F									
36	18	28	20	20		9	10	11	12	13	14	15											
37	19	29	21	21		16	17	18	19	20	21	22											
38	20	30	22	22		23	24	25	26	27	28	29											
39	21	31	23	23		30	31																

AGOSTO 2016							SETEMBRO 2016							OUTUBRO 2016									
SEMANA	SEG	TER	QUA	QUI	SEX	SAB	DOM	SEMANA	SEG	TER	QUA	QUI	SEX	SAB	DOM	SEMANA	SEG	TER	QUA	QUI	SEX	SAB	DOM
						1	2	3	4	5	6	7											
						8	9	10	11	12	13	14											
						F	15	17	18	19	20	21											
						40																	
30	41		32	32		22	23	24	25	26	27	28											
			32	32		29	30	31															

NOVEMBRO 2016							DEZEMBRO 2016							JANEIRO 2017									
SEMANA	SEG	TER	QUA	QUI	SEX	SAB	DOM	SEMANA	SEG	TER	QUA	QUI	SEX	SAB	DOM	SEMANA	SEG	TER	QUA	QUI	SEX	SAB	DOM
8	39		5			1	2	3	4	5	6												
9	40		6	7	8	9	10	11	12	13													
10	41		7	14	15	16	17	18	19	20													
11	42		8	21	22	23	24	25	26	27													
12	43		9	28	29	30																	

- Férias escolares
- Feriado
- Ponte
- Treinos e cerimónias

- * Semanas contabilizadas para o CFO/CFP (IB 01/14)
- * Semanas contabilizadas para o CFP/RC (IB 01/15)
- * Semanas contabilizadas para o CFS/QP 14/15
- * Semanas contabilizadas para estágio CFS/QP 14/15
- * Semanas contabilizadas p/ CFO/RC (IB 02/15)
- * Semanas contabilizadas p/ CFS/RC (IB 02/15)
- * Semanas contabilizadas para o estágio CFS/RC (IB 02/15)
- * Semanas contabilizadas p/ CFP/RC (IB 02/15)
- * Semanas contabilizadas para o CFS/QP 15/16
- * Semanas contabilizadas para estágio CFS/QP 15/16

- IB 01/15 - 18MAI15 a 19JUN15
- IB 02/15 - 02NOV15 a 04DEZ15
- 15DEZ15 - FINAL CFS/QP 14/15
- 13DEZ16 - FINAL CFS/QP 15/16

NOTAS: 05 MAIO 2016 - FERIADO MUNICIPAL ALENQUER
07 e 08 SETEMBRO - TRANSFERÊNCIA DE COMANDO (a confirmar as datas certas)

**Anexo F — Ocupação QC12 2015/2016**

CFS QP 2015 / 2016

QC - 12 ALOJAMENTO MASCULINO			
1º Piso Direito			
Balneários			
FURG/SAS/136483 - K Samuel Domingues	10	9	Quarto Vazio
FURG/PA/136603 - D Alexandre Vieira			
FURG/MUS/137205 - L Paulo Maciel	11	8	FURG/MELECA/137598 - K Duarte Bruno
FURG/MUS/137299 - H Fábio Silva			FURG/MELECA/138128 - J Tiago Morais
FURG/MELIAV/137351 - L Carlos Neves	12	7	FURG/OPMET/136956 - D Daniel Fernandes
FURG/MELECT/137396 - L Joel Martins			FURG/MARME/137834 - B Emanuel Pereira
FURG/MARME/136320 - E Rui Gomes	13	6	FURG/CMI/133847 - B Tiago Almeida
FURG/MARME/137838 - E Manuel Santos			FURG/CMI/137144 - E Joel Vieira
FURG/MELECT/135719 - A Pedro Oliveira	14	5	Quarto Vazio
FURG/MELECT/137490 - H Duarte Dias			
FURG/MELECA/135117 - G Helder Bicho (2)	15	4	FURG/PA/135143 - F Américo Vieites (1)
FURG/MELECA/138124 - F André Mogrão			FURG/PA/137363 - D Alexandre Gamito
Sala de Estudo		3	Quarto Vazio
		2	Quarto Vazio
WC		1	Quarto Vazio

A azul estão os chefes de quarto

Nº total de camas: 30

Nº Camas ocupadas: 20

Nº Camas vagas: 10

1) Chefe de Ala(2) Sub - Chefe de Ala



CFS RC

QC - 12 ALOJAMENTO MASCULINO			
1º Piso Esquerdo			
Balneários			
2FUR/OPCART/139753 - C João Rodrigues	9	10	2FUR/OPRDET/139761 - D João Teixeira
2FUR/OPCART/139755 - K Pedro Romeiro			2FUR/OPRDET/139762 - B Gonçalo Aniceto
	8	11	
2FUR/OPRDET/139760 - F Filipe Santos	7	12	
2FUR/OPRDET/139759 - B Pedro Simões			
2FUR/OPCART/139751 - G José Mendes (2)	6	13	2FUR/OPCART/139750 - J Rui Ribeiro
2FUR/OPCART/139752 - E Pedro Silva			2FUR/OPCART/139749 - E Daniel Berto
2FUR/OPCART/139756 - H João Xavier (1)	5	14	2FUR/OPCART/139747 - J Paulo Martins
2FUR/OPRDET/139757 - F Fábio Ferreira			2FUR/OPCART/139748 - G João Leonardo
	4	15	
	3	Sala de Estudo	
	2	WC	
	1	WC	

A azul estão os chefes de quarto

Nº total de camas: 30

Nº Camas ocupadas: 14

Nº Camas vagas: 16

1) Chefe de Ala

(2) Sub - Chefe de Ala



CFS QP 2015/2016 e CFS RC

QC - 12 ALOJAMENTO FEMININO					
R/C Direito					
Balneários					
2FUR/OPRDET/139758 - D Bárbara Pinto	9	CALDEIRA			
2FUR/OPCART/139746 - L Bárbara Silva					
	10			8	
	11			7	
FURG/OPMET/137891 - A Stefany Assunção	12			6	FURG/MMA/137603 - K Ana Pereira
FURG/OPRDET/138310 - J Joana Sousa					FURG/MARME/137836 - J Andreia Rocha
FURG/SAS/134281 - K Vanessa Matono	13			5	FURG/ABST/136016 - H Tânia Gomes (2)
FURG/SAS/137624 - B Maria Andrade					FURG/ABST/138050 - J Inês Teixeira
	14			4	FURG/SS/135169 - K Cláudia Pereira (1)
Sala de Estudo				3	
WC				2	
CMDT E ADJ. DO CMDT DA 2ª ESQUADRILHA DO CFS					

A azul estão os chefes de quarto

Nº total de camas: 26

Nº Camas ocupadas: 11

Nº Camas vagas: 15

1) Chefe de Ala

(2) Sub - Chefe de Ala



CFS QP 2015 / 2016

QC - 12 ALOJAMENTO MASCULINO R/C Esquerdo

Balneários			
Quarto Vazio	9	10	Quarto Vazio
FURG/OPINF/136597 - F Rogério Pinho	8	11	FURG/OPCART/138505 - E Francisco Mariano
FURG/OPINF/137452 - E Emanuel Moleiro			FURG/OPCART/138501 - B Miguel Silva
FURG/MMA/136999 - H António Sampaio	7	12	FURG/MMA/133031 - E José Mota
FURG/MMA/137288 - C Pedro Cataluna			FURG/MMA/138066 - E Ivo Gamboa
FURG/OPCART/137297 - B Wilson Viegas	6	13	FURG/MMT/136411 - B Bruno Almeida
FURG/OPCART/138506 - C João Santos			FURG/SS/136686 - G Nuno Cesário
FURG/MMA/137002 - C Helder Espanhol	5	14	FURG/MMA/136997 - A Pedro Graça
FURG/MMA/138015 - L Rúben Silva			FURG/MMA/137849 - L Flávio Palma
FURG/MMA/135964 - K Miguel Silva (2)	4	15	FURG/MMA/137010 - D Tiago Mesquita
FURG/MMA/138055 - K Alírio Abreu			FURG/MMA/137282 - D João Carpinteiro
Quarto Vazio	3	Sala de Estudo	
FURG/MMT/131869 - B Bruno Rodrigues (Chefe de Curso) (1)	2	WC	
CMDT E ADJ. DO CMDT DA 1ª ESQUADRILHA DO CFS			

A azul estão os chefes de quarto

Nº total de camas: 28

Nº Camas ocupadas: 21

Nº Camas vagas: 7

1) Chefe de Ala

(2) Sub - Chefe de Ala

**Apêndice A — Cálculos Justificativos****1 ECOTERMOLAB**

Os valores apresentados não contemplam o Imposto sobre o Valor Acrescentado (IVA).

1.1 Dados Gerais

Segundo o Coordenador de formação do ECOTERMOLAB (Fonseca, 2016), os seguintes dados reportam ao ano de 2013:

- *Investimento inicial = 25560€*
- *Vida útil = 25 anos*
- *Garantia = 2 anos*
- *Custos unitários médios ponderados de energia elétrica = 0,109€/KWh*
- *Custos unitários de gás = 0,056€/KWh*
- *Consumo de energia elétrica para o período de medição com GTC entre 01 a 08 de março de 2013 = 1262 KWh*
- *Consumo de gás para o período de medição com GTC entre 01 a 08 de março de 2013 = 550 KWh*
- *Consumo de energia elétrica para o período de medição sem GTC entre 08 a 15 de março de 2013 = 2478 KWh*
- *Consumo de gás para o período de medição sem GTC entre 08 a 15 de março de 2013 = 806 KWh*
- *Consumo anual de energia elétrica (KWh)*

Utilização	Ilum. Interior		Ilum. Exterior		Equipamento		Ventiladores		Bombas		Arrefecimento		Torre de Arrefecimento	
	Com SGTC	Sem SGTC	Com SGTC	Sem SGTC	Com SGTC	Sem SGTC	Com SGTC	Sem SGTC	Com SGTC	Sem SGTC	Com SGTC	Sem SGTC	Com SGTC	Sem SGTC
Jan	371	371	66	66	741	741	700	2883	187	327	0	0	0	0
Fev	308	308	60	60	649	649	640	2630	195	324	0	0	0	0
Mar	360	360	66	66	727	727	718	2919	286	433	0	0	0	0
Abr	382	382	69	69	714	714	730	2840	317	461	0	0	0	0
Mai	380	380	46	46	748	748	736	3056	554	723	1255	2141	22	50
Jun	486	486	42	42	779	779	685	2186	685	797	2207	3603	37	84
Jul	494	494	46	46	805	805	735	1413	724	724	2602	3507	58	91
Ago	276	276	23	23	706	706	452	802	583	584	1886	2426	37	57
Set	474	474	56	56	787	787	722	1676	406	526	871	1203	16	27
Out	583	583	62	62	855	855	733	2613	252	490	0	0	0	0
Nov	611	611	53	53	851	851	659	2490	264	398	0	0	0	0
Dez	387	387	59	59	748	748	535	2027	144	301	0	0	0	0
Total	5112	5112	648	648	9110	9110	8045	27535	4597	6088	8821	12880	170	309
Dif.	0	0	0	0	0	0	19490	25179	1491	6088	4059	12880	170	309
TOTAL Dif.	25179													



○ *Consumo anual de gás (KWh)*

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	TOTAL	Dif.
c/GTC	9018	6725	5732	4037	1831	0	0	0	0	0	4881	4727	36951	6134
s/GTC	10350	7646	6652	4957	2257	0	0	0	0	0	5788	5435	43085	

○ *Redução energética total anual*

$$25179 + 6203 = 31382 \text{ KWh/ano}$$

Notas:

Para o cálculo médio ponderado do custo unitário de energia elétrica do ECOTERMOLAB foi considerado o período de utilização entre as 09h00 e as 23h0.

1.2 Cash-flow anual

○ *Redução de custos de energia elétrica*

$$25179 \text{ KWh} \times 0,109 \text{ €/KWh} = 2744,5 \text{ €}$$

○ *Redução de custos de gás*

$$6134 \text{ KWh} \times 0,056 \text{ €/KWh} = 343,5 \text{ €} \Rightarrow CF_{ano} = 2744,5 \text{ €} + 343,5 \text{ €} = 3088 \text{ €}$$

1.3 Cálculo da TIR

$$0 = \sum_{i=1}^n \frac{CF_i}{(1 + TIR)^i} - I_{ini} = (\%) \quad [exp. 1]$$

I_{inv} – investimento inicial

CF_i – cash-flow anual

TIR – taxa de atualização com VAL=0

n – vida útil do projeto em anos

i – período de análise

Dada a complexidade de cálculo com a expressão anterior, ir-se-á calcular a TIR, determinando vários valores de VAL com resultados positivos e negativos, o tanto quanto possível próximo de zero. Com estes valores, determina-se através da regressão logarítmica a expressão matemática correspondente, afim de saber o valor de TIR. quando VAL=0.

$$0 = \sum_{i=1}^n \frac{3088}{(1 + TIR)^i} - 25560 = (\%) \quad [exp. 1]$$

TIR (%)	5	8	9	10	11	12	13	15	20	25
VAL=0	17962	7404	4772	2470	446	-1340	-2925	-5599	-10282	-13255

$$y = 84,199x^2 - 3987x + 34546$$

$$\Leftrightarrow 84,199x^2 - 3987x + 34546 = 0 \Leftrightarrow x = 11,42\% \text{ ou } x = 35,93 \Rightarrow \text{TIR} = 11,42\%$$



1.4 Cálculo da VAL

Dado a inexistência de dados referente à taxa de atualização, optou-se por utilizar o valor médio do valor obtido no cálculo anterior, ou seja, $t=5,71\%$.

$$VAL = -I_{ini} + \sum_{i=1}^n \frac{CF_i}{(1+t)^i} = (\text{€}) \quad [exp. 2]$$

$$VAL_{ECOTERMOLAB} = -25560 + \sum_{i=1}^{25} \frac{3088}{(1+0,0571)^i} = 15026,6 \text{ €}$$

1.5 Cálculo do PRI

Para o presente cálculo foram desprezáveis as despesas por exploração.

$$PRI = I_{ini} - \sum_{i=1}^n \frac{CF_i}{(1+t)^i} = 0 \quad (\text{anos}) \quad [exp. 3]$$

I_{ini} – Investimento inicial

CF_i – cash-flow anual

t – Taxa de atualização (inflação + custo de capital)

n – Número de períodos da análise

i – Período de análise

Dada a complexidade de cálculo com a exp. 3, ir-se-á calcular o PRI por um processo mais simples, determinando vários valores de VAL com resultados positivos e negativos, o tanto quanto possível próximo de zero. Com estes valores determina-se através da regressão polinomial a expressão matemática correspondente, afim de saber o valor do PRI quando $VAL=0$.

$$PRI = I_{ini} - \sum_{i=1}^n \frac{3088}{(1+0,0571)^i} = 0 \quad (\text{anos}) \quad [exp. 3]$$

anos	1	5	9	10	11	12	13	15	20	25
VAL=0	-22639	-12449	-4289	-2516,5	-840	745,9	2246,2	5008	10708	15027

$$Y_{ECOTERMOLAB}(x=PRI) = y = -42,57x^2 + 2652x - 24939 \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow y = -42,57x^2 + 2652x - 24939 = 0 \Leftrightarrow x = 11,54 \text{ ou } x = 50,75$$

Desprezando o segundo zero, fica:

$$\Leftrightarrow \mathbf{PRI = 11,54 \text{ anos}}$$



2 QC12

Os valores apresentados não contemplam o Imposto sobre o Valor Acrescentado (IVA).

2.1 **Dados Gerais**

- *Investimento inicial = 8683€ (orçamento TERMOSUL)*
- *Vida útil = 25 anos*
- *Garantia = 2 anos*
- *Ocupação anual do QC12 (segundo dados do anexo E e F)*

		out-15	nov-15	dez-15	jan-16	fev-16	mar-16	abr-16	mai-16
CFS QP	alunos	0	0	50	50	50	50	50	50
	dias	0	0	8	20	21	0	20	20
CFQ RC	alunos	0	0	16	16	16	16	16	16
	dias	0	0	8	20	21	17	20	20

- *Custos unitários médios ponderado de energia elétrica:*

A seguinte tabela apresenta o número de horas por ciclo semanal tetra-horário para utilizadores de Média Tensão, retirado do anexo D, e os respetivos valores unitários do custo do KWh, segundo fatura energética do CFMTFA, referente ao mês de fevereiro de 2016, conforme anexo C.

ciclos	horas	KWh (€)
Ponta	5	0,11360 €
Cheias	12	0,10140 €
Vazio	3	0,07460 €
S. vazio	4	0,06600 €

$$\text{€/KWh}_{pod} = \frac{5 \times 0,11360 + 12 \times 0,10140}{5 + 12} = 0,10499\text{€}$$

Para o cálculo médio ponderado do custo unitário de energia elétrica do QC12 foram considerando apenas os ciclos das horas de ponta e cheia, entre as 07h30 e as 00h30, sendo o período de maior utilização.

- *Consumo de energia elétrica para o período de medição sem GTC entre 04 a 06 de abril de 2016 e 13 a 20 de maio de 2016 = 655 + 1720 = 2375 KWh*
- *Consumo de energia elétrica para o período de medição com GTC entre 19 de fevereiro de 2016 e 01 de maio de 2016 = 10543,6 KWh*
- *Consumo anual de energia elétrica estimado*

Dado a inexistência de registos de valores de energia consumida reportado a um ano, serão calculados valores anuais, estimados e ponderados, tendo em conta os valores medidos e a ocupação do edifício QC12.



Dados entre 04 e 06 abril de 2016, sem GTC:

$$\left. \begin{array}{l} 2375KWh \\ 9 \text{ dias} \\ 66 \text{ alunos} \end{array} \right\} W = \frac{2375}{9 * 66} = 3,998KWh_{\text{médio}}/\text{dia. aluno}$$

Dados entre 18 e 20 abril de 2016, com GTC:

$$\left. \begin{array}{l} 10543,6KWh \\ 72 \text{ dias} \\ 66 \text{ alunos} \end{array} \right\} W = \frac{10543,6}{72 * 66} = 2,219KWh_{\text{médio}}/\text{dia. aluno}$$

Assim sendo, o consumo estimado e ponderado mensal, com e sem GTC será:

$$W = KWh_{\text{médio}}/\text{dia. aluno} \times (\text{alunos}_{CFS_{QP}} \times \text{dias} + \text{alunos}_{CFS_{RC}} \times \text{dias})$$

	out-15	nov-15	dez-15	jan-16	fev-16	mar-16	abr-16	mai-16	TOTAL	DIF
S/GTC	0	0	2111	5277	5541	1087	5277	5277	24572	10934
C/GTC	0	0	1172	2929	3076	604	2929	2929	13638	

2.2 Cash-flow anual

- Redução de custos de energia elétrica

$$10934KWh \times 0,10499\text{€/KWh} = 1147,96\text{€} \Rightarrow CF_{\text{ano}} = 1147,96\text{€} \approx 1148\text{€}$$

2.3 Cálculo da TIR

$$VAL = -I_{\text{inv}} + \sum_{i=1}^n \frac{CF_i}{(1+t)^i} = (\text{€}) \quad [exp. 1]$$

Dada a complexidade de cálculo com a expressão anterior, ir-se-á calcular a TIR, determinando vários valores de VAL com resultados positivos e negativos, o tanto quanto possível próximo de zero. Com estes valores, determina-se através da regressão polinomial a expressão matemática correspondente, afim de saber o valor de TIR, quando VAL=0.

$$0 = \sum_{i=1}^n \frac{1148}{(1+TIR)^i} - 8683 = (\%) \quad [exp. 1]$$

TIR (%)	5	10	11	12	13	14	15	20	25
VAL=0	7496,8	1734,4	985,2	320,9	-268,2	-792,9	-1262,2	-3003,2	-4108,4



$$y = 31,519x^2 - 1498,7x + 13917$$

⇔ $31,519x^2 - 1498,7x + 13917 = 0$ ⇔ $x = 12,65$ ou $x = 34,9$, anulando o segundo zero fica:

$$\Rightarrow \text{TIR} = 12,65 \%$$

2.4 Cálculo da VAL

Dado a inexistência de dados referente à taxa de atualização, optou-se por utilizar o valor médio do primeiro zero obtido no cálculo anterior, ou seja, $t = 6,33\%$.

$$VAL = -I_{ini} + \sum_{i=1}^n \frac{CF_i}{(1+t)^i} = (\text{€}) \quad [exp. 2]$$

$$VAL_{ECOTERMOLAB} = -8683 + \sum_{i=1}^{25} \frac{1785}{(1+0,0633)^i} = 5543,17 \text{ €}$$

2.5 Cálculo do PRI

Para o presente cálculo foram desprezáveis as despesas por exploração.

$$PRI = I_{ini} - \sum_{i=1}^n \frac{CF_i}{(1+t)^i} = 0 \quad (\text{anos}) \quad [exp. 3]$$

Dada a complexidade de cálculo com a exp. 3, ir-se-á calcular o PRI por um processo mais simples, determinando vários valores de VAL com resultados positivos e negativos, o tanto quanto possível próximo de zero. Com estes valores determina-se através da regressão polinomial a expressão matemática correspondente, afim de saber o valor do PRI quando $VAL = 0$.

$$PRI = 8683 - \sum_{i=1}^n \frac{1148}{(1+0,0633)^i} = 0 \quad (\text{anos}) \quad [exp. 3]$$

anos	1	5	8	9	10	11	12	15	20	25
VAL=0	-7603,34	-3890,3	-1646,3	-985,6	-364,2	220,26	769,9	2230,14	4138,86	5543,17

$$Y_{ECOTERMOLAB}(x=PRI) = -16,47x^2 + 965x - 8411,2 \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow -16,47x^2 + 965x - 8411,2 = 0 \Leftrightarrow x = 10,65 \text{ ou } x = 47,94$$

Desprezando o segundo zero, fica:

$$\Leftrightarrow \text{PRI} = 10,65 \text{ anos}$$