

Jorge Miguel Matos Mendes

# Sistemas de Gestão Técnica nos edifícios da Universidade de Coimbra

Dissertação de Mestrado

Setembro de 2013



UNIVERSIDADE DE COIMBRA



**Universidade de Coimbra**  
Faculdade de Ciências e Tecnologias  
Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores

Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores

**Sistemas de Gestão Técnica nos edifícios da Universidade de  
Coimbra**

Jorge Miguel Matos Mendes

**Júri**

Presidente: Professor Doutor Helder de Jesus Araújo

Orientador: Professor Doutor António Manuel de Oliveira Gomes Martins

Vogal: Professor Doutor Tony Richard de Oliveira de Almeida

*Coimbra*  
Setembro de 2013



Dissertação desenvolvida no âmbito do projeto "Energy and Mobility for Sustainable Regions - EMSURE (CENTRO-07-0224-FEDER-002004)".



# Agradecimentos

A elaboração deste trabalho não teria sido possível sem a colaboração, estímulo e empenho de diversas pessoas. Gostaria, por este facto, de expressar toda a minha gratidão e apreço a todos aqueles que contribuíram para que esta tarefa se tornasse uma realidade. A todos quero manifestar os meus sinceros agradecimentos.

Em primeiro lugar, ao Professor Doutor António Gomes Martins pela paciência, confiança e apoio depositados em mim ao longo desta dissertação. A utilidade das suas recomendações e a cordialidade com que sempre me recebeu foram notas dominantes da sua orientação. A liberdade de ação que me permitiu foi decisiva para que este trabalho contribuísse para o meu desenvolvimento pessoal.

Aos Engenheiros Mário Carvalhal e Fernando Martins pela disponibilidade demonstrada durante as primeiras visitas aos locais de estudo e pela colaboração na partilha de dados e informação referentes aos edifícios e aos Sistemas de Gestão Técnica.

Aos Professores Doutores Antero Abrunhosa, Humberto Jorge e Rui Barbosa, ao Engenheiro José Coutinho, ao Dr. Ricardo Pinto, aos Técnicos Paulo Gonçalves e Ricardo Oliveira e aos Funcionários Miguel Ferreira e Arlindo Oliveira, pela amabilidade e colaboração prestada sempre que solicitada.

Aos meus amigos e colegas de curso, agradeço a amizade e o companheirismo que sempre me disponibilizaram.

À minha namorada Inês, agradeço todo o seu carinho, apreço e apoio que me deu ao longo do período de elaboração desta dissertação.

Finalmente, gostaria de deixar um agradecimento especial à minha família, pelo apoio, carinho e compreensão com que me brindaram ao longo da minha vida académica.

A todos: um Muito Obrigado.



# Abstract

Buildings represent about 40% of the final energy consumption and 36% of the emissions of greenhouse gases at a global level, being one of the sectors with the biggest increase of energy consumption. Besides, it offers the second biggest potential of energy savings, right after the energy sector itself, considered to be extremely rentable but still less explored. There are also side benefits to make buildings more energy efficient, usually associated to actions that promote the reduction of energy consumption, including the creation of new job positions, better health quality, greater energy security and increased competitiveness of the economy.

Building Energy Management Systems are one of the most efficient instruments to reduce energy consumption. They provide relatively fast winnings, with regard to operating costs and environmental impact, ensuring comfort and security of the facilities users. Typically, the most efficient systems can obtain reductions in energy consumption of about 25%, offering a quick return on invested capital.

Nevertheless, many of those systems, installed in buildings with diverse functions, do not take advantage of its capacities because of the non-fulfilment, or absence, of the maintenance contracts relative to the Building Energy Management Systems and respective active systems existing in several institutions, and also because of the bad formation given, the faulty conception and the weak systems integration from the team responsible for the installation. This kind of problems can be seen in some of the most recent buildings of the University of Coimbra, where systems of this kind exist.

The aim of this work is to make a survey with the characterization and the reflection of all the Building Energy Management Systems existing in the University of Coimbra buildings, as a first step to identify the potential for the overall improvement of resource use efficiency. This project will open way to other interventions focused on each concrete case, accordingly to a plan which can be designed by the University.

# Keywords

Building Energy Management Systems, Energy Efficiency, Energy Management, University of Coimbra

# Resumo

Os edifícios representam cerca de 40% do consumo final de energia e 36% das emissões de gases de efeito de estufa, a nível global, sendo um dos setores com maior índice de crescimento no que toca à energia consumida. Além disso, o setor oferece o segundo maior potencial de poupança de energia logo após o próprio setor energético, estimando-se como sendo bastante rentável e ainda pouco explorado. Também existem benefícios colaterais ao tornar os edifícios mais eficientes energeticamente, normalmente associados a ações que promovem a redução do consumo de energia, incluindo a criação de novos empregos, melhoria na saúde dos utentes, maior segurança energética e aumento da competitividade económica.

Entre os mais eficientes instrumentos de redução do consumo de energia contam-se os Sistemas de Gestão Técnica de edifícios. Estes proporcionam ganhos relativamente rápidos no que toca aos custos de funcionamento e ao impacto ambiental, garantindo o conforto e a segurança dos utentes das instalações. Os sistemas mais eficazes conseguem obter, tipicamente, reduções no consumo de energia de cerca de 25%, oferecendo, assim, um rápido retorno do capital investido.

Não obstante, por motivos de não cumprimento, ou da inexistência, dos contratos de manutenção relativos aos Sistemas de Gestão Técnica e respetivos sistemas ativos presentes em muitas instituições, bem como da má formação fornecida, da conceção defeituosa e da fraca integração dos sistemas por parte da equipa responsável pela instalação, muitos destes sistemas que se encontram instalados em edifícios com diversas funcionalidades, não tiram o melhor partido das suas características e capacidades. Estes problemas encontram-se presentes em alguns dos edifícios mais recentes da Universidade de Coimbra, onde se encontram sistemas deste tipo.

Esta dissertação tem por objetivo o levantamento, a caracterização e a reflexão sobre todos os Sistemas de Gestão Técnica existentes em edifícios da Universidade de Coimbra, tendo em vista concretizar um primeiro passo para a identificação do potencial de aumento da eficiência global da gestão dos recursos com intervenção sobre os mesmos. Este primeiro levantamento permite abrir caminho a intervenções focadas em cada um dos casos concretos, de acordo com um plano que, com base nele, pode ser delineado pela Universidade.

# Palavras Chave

Sistemas de Gestão Técnica de Edifícios, Eficiência Energética, Gestão de Energia, Universidade de Coimbra

# Índice

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Agradecimentos</b> . . . . .  | iii       |
| <b>Abstract</b> . . . . .  | v         |
| <b>Resumo</b> . . . . .  | vii       |
| <b>Lista de Figuras</b> . . . . .  | xi        |
| <b>Lista de Tabelas</b> . . . . .  | xiii      |
| <b>Lista de Abreviaturas</b> . . . . .   | xv        |
| <br>   |           |
| <b>1 Introdução</b> . . . . .  | <b>1</b>  |
| 1.1 Enquadramento do Problema . . . . .  | 2         |
| 1.2 Objetivos . . . . .  | 4         |
| 1.3 Metodologia . . . . .  | 5         |
| 1.4 Estrutura do Documento . . . . .   | 6         |
| <br>   |           |
| <b>2 Sistemas de Gestão Técnica de Edifícios</b> . . . . .   | <b>7</b>  |
| 2.1 Introdução à Gestão Técnica de Edifícios . . . . .   | 8         |
| 2.2 Evolução Histórica . . . . .   | 10        |
| 2.3 Redes de Comunicação . . . . .   | 13        |
| 2.4 Funções de um Sistema de Gestão Técnica . . . . .  | 17        |
| 2.4.1 Funções de controlo e gestão da instalação . . . . .   | 17        |
| 2.4.2 Funções de gestão de energia (controlo de supervisão) . . . . .                                | 17        |
| 2.4.3 Funções de gestão de risco . . . . .   | 18        |
| 2.4.4 Função de processamento de informação . . . . .  | 18        |
| 2.4.5 Detecção e diagnóstico de avarias, gestão de manutenção e comissionamento automático . . . . . | 19        |
| <br>   |           |
| <b>3 Sistematização do levantamento efetuado</b> . . . . .   | <b>21</b> |
| 3.1 Faculdade de Farmácia da Universidade de Coimbra . . . . .                                       | 22        |
| 3.1.1 Caracterização do edifício . . . . .   | 22        |
| 3.1.2 Características técnicas e funcionalidades do SGT . . . . .                                    | 23        |
| 3.1.3 Estado de uso e condições de operação . . . . .  | 25        |
| 3.1.4 Regime de responsabilidade pela gestão e operação . . . . .                                    | 26        |
| 3.1.5 Regime de manutenção . . . . .   | 26        |

|          |  |            |
|----------|--|------------|
| 3.2      | Unidade Central do Pólo 3 . . . . .  | 27         |
| 3.2.1    | Caracterização do edifício . . . . .   | 27         |
| 3.2.2    | Características técnicas e funcionalidades do SGT . . . . .                              | 27         |
| 3.2.3    | Estado de uso e condições de operação . . . . .  | 29         |
| 3.2.4    | Regime de responsabilidade pela gestão e operação . . . . .                              | 29         |
| 3.2.5    | Regime de manutenção . . . . .   | 29         |
| 3.3      | Instituto de Ciências Nucleares Aplicadas à Saúde . . . . .                              | 30         |
| 3.3.1    | Caracterização do edifício . . . . .   | 30         |
| 3.3.2    | Características técnicas e funcionalidades do SGT . . . . .                              | 31         |
| 3.3.3    | Estado de uso e condições de operação . . . . .  | 33         |
| 3.3.4    | Regime de responsabilidade pela gestão e operação . . . . .                              | 34         |
| 3.3.5    | Regime de manutenção . . . . .   | 34         |
| 3.4      | Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores . . . . .                     | 35         |
| 3.4.1    | Caracterização do edifício . . . . .   | 35         |
| 3.4.2    | Características técnicas e funcionalidades do SGT . . . . .                              | 36         |
| 3.4.3    | Estado de uso e condições de operação . . . . .  | 39         |
| 3.4.4    | Regime de responsabilidade pela gestão e operação . . . . .                              | 39         |
| 3.4.5    | Regime de manutenção . . . . .   | 39         |
| 3.5      | Departamento de Engenharia Civil . . . . .   | 40         |
| 3.5.1    | Caracterização do edifício . . . . .   | 40         |
| 3.5.2    | Características técnicas e funcionalidades do SGT . . . . .                              | 40         |
| 3.5.3    | Estado de uso e condições de operação . . . . .  | 42         |
| 3.5.4    | Regime de responsabilidade pela gestão e operação . . . . .                              | 42         |
| 3.5.5    | Regime de manutenção . . . . .   | 42         |
| <b>4</b> | <b>Reflexão Geral</b>  | <b>43</b>  |
| <b>5</b> | <b>Conclusões e Trabalho Futuro</b>  | <b>49</b>  |
| 5.1      | Trabalho Futuro . . . . .  | 51         |
|          | <b>Bibliografia</b>  | <b>51</b>  |
|          | <b>Apêndice A Topologia de Rede do SGT da FFUC</b>                                       | <b>A-1</b> |
|          | <b>Apêndice B Proposta de organização de arquivo e descrição dos arquivos existentes</b> | <b>B-1</b> |
| B.1      | Faculdade de Farmácia da Universidade de Coimbra . . . . .                               | B-4        |
| B.2      | Unidade Central do Pólo 3 . . . . .  | B-6        |
| B.3      | Instituto de Ciências Nucleares Aplicadas à Saúde . . . . .                              | B-8        |
| B.4      | Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores . . . . .                     | B-9        |
| B.5      | Departamento de Engenharia Civil . . . . .   | B-10       |
| B.6      | Departamento de Engenharia Informática . . . . .   | B-11       |

# Lista de Figuras

|      |   |     |
|------|---|-----|
| 2.1  | Pirâmide referente à evolução dos edifícios inteligentes. . . . .                 | 12  |
| 2.2  | Arquitetura <i>LonWorks</i> . . . . .   | 14  |
| 2.3  | Rede CEBus. . . . .   | 15  |
| 2.4  | Principais protocolos de comunicação na automação de edifícios. . . . .           | 16  |
| 3.1  | Consumos de eletricidade de 2012 na FFUC. . . . .                                 | 22  |
| 3.2  | Arquitetura genérica do sistema TAC Vista. . . . .                                | 23  |
| 3.3  | Visão parcial, com apenas um quadro, da topologia de rede do SGT da FFUC. . . . . | 25  |
| 3.4  | Consumos de eletricidade de 2012 na Unidade Central do Pólo 3. . . . .            | 27  |
| 3.5  | Topologia de rede do SGT da Unidade Central do Pólo 3. . . . .                    | 28  |
| 3.6  | Consumos de eletricidade de 2012 no ICNAS. . . . .                                | 31  |
| 3.7  | Topologia de rede do SGT do ICNAS. . . . .  | 32  |
| 3.8  | Consumos de eletricidade de 2009, 2010 e 2011 no DEEC. . . . .                    | 36  |
| 3.9  | Topologia de rede do SGT do DEEC. . . . .   | 37  |
| 3.10 | Disposição genérica da arquitetura implementada no edifício DEEC. . . . .         | 38  |
| 3.11 | Consumos de eletricidade de 2009, 2010 e 2011 no DEC. . . . .                     | 40  |
| 3.12 | Topologia de rede do DEC. . . . .   | 41  |
| A.1  | Primeira Parte da Topologia de rede da FFUC. . . . .                              | A-2 |
| A.2  | Segunda Parte da Topologia de rede da FFUC. . . . .                               | A-3 |
| A.3  | Terceira Parte da Topologia de rede da FFUC. . . . .                              | A-4 |



# Lista de Tabelas

|     |   |     |
|-----|---|-----|
| 3.1 | Quadros Elétricos associados ao SGT da Unidade Central do Pólo 3. . . . .   | 29  |
| 3.2 | Quadros Elétricos associados ao SGT do ICNAS. . . . .   | 33  |
| 3.3 | Quadros Elétricos respetivos ao SGT do DEC. . . . .   | 42  |
| 4.1 | Roteiro de boas práticas da instalação de um SGT aplicado aos edifícios da UC. . . . .  | 48  |
| B.1 | Proposta de Arquivo Organizado de um SGT na UC. . . . .   | B-2 |
| B.2 | Relação entre a Proposta de Arquivo Organizado de um SGT e a documentação facultada para cada edifício da UC analisado. . . . . | B-3 |



# Lista de Abreviaturas

|                 |   |
|-----------------|---|
| <b>AEDEI</b>    | Automatização do Edifício do Departamento de Engenharia Informática             |
| <b>AuDEEC</b>   | Automatização do Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores     |
| <b>AuDIS</b>    | Automação Distribuída da Utilização de Energia em Edifícios                     |
| <b>AUTED</b>    | Automação de Edifícios  |
| <b>ARCnet</b>   | Attached Resource Computer Network  |
| <b>AVAC</b>     | Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado                                       |
| <b>BEST</b>     | Board of European Students of Technology  |
| <b>CAIDO</b>    | Controlo Automático de Iluminação com Detector de Ocupação                      |
| <b>CEBus</b>    | Consumer Electronics Bus  |
| <b>COM</b>      | Component Object Model  |
| <b>DDC</b>      | Direct Digital Control  |
| <b>DEC</b>      | Departamento de Engenharia Civil  |
| <b>DEEC</b>     | Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores                      |
| <b>DEI</b>      | Departamento de Engenharia Informática  |
| <b>EEPROM</b>   | Electrically-Erasable Programmable Read-Only Memory                             |
| <b>EIA</b>      | Electronic Industries Association   |
| <b>EIB</b>      | European Installation Bus   |
| <b>FDDI</b>     | Fiber Distributed Data Interface  |
| <b>FFUC</b>     | Faculdade de Farmácia da Universidade de Coimbra                                |
| <b>GEDI</b>     | Gestão de Energia em Edifícios  |
| <b>HES</b>      | Home Electronic System  |
| <b>ICNAS</b>    | Instituto de Ciências Nucleares Aplicadas à Saúde                               |
| <b>ISDN</b>     | Integrated Services Digital Network   |
| <b>ISR</b>      | Instituto de Sistemas e Robótica  |
| <b>IT</b>       | Instituto de Telecomunicações   |
| <b>KNX</b>      | Konnex  |
| <b>LAN</b>      | Local Area Network  |
| <b>LON</b>      | Local Operating Network   |
| <b>NCP</b>      | Native Communications Protocol  |
| <b>OSI</b>      | Open Systems Interconnection  |
| <b>PC</b>       | Personal Computer   |
| <b>PET - CT</b> | Positron Emission Tomography - Computed Tomography                              |
| <b>PID</b>      | Proportional Integral Derivative  |
| <b>PLC</b>      | Programmable Logic Controller   |
| <b>RACE</b>     | Racionalização de consumos de energia e funções de controlo do edifício do DEEC |
| <b>RIA</b>      | Rede de Incêndios Armada  |
| <b>SASUC</b>    | Serviços de Ação Social da Universidade de Coimbra                              |
| <b>SGESASST</b> | Centro de Serviços Comuns da Administração da Universidade de Coimbra           |
| <b>SGT</b>      | Sistema de Gestão Técnica   |

|            |                              |
|------------|------------------------------|
| <b>UC</b>  | Universidade de Coimbra      |
| <b>UPS</b> | Uninterruptible Power Supply |
| <b>UTA</b> | Unidade de Tratamento de Ar  |
| <b>VAV</b> | Volume de Ar Variável        |
| <b>VEX</b> | Ventilador de Extração       |
| <b>WAN</b> | Wide Area Network            |
| <b>WLC</b> | Wired Logic Control          |

# 1

## Introdução

---

|            |                                  |          |
|------------|----------------------------------|----------|
| <b>1.1</b> | <b>Enquadramento do Problema</b> | <b>2</b> |
| <b>1.2</b> | <b>Objetivos</b>                 | <b>4</b> |
| <b>1.3</b> | <b>Metodologia</b>               | <b>5</b> |
| <b>1.4</b> | <b>Estrutura do Documento</b>    | <b>6</b> |

---

## 1.1 Enquadramento do Problema

A Gestão de Energia é um processo de otimização do consumo de energia; é multidisciplinar por natureza, combinando aptidões nas áreas da arquitetura, engenharia, gestão, finanças e outras que cumpram as funções de gestão necessárias.

Um dos tipos de sistemas mais utilizados, hoje em dia, é o Sistema de Gestão Técnica (SGT) de edifícios. Este é reconhecido como um sistema de gestão automatizado de edifícios residenciais e de serviços, bem como de edifícios com necessidades especiais e com condições controladas. O sistema pode integrar informações de diversos subsistemas, como: iluminação, AVAC (Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado), instalações elétricas e mecânicas, segurança e prevenção de acidentes. A existência de um SGT permite facilitar a identificação e a implementação de medidas de eficiência energética, ajuda a focar os alvos a executar numa auditoria energética e permite a monitorização das variáveis de controlo estabelecidas, fazer avaliações de desempenho e tomar decisões com mais informação de antemão[1].

Hoje em dia, a maioria dos edifícios possui uma grande quantidade de instalações e serviços como por exemplo: instalações elétricas, iluminação, rede telefónica e elevadores. Em muitos casos, acrescentam-se, ainda, sistemas mais sofisticados, tais como rede de computadores, ar condicionado, controlo de acessos, deteção de incêndios, deteção de intrusões, rega e outros. Entretanto, observa-se que, na maioria dos casos, tais instalações e serviços funcionam de uma forma totalmente independente umas das outras, sendo geralmente instaladas em etapas distintas da vida do edifício, adaptando-se deste modo à situação existente sem influenciar a sua conceção arquitetónica ou construtiva.

A partir desta realidade e graças às novas tecnologias da informação e das comunicações, surge uma nova forma de abordar a construção, adotada nos edifícios modernos, nos quais se observa uma nova arquitetura que se adapta à aplicação destas tecnologias. Hoje em dia, a preocupação dos projetistas tem de ser no sentido de que se faça a previsão de espaços, na conceção do projeto do edifício, para a utilização de equipamentos inteligentes, onde a sua identificação e caracterização, revela grande importância no contexto de uma residência ou edifício de serviços.

Na Universidade de Coimbra, os primeiros Sistemas de Gestão Técnica foram instalados após a construção dos diversos departamentos constituintes do Pólo 2 da Universidade. O primeiro SGT surgiu no ano de 1995, no edifício que constitui o Departamento de Engenharia Informática. Infelizmente, passados dois anos, devido a problemas de mau funcionamento e discrepâncias horárias com a real necessidade do edifício, este foi desativado. Em 1996, foi a vez do Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores. Originalmente foi instalado um autómato da marca *Telemecanique*, embora, posteriormente, tenha sido substituído por um outro da marca *Schneider Electric*, no ano de 2006. No ano de 2000, por sua vez, foi instalado um SGT de monitorização e controlo do sistema de AVAC, da marca *Siemens*, no edifício do Departamento de Engenharia Civil.

Uns anos mais tarde, aquando da construção do Pólo das Ciências da Saúde (Pólo 3), foram implantados mais três Sistemas de Gestão Técnica nos seguintes edifícios: Instituto de Ciências Nucleares Aplicadas à Saúde (ICNAS), da marca *Sauter*, Faculdade de Farmácia da Universidade de Coimbra (FFUC) e Unidade Central deste Pólo, ambos da marca *TAC* (*Schneider Electric*). Sendo estes edifícios mais recentes que os anteriores, os SGTs instalados são, igualmente, mais recentes e tecnologicamente mais evoluídos, tendo a obrigatoriedade de abarcar um maior número de sistemas ativos.

Devido a um grande número de fatores, que serão expostos posteriormente, existe na Universidade de Coimbra uma grande assimetria em relação aos Sistemas de Gestão Técnica existentes nos edifícios que a compõem. Enquanto uns tiram todo, ou quase todo, o proveito das suas funcionalidades, outros têm um funcionamento bastante deficiente, comprometendo o respetivo desempenho e dando lugar à existência de potenciais custos elevados desnecessários para a instituição.

## 1.2 Objetivos

Em primeiro lugar, esta dissertação tem por objetivo efetuar um levantamento e fazer uma sistematização de todos os Sistemas de Gestão Técnica existentes na Universidade de Coimbra, através da documentação existente, da visita aos locais em questão e do contacto com os interlocutores relevantes no terreno. Tirando partido de toda a informação adquirida através dos processos anteriores, procurou-se identificar as potenciais barreiras à utilização eficiente de cada SGT e, por sua vez, determinar oportunidades de intervenção.

Por intermédio de toda a documentação recolhida, elaborada com base em levantamentos de campo e, também, pesquisada para cada edifício onde exista um SGT, pretende-se elaborar uma proposta de organização de arquivo da informação e documentação relativa aos diversos SGTs. Este terá uma estrutura simples, de forma a que seja de fácil consulta. Pretende-se, também, criar uma dissertação de leitura fácil e que seja acessível a destinatários que não se insiram nas áreas da engenharia eletrotécnica e mecânica.

Por fim, pretende-se possibilitar, num futuro próximo, e tendo por base esta dissertação, a exploração das oportunidades e eliminação das barreiras encontradas para cada caso individual, através do desenvolvimento de trabalhos posteriores, de aprofundamento, de caracterização e de intervenção sobre cada um dos casos identificados, através de dissertações ou de outros tipos de atividades. Com isto, procura-se melhorar e dominar todos os Sistemas de Gestão Técnica presentes na Universidade de Coimbra.

## 1.3 Metodologia

Numa primeira fase deste projeto, através da colaboração com o SGESASST (Centro de Serviços Comuns da Administração da Universidade de Coimbra) foi feito um levantamento de toda a documentação em formato digital referente aos SGTs de que havia conhecimento no seio da UC.

Após esta recolha de informação, foram feitas, de forma sistemática, visitas aos locais, com o intuito de, para cada caso em particular, fazer uma análise e entrar em contacto com os interlocutores responsáveis pelo edifício e/ou pela manutenção e gestão do SGT.

Através dos passos anteriores, identificou-se para cada caso um conjunto de características, incluindo as características físicas do edifício, as características técnicas e funcionalidades do SGT, estado de uso e condições de operação, regime de responsabilidade pela gestão e operação, regime de manutenção, parametrizações, intervenção no uso da energia do edifício e relação com a ocupação e com a utilização do edifício.

Na última fase, identificaram-se as potenciais barreiras que interferem na utilização efetiva e no bom funcionamento para cada SGT, tendo-se procurado apresentar e identificar oportunidades de intervenção futuras.

## **1.4 Estrutura do Documento**

A presente dissertação está organizada em cinco capítulos.

O primeiro capítulo descreve o enquadramento e os objetivos desta dissertação e apresenta a metodologia utilizada ao longo do projeto.

O segundo capítulo apresenta a descrição tecnológica dos Sistemas de Gestão Técnica e respetivos componentes, bem como da evolução tecnológica dos mesmos.

O terceiro capítulo incide na sistematização da informação proveniente do levantamento da documentação fornecida pelos diversos interlocutores identificados no seio da Universidade de Coimbra ou fora dela.

O quarto capítulo é dedicado a uma reflexão sobre a caracterização da realidade que se pode obter através da análise dos SGT presentes na Universidade de Coimbra, tentando-se propor medidas de intervenção.

Por último, o quinto capítulo apresenta as principais conclusões desta dissertação e direciona algum trabalho futuro.

# 2

## Sistemas de Gestão Técnica de Edifícios

---

|            |   |           |
|------------|---|-----------|
| <b>2.1</b> | <b>Introdução à Gestão Técnica de Edifícios . . . . .</b> | <b>8</b>  |
| <b>2.2</b> | <b>Evolução Histórica . . . . .</b>                       | <b>10</b> |
| <b>2.3</b> | <b>Redes de Comunicação . . . . .</b>                     | <b>13</b> |
| <b>2.4</b> | <b>Funções de um Sistema de Gestão Técnica . . . . .</b>  | <b>17</b> |

---

## 2.1 Introdução à Gestão Técnica de Edifícios

A recente crise energética, a percepção de que os recursos de energia não são inesgotáveis e a consciência da necessidade de ambientes mais limpos levou ao desenvolvimento de diversas práticas com intuito de otimizar a utilização de energia. No setor dos edifícios, isto foi materializado, entre outros, na forma de Sistemas de Gestão Técnica de edifícios. De um modo geral, um SGT refere-se a um sistema computadorizado com o objetivo de controlar todas as atividades associadas ao consumo energético dentro de um edifício, onde se incluem o aquecimento, a ventilação, a iluminação, entre outros. Dependendo do nível de sofisticação, estas operações podem ser controladas independentemente ou não. Neste sentido, é esperado que as interligações entre os vários parâmetros sejam tidas em consideração, resultando numa operação ideal.

Hoje em dia, o termo “edifício inteligente” é cada vez mais popular e este conceito gerou uma boa dose de expectativas de mercado durante a última década, mas, com a descoberta dos limites e da complexidade dos edifícios inteligentes, grande parte destas expectativas foram consequentemente dissipadas. Porém, a inteligência é um termo ambíguo, especialmente quando aplicada a sistemas manufacturados, pois é geralmente aceite que esta se refere a objetos que possam reagir corretamente sob circunstâncias imprevisíveis, escolhendo entre um conjunto de ações possíveis e, nalguns casos, sendo possível ao sistema aprender com a resposta associada. Os conceitos de autocorreção e tolerância a falhas são considerados como elementos essenciais da inteligência artificial. Também é geralmente aceite que os meios para alcançar inteligência consistem em ferramentas que se assemelhem a métodos de inteligência humana, como redes neuronais e lógica difusa.

Os edifícios inteligentes são geralmente caracterizados pela integração de quatro sistemas: um sistema de automação do edifício, um sistema de telecomunicações, um sistema de escritório electrónico e um sistema de gestão das instalações assistido por computador. Um sistema de automação de um edifício com um nível de sofisticação alto é, na realidade, a base de todos os edifícios inteligentes.

A arquitetura básica de um SGT consiste num conjunto de múltiplos painéis de controlo programáveis, designados por unidades de controlo de rede e estações de trabalho do operador (*workstations*), que comunicam entre si através de uma rede de comunicação de alta velocidade, como por exemplo, a rede LAN (*Local-Area Network*). Normalmente, a estação de trabalho é um computador pessoal instalado numa área confortável ao operador. Cada unidade de controlo de rede controla uma dada instalação, ou parte de uma instalação eléctrica ou eletromecânica do edifício. Enquanto estas unidades controlam diretamente a instalação, a gestão de pequenos ventiladores, bombas de calor, circuitos de iluminação, entre outros, é delegada a uma família de controladores para aplicações específicas. Estes controladores comunicam com as unidades de controlo através de uma rede de comunicação, que pode variar com a marca do sistema, localização geográfica, especificações do edifício, etc. Os contro-

ladores para aplicações específicas e as unidades de controlo de rede fornecem uma capacidade de controlo independente para AVAC, proteção contra incêndios, controlo de acessos e iluminação onde for necessário, proporcionando fiabilidade e máxima tolerância a avarias. Quando estes controladores estão interligados aos barramentos das redes de comunicação, todas as operações das instalações do edifício são coordenadas entre si de modo que os operadores possam ter uma informação completa e consistente sobre a instalação, através de todos os dispositivos de entrada e saída.

Existem diversos controladores para aplicações específicas operacionais e independentes, como por exemplo: o controlador de unidade de tratamento de ar (UTA), o controlador de iluminação inteligente, o controlador de caixa de volume de ar variável (VAV), o controlador de equipamento unitário, o controlador de acesso inteligente, o controlador de proteção de incêndios inteligente, etc. As instalações de AVAC podem consumir mais de metade da energia total consumida num edifício, portanto os controladores UTA e VAV são bastante importantes. O *software* dos controladores permite o controlo de: aquecimento, arrefecimento, pré-aquecimento, desumidificação, pressão estática, reaquecimento elétrico ou de água quente, ventilação, etc. A iluminação é o segundo maior consumidor de energia num edifício. Os controladores de iluminação inteligentes fornecem um controlo flexível por zonas e uma capacidade de adaptação após o horário de expediente[2].

## 2.2 Evolução Histórica

Desde que as habitações e os edifícios existem que o homem sentiu a necessidade de controlar esses espaços. Neste sentido, as janelas podem-se considerar os primeiros e mais elementares meios de controlo de temperatura e fluxos de ar em interiores. As persianas, os estores e as portadas também podem ser descritos como meios básicos de regulação da intensidade luminosa e, indiretamente, da temperatura. De igual modo, as lareiras e caldeiras foram das primeiras formas de aquecimento. Os interruptores de iluminação, apesar de não serem muito antigos, podem-se apontar como uma referência primitiva de comando à distância de fontes luminosas.

À medida que a tecnologia foi evoluindo, foram-se introduzindo nos edifícios equipamentos cada vez mais complexos que necessitavam de algum grau de automatização. De forma a serem controlados, introduziram-se dois tipos básicos de elementos: os termóstatos e os relés.

Nos anos 60 era comum existirem equipamentos em pontos distintos do edifício, cada um com o seu sistema de proteção. Era necessário pessoal especializado encarregue da supervisão e manutenção que se deslocava de local em local para examinar os equipamentos e identificar possíveis problemas e anomalias. Com a evolução tecnológica, a utilização de dispositivos eletrónicos em automatismos era cada vez mais frequente, embora a forma básica de controlo se baseasse na forma como os componentes eram interligados, ou seja, controlo por lógica cablada (WLC, *Wired Logic Control*).

Nos anos 70, a automação dos edifícios avança para uma nova etapa, devido à evolução dos sistemas eletrónicos baseados em microprocessadores. Surgem os sistemas centralizados, onde todos os sensores e atuadores são interligados a uma unidade de controlo, que é constituída por um módulo de processamento e por diversos módulos de entrada e saída. Estes sistemas têm um grau de autonomia reduzido, sendo necessária a presença de pessoal especializado que assegure a supervisão das instalações.

Com a diversificação e especialização das funções dos sistemas centralizados, surgem os sistemas de controlo dos quadros de baixa tensão e monitorização de consumos, os sistemas de deteção de incêndios, os sistemas de controlo de AVAC, etc. Com frequência, os sistemas eram de fabricantes distintos, com linguagens de programação diferentes, tornando-os incompatíveis.

No final da década de 70 assistiu-se à introdução dos autómatos programáveis na automação de edifícios. Desta forma, as arquiteturas dos sistemas passaram a ser distribuídas com controlo hierárquico, permitindo, assim, poupanças significativas ao nível da cablagem e a introdução do processamento local, isto é, um processamento realizado através de um equipamento periférico associado a um conjunto específico de sensores e/ou atuadores e localizado na proximidade destes. O controlo por lógica cablada cai em desuso dando lugar ao controlo por lógica programável (PLC, *Programmable Logic Control*).

A década de 80 caracteriza-se por um progresso significativo a nível de cada sistema. Houve uma redução de cablagens, aumentou-se a capacidade de controlo, capacidade computacional e a flexibilidade, surgiram novas formas, mais simples e poderosas, de programação e melhoraram-se as capacidades de interação com o utilizador e a relação funcionalidade/custo.

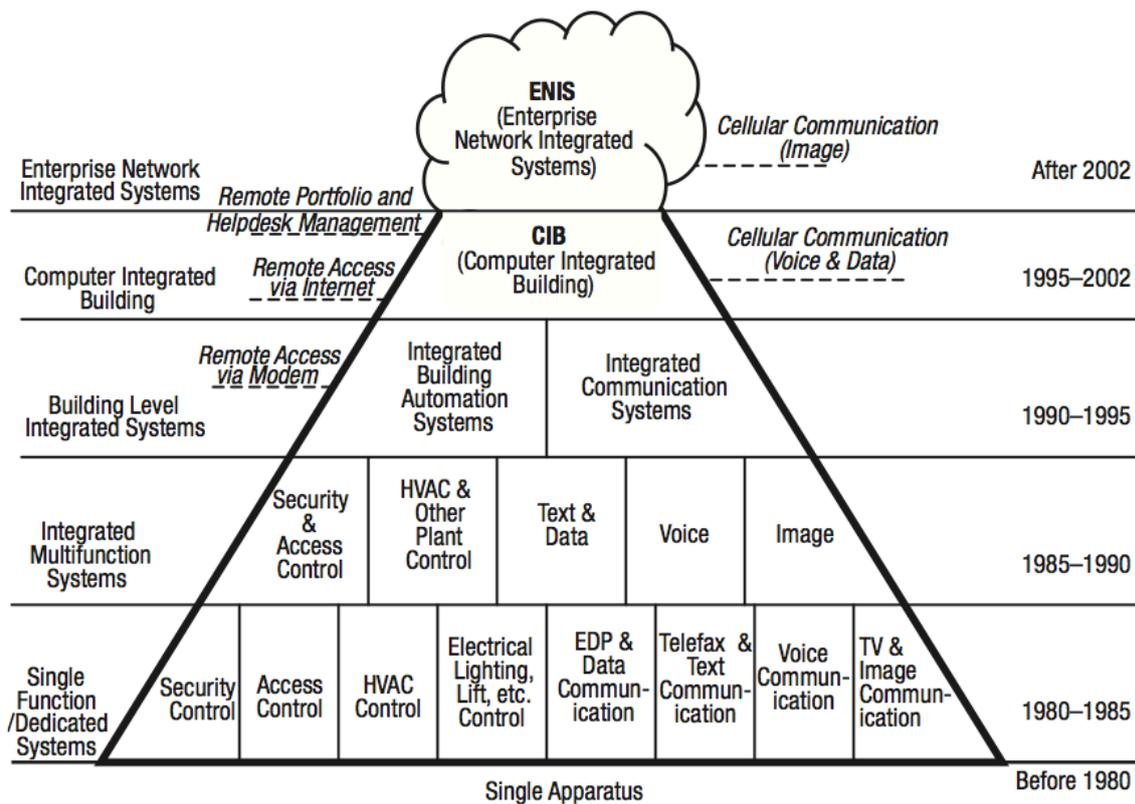
A designação gestão técnica centralizada surge nesta década, estando associada à automação das instalações técnicas dos edifícios nas seguintes áreas de intervenção: instalações elétricas e sistemas mecânicos, sistemas de AVAC, iluminação, monitorização de consumos, controlo de pontas e horário de cargas, deteção de incêndios, inundações e gases tóxicos, controlo de acessos, deteção de intrusão, vigilância e, finalmente, manutenção. Na sua maioria, os sistemas que estão instalados atualmente são deste tipo.

A necessidade de colmatar a falta de integração e cooperação dos sistemas de automação de edifícios dá origem, ainda na década de 80, aos sistemas integrados. Esta solução consiste na introdução de um equipamento, que corresponde a um nível adicional de controlo, destinado a supervisionar e coordenar os vários sistemas específicos do edifício, possibilitando uma gestão global. Este equipamento gere a troca de informação entre os diversos sistemas e concentra a tomada de decisões, através de uma interface única, que pode variar desde autómatos programáveis de grande capacidade até minicomputadores, passando por computadores pessoais.

Na década de 80 não se assistiu apenas à evolução dos sistemas de automação de edifícios. Observaram-se, também, desenvolvimentos significativos nas áreas das telecomunicações, do processamento de informação e da comunicação de dados, que deram origem a novos sistemas e funções que passaram a desempenhar um papel cada vez mais significativo nas atividades das organizações. Contudo estes desenvolvimentos foram feitos de forma independente da automação de edifícios, dando origem a que o edifício passasse a abrigar múltiplos sistemas, isolados uns dos outros.

As áreas de intervenção mais típicas nos edifícios do setor terciário são as seguintes: automação do edifício, telecomunicações, escritório eletrónico (processamento de texto, arquivo de informação, correio eletrónico, etc), sistemas de informação e redes de dados. O panorama indicado, em que o edifício acolhe diversas ilhas de automatização isoladas, com especialidades diferentes, continua ainda hoje a ser o mais comum, o que contraria claramente os conceitos de edifício inteligente[3].

Antes de 1980, a automação de edifícios era conseguida ao nível de equipamentos e dispositivos individuais. Depois de 1980, os sistemas de edifícios inteligentes entraram numa fase de integração, que com o passar dos anos têm evoluído bastante, tanto em tecnologia como em dimensão, e podem ser divididos em cinco fases por ordem cronológica: sistemas integrados de função única, sistemas integrados de multifunções, sistemas integrados ao nível do edifício, edifícios integrados por computador e sistemas integrados por redes empresariais. Estas fases estão expostas por ordem cronológica e sob a forma de pirâmide na figura 2.1.



**Figura 2.1:** Pirâmide referente à evolução dos edifícios inteligentes[4].

## 2.3 Redes de Comunicação

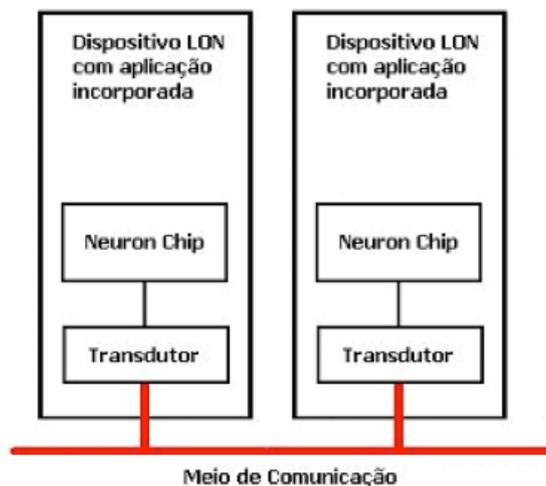
A evolução das redes de comunicação e a vulgarização do uso de microcontroladores de baixo custo incentivaram o desenvolvimento dos sistemas distribuídos para a automação industrial, que foram penetrando, também, o setor da automatização de edifícios. Na estrutura de um sistema de gestão técnica existe um grande número de redes locais e de campo, bem como, diversos protocolos com diferentes suportes físicos.

Na arquitetura geral de um SGT encontram-se dois tipos de redes de computadores. A LAN é uma rede de carácter local, e onde estão ligados alguns sistemas numa área geográfica pequena. Normalmente uma LAN está enquadrada num escritório ou numa empresa não dispersa geograficamente. As tecnologias principais que uma LAN pode utilizar são a *Ethernet*, o *Token Ring*, o *ARCnet* (*Attached Resource Computer Network*) e o *FDDI* (*Fiber Distributed Data Interface*). Para além desta, existe a WAN (*Wide Area Network*) que, como o nome indica, é uma rede que está dispersa por uma grande área geográfica. A WAN distingue-se de uma LAN pelo seu porte e estrutura de telecomunicações. Estas são, normalmente, de carácter público, devido à sua dimensão, mas podem eventualmente ser privadas. Duas ou mais redes separadas por uma grande distância e interligadas, são consideradas uma WAN.

Os protocolos de comunicação presentes nos Sistemas de Gestão Técnica são bastante diversos e variam de continente para continente e, também, de país para país.

Uma das principais plataformas de comunicação no que toca à automação de edifícios em geral é a plataforma *LonWorks*, ou simplesmente LON (*Local Operating Network*). Trata-se de uma tecnologia que tem como principais objetivos a criação e a implementação de redes de controlo interoperacionais. Trata-se de uma tecnologia e não de um produto final, uma vez que é exclusivamente vendida para a indústria e não aos utilizadores finais, sendo muito utilizada em redes de controlo distribuído. A alta confiabilidade demonstrada, assim como a possibilidade de ligação à Internet, aliadas à facilidade de obtenção de todo o material, *hardware* e *software*, necessário ao suporte do seu desenvolvimento, instalação e gestão, levaram a que a tecnologia *LonWorks* fosse rapidamente aceite no mercado dos SGTs[5].

A plataforma *Lonworks* é constituída pelo protocolo de comunicação *LonTalk*, por controladores dedicados que implementam as operações do protocolo de comunicações, de nome *Neuron Chip*, por diversos dispositivos de controlo inteligente (nós) e, finalmente, por uma ferramenta de gestão de rede que auxilia a instalação, configuração e monitorização da rede e dos dispositivos. A *LonWorks* é compatível com os seguintes meios físicos de comunicação: cabo entrançado, rede elétrica existente, rádio frequência, infravermelhos, cabo coaxial e fibra ótica. A figura 2.2 apresenta a arquitetura da plataforma *LonWorks*.



**Figura 2.2:** Arquitetura *LonWorks*[6].

Um protocolo de comunicação bastante influente no universo dos SGTs, designadamente no mercado residencial, é o X-10. Este possui uma baixa largura de banda e foi projetado para a comunicação entre transmissores e recetores utilizando a rede elétrica existente no edifício. Os módulos recetores são simples adaptadores que se ligam entre o dispositivo a controlar (por exemplo, um eletrodoméstico ou uma lâmpada) e a rede elétrica. Pelo facto de operar através da rede elétrica existente, o sistema X-10 é recomendado para aplicações autónomas, não integradas. Uma das suas limitações é a de controlar apenas funções simples, como ligar/desligar. O protocolo tem uma capacidade para 256 endereços, sendo o endereçamento baseado em dois códigos: *house codes* (de A a P) e *unit codes* (de 1 a 16)[7].

Hoje em dia, esta tecnologia é a mais conhecida e com o maior historial no mercado da domótica e da automação de edifícios.

O CEBus (*Consumer Electronics Bus*) é um protocolo de comunicação, ponto-a-ponto, de mensagens de controlo relativamente curtas sobre os meios de comunicação disponíveis no edifício, como por exemplo: a rede elétrica existente, cabo entrançado, cabo coaxial, rádio frequência, barramentos de áudio e de vídeo. Este protocolo para automação de edifícios é uma norma nos Estados Unidos da América (EIA-600, *Electronics Industries Association*) e nasceu de forma a dar resposta às necessidades sentidas no seio deste setor, como a inexistência de uma forma padronizada de comunicação entre dispositivos e a incompatibilidade entre os diferentes produtos existentes no mercado e os diferentes formatos.

O CEBus suporta uma topologia flexível. Um dispositivo pode ser colocado em qualquer lugar onde seja necessário e poderá ligar-se a qualquer meio de comunicação, para o qual terá uma interface CEBus apropriada. As mensagens podem ser enviadas entre os diferentes meios de comunicação, através do uso de *routers*[8]. Na Figura 2.3 pode visualizar-se uma rede CEBus típica, constituída por três meios de comunicação interligados por *routers*, sensores, atuadores e controladores responsáveis pela organização de diferentes aplicações.

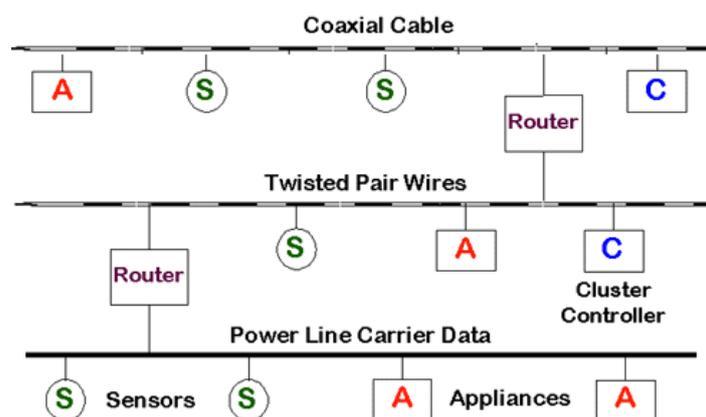


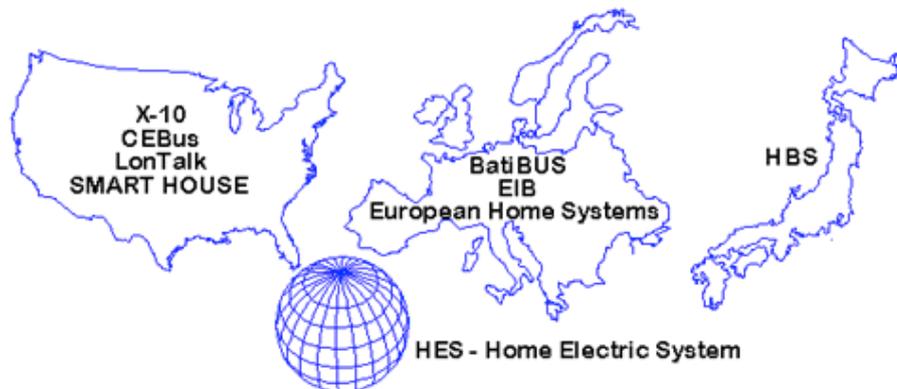
Figura 2.3: Rede CEBus[8].

Outro protocolo de comunicação bastante popular é o KNX (*Konnex*). Este foi criado a partir da junção dos protocolos *Batibus*, EIB (*European Installation Bus*) e EHS (*Europeana Home Systems*), com o objetivo de criar um único *standard* europeu no que toca à automação de edifícios e que seja capaz de competir, em qualidade, prestação de serviços e custos, com outros protocolos norte americanos. Este protocolo normalmente é implementado como um sistema descentralizado, ou seja, cada dispositivo tem o seu próprio controlo, todos comunicando diretamente entre si, sem a necessidade de uma hierarquia ou de supervisão da rede. Mas, sempre que seja necessário, poderá ser implementada uma gestão centralizada, que consiste na ligação à rede de uma aplicação de controlo, existente num computador, para gerir o sistema. O KNX é compatível com os seguintes meios de comunicação: cabo entrançado, rede elétrica existente, rádio frequência e infravermelhos[9].

Atualmente, encontra-se em desenvolvimento um conjunto de *standards* para sistemas residenciais, com a participação de países de todo o mundo, incluindo as principais potências económicas. Este tem o nome de HES (*Home Electronic System*) e tem como principal objetivo a especificação do *hardware* e do *software* que permite que um fabricante possa oferecer uma versão de um produto para a interligação de diversas redes de automação doméstica. De forma a se conseguir cumprir este objetivo, criou-se uma arquitetura que especifica os seguintes componentes da HES: uma interface universal, diversos métodos e modelos para a interoperabilidade dos sistemas e uma *HomeGate*, ou seja, uma *Gateway* residencial que interliga as redes de controlo residenciais com o exterior.

As redes de comunicação na automação de edifícios em geral são uma tecnologia emergente e em expansão, sendo o seu principal objetivo o controlo da grande maioria dos sistemas elétricos e mecânicos existentes em moradias e edifícios de maior dimensão. Existem várias dezenas de protocolos com origens um pouco por todo o mundo, mas baseiam-se todos em estruturas idênticas. Em termos geográficos, o KNX parece prevalecer na Europa, enquanto que a *Lonworks*, o CEBus e o X-10 são mais utilizados nos Estados Unidos da América. A figura 2.4 ilustra a localização geográfica predominante dos protocolos mais importantes na automação de edifícios.

As tecnologias *wireless* tendem a se impor no mercado atual devido ao seu baixo custo de instalação e grande flexibilidade. Atualmente, já existem alguns sistemas a utilizarem protocolos deste tipo, mas, no entanto, os únicos sistemas com esta característica não são abertos.



**Figura 2.4:** Principais protocolos de comunicação na automação de edifícios[8].

## 2.4 Funções de um Sistema de Gestão Técnica

Um SGT é uma ferramenta tecnológica e uma plataforma que amplia as capacidades dos responsáveis pelas operações de um edifício. Para uma melhor compreensão dos potenciais impactos de um SGT, poderá ser de grande utilidade olhar para as necessidades de operação e gestão que este satisfaz. As funções de controlo de um SGT podem ser divididas em duas categorias: funções de controlo local e funções de controlo de supervisão.

### 2.4.1 Funções de controlo e gestão da instalação

As funções de controlo e gestão consistem no controlo e na automação básicas que permitem que um SGT opere devidamente e que proporcione os serviços adequados, podendo ainda ser subdivididas em dois grupos: controlo sequencial e controlo de processos. O controlo sequencial define a ordem e as condições associadas ao estado dos equipamentos (*on-line/offline*). O controlo sequencial típico dos SGTs inclui os controlos sequenciais do *chiller*, das bombas, dos ventiladores, da iluminação, entre outros. O controlo de processos é usado para ajustar as variáveis de controlo, de forma a alcançar os objetivos bem definidos dos processos, utilizando medidas das variáveis de estado e/ou perturbação. O controlo da temperatura, o controlo do caudal da água e do ar e o controlo da pressão estática são exemplos típicos de controlo de processos num SGT. A função de controlo com realimentação mais comum na automação de edifícios é o controlo proporcional integral derivativo (PID)[10].

### 2.4.2 Funções de gestão de energia (controlo de supervisão)

Para a maioria dos sistemas de gestão técnica, as poupanças provocadas por uma gestão energética melhorada, proporcionam uma justificação económica para a compra destes sistemas. A poupança energética causada por um SGT pode ser dividida em dois tipos. O primeiro tipo traduz a poupança resultante da operação de ligar e desligar as instalações e/ou equipamentos consoante o horário correto. O segundo resulta de ajustar os *set-points* dos controlos de processos locais para níveis ótimos e corretos.

Não existe melhor forma de poupança energética do que a de desligar o equipamento consumidor de energia, a não ser que a sua utilização seja estritamente necessária. Ao se desligar um equipamento ou dispositivo não se pode comprometer a qualidade dos serviços ou o ambiente interior. Existem duas abordagens para iniciar e parar um equipamento de uma forma energeticamente eficiente, designadamente "ligar/desligar" agendado e otimizado. Na primeira abordagem, os equipamentos de AVAC, iluminação e assim por diante, são ligados e desligados de acordo com uma determinada sequência temporal. Na segunda, o SGT avalia as condições existentes, antecipa novas condições para as horas seguintes e decide quando ligar e desligar os equipamentos, de forma a que as condições do ambiente sejam garantidas durante o período total de ocupação do edifício com uma utilização mínima de energia.

As opções de controlo dos controladores locais poderão ser ótimas e energeticamente eficientes quando os critérios de desempenho de certos subsistemas são considerados. O controlo de supervisão, frequentemente apelidado de controlo ótimo, procura minimizar ou maximizar uma função real, escolhendo sistematicamente os valores das variáveis dentro dos intervalos desejados. No controlo de sistemas de AVAC, por exemplo, o controlo de supervisão visa obter o mínimo de entrada de energia ou o mínimo custo operacional para proporcionar um conforto interior satisfatório e um ambiente saudável, tendo em conta as condições interiores e exteriores, em constante mudança, bem como das características dos sistemas de AVAC. Comparando com o controlo local, o controlo de supervisão permite uma consideração global das características do sistema e permite interações entre todos os componentes e as suas variáveis associadas[10].

### **2.4.3 Funções de gestão de risco**

Da mesma forma que um SGT monitoriza, por exemplo, condições de temperatura e humidade, também pode ser usado para a deteção de incêndios ou de presença de fumos. A segurança contra incêndios integrado num SGT proporciona um grau superior de segurança pessoal, em comparação com a utilização de dois sistemas independentes. O SGT é capaz de, automaticamente, fechar portas de incêndio, fechar algumas válvulas de ar e abrir outras, ligar alguns ventiladores e desligar outros e exercer pressão sobre uma zona do edifício tendo em consideração outras zonas.

Com o sistema de segurança incorporado no SGT, este proporciona uma maior segurança e, portanto, reduz alguns riscos. A deteção de um intruso a tentar entrar, sem autorização, num edifício é, normalmente, feita através de sensores colocados nas portas e nas janelas. Através da informação relatada ao computador central, os agentes de segurança podem ser informados, não só de que um intruso está no interior ou a tentar entrar no edifício, mas também da localização deste. O controlo de acessos difere da monitorização de segurança pois, como o nome indica, apenas controla quem tem acesso a um edifício ou a uma zona limitada deste[10].

### **2.4.4 Função de processamento de informação**

Realizar uma avaliação económica de um grande SGT não é uma tarefa trivial, nem poderá ser absolutamente precisa. A informação básica para a avaliação económica é o custo e as vantagens económicas que podem ser derivadas de um sistema deste tipo. É provável que o custo inicial de um SGT possa ser estimado com maior precisão em comparação com as poupanças anuais devido à conservação da energia e outras melhorias. Embora esta última previsão seja difícil, os SGTs proporcionam a monitorização de energia e relatórios diversos, tornando esta estimativa mais acessível.

Os Engenheiros podem aceder diretamente às condições reais de operação das instalações

através dos SGTs para monitorizar o consumo de energia e o seu respetivo custo, para apoiar auditorias energéticas ou para verificar o desempenho dos equipamentos utilizando técnicas de simulação por computador. Com o apoio de um SGT, é possível produzir um relatório económico sem esforço[10].

#### **2.4.5 Detecção e diagnóstico de avarias, gestão de manutenção e comissionamento automático**

As tecnologias de deteção e diagnóstico de avarias, a programação de manutenção inteligente e as ferramentas de comissionamento automático têm-se desenvolvido a par com a evolução das funções de processamento de informação.

Uma manutenção eficaz é uma tarefa muito importante nos sistemas de automação modernos. Esta pode aumentar o tempo de vida útil e melhorar a disponibilidade dos equipamentos mantendo-os em bom estado, maximizar a eficiência e reduzir o custo do ciclo de vida completo de um equipamento. A manutenção eficaz é particularmente importante para os SGTs, pois muitos possuem instalações relativamente complexas, onde existe uma relação direta com a qualidade dos serviços e desempenham um papel muito importante no ciclo de vida dos edifícios.

As tecnologias de deteção e diagnóstico de avarias podem ser aplicadas de uma forma *online* ou de uma forma *offline*. Um processo *offline* é levado a cabo com base nos dados registados através da monitorização. A tecnologia *online* é mais avançada e é capaz de detetar e analisar avarias quando o sistema está em execução e produzir um relatório, simultaneamente. O comissionamento automático é uma evolução das tecnologias de deteção e diagnóstico de avarias. Ao se aplicar esta tecnologia é possível não só detetar avarias de uma forma *online*, mas também apresentar os resultados da análise ao sistema em simultâneo, de forma a existir um melhor controlo ou até uma recuperação de informação e um controlo tolerante a avarias[10].



# 3

## Sistematização do levantamento efetuado

---

|            |   |           |
|------------|---|-----------|
| <b>3.1</b> | <b>Faculdade de Farmácia da Universidade de Coimbra . . . . .</b>           | <b>22</b> |
| <b>3.2</b> | <b>Unidade Central do Pólo 3 . . . . .</b>                                  | <b>27</b> |
| <b>3.3</b> | <b>Instituto de Ciências Nucleares Aplicadas à Saúde . . . . .</b>          | <b>30</b> |
| <b>3.4</b> | <b>Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores . . . . .</b> | <b>35</b> |
| <b>3.5</b> | <b>Departamento de Engenharia Civil . . . . .</b>                           | <b>40</b> |

---

## 3.1 Faculdade de Farmácia da Universidade de Coimbra

### 3.1.1 Caracterização do edifício

As instalações da Faculdade de Farmácia da Universidade de Coimbra (FFUC) situam-se no Pólo 3 desta instituição, tendo sido inauguradas em Fevereiro de 2009. Trata-se de um edifício recente, complexo e bastante amplo. Tem uma área bruta de 13050  $m^2$  e é constituído por sete pisos (incluindo o piso da cobertura), que incluem espaços com as características básicas ao funcionamento de uma instituição de ensino deste tipo, entre os quais: espaços técnicos, administrativos, de estacionamento e de circulação, bem como espaços de ensino teórico-prático e laboratorial e instalações sanitárias.

O SGT desta faculdade tem influência em todos os pisos. A sua estação de trabalho (*Workstation*) é um computador direcionado apenas para este sistema e situa-se na entrada principal, mais propriamente, na receção (piso 3). Quanto aos seus controladores, módulos de entrada e saída, entre outros, localizam-se em vários quadros elétricos situados em todos os pisos desta unidade da UC.

O pessoal técnico responsável pela gestão global do SGT deste edifício são o subdiretor e Professor Doutor Rui Barbosa e os Funcionários, Miguel Ferreira e Arlindo Oliveira. De notar que as pessoas atrás referidas nunca tiveram qualquer experiência na gestão e manutenção de sistemas deste tipo e a formação dada pela equipa responsável pela instalação do SGT foi muito escassa, tendo, estas pessoas, de alguma forma, aprendido a manusear o sistema de uma forma experimental e ao longo do tempo.

De forma a se poder ter uma noção dos consumos anuais deste edifício, a figura 3.1 apresenta as leituras dos consumos totais de eletricidade ao longo do ano de 2012.

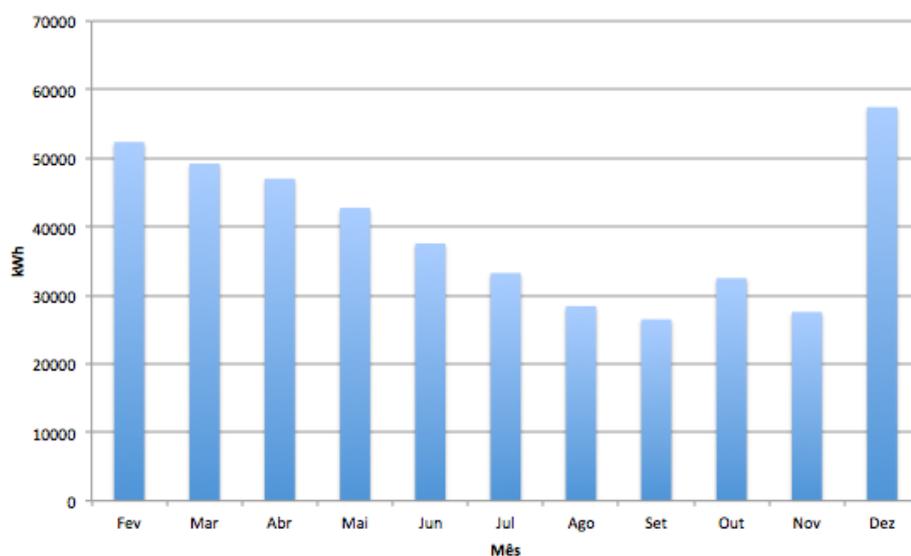
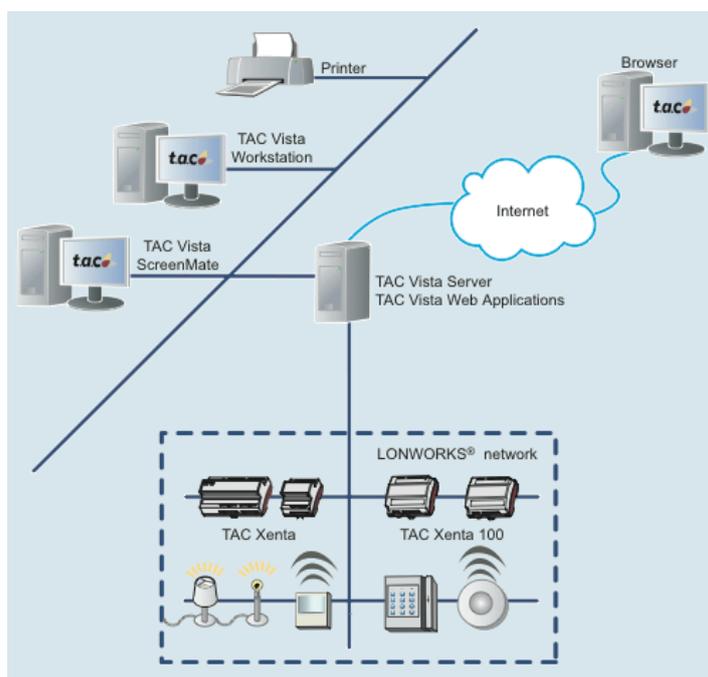


Figura 3.1: Consumos de eletricidade de 2012 na FFUC.

### 3.1.2 Características técnicas e funcionalidades do SGT

A Faculdade de Farmácia da Universidade de Coimbra possui um SGT da marca TAC, que faz parte do *Building Business* da *Schneider Electric*. O sistema TAC Vista pode funcionar como um sistema independente ou como um sistema multicomputador combinando redes de uma forma local e/ou remota. A arquitetura aberta permite uma integração transparente com produtos de terceiros e fornece uma interoperabilidade completa[11].

Fazem parte do TAC Vista os seguintes *software*: TAC Vista Server, TAC Vista Workstation, TAC Vista Webstation e TAC Vista ScreenMate. Na figura 3.2 ilustra-se a arquitetura estandardizada do sistema TAC Vista.



**Figura 3.2:** Arquitetura genérica do sistema TAC Vista[11].

A interface Homem-Máquina do SGT é assegurada através de um TAC Vista Workstation, que, no caso da Faculdade de Farmácia, consiste num computador localizado na receção do edifício, onde um operador pode configurar o sistema e executar operações do dia-a-dia.

A estrutura da rede do sistema TAC Vista é do tipo *peer-to-peer* em que todos os computadores (unidades de operação) são iguais, hierarquicamente, e a comunicação é estabelecida a pedido (*on demand*). Numa rede local, cada computador necessita de uma placa de interface de rede e do protocolo de rede TCP/IP para ser instalada e configurada.

A fim de se criar um acesso remoto para o TAC Vista usando uma comunicação ISDN (*Integrated Services Digital Network*), são necessários uma conta ISDN e um *router* ISDN para cada rede local de computadores a ser incluída no sistema[11].

O TAC Vista Server inclui as comunicações *LonWorks* e *Xenta Server* para transferir informação entre controladores TAC Xenta. Esta gama de controladores oferece uma arquitetura de sistema flexível e aberta, para além do acesso à tecnologia de rede padrão *LonWorks*.

Na constituição do SGT da FFUC podem-se encontrar os seguintes controladores e módulos de entrada e saída: TAC *Xenta* 300, TAC *Xenta* 401, TAC *Xenta* 411 e TAC *Xenta* 421A.

Os primeiros dois dispositivos são controladores programáveis com capacidade de comunicação, projetados para sistemas de aquecimento e tratamento de ar, sendo bastante simples de programar e de colocar em funcionamento. Estes possuem todas as funcionalidades necessárias ao controlo de um sistema de AVAC, incluindo malhas de controlo, curvas, controlo temporizado, gestão de alarmes, entre outras. O TAC *Xenta* 300 difere do TAC *Xenta* 401, apenas, na particularidade de o primeiro incluir na sua constituição módulos de entrada e saída, mais concretamente, quatro entradas digitais, quatro entradas universais, quatro entradas de sensores, seis saídas digitais e duas saídas analógicas, enquanto o TAC *Xenta* 401 não possui qualquer capacidade de entrada e saída. Ambos têm capacidade para conectar até dez módulos de entrada e saída externos.

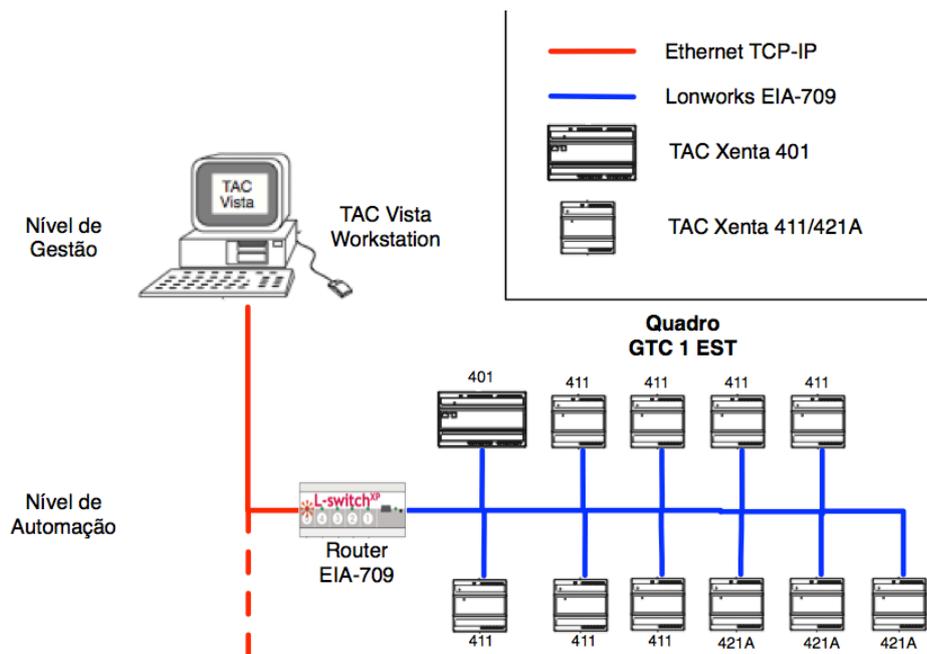
O módulo de entrada TAC *Xenta* 411 é utilizado como um módulo de expansão dos controladores TAC *Xenta* e é conectado através de um barramento de comunicação *LonWorks*. Este possui dez entradas digitais, que podem ser utilizadas como contadores de pulsos.

O TAC *Xenta* 421A é um módulo de entradas universais e saídas digitais, equipado com quatro entradas universais e cinco saídas digitais. As primeiras podem ser usadas como entradas de termistores, de corrente, de tensão e digitais.

Dentro da estrutura do SGT encontram-se, ainda, o *L-Switch<sup>XP</sup>* e o *NIC*, ambos da marca *LOYTEC*. O primeiro é um *router* para a ligação de múltiplos canais EIA-709, ou *LonTalk*, através de um barramento *multidrop*. Este fornece até cinco portos de comunicação e faz o roteamento de pacotes entre estes. Já o segundo é uma interface de rede para os canais CEA-709 e CEA-852 (*Ethernet*).

Parte da topologia de rede do SGT deste edifício está exposta na figura 3.3. Nesta figura, apenas se encontra ilustrada a topologia, do controlador e dos respetivos módulos de entrada e saída, de um único quadro elétrico (GTC 1 EST). A topologia de rede completa da FFUC está presente no Apêndice A.

Este SGT tem um controlo sobre as instalações de iluminação e de equipamentos de AVAC da faculdade. Está instalada neste edifício uma vasta gama de sistemas ativos. De uma forma genérica, podem-se enunciar os seguintes: ventiladores de extração e insuflação, bombas de calor, unidades de insuflação, unidades de tratamento de ar (UTAs), dois *chillers* e uma caldeira.



**Figura 3.3:** Visão parcial, com apenas um quadro, da topologia de rede do SGT da FFUC.

### 3.1.3 Estado de uso e condições de operação

A FFUC está bastante dependente do bom funcionamento e controlo dos sistemas ativos presentes no edifício. Esta tem uma taxa de ocupação elevada e zonas onde uma ventilação eficiente, em caso de emergência, é crítica, sendo portanto necessária uma boa parametrização dos equipamentos de AVAC referentes ao SGT, bem como um vasto conhecimento, por parte do operador do sistema, das características e funcionalidades do *software* instalado na estação de trabalho.

Durante a instalação do SGT foi dada uma pequena formação pela equipa instaladora da empresa *Domótica SGTA*. Esta não foi suficiente e, conseqüentemente, existe um domínio incompleto das funcionalidades do SGT e, em relação aos alarmes e defeitos que ocorrem no dia-a-dia, subsistem dificuldades de interpretação destas ocorrências. A documentação técnica, deixada com o intuito de orientar os futuros operadores do sistema, também foi escassa e pouco elucidativa. Para além disto, muitos dos *set points* e horários, relativos aos diferentes sistemas ativos controlados pelo SGT, estiveram, ou estão ainda, parametrizados de forma não adequada à utilização do edifício.

No piso 0 (Estacionamento) do edifício, o SGT não consegue nem operar, nem monitorizar, remotamente, nenhum dos controladores existentes nos quadros elétricos GTC 1 EST, GTC 1 Geral, QEST e QN1.1.

A falta de conhecimento informático das funcionalidades do SGT, incluindo, a capacidade de se aceder remotamente ao *software* TAC Vista através de um *browser* instalado num PC ordinário, inibe a utilização do verdadeiro potencial deste sistema.

### **3.1.4 Regime de responsabilidade pela gestão e operação**

O responsável pela gestão de topo e responsável institucional desta Faculdade é o Diretor e Professor Doutor Francisco Veiga. A gestão da manutenção de eventuais reabilitações do edifício e dos sistemas, ou gestão do edificado, é da responsabilidade do Engenheiro Mário Carvalhal, Diretor dos serviços da UC para esta área. Finalmente, no que toca à operação do SGT e à coordenação do pessoal de apoio, o responsável pela gestão técnica do edifício é o Subdiretor e Professor Doutor Rui Barbosa.

### **3.1.5 Regime de manutenção**

Neste edifício, as operações de manutenção apenas são executadas em caso de alguma avaria técnica, no entanto, o SGESASST tem a intenção de celebrar um contrato de manutenção para este SGT.

## 3.2 Unidade Central do Pólo 3

### 3.2.1 Caracterização do edifício

A Unidade Central do Pólo 3 alberga os Serviços Administrativos e os Órgãos de Gestão das Faculdades de Medicina e de Farmácia da Universidade de Coimbra e inclui um auditório com 375 lugares, duas salas de conferências com 132 lugares, uma sala de exposições com 300  $m^2$  e estacionamento coberto com 30 lugares, com uma área total de 6400  $m^2$ , para além de um grande número de salas e gabinetes.

A gestão global do SGT é executada, exclusivamente, pelo responsável pela logística do edifício, o Dr. Ricardo Pinto. Este foi, de certo modo, encarregado de operar o sistema desde o início da sua instalação, não tendo qualquer experiência na área, uma vez que é licenciado em gestão. A empresa *Easycontrol, Lda.* foi a responsável pela instalação de todo o sistema.

O SGT está localizado em três quadros elétricos. O quadro Cobertura encontra-se, naturalmente, na cobertura deste edifício, enquanto que os quadros QE e QAC 1 se localizam, respetivamente, no piso 0 e no piso 1.

A figura 3.4 apresenta as leituras dos consumos totais de eletricidade ao longo do ano de 2012.

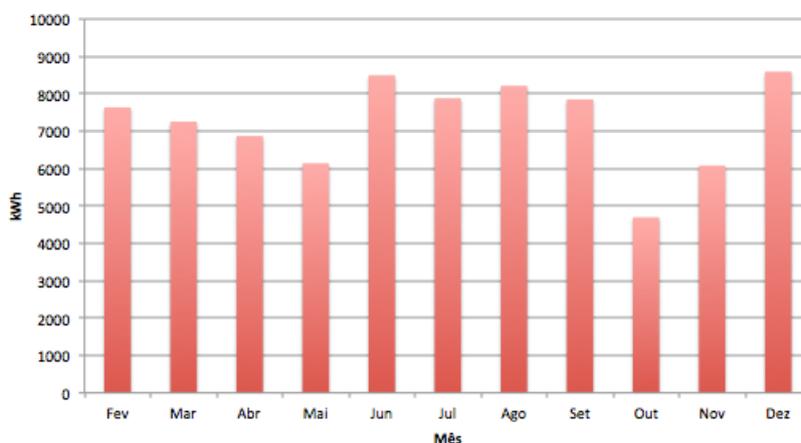
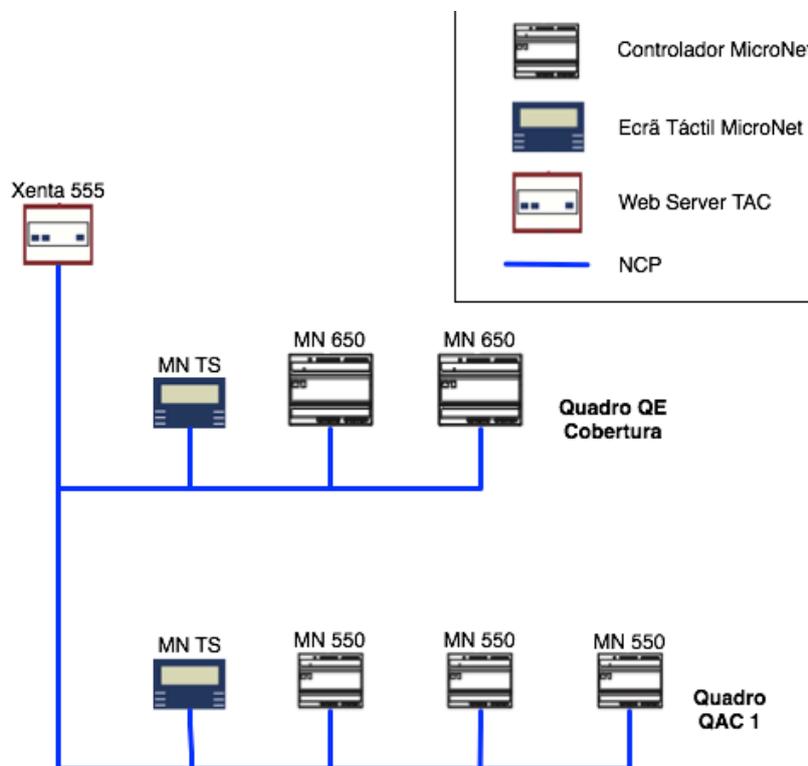


Figura 3.4: Consumos de eletricidade de 2012 na Unidade Central.

### 3.2.2 Características técnicas e funcionalidades do SGT

Este edifício possui um SGT da marca *Satchwell*, que pertence à empresa TAC da *Schneider Electric*. Os controladores e os sistema de gestão de edifícios desta marca oferecem aos seus utilizadores, soluções integradas para o controlo de instalações de AVAC, portanto este SGT apenas controla instalações deste tipo. O *Satchwell MicroNet* é um sistema de automação de edifícios de fácil utilização, dimensionável e modular, com protocolos de comunicação flexíveis e ferramentas de engenharia intuitivas. Este é indicado para edifícios e complexos com tamanhos mais reduzidos.

O NCP (*Native Communication Protocol*) é um protocolo de baixo custo utilizado para uma operação de rede isolada. Tem uma velocidade de transmissão de dados de 9,6 Kbps através de um único cabo de par trançado. Na figura 3.5 ilustra-se a topologia de rede do SGT da Unidade Central.



**Figura 3.5:** Topologia de rede do SGT da Unidade Central.

No caso deste edifício, não existe uma estação de trabalho que permita a monitorização e controlo do SGT no seu conjunto. A interface homem-máquina desta unidade consiste em dois ecrãs táteis *Satchwell Micronet* MN50-TS, localizados nos quadros elétricos QE Cobertura e QAC 1, que permitem ao operador fazer uma monitorização e configuração dos parâmetros dos controladores *Satchwell Micronet* MN550 e MN650 através de uma rede de comunicação NCP. Os MN550 foram concebidos para o controlo de caldeiras, UTAs e aplicações de aquecimento e arrefecimento. São constituídos por dez entradas universais, duas entradas digitais, seis saídas de relé e quatro saídas analógicas. Já os MN650, foram desenhados para o controlo de aquecimento central, unidades de ventilação, coberturas, UTAs e aplicações de arrefecimento. Têm na sua constituição doze entradas universais, oito entradas digitais, oito saídas digitais e quatro saídas analógicas.

O servidor *Web Xenta 555*, da marca TAC, fornece acesso a dispositivos *Micronet*, através de um navegador *web* padrão, sem a necessidade de um *software* especial. Estes servidores oferecem, também, a opção de interligação da rede *Micronet* com a plataforma de gestão de edifícios integrada e de segurança, TAC Vista. O sistema TAC Vista é baseado numa arquitetura totalmente aberta. A integração total do controlo do ambiente, bem como a gestão

da instalação e de energia num único *software*, permitem que o TAC *Vista* seja personalizado para um qualquer edifício[12].

A descrição dos quadros elétricos e controladores relativos ao SGT, bem como as suas localizações e funções encontram-se na tabela 3.1.

**Tabela 3.1:** Quadros Elétricos associados ao SGT da Unidade Central do Pólo 3.

| Quadro Elétrico | Localização | Controlador | Funcionalidade  |
|-----------------|-------------|-------------|---|
| QE Cobertura    | Cobertura   | MN650-1     | Controlo da Caldeira e da UAP1                          |
|                 |             | MN650-2     | Controlo do <i>Chiller</i> , da UAP2, do VEX1 e do VEX2 |
| QAC 1           | Piso 1      | MN550-1     | Controlo da UTA1  |
|                 |             | MN550-2     | Controlo da UTA2  |
|                 |             | MN550-3     | Controlo da UTA3  |

### 3.2.3 Estado de uso e condições de operação

Ao Dr. Ricardo Pinto, responsável pela operação do SGT, foi-lhe atribuída esta responsabilidade sem este ter algum conhecimento prévio nesta área. No entanto, a formação dada pela equipa que instalou o SGT foi suficiente, na medida em que o sistema é pouco complexo, em comparação com o de outros edifícios, e a sua interface é relativamente fácil de operar. A documentação fornecida é bastante elucidativa.

A falta de uma estação de trabalho é um inibidor do aproveitamento efetivo do potencial do SGT. Assim, todo o controlo tem de ser feito diretamente num ecrã tátil localizado na porta do quadro elétrico QAC 1, obrigando a que o operador se desloque propositadamente aos locais dos quadros. Aquando da instalação do SGT, foi projetada uma estação de trabalho numa sala localizada no piso 0 do edifício, mas, por motivos que estão por apurar, esta nunca chegou a ser instalada.

Também não existe a opção de se poder aceder remotamente, através de um *browser*, a um *software* que permitisse parte do controlo e monitorização do SGT.

### 3.2.4 Regime de responsabilidade pela gestão e operação

A gestão do edificado é da responsabilidade do Engenheiro Mário Carvalhal, enquanto que o responsável pela gestão e operação do SGT é o Dr. Ricardo Pinto.

### 3.2.5 Regime de manutenção

O SGT da Unidade Central não possui um contrato de manutenção. Num futuro próximo, o SGESASST tem a intenção de celebrar um contrato de manutenção para este SGT.

## 3.3 Instituto de Ciências Nucleares Aplicadas à Saúde

### 3.3.1 Caracterização do edifício

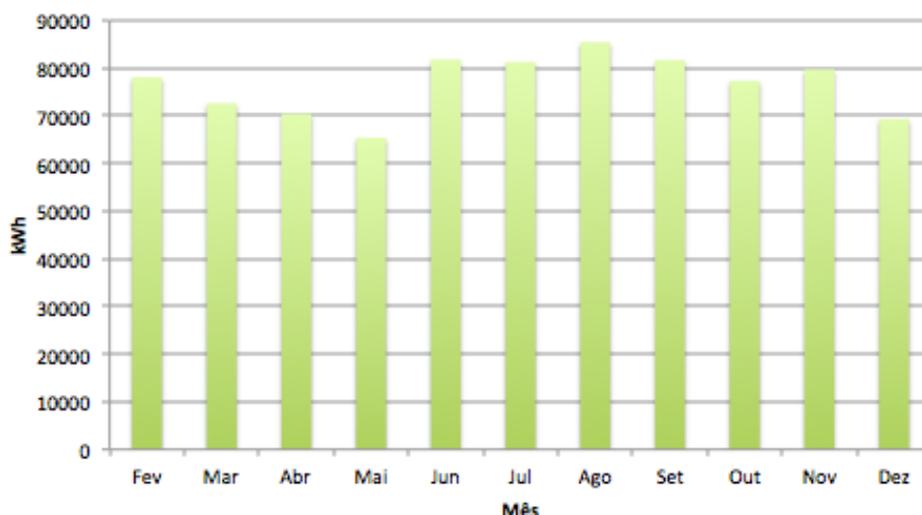
O Instituto de Ciências Nucleares Aplicadas à Saúde é uma unidade orgânica de investigação da Universidade de Coimbra e, também, uma unidade completa de medicina nuclear, englobando uma unidade clínica equipada com quatro Gama-Câmaras e um equipamento PET - CT (*Positron Emission Tomography - Computed Tomography*) e ainda uma unidade de produção constituída por um laboratório de radiofarmácia e um Ciclotrão (acelerador de partículas). O ICNAS tem sede num edifício próprio localizado no Pólo 3 da UC. Trata-se de um edifício construído para o efeito, de arquitetura moderna e dotado de características adequadas à atividade que desenvolve, nomeadamente no que respeita à proteção radiológica. Este edifício tem uma área bruta de 3921  $m^2$  e engloba cinco pisos.

Os Professores Antero Abrunhosa e Francisco Alves são, respetivamente, os responsáveis rádioquímico e físico do ciclotrão e também têm a responsabilidade pela gestão e operação do SGT deste edifício. Para além destes, o Técnico externo Paulo Gonçalves assegura a manutenção e ajustes do sistema. Este Técnico fez parte da empresa que instalou os equipamentos de AVAC no edifício (*Gascensol, Lda.*) e, após esta ter aberto falência, foi imediatamente contratado pelo ICNAS como entidade externa encarregue da manutenção, assumindo, desde então, a responsabilidade pela manutenção do SGT. A empresa *Sauter-Ibérica, SA* foi a responsável pela instalação dos componentes do sistema e pelo desenvolvimento do *software*.

Este edifício tem uma grande dependência no SGT, pois existem alguns espaços que utilizam radiação para diferentes propósitos a nível clínico e que lidam com reações químicas que produzem gases tóxicos, onde o equilíbrio da pressão diferencial entre várias zonas e a ventilação de extração e insuflação são estritamente importantes. Qualquer falha ou avaria no SGT poderá provocar bastantes danos à saúde dos utentes do edifício.

A *workstation* do sistema encontra-se no piso -2, numa sala técnica próxima do ciclotrão, de forma a ser possível uma leitura de dados facilitada e acessível deste complexo equipamento. Na cobertura do edifício localizam-se dois quadros elétricos, o QG.CT (Quadro Geral da Central Térmica) e o QG.CV (Quadro Geral da Central de Ventilação), onde estão instalados sete controladores do SGT, destinados ao controlo destas duas centrais. Os restantes controladores encontram-se em quadros parciais localizados junto às diversas UTAs instaladas no edifício, onde se incluem duas UTAs de Baixo Perfil (BP), à exceção do controlador do ciclotrão, que se situa num quadro parcial localizado num compartimento entre o piso 0 e o piso -1, e dos controladores da iluminação, localizados no quadro QG.CT.

De forma a se poder ter uma noção dos consumos anuais deste edifício, a figura 3.6 apresenta as leituras do consumo energético total do ano de 2012.



**Figura 3.6:** Consumos de eletricidade de 2012 no ICNAS.

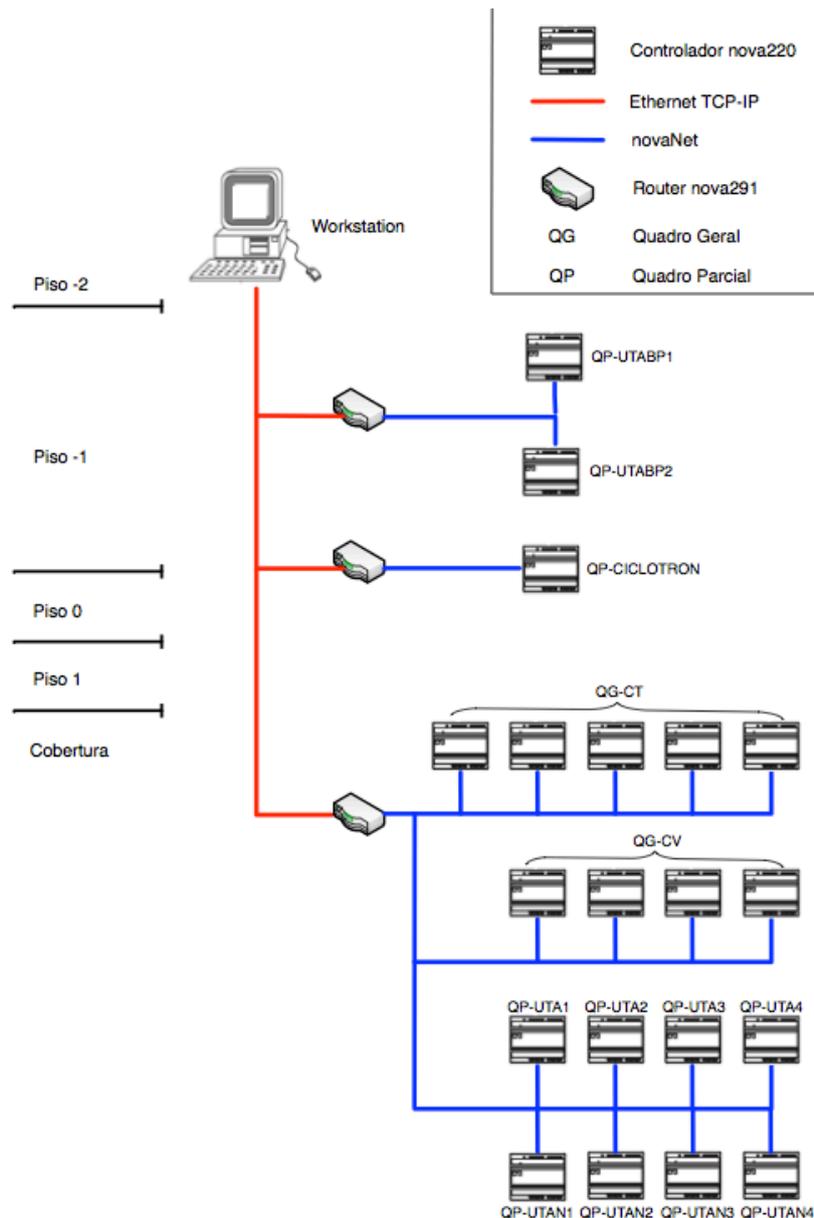
### 3.3.2 Características técnicas e funcionalidades do SGT

O edifício que sustenta o ICNAS possui um SGT da marca *Sauter*. O sistema *Sauter EY3600* pode ser constituído por um ou mais computadores, cada um deles com o *software novaPro32* instalado. Estes podem ser ligados diretamente ao barramento proprietário da *Sauter*, o *novaNet*, através de um *router* ou, sempre que possível, ligados à rede LAN/WAN do edifício, permitindo assim a total integração do SGT na infraestrutura de rede existente. Pode usar-se um *modem* para implementar o acesso remoto a cada instalação, através de uma rede telefónica. Eventos e protocolos podem ser originados com base no tempo ou prioridade para uma larga variedade de destinos, tais como Fax, Impressoras, *Pagers*, E-mail, mensagens, SMS, etc.

O programa de gestão técnica, *novaPro32*, assenta numa plataforma *Windows* simples e intuitiva. A estrutura modular viabiliza configurações de sistema individuais de acordo com as necessidades do cliente. Este programa permite a operação e visualização centralizada das áreas do sistema equipadas com controladores locais DDC (*Direct Digital Control*).[13]

A estrutura do protocolo *novaNet* está em conformidade com o modelo OSI (*Open Systems Interconnection*) e permite o uso de uma arquitetura simples e barata, mesmo para grandes sistemas. É do tipo *peer-to-peer* com uma topologia livre (linha, anel ou árvore), enquanto que a transferência de dados é orientada a eventos e o tempo de resposta é curto. A topologia de rede deste edifício encontra-se na figura 3.7.

Os autómats EY3600 *nova* são de programação livre, permitindo uma operação descentralizada e autónoma para um controlo individual. Paralelamente ao uso de funções de controlo, lógica e regulação, os autómats também apresentam funções temporais e uma base de dados local. As informações com incidência em diversas áreas, são trocadas independentemente em tráfego cruzado[14].



**Figura 3.7:** Topologia de rede do SGT do ICNAS.

A interface homem-máquina do SGT é assegurada através de um computador e de dois painéis de controlo situados em dois quadros elétricos (QG.CT e QG.CV), que são usados para a gestão operacional do sistema, onde se destacam as seguintes tarefas: visualização e monitorização de processos, operação da instalação, processamento de sinais e alarmes, aquisição e análise de dados, gestão de alto nível e otimização de funções, funções de arquivo centralizadas e armazenamento de dados históricos.

Na constituição do SGT deste instituto podem-se encontrar controladores EY3600 *nova220*, routers EY3600 *nova291* e painéis de controlo EY3600 *modu250*.

Existem vinte controladores EY3600 *nova220* instalados neste edifício. Estes foram concebidos, primeiramente, para o controlo e regulação de sistemas AVAC, apesar de controlarem, também, sistemas de iluminação. Possuem 48 entradas e 18 saídas. As unidades são

programadas usando um computador com o *software* EY3600 CASE e o *FBD Editor*, segundo o *standard* IEC 1131-3. Estas estações têm todos os conjuntos e interfaces necessários para o seu funcionamento, para a ligação de dispositivos de instalação e para a comunicação com outras estações e com o nível de gestão.

Os *routers* EY3600 *nova291* são usados para ligar o barramento *novaNet* a um computador através da interface COM (*Component Object Model*).

Por fim, os painéis de controlo EY3600 *nova291* são utilizados para a visualização e configuração de estados e valores de uma estação de automação.

Na tabela 3.2 encontra-se a descrição dos quadros elétricos e controladores relativos ao SGT deste edifício.

**Tabela 3.2:** Quadros Elétricos associados ao SGT do ICNAS.

| Quadro Elétrico | Localização         | Controlador | Funcionalidade                    |
|-----------------|---------------------|-------------|-----------------------------------|
| QG.CT           | Cobertura           | DDC-AS.1    | Controlo Térmico                  |
|                 |                     | DDC-AS.2    | Controlo Térmico                  |
|                 |                     | DDC-AS.3    | Controlo Térmico                  |
|                 |                     | DDC-AS.18   | Controlo de Iluminação            |
|                 |                     | DDC-AS.19   | Controlo de Iluminação            |
| QG.CV           | Cobertura           | DDC-AS.4    | Controlo de Ventilação            |
|                 |                     | DDC-AS.5    | Controlo de Ventilação            |
|                 |                     | DDC-AS.6    | Controlo de Ventilação            |
|                 |                     | DDC-AS.7    | Controlo de Ventilação            |
| QP.UTA1         | Cobertura           | DDC-AS.8    | Controlo da UTA1                  |
| QP.UTA2         | Cobertura           | DDC-AS.9    | Controlo da UTA2                  |
| QP.UTA3         | Cobertura           | DDC-AS.10   | Controlo da UTA3                  |
| QP.UTA4         | Cobertura           | DDC-AS.11   | Controlo da UTA4                  |
| QP.UTAN1        | Cobertura           | DDC-AS.12   | Controlo da UTAN1                 |
| QP.UTAN2        | Cobertura           | DDC-AS.13   | Controlo da UTAN2                 |
| QP.UTAN3        | Cobertura           | DDC-AS.14   | Controlo da UTAN3                 |
| QP.UTAN4        | Cobertura           | DDC-AS.15   | Controlo da UTAN4                 |
| QP.UTA.BP1      | Piso -1             | DDC-AS.16   | Controlo da UTA de Baixo Perfil 1 |
| QP.UTA.BP2      | Piso -1             | DDC-AS.17   | Controlo da UTA de Baixo Perfil 2 |
| QP.CICLOTRON    | Entre o Piso 0 e -1 | DDC-AS.20   | Controlo do Ciclotrão             |

### 3.3.3 Estado de uso e condições de operação

O funcionamento do SGT deste edifício é bastante efetivo. Este é fundamental e imprescindível ao desempenho das funções do ICNAS, nomeadamente na prestação de serviços especializados de saúde, uma vez que os sistemas de ventilação e insuflação dos diferentes laboratórios são um elemento crítico para a proteção radiológica desta unidade. O controlo do Ciclotrão também é um elemento importantíssimo para esta instituição, visto que é responsável pela produção, controlo de qualidade e disponibilização de radionuclídeos e radiofármacos.

Sendo este edifício tão dependente da boa parametrização do SGT, é necessário que o regime de manutenção seja rigoroso. O Técnico Paulo Gonçalves é o responsável pela manutenção do SGT. Este conhece o sistema com grande detalhe, o que lhe confere uma capacidade de intervenção muito esclarecida sobre o SGT. Nestas circunstâncias, o ICNAS está muito dependente de uma só pessoa para garantir um desempenho adequado do sistema.

O computador que serve como estação de trabalho do sistema, não é utilizado unicamente para este fim, sendo altamente recomendável a instalação de um novo computador para este efeito. Para além deste facto, terá de ser incluído no SGT, a curto prazo, um sistema de relógios de mostrador sincronizados, evitando, assim, alguma descoordenação em certas atividades desta instituição.

Por fim, têm sido detetados, todos os meses, cerca de 50 micro cortes de energia, que terão de ser solucionados por parte do distribuidor (EDP), pois demonstra uma fraca qualidade de energia elétrica fornecida. Este facto faz disparar os alarmes de segurança do edifício, sendo necessárias novas sincronizações cada vez que há um corte.

### **3.3.4 Regime de responsabilidade pela gestão e operação**

O diretor atual do ICNAS e responsável pela gestão de topo do edifício é o Professor Miguel Castelo Branco, enquanto que o coordenador executivo é o Dr. João Oliveira. A gestão do edificado é da responsabilidade do Engenheiro Mário Carvalhal.

Em relação à operação do SGT e à coordenação do pessoal técnico afecto, existem duas pessoas responsáveis, os Professores Antero Abrunhosa e Francisco Alves. O primeiro é o responsável radioquímico do ciclotrão e diretor de produção da empresa ICNAS *Produção*, enquanto o segundo é o responsável físico do ciclotrão. O responsável pela manutenção do SGT é o Técnico externo Paulo Gonçalves.

### **3.3.5 Regime de manutenção**

Existe um contrato de manutenção do SGT com o técnico Paulo Gonçalves. Este é renovado anualmente e as atividades de manutenção são executadas duas vezes por mês, ou caso haja algum defeito ou necessidade de intervenção.

## 3.4 Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores

### 3.4.1 Caracterização do edifício

O Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores (DEEC) localiza-se no Pólo 2 da Universidade de Coimbra desde Setembro de 1996. O edifício tem uma área útil de 17613  $m^2$  e é constituído por laboratórios didáticos e de investigação, salas de aulas, auditórios, oficinas, uma biblioteca, espaços de convívio, gabinetes e serviços administrativos. Para além destes espaços, o DEEC abriga ainda o Instituto de Sistemas e Robótica (ISR), o Instituto de Telecomunicações (IT) e o BEST (*Board of European Students of Technology*).

O Professor Humberto Jorge é o responsável pela gestão global do SGT deste edifício, apesar de não existir nenhuma formalidade em relação a esta responsabilidade. Com vista à racionalização dos consumos de energia elétrica e à automatização de edifícios, ao longo dos últimos anos foram executados inúmeros projetos e dissertações em parceria com o LGE (Laboratório de Gestão de Energia) do departamento e com orientação dos Professores Doutores: António Gomes Martins, Álvaro Gomes e Humberto Jorge.

No ano de 1998, realizou-se o primeiro projeto, o AUTED (Automação de Edifícios). Nesse mesmo ano e no ano seguinte, decorreram o GEDI (Gestão de Energia em Edifícios) e o CAIDO (Controlo Automático de Iluminação com Detectores de Ocupação), respetivamente. Em 2000, realizou-se o RACE (Racionalização de consumos de energia e funções de controlo do edifício do DEEC) e em 2001 desenvolveu-se o AuDIS (Automação Distribuída da Utilização de Energia em Edifícios), que resultaram na realização do primeiro programa de supervisão do SGT e na instalação de um autómato escravo numa zona do edifício. Em 2005, decorreu uma análise de opções de automação e gestão de energia em edifícios e também o AuDEEC (Automatização do Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores), onde decorreu a instalação de um novo autómato, tendo sido desacoplado o autómato que havia sido instalado em 1996. Finalmente, em 2009, realizou-se a alteração das funcionalidades de automatização do edifício do DEEC. Todos estes projetos contribuíram para um desenvolvimento e uma manutenção eficazes deste SGT.

O SGT atual divide-se em dois autómatos. O autómato mestre encontra-se no piso -1, no gabinete de gestão técnica e manutenção do departamento, enquanto o autómato escravo se situa na corete do piso 4 da torre T.

As leituras do consumo de energia elétrica dos anos de 2009, 2010 e 2011 por horas de ponta, cheias e vazio estão representadas na figura 3.8.

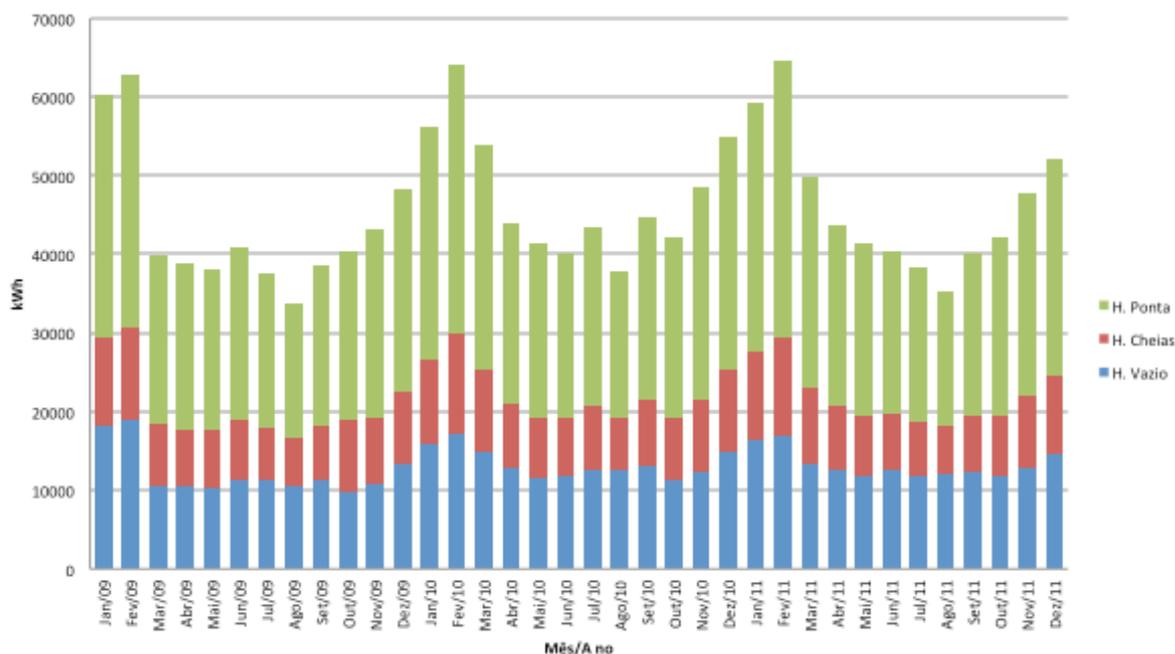


Figura 3.8: Consumos de eletricidade de 2009, 2010 e 2011 no DEEC.

### 3.4.2 Características técnicas e funcionalidades do SGT

No edifício do DEEC, o SGT existente é da marca *Schneider Electric*. O sistema é constituído por um autómato mestre e um autómato escravo, o TSX P57 2634M e o TSX 37-21, respetivamente.

Este departamento, projeto após projeto, tem sido alvo de diversas intervenções ao nível da gestão técnica e da gestão de energia. Nomeadamente, foram efetuadas diversas auditorias energéticas extensivas ao edifício, foi criada uma base de dados sobre todos os equipamentos consumidores de energia, incluindo os que são e os que não são controlados diretamente pelo SGT, foi modificado, por diversas vezes, o programa de supervisão, de forma a ser estruturalmente correto e claro de operar, foi implementado um esquema de controlo automático de iluminação condicionado pela disponibilidade de luz natural durante o dia e por deteção de presença de pessoas fora do horário normal de ocupação do edifício.

O *Unity* é um *software* de programação da gama de autómatos da *Schneider*. Foi criado com o intuito de uniformizar os *software* de programação evitando, desta forma, a necessidade de utilizar diferentes tipos de *software* para programar distintos autómatos da gama *Schneider*. O *Unity* é usado para realizar toda a programação dos autómatos TSX P57 2634M e TSX 37-21

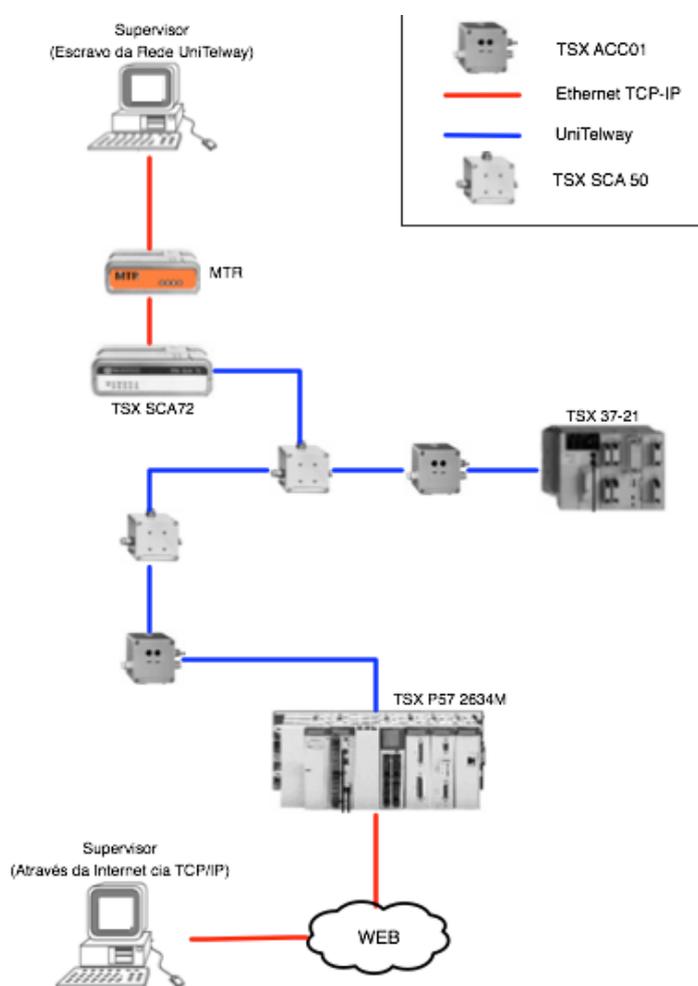
O protocolo escolhido para implementar a ligação em rede foi o UNI-TE, por barramento *UniTelway*. Esta escolha foi essencialmente baseada no facto de o programa de supervisão existente apenas funcionar através desta rede de comunicação. O *UniTelway* é por excelência, o barramento de comunicação entre dispositivos da marca do antigo autómato do DEEC (*Telemecanique*), tais como: autómatos, terminais de diálogo com o operador, variadores de

velocidade, controladores numéricos, entre outros.

A estrutura do *UniTelway* prevê a existência de um mestre, que supervisiona a transferência de dados e verifica esse processo, e um ou mais escravos (no máximo trinta), que podem receber ou enviar informação ao mestre, ou ainda trocar informação entre si, sem qualquer programação adicional na aplicação do mestre[15].

O controlo e supervisão dos sistemas de iluminação e climatização do edifício do DEEC, pode ser realizado no próprio edifício ou remotamente via página WEB, permitindo o acesso a toda a informação relativa aos dispositivos controlados. Assim, consegue-se dar maior flexibilidade às ações de controlo do autómato, assim como dar uma maior utilidade ao sistema de supervisão implementado.

Na figura 3.9 encontra-se a topologia de rede do sistema implementado no DEEC.



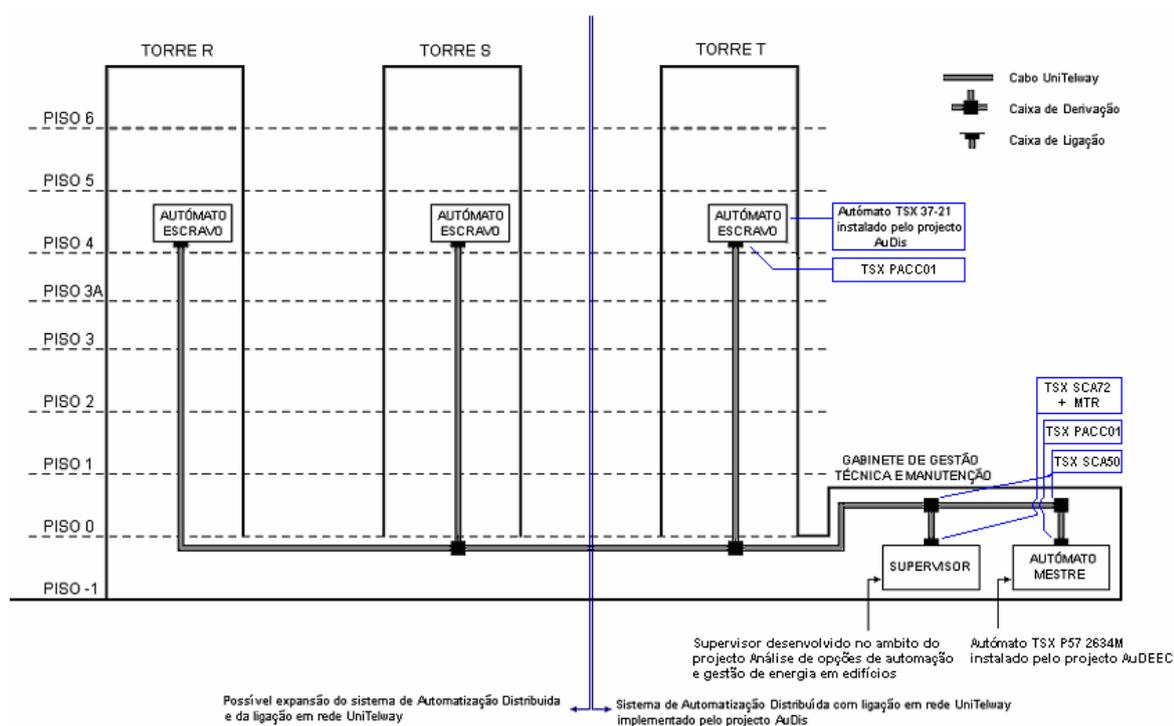
**Figura 3.9:** Topologia de rede do SGT do DEEC.

A base central de todo o sistema implementado, está atribuída ao autómato *Schneider Premium* TSX P57 263M. Este desempenha as funções de autómato mestre no controlo programado do edifício de todo o tipo de cargas, atuando principalmente em cargas de iluminação e climatização, através do uso de diversos sensores e atuadores instalados no edifício do DEEC. Este autómato é constituído por dois módulos de sessenta e quatro entradas do tipo

TSX DEY 64D2K, dois módulos de sessenta e quatro saídas do tipo TSX DSY 64T2K e ainda um módulo de trinta e duas saídas do tipo TSX DSY 32T2K. Os módulos de entrada recebem sinais digitais ou analógicos, por exemplo, de detetores de ocupação ou botões de pressão, enquanto que os módulos de saída são responsáveis por transmitir aos relés um sinal de comando de modo a estes efetuarem um controlo do tipo *on/off*.

O autómato escravo *Schneider* TSX 37-21 atua sobre as instalações de iluminação e climatização das salas do piso 4 da torre T. Tem na sua constituição dois módulos TSX DMZ 64DTK com trinta e duas entradas e trinta e duas saídas[16].

A disposição da arquitetura de automação do edifício do DEEC está apresentada na figura 3.10. Também se inclui nesta figura uma possível expansão do SGT e da rede *UniTelway*.



**Figura 3.10:** Disposição genérica da arquitetura implementada no edifício DEEC[15].

Para a comunicação dos autómatos entre si e para a comunicação com um computador segundo a arquitetura apresentada, são utilizados os seguintes componentes: TSX ACC01, TSX SCA 50, TSX SCA 72 e MTR. O TSX ACC01 e o TSX SCA 50 são caixas de derivação com ficha e passiva, respetivamente. A primeira permite fazer a ligação do barramento *UniTelway* aos autómatos escravo e mestre do sistema, enquanto que a segunda serve para ligar o autómato mestre e o programa de supervisão ao barramento. O dispositivo TSX SCA 72 é um conversor RS 485/RS 232, que permite converter o bus *UniTelway* num cabo série convencional para que, desta forma, possa ser ligado um computador onde esteja instalado um programa supervisor. Finalmente, o MTR é uma Máquina de Tempo Real que permite resolver os problemas de comunicação entre o autómato e o supervisor, ou seja, faz uma filtragem das tramas de comunicação da rede *UniTelway*.

Em termos de atuadores inseridos no SGT deste edifício, podem-se enunciar os seguintes: detetores de ocupação, interruptores crepusculares, comutadores magnéticos, relés de atuação, botões de pressão e interruptores rotativos.

### **3.4.3 Estado de uso e condições de operação**

Com o desenrolar dos diversos projetos executados no âmbito da gestão técnica do DEEC, muitas das anomalias encontradas foram sendo detetadas e solucionadas, através de substituições, atualizações e expansões de *hardware* e *software*.

As anomalias encontradas neste edifício não estão relacionadas diretamente com o SGT, mas sim com as instalações de iluminação. De forma a se poder fazer um controlo discriminado de diferentes circuitos de iluminação, é necessário que seja feita uma desagregação de alguns circuitos instalados, principalmente nos pisos 2 e 3, onde existe um circuito de iluminação que engloba todos os gabinetes e o corredor principal. Nos pisos 0 e 1, a iluminação está definida como permanente no horário de expediente do edifício, apesar destas zonas terem um acesso algo esporádico. A opção de se incluírem detetores de presença nestes pisos, justificar-se-ia melhor do que a escolha atual.

Ambas estas situações já foram referidas por diversas vezes à direção do DEEC, não tendo sido solucionadas até ao momento.

### **3.4.4 Regime de responsabilidade pela gestão e operação**

O diretor atual do DEEC, o Professor Doutor Jorge Baptista, é o responsável pela gestão de topo do edifício. A gestão do edificado, é da responsabilidade do Engenheiro Mário Carvalho.

Em relação à gestão técnica, os responsáveis são o Professor Doutor Luís Cruz, atual Subdiretor do DEEC, e o Técnico Paulo Santinho. Apesar de não haver nenhum tipo de formalidade a este propósito, o responsável de facto pela gestão global do SGT é o Professor Doutor Humberto Jorge.

### **3.4.5 Regime de manutenção**

O SGT do DEEC não possui um contrato de manutenção. Mais uma vez, os vários projetos relacionados com a gestão técnica do edifício funcionam, de certa forma, como uma manutenção do sistema.

O SGESASST tem a intenção de celebrar um contrato de manutenção para este SGT, num futuro próximo.

## 3.5 Departamento de Engenharia Civil

### 3.5.1 Caracterização do edifício

O Departamento de Engenharia Civil (DEC) situa-se no Pólo 2 da UC desde o ano de 2000. O edifício deste departamento possui uma área útil de  $20662 m^2$  e é constituído por cinco pisos que incluem os seguintes espaços: salas de aula, estacionamento, três anfiteatros, biblioteca, secretaria e laboratórios de ensino para as diferentes áreas temáticas constituintes da Engenharia Civil.

Os Técnicos Ricardo Oliveira, David Gonçalves e Celestino Marques são os responsáveis pela operação do SGT. A *Workstation* situa-se na receção, que está localizada no segundo piso deste edifício.

As leituras do consumo energético dos anos de 2009, 2010 e 2011 por horas de ponta, cheias e vazias estão representadas na figura 3.11.

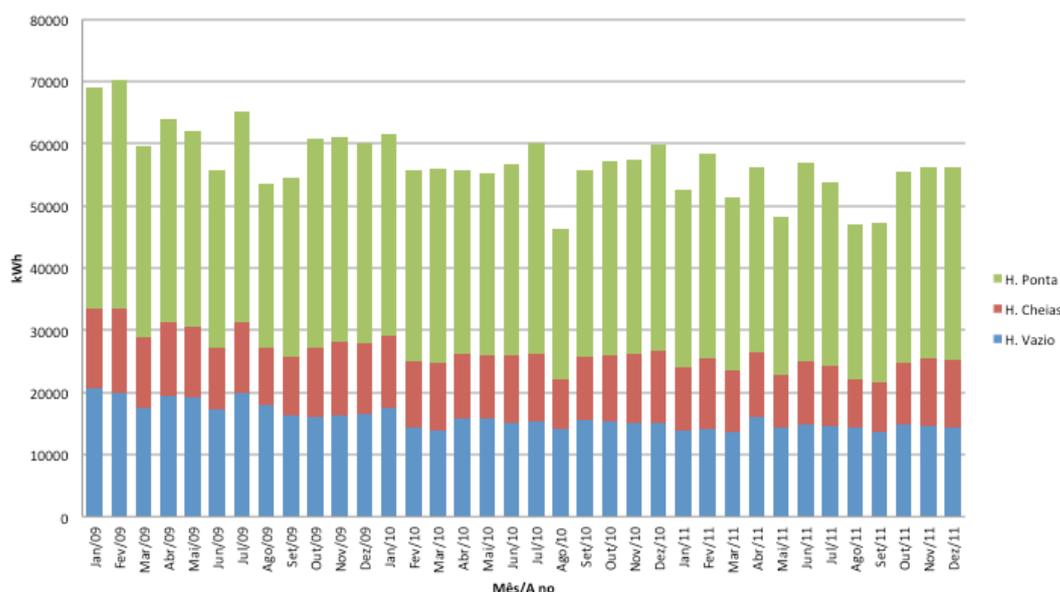


Figura 3.11: Consumos de eletricidade de 2009, 2010 e 2011 no DEC.

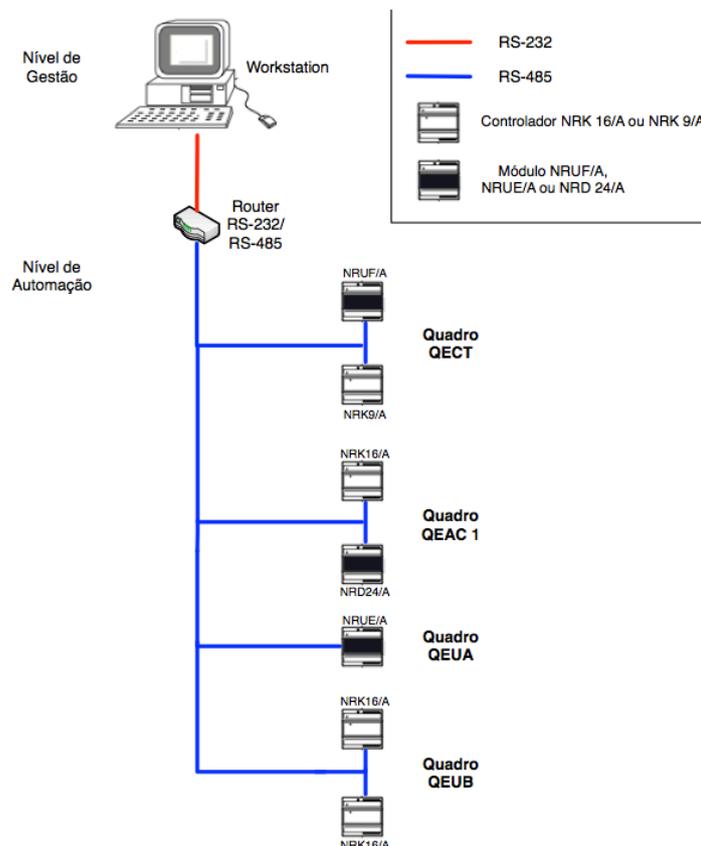
### 3.5.2 Características técnicas e funcionalidades do SGT

O SGT instalado no edifício do DEC é da marca *Landis & Staefa*, que, atualmente, faz parte da *Siemens Building Technologies, Inc*, tendo sido implementado em Janeiro do ano de 2000. Este apenas tem a capacidade de fazer o controlo e a gestão dos seguintes equipamentos de AVAC: ventiladores de extração e insuflação, bombas de calor, *chillers* e caldeiras.

O *software* instalado na *workstation* é da marca *Siemens*. Por falta de documentação proveniente da empresa responsável pela instalação do SGT, a *Sistavac*, no que toca às funcionalidades e especificações deste programa de controlo e supervisão, não foi possível obter grande informação sobre as características do *software* em concreto. Foi feita uma pesquisa

*online* mas, por se tratar de um programa bastante antiquado, não se obteve nenhum resultado prático.

As comunicações do sistema usam a norma RS-485. Esta baseia-se na transmissão diferencial de dados, através de um par de fios, que é ideal para a transmissão em altas velocidades para efeitos de controlo, longas distâncias e em ambientes propícios a interferência eletromagnética. A topologia de rede deste SGT pode ser observada na figura 3.12.



**Figura 3.12:** Topologia de rede do DEC.

Fazem parte da constituição deste SGT os controladores NRK 16/A e NRK 9/A e os módulos de aplicação NRUF/A, NRUE/A e NRD 24/A. Os primeiros são controladores programáveis que incluem uma unidade de base e um módulo de aplicação EEPROM (*Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory*) pré programável para o controlo de diferentes tipos de equipamento de AVAC. Os módulos de aplicação são dispositivos programáveis responsáveis pelo controlo local e pelas funções de gestão de energia em instalações de AVAC. O módulo NRUE/A é constituído por oito entradas digitais, oito entradas universais, dez saídas digitais e seis saídas analógicas, enquanto que o NRUF/A possui oito entradas digitais, dezasseis entradas universais, dezasseis saídas digitais e oito saídas analógicas. Estes dois módulos são particularmente indicados para aplicações de ar condicionado. Por fim, o NRD 24/A é um módulo com vinte e quatro entradas digitais e é utilizado como um escravo para recolha de dados.

Através da tabela 3.3 é possível observar a descrição dos quadros elétricos e controladores relativos ao SGT do DEC.

**Tabela 3.3:** Quadros Elétricos respetivos ao SGT do DEC.

| Quadro Elétrico | Localização | Controlador | Funcionalidade   |
|-----------------|-------------|-------------|--|
| QECT            | Piso 1      | NRUF/A      | Controlo das Bombas de Calor de todo o edifício          |
|                 |             | NRK9/A      |  |
| QEAC 1          | Piso 1      | NRK16/A     | Controlo dos Ventiladores de Extração de todo o edifício |
|                 |             | NRD24/A     |  |
| QEUA            | Piso 1      | NRUE/A      | Controlo do AVAC dos Anfiteatros                         |
| QEUB            | Piso 1      | NRK16/A     | Controlo dos dois <i>Chillers</i> da Biblioteca          |
|                 |             | NRK16/A     |  |

### 3.5.3 Estado de uso e condições de operação

O levantamento de informação efetuado neste edifício não foi bem sucedido, devido à falta de documentação associada ao SGT, refletindo-se, assim, em alguma dificuldade para caracterizar este sistema. Esta dificuldade também é sentida por parte dos três operadores do sistema, que, ao longo dos anos, foram mesmo assim procurando aperfeiçoar as suas ações de gestão e controlo do SGT.

O *software* de supervisão atual tem algumas limitações, uma vez que é bastante antiquado. Devido ao facto de a *Sistavac* se ter distanciado de todo o apoio que uma empresa, que, outrora, fez a instalação um SGT, tem que assumir, o *software*, bem como, outros componentes do sistema, nunca sofreram nenhuma atualização ou expansão. A opção de se poder aceder remotamente, através de um *browser*, a um *software* que permitisse parte do controlo e monitorização do SGT, nunca chegou a ser instalada.

### 3.5.4 Regime de responsabilidade pela gestão e operação

O Professor Doutor Raimundo Silva é o atual Diretor do DEC, sendo também o responsável pela gestão de topo deste departamento. Quanto à gestão do edificado, esta é da responsabilidade do Engenheiro Mário Carvalho, como acontece nos restantes edifícios. A responsabilidade pela gestão técnica do edifício é do responsável pelas instalações do DEC, o Subdiretor e Professor Doutor Álvaro Seco.

### 3.5.5 Regime de manutenção

No DEC não existem contratos de manutenção nem para o SGT, nem para os equipamentos de AVAC. Em caso de avaria de algum equipamento de AVAC, são executadas operações de reparação e manutenção por parte dos Técnicos David Rodrigues e Celestino Marques, uma vez que a *Sistavac* se distanciou destas ações. No entanto, o SGESASST tenciona, num futuro próximo, formular um contrato de manutenção para este SGT.

# 4

## **Reflexão Geral**

Após o levantamento e a sistematização de toda a informação recolhida referente aos SGTs presentes nos edifícios da UC, é tempo de se fazer uma reflexão sobre o ponto de situação destes sistemas, de forma a se poderem identificar os seus pontos fracos e propor novas medidas.

De um modo geral, encontraram-se diversas barreiras à utilização efetiva dos SGTs, entre as quais, barreiras técnicas e físicas, barreiras económicas, barreiras comportamentais e, por fim, barreiras organizacionais. Por outro lado, também se conseguiram identificar algumas oportunidades de intervenção, no que toca ao funcionamento em geral, à parametrização, ao uso de energia, à adaptação às condições de uso do edifício e à gestão do SGT e da instituição.

Começando pela FFUC, de uma forma geral, pode-se dizer que o desempenho do seu SGT fica aquém das suas capacidades. Quando este sistema foi instalado, a formação disponibilizada pela empresa responsável pela instalação, que inclui a transferência de informação e documentação, não foi cumprida na sua totalidade. Consequentemente, o pessoal encarregue de operar o SGT tem um domínio limitado, no que toca a executar as operações do dia-a-dia e a parametrizar as variáveis necessárias ao funcionamento correto desta instituição.

Numa primeira abordagem ao funcionamento do SGT deste edifício, destaca-se o controlo deficiente de todo o piso 1 (Estacionamento), não sendo possível operar nenhum dos sistemas ativos presentes neste piso devido a um defeito de ligação dos controladores. Desde que se detetou esta anomalia, foram feitas algumas tentativas de resolução, mas, devido ao facto de o piso em questão ser de acesso casual e ao pouco contacto que existe com a empresa que fez a instalação do SGT (*Domótica SGTA*), nunca chegou a ser solucionada.

Aquando da instalação do SGT, os sistemas ativos da iluminação de todos os pisos do edifício não foram identificados no *software* de supervisão e controlo, o que obrigou os funcionários a perderem várias semanas a tentar desvendar e identificar os circuitos representados no programa.

A documentação que foi disponibilizada não é de todo suficiente. Foi disponibilizado, apenas, um manual de operação, com poucas páginas, que descreve, de uma forma muito escassa, a forma de como se pode fazer o acesso remoto ao *software* TAC Vista através de um computador ligado à rede IP da faculdade. Este documento acaba por não ter nenhum efeito, uma vez que os operadores do SGT não têm a facilidade de aceder remotamente ao programa, nem tinham conhecimento de tal possibilidade. A existência de um manual de configuração do sistema e de um documento que descrevesse toda a estrutura do SGT facilitaria todo o processo de operação do sistema por parte dos respetivos operadores.

As situações acima retratam a forma como foi feita a instalação deste SGT. De um modo geral, existe uma falta de conhecimento sobre as verdadeiras funcionalidades e capacidades do SGT.

A inclusão, nos circuitos de iluminação, de detetores de ocupação seria um bom reforço no controlo da iluminação em períodos não letivos e no horário de expediente.

Em relação ao SGT instalado na Unidade Central do Pólo 3, a par do SGT do edifício

anterior, este não tem um funcionamento ideal. Trata-se de um edifício menos amplo e com menos sistemas ativos que o anterior, portanto possui um SGT menos complexo que apenas controla as instalações de AVAC. A situação em que as operações de controlo são efetuadas, não traduz a verdadeira definição de um SGT, uma vez que não existe um computador com o objetivo de controlar as atividades associadas ao consumo energético dentro do edifício. Isto implica que o operador se dirija ao local onde se situam os painéis de controlo de forma a realizar as operações do dia-a-dia no SGT.

Por outro lado, foram fornecidas uma formação suficiente e bastante documentação referente às configurações e à utilização do SGT, por parte da empresa *EasyControl*.

O ICNAS foi o primeiro edifício em que se observou um desempenho e um funcionamento do SGT próximo do ideal. Por se tratar de um edifício onde o bom funcionamento do sistema é essencial à segurança dos utentes e dos funcionários, bem como ao desempenho das funções desta instituição, o acesso ao *software* de controlo do SGT nunca pôde ser muito explorado durante a realização da presente dissertação. De qualquer forma, este programa é operado com grande mestria por parte de todos os operadores e a parametrização das variáveis está de acordo com as funcionalidades do sistema e as exigências funcionais do edifício.

O facto de esta instituição possuir um técnico de manutenção, não só para o SGT mas também para as instalações de AVAC, é uma mais valia para a durabilidade e para o funcionamento do sistema em geral e demonstra uma grande preocupação, no que diz respeito à eficiência energética e à utilização racional dos sistemas ativos do edifício. O técnico Paulo Gonçalves tem feito um trabalho essencial neste edifício, sendo este caso um exemplo positivo para as outras Faculdades e Departamentos da UC que possuem um SGT.

Da mesma forma que acontece na FFUC, não estão incluídos detetores de ocupação que poderiam auxiliar o controlo das instalações de iluminação deste edifício. A inclusão de um sistema de relógios sincronizados também é uma oportunidade de intervenção para este sistema. O ICNAS aspira a que, através do SGT, seja possível sincronizar todos os relógios de mostrador existentes no edifício, para garantir uma coordenação efetiva de operações necessárias a algumas funções de diagnóstico clínico. Relativamente ao sistema de autenticação de operadores, não se está a tirar todo o partido deste, uma vez que não existe nenhuma hierarquia que permita diferentes níveis de autenticação no sistema.

Aquando da primeira visita ao ICNAS, verificou-se que as baterias das UPSs (*Uninterruptible Power Supply*) envelhecem mais rapidamente do que o normal devido à falta de capacidade do sistema de ventilação em manter uma temperatura adequada na sala onde estas se encontram.

Em relação ao edifício do DEEC subsiste um bom desempenho do SGT instalado. Comparado com os sistemas anteriores, trata-se de um edifício mais antigo e com um maior historial no que toca à gestão técnica. Desde muito cedo que, através do corpo docente e de alguns estudantes associados ao LGE, todas as ações de expansão, aperfeiçoamento, instalação, substituição e manutenção do SGT foram executadas através de projetos e dissertações na

área da automação de edifícios e da gestão de energia, contribuindo, assim, para que se tenha um bom domínio do SGT e seus componentes.

Durante a fase de levantamento de informação sobre os diversos SGTs da UC, apurou-se a existência de um SGT no Departamento de Engenharia Civil. Este não era do conhecimento do SGESASST e o pessoal afecto ao seu controlo, não tinha, também, conhecimento detalhado ou tecnicamente informado sobre as funcionalidades, ou sobre o tipo de tecnologia em questão.

Trata-se de um sistema com um controlo exclusivo da extensa instalação de AVAC do edifício, que inclui: ar condicionado, *chillers*, bombas de calor e ventiladores de extração e insuflação. O *software* de controlo é executado no antiquado sistema operativo *Windows 98* e não existe nenhuma atualização para sistemas mais recentes e, conseqüentemente, a versão e as funcionalidades do programa mantêm-se as mesmas desde a altura em que este foi instalado. Além disso, a manutenção do SGT e de todos os sistemas de AVAC deste edifício é muito escassa, sendo apenas efetuada em caso de avaria. A operação do sistema também não é muito efetiva, sendo, por vezes, necessário alterar alguns *set-points* durante o dia, devido a reclamações por parte de professores e alunos quanto às condições de conforto térmico. De notar, também, que um dos *chillers*, situado na Biblioteca deste departamento se encontra fora de serviço há algum tempo, não havendo nenhuma perspetiva de ser reparado.

A maior barreira encontrada, neste caso, foi a falta de documentação em relação ao SGT instalado, notando-se, assim, alguma desorganização dos ficheiros mais antigos e em formato físico. A empresa *Sistavac*, responsável pela instalação do SGT no edifício, foi contactada, de forma a se poder angariar alguma documentação, mas não se obteve nenhum resultado. A ausência de documentação impede um conhecimento mais detalhado sobre as funcionalidades, a estrutura e a operação deste sistema. Assim, fica por acrescentar alguma informação, em relação a este edifício, ao arquivo informático que será elaborado a par desta dissertação.

Por último, encontra-se o SGT do Departamento de Engenharia Informática, o primeiro sistema deste tipo a ser instalado na UC, mas, também, o primeiro, e o único, a ficar fora de serviço. Isto deveu-se a problemas de mau funcionamento e discrepâncias da programação horária com a real necessidade do edifício do DEI. Em termos práticos, todo o edifício se encontra em controlo manual, existindo, no entanto, muitas cargas desativadas nos quadros, que as pessoas responsáveis pelo edifício foram desativando ao longo destes anos por as considerarem inúteis. As que se encontram ativas funcionam 24 horas por dia.

A empresa que inicialmente implementou a automatização do edifício foi a *De Joule, Lda*. No ano de 2004, durante o desenvolvimento do projeto AEDEI (Automatização do Edifício do Departamento de Engenharia Informática), elaborado por alunos finalistas de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, no âmbito do LGE do DEEC, não foi possível estabelecer nenhum contacto com esta empresa, devido à situação de insolvência encontrada durante a realização deste projeto. Esta empresa havia sido subcontratada pela empresa construtora do edifício do DEI e a única informação deixada acerca da automatização do edifício foram

duas tabelas relativas às entradas e saídas do autômato, assim como uma breve descrição do que efetivamente este deveria controlar. Não foram deixados manuais do SGT nem dos seus componentes, nem qualquer tipo de referência ao *software* utilizado na programação do mesmo e temporizações utilizadas.

A elaboração do projeto AEDEI resultou num levantamento relativamente ao SGT e seus componentes, na construção de uma base de dados para apoio à programação do autômato e à resolução de problemas técnicos relacionados com o controlo automático e na elaboração de uma estratégia de controlo automático do edifício e de diversos documentos relevantes de descrição dos circuitos de temporização, análise crítica e análise económica. Apesar deste esforço, o SGT nunca chegou a se reativado[17].

A sistematização da informação do SGT deste edifício não foi concretizada nesta dissertação devido a este se encontrar desativado, devido à falta de capacidade financeira para a aquisição de um novo autômato, que se mostra necessária uma vez que o atual se encontra obsoleto, e à falta de iniciativa por parte dos dirigentes desta instituição.

Globalmente, a UC depara-se com uma série de barreiras em relação aos SGTs instalados nos edifícios em questão. Em primeiro lugar, destaca-se a falta de capacidade de investimento por parte da instituição, que impede a aquisição de novos equipamentos, a atualização de *software*, a manutenção periódica, a contratação de um técnico especializado, a formação dos operadores, entre outros. Esta situação resulta, também, da falta de perceção da importância do bom funcionamento dos SGTs, por parte dos dirigentes das instituições.

Além disso, nunca chegou a ser elaborado um arquivo informático com informação detalhada, organizada e uniformizada de cada SGT no seio da UC. A documentação, ao longo dos anos, não teve uma manutenção cuidada, levando a perdas de informação, em alguns casos. A falta de manuais de apoio aos operadores foi uma situação constatada, por diversas vezes, ao longo do trabalho de campo executado nos diversos edifícios. Se existisse, através deste arquivo, deveria ser possível, a quem a ele tivesse acesso, obter informações de uma forma facilitada sobre uma dada característica ou funcionalidade do SGT em questão.

Finalmente, tendo em vista uma visão sintética do conjunto dos casos analisados, faz-se a identificação de um conjunto de requisitos a que a instalação de um SGT num edifício deveria obedecer, para caracterizar cada um dos casos analisados em função da distância a que se encontra do cumprimento desses requisitos. Enunciam-se a seguir, em função do ciclo de vida de um edifício até à fase operativa:

1. Inclusão do projeto do SGT no projeto de execução do edifício, como um projeto de especialidade em paridade com os demais;
2. Acompanhamento rigoroso da instalação por parte de um técnico especialista em gestão técnica, atuando em nome do futuro ocupante/dono da obra;
3. Após a conclusão da instalação do SGT e de forma a verificar a conformidade com as especificações funcionais, é importante a realização de uma receção deste sistema, por

parte da equipa de fiscalização da obra, que deverá incluir obrigatoriamente o técnico referido em 2.;

4. Formação técnica ao pessoal que será responsável pela gestão e operação do sistema no edifício. Estes responsáveis terão que possuir alguma qualificação nas áreas da mecânica ou da eletricidade e terão que ser escolhidos pela instituição;
5. Toda a documentação referente ao SGT, fornecida pela equipa responsável pela instalação do SGT, terá que ser incluída num repositório ou arquivo devidamente organizado;
6. Celebração de um contrato associado ao regime de manutenção do SGT.

A situação de cada caso analisado neste trabalho relativamente ao roteiro de boas práticas enunciado encontra-se na tabela 4.1, onde foram utilizados os seguintes acrónimos: SC para "Sem Conhecimento", NC para "Não Cumprido" e C para "Cumprido".

**Tabela 4.1:** Roteiro de boas práticas da instalação de um SGT aplicado aos edifícios da UC.

|                       | <b>FFUC</b> | <b>Central</b> | <b>ICNAS</b> | <b>DEEC</b> | <b>DEC</b> | <b>DEI</b> |
|-----------------------|-------------|----------------|--------------|-------------|------------|------------|
| <b>Primeiro Passo</b> | SC          | SC             | SC           | SC          | SC         | SC         |
| <b>Segundo Passo</b>  | SC          | SC             | SC           | SC          | SC         | SC         |
| <b>Terceiro Passo</b> | SC          | SC             | SC           | SC          | SC         | SC         |
| <b>Quarto Passo</b>   | NC          | NC             | C            | C           | NC         | SC         |
| <b>Quinto Passo</b>   | C           | C              | C            | C           | NC         | C          |
| <b>Sexto Passo</b>    | NC          | NC             | C            | NC          | NC         | NC         |

Em relação à inclusão dos projetos dos diversos SGTs nos projetos de execução dos edifícios, dado que não foi estabelecido nenhum contacto com a empresa responsável pela construção destes, não houve conhecimento desta prática em nenhum edifício. As conclusões obtidas neste primeiro passo são idênticas às obtidas nos dois seguintes passos, uma vez que não se teve conhecimento sobre a existência de algum acompanhamento, por parte de técnicos especialistas em gestão técnica, nem sobre a realização da receção dos sistemas em qualquer caso encontrado. A formação técnica fornecida ao pessoal responsável pela gestão e operação do SGT, apenas foi totalmente cumprida no ICNAS e no DEEC. No DEI não houve conhecimento sobre esta prática, uma vez que este edifício não foi muito explorado. Nos outros casos esta não foi cumprida de forma efetiva. Em relação à documentação referente aos SGTs, houve um cumprimento desta prática pela grande maioria dos casos encontrados, com a única exceção encontrada no DEC, onde não se encontrou nenhuma documentação importante para o funcionamento efetivo do SGT deste edifício. Por fim, o ICNAS tratou-se do único edifício com um contrato de manutenção do SGT celebrado. Todos os outros edifícios ainda não celebraram um contrato deste tipo.

# 5

## Conclusões e Trabalho Futuro

---

|                                      |           |
|--------------------------------------|-----------|
| <b>5.1 Trabalho Futuro . . . . .</b> | <b>51</b> |
|--------------------------------------|-----------|

---

Em conclusão, após um levantamento persistente e tão completo quanto o permitiram as condições encontradas e uma caracterização sistemática de todos os Sistemas de Gestão Técnica existentes nos edifícios da UC, é possível afirmar que o funcionamento de grande parte destes sistemas fica muito aquém das suas verdadeiras capacidades. Em relação aos edifícios identificados, conclui-se que existe uma grande disparidade, no que toca ao funcionamento de cada SGT, pelo facto de terem sido instalados em anos ou, nalguns casos, décadas diferentes, por empresas distintas e que, ao longo do tempo, foram operados e cuidados de forma *sui generis*. Com isto, podem-se definir quatro tipos de circunstâncias encontradas no funcionamento dos diversos SGTs: os que não funcionam, onde apenas se pode incluir o caso do DEI, apesar de terem existido algumas tentativas de o reativar; os que funcionam bem, nos casos do ICNAS e do DEEC, onde uma boa manutenção, bem como uma atenção permanente na operação e na definição de novas parametrizações, foram essenciais para o sucesso destes dois sistemas; os que têm um funcionamento médio, onde se insere a FFUC que, apesar da ausência de formação adequada e de manutenção, tem vindo, de certa forma, a cumprir, no sentido da poupança de energia, apesar de ter uma grande margem de evolução e um grande potencial de melhoria; e, por último, os que funcionam menos bem, os casos da Unidade Central e do DEC, onde, ora não se vai ao encontro da verdadeira definição de SGT, ora não é possível ter conhecimento das verdadeiras características e funcionalidades dos sistemas, devido à inexistência de documentação, refletindo falta de organização e falta de perceção da importância deste tipo de sistemas.

No geral, constatou-se que muitos dos operadores têm consciência do grande potencial dos SGTs, apesar de, muitas vezes, não terem a iniciativa, a disponibilidade ou a cobertura institucional para se instruírem, em relação às funcionalidades destes. Também se conclui que teria sido vantajoso ter estandardizado todos os SGTs existentes na UC, ou seja, a instalação destes sistemas poderia ter sido executada pela mesma empresa, ou, se não fosse possível, poderia-se ter optado por instalar SGTs da mesma marca, originando a possibilidade de se transferir informação referente à operação dos sistemas de edifício para edifício. A contratação de técnicos de manutenção especializados na área e comuns a todos os edifícios, também teria sido uma boa aposta no bom funcionamento geral dos SGTs.

Por fim, intenta-se que esta dissertação dê uma visão global sobre todos os SGTs existentes na UC, no que toca às suas características, funcionamento e situação atual, e que possa ser de utilidade para a gestão destes recursos, no sentido do aproveitamento mais racional possível do potencial instalado. Espera-se, também, que seja um ponto de partida para que, eventualmente um dia, se tenha um desempenho ideal de todos os SGTs presentes no seio da UC.

## 5.1 Trabalho Futuro

Num futuro próximo, pretende-se possibilitar, com base nesta dissertação e na pesquisa efetuada, o desenvolvimento de outras dissertações ou de outro tipo de atividades, com o intuito de se aprofundar o trabalho desenvolvido nos casos em que se observou um funcionamento menos bem sucedido. Assim, a investigação efetuada poderá tomar um domínio mais prático, sendo possível eliminar as barreiras encontradas e executar as oportunidades de intervenção propostas.

Num futuro, desta vez, um pouco mais distante, pretende-se incluir, neste levantamento, os edifícios dos SASUC (Serviços de Ação Social da Universidade de Coimbra), ainda que exista a possibilidade de não existir nenhum SGT instalado nestes edifícios. A possível organização de uma formação relativa ao funcionamento dos SGTs, por parte da iniciativa Energia para a Sustentabilidade seria uma excelente oportunidade para introduzir uma abordagem a este tema na UC. A instalação de novos SGTs, noutros edifícios, seria igualmente vantajosa, pretendendo esta dissertação ser uma plataforma de integração no tema e na situação atual da UC, em relação a este tipo de sistemas.

# Bibliografia

- [1] L. Shin-Ku, T. Min-Cheng, F. Kuo-Shun, Y. Kuan-Hsiung, and R. S. Horng, “Application of an energy management system in combination with FMCS to high energy consuming IT industries of Taiwan,” Energy Conversion and Management, 2011.
- [2] T. Nikolaou, D. Kolokotsa, and G. Stavrakakis. Technical University of Crete, 73100 Chania, Crete, Greece, <http://www.ibuilding.gr/handbook/chapter1.pdf>.
- [3] R. Nunes, “Integração de serviços para Edifícios Inteligentes,” Tese de Douturamento em Engenharia Electrotécnica e de Computadores, Instituto Superior Técnico, Julho 1995.
- [4] W. C. Turner and S. Doty, Energy Management Handbook. Fairmont Press, 6 ed., Julho 2006. 950 p.
- [5] M. Lockareff, “Lonworks - An Introduction.” Home Toys Article, 1996-2000.
- [6] P. M. Fernandes, “Aplicações Domóticas para Cidadãos com Paralisia Cerebral.” Universidade de Aveiro, 2001.
- [7] “Tecnologia X-10: Inteligência Distribuída em módulos.” Ingenium, Novembro 1996.
- [8] P. K. Wacks, “Introduction to the CEBUS Communication Protocol.” Home Toys Article, 1997.
- [9] D. C. Palma, “FEUP KNX - Domótica KNX/EIB de baixo custo,” Tese de Mestrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Março 2008.
- [10] S. Wang, Intelligent Buildings and Building Automation. Spon Press, 1 ed., Dezembro 2009.
- [11] “TAC Vista Server.” TAC, 2007.
- [12] “Manual de Configuração do Sistema.” Easycontrol, Unidade Central Pólo 3.
- [13] “Manual do Operador.” Sauter, ICNAS.

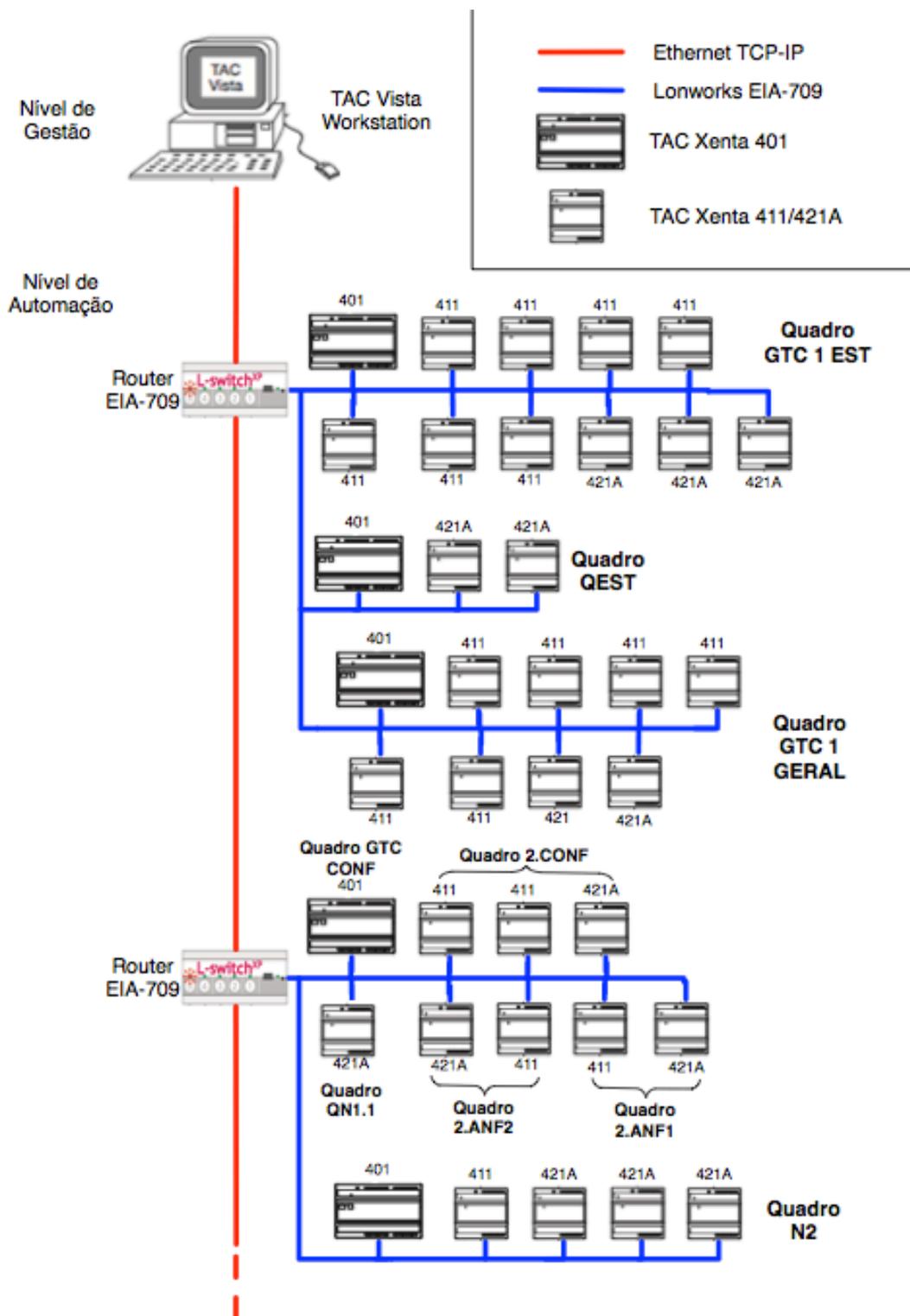
- [14] “The EY3600 from Sauter.” Sauter.
- [15] P. B. Mendes and F. B. Jesus, “AuDEEC - Automatização do Departamento de Engenharia Electrotécnica e de Computadores,” Relatório no âmbito da disciplina de Projecto para a obtenção da Licenciatura em Engenharia Electrotécnica e de Computadores, Universidade de Coimbra, Setembro 2006.
- [16] F. J. Pires and M. F. Bartolomeu, “AuDis - Automatização Distribuída da Utilização de Energia em Edifícios,” Relatório no âmbito da disciplina de Projecto para a obtenção da Licenciatura em Engenharia Electrotécnica e de Computadores, Universidade de Coimbra, Agosto 2001.
- [17] B. T. Sousa and R. M. Cação, “AEDEI - Automatização do Edifício do Departamento de Engenharia Informática,” Relatório no âmbito da disciplina de Projecto para a obtenção da Licenciatura em Engenharia Electrotécnica e de Computadores, Universidade de Coimbra, Outubro 2004.





# **Topologia de Rede do SGT da FFUC**

A topologia de rede completa encontra-se exposta nas figuras A.1, A.2 e A.3.



**Figura A.1:** Primeira Parte da Topologia de rede da FFUC.

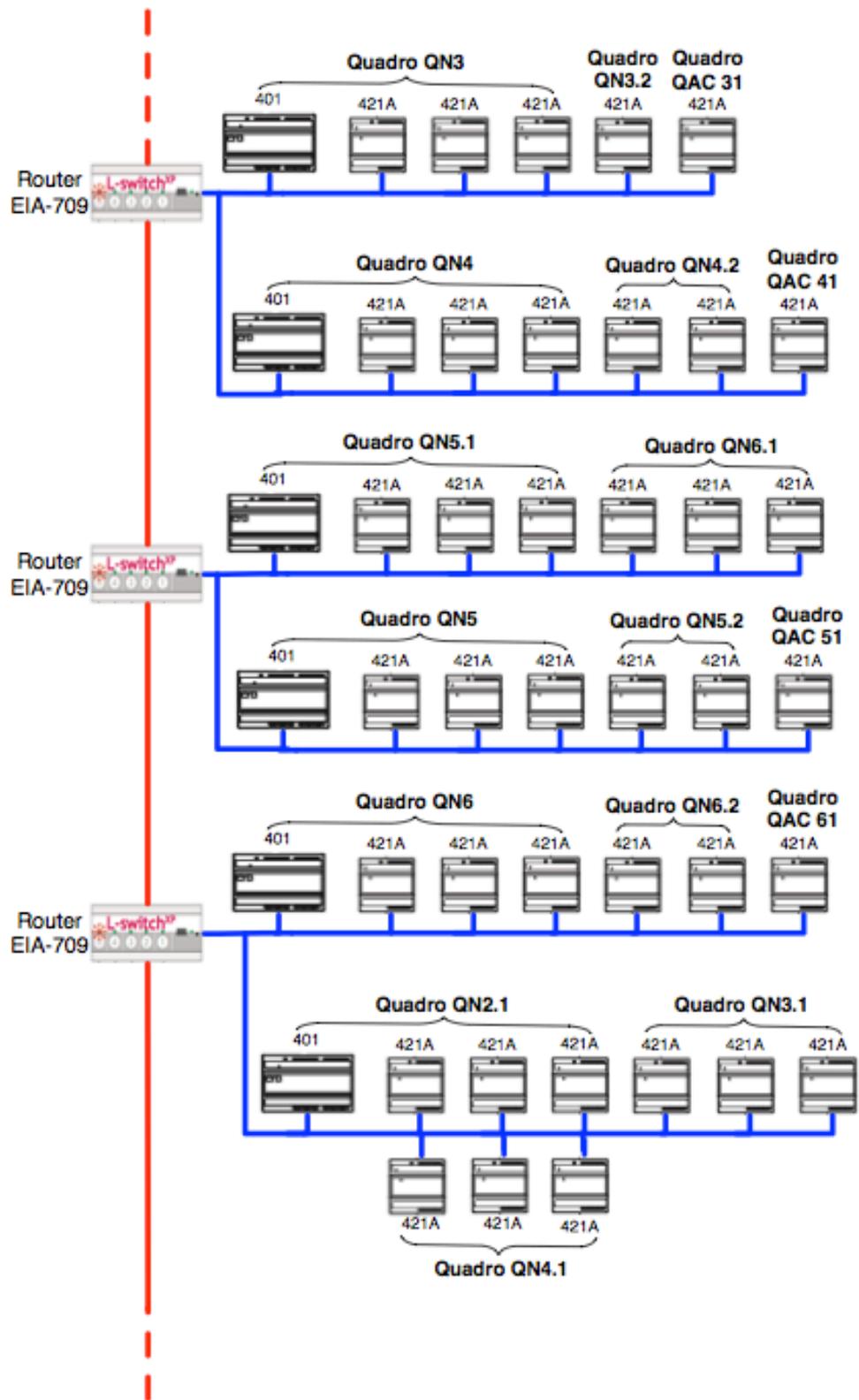
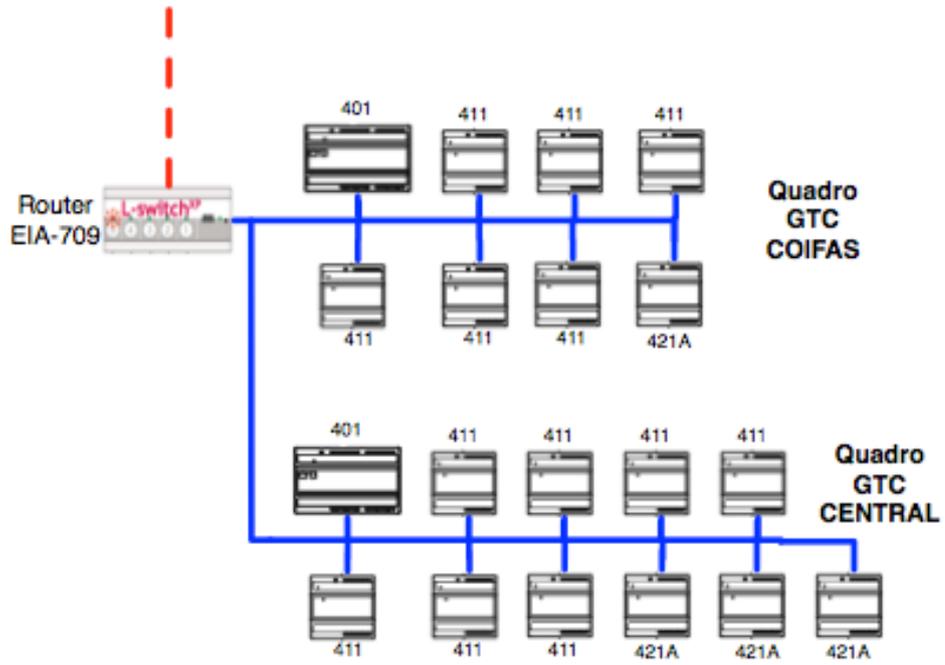


Figura A.2: Segunda Parte da Topologia de rede da FFUC.



**Figura A.3:** Terceira Parte da Topologia de rede da FFUC.

# B

## **Proposta de organização de arquivo e descrição dos arquivos existentes**

Os objetivos deste Apêndice passam por: elaborar uma proposta de arquivo organizado para um SGT genérico na UC, onde se inclui toda a informação essencial ao sistema e apresentar a estrutura do arquivo que efetivamente existe para os casos analisados. Esta proposta de arquivo poderá servir como modelo possível para a organização da documentação associada ao SGT de um edifício inserido na UC.

Na tabela C.1 apresenta-se a proposta de arquivo organizado para um SGT de um edifício da UC. Este encontra-se dividido em duas partes, incluindo na primeira toda a documentação específica da gestão técnica, enquanto a segunda inclui a documentação geral de importância para a gestão técnica. As entradas "Outras" correspondem às especificidades de um edifício em termos de "Peças Desenhadas" e "Peças Escritas".

**Tabela B.1:** Proposta de Arquivo Organizado de um SGT na UC.

| <b>Primeira Parte</b>                   |
|---|
| 1. Diagramas de Rede                    |
| 2. Documentação Técnica                 |
| 3. Listas de Pontos                     |
| 4. Manuais                              |
|   |
| <b>Segunda Parte</b>                    |
| 1. Peças Desenhadas                     |
| 1.1. Águas e Incêndio                   |
| 1.2. Arquitetura                        |
| 1.3. AVAC                               |
| 1.4. Gás                                |
| 1.5. Instalações Elétricas              |
| 1.6. Outras                             |
| 2. Peças Escritas                       |
| 2.1. Águas e Esgotos                    |
| 2.2. Arquitetura                        |
| 2.3. AVAC                               |
| 2.4. Instalações Elétricas              |
| 2.5. Manual de Manutenção e Conservação |
| 2.6. Outras                             |

Na tabela C.2 apresenta-se a interseção da proposta de arquivo organizado com a documentação facultada para cada edifício analisado.

**Tabela B.2:** Relação entre a Proposta de Arquivo Organizado de um SGT e a documentação facultada para cada edifício da UC analisado.

| <b>Primeira Parte</b>                   | <b>FFUC</b> | <b>Central</b> | <b>ICNAS</b> | <b>DEEC</b> | <b>DEC</b> | <b>DEI</b> |
|---|-------------|----------------|--------------|-------------|------------|------------|
| 1. Diagramas de Rede                    | X           | X              | X            | X           | X          |            |
| 2. Documentação Técnica                 | X           | X              | X            | X           | X          | X          |
| 3. Listas de Pontos                     | X           | X              | X            | X           |            | X          |
| 4. Manuais                              | X           | X              | X            | X           |            |            |
| <b>Segunda Parte</b>                    |             |                |              |             |            |            |
| 1. Peças Desenhadas                     |             |                |              |             |            |            |
| 1.1. Águas e Incêndio                   | X           | X              |              |             |            |            |
| 1.2. Arquitetura                        | X           | X              |              |             |            | X          |
| 1.3. AVAC                               | X           | X              | X            |             | X          |            |
| 1.4. Gás                                | X           | X              |              |             |            |            |
| 1.5. Instalações Elétricas              | X           | X              |              |             |            |            |
| 1.6. Outras                             | X           | X              |              |             |            |            |
| 2. Peças Escritas                       |             |                |              |             |            |            |
| 2.1. Águas e Esgotos                    | X           | X              |              |             |            |            |
| 2.2. Arquitetura                        | X           | X              |              |             |            |            |
| 2.3. AVAC                               | X           | X              |              |             |            |            |
| 2.4. Instalações Elétricas              | X           | X              |              |             |            |            |
| 2.5. Manual de Manutenção e Conservação | X           | X              |              |             |            |            |
| 2.6. Outras                             | X           | X              |              |             |            |            |

**Nota 1:** As peças desenhadas e escritas que foram facultadas para a realização deste trabalho foram, maioritariamente, as que foi possível mobilizar em suporte eletrónico. Elas existem, seguramente, em outros suportes nalgum arquivo na UC.

Deixa-se a sugestão de que os responsáveis pela gestão técnica de cada edifício possam ter acesso *online* a algum repositório deste tipo de documentos, dada a evidente vantagem na deteção de problemas ou elaboração de propostas de planeamento de melhoramentos nas instalações.

**Nota 2:** As páginas seguintes contêm o índice do arquivo eletrónico da documentação existente para os diversos edifícios analisados, seguindo uma estrutura que está condicionada à forma como as fontes de informação estavam, elas próprias, organizadas. Pretende-se, assim, facilitar a consulta futura desta informação.

## **B.1 Faculdade de Farmácia da Universidade de Coimbra**

- 1. Diagramas de Rede**
- 2. Documentação Técnica**
- 3. Listas de Pontos do SGT**
- 4. Manuais do SGT**
  - 4.1 Manual de Operação**
  - 4.2 Manual de Utilização do TAC Vista**
- 5. Peças Desenhadas**
  - 5.1 Águas e Incêndio**
  - 5.2 Arquitetura**
  - 5.3 AVAC**
    - i. Esquemas Unifilares**
    - ii. Relatórios de Ensaios dos Quadros**
    - iii. Telas Finais de Aeraulica**
    - iv. Telas Finais de Hidráulica**
  - 5.4 Instalações Elétricas**
    - i. Alimentadores - Redes (N-E)**
    - ii. Alimentadores Específicos**
    - iii. Caminhos de Cabos**
    - iv. Controlo de Acessos**
    - v. Detecção de Gás Combustível**
    - vi. Detecção de Incêndios**
    - vii. Detecção de Monóxido de Carbono**
    - viii. Iluminação de Emergência**
    - ix. Iluminação Normal**
    - x. Posto de Transformação**
    - xi. Plantas**
    - xii. Quadros Elétricos**
    - xiii. Rede Estruturada**
    - xiv. Redes de Terras**
    - xv. Tomadas**

## **5.5 Gás**

# **6. Peças Escritas**

## **6.1 Águas e Esgotos**

## **6.2 Arquitetura**

## **6.3 AVAC**

### **i. *Chiller***

### **ii. Esquemas**

### **iii. Relatórios de Ensaios**

## **6.4 Instalações Elétricas**

### **i. Central Telefónica**

### **ii. Certificação da Rede Estruturada**

## **6.5 Fundações e Estruturas**

## **6.6 Manual de Manutenção e Conservação**

## **B.2 Unidade Central do Pólo 3**

### **1. Diagramas de Rede**

### **2. Documentação Técnica**

### **3. Listas de Pontos do SGT**

### **4. Manuais do SGT**

#### **4.1 Manual de Configuração do Sistema**

#### **4.2 Manual de Configuração do *Touch Screen***

#### **4.3 Manual do Utilizador *Satchwell***

### **5. Peças Desenhadas**

#### **5.1 Águas e Incêndio**

#### **5.2 Arquitetura**

##### **i. Implantação**

##### **ii. Plantas**

#### **5.3 AVAC**

#### **5.4 Instalações Elétricas**

##### **i. Diagramas de Alimentadores**

##### **ii. Instalações do Auditório**

##### **iii. Caminho de Cabos**

##### **iv. Detecção de Incêndios**

##### **v. Detecção de Intrusão**

##### **vi. Grupo de Emergência**

##### **vii. Iluminação**

##### **viii. Quadros Elétricos**

##### **ix. Redes de Terras**

##### **x. Instalação Telefónica**

##### **xi. Tomadas**

#### **5.5 Gás**

#### **5.6 Estruturas**

### **6. Peças Escritas**

#### **6.1 Águas e Esgotos**

## **6.2 Arquitetura**

### **6.3 AVAC**

- i. Manual de Condução e Utilização das Instalações**
- ii. Mapas de Medições**
- iii. Quadros Elétricos**
- iv. Equipamentos**
  - A. Bombas Circuladoras**
  - B. Caldeiras**
  - C. *Chiller***
  - D. Difusores e Grelhas**
  - E. Registos**
  - F. Silenciadores**
  - G. Sistema de Tratamento de Água**
  - H. UTAs**
  - I. Vaso de Expansão**
  - J. Valvularia**
  - K. Ventiladores**
  - L. Ventiloconvectores**

### **6.4 Instalações Elétricas**

- i. Bateria de Condensadores**
- ii. Central de Alarme contra Roubo e Intrusão**
- iii. Central de CCTV**
- iv. Central de Detecção de Incêndios**
- v. Central de Detecção de Monóxido de Carbono**
- vi. Certificação da Rede Estruturada**
- vii. Controlo**
- viii. Elevadores**
- ix. Ensaios de Rede ITED**
- x. Grupo gerador**
- xi. Iluminação de Emergência**

### **6.5 Gás**

### **6.6 Fundações e Estruturas**

### **6.7 Manual de Manutenção e Conservação**

## **B.3 Instituto de Ciências Nucleares Aplicadas à Saúde**

- 1. Diagramas de Rede**
- 2. Documentação Técnica**
- 3. Listas de Pontos do SGT**
- 4. Manuais do SGT**
  - 4.1 Manual do Operador**
  - 4.2 Manual de Operação**
  - 4.3 Manual e Descrição de Funcionamento**
- 5. Peças Desenhadas**
  - 5.1 AVAC**

## **B.4 Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores**

**1. Diagramas de Rede**

**2. Documentação Técnica**

**3. Listas de Pontos do SGT**

**4. Manuais do SGT**

**4.1 Manual do Utilizador**

**4.2 Manual de Implementação do TSX 3705**

**4.3 Manual de Implementação do TSX *Quantum***

## **B.5 Departamento de Engenharia Civil**

- 1. Diagramas de Rede**
- 2. Documentação Técnica**
- 3. Peças Desenhadas**
  - 3.1 AVAC**

## **B.6 Departamento de Engenharia Informática**

- 1. Documentação Técnica**
- 2. Listas de Pontos do SGT**
- 3. Peças Desenhadas**
  - 3.1 Arquitetura**

