

1 2



9 0

UNIVERSIDADE DE  
**COIMBRA**

Elisabete Urbano dos Santos

**SISTEMA DE GESTÃO TÉCNICA DA  
FACULDADE DE FARMÁCIA DA  
UNIVERSIDADE DE COIMBRA**

Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia  
Eletrotécnica e de Computadores, área de especialização em Energia  
orientada pelo Professor Doutor António Manuel Oliveira Gomes Martins  
e coorientada pelo Professor Doutor Humberto Manuel Matos Jorge,  
apresentada ao Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de  
Computadores da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de  
Coimbra

setembro de 2019





UNIVERSIDADE D  
COIMBRA

## **Sistema de Gestão Técnica da Faculdade de Farmácia da Universidade de Coimbra**

Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, área de especialização em Energia orientada pelo Professor Doutor António Manuel Oliveira Gomes Martins e coorientada pelo Professor Doutor Humberto Manuel Matos Jorge, apresentada ao Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra

**Autor**

**Elisabete Urbano dos Santos**

**Orientador**

**Professor Doutor António Manuel Oliveira Gomes Martins**

**Coorientador**

**Professor Doutor Humberto Manuel Matos Jorge**

**Júri**

|                   |   |
|-------------------|---|
| <b>Presidente</b> | <b>Professor Doutor Álvaro Filipe Peixoto Cardoso de Oliveira<br/>Gomes</b><br>Professor Auxiliar da Universidade de Coimbra            |
| <b>Orientador</b> | <b>Professor Doutor António Manuel Oliveira Gomes Martins</b><br>Professor Catedrático da Universidade de Coimbra                       |
| <b>Vogal</b>      | <b>Professor Doutor Paulo Filipe de Almeida Ferreira Tavares</b><br>Professor Adjunto do Instituto Superior de Engenharia de<br>Coimbra |

---

Coimbra, setembro de 2019



“Education is the most powerful weapon which you can use to  
change the world.”

Nelson Mandela



## Agradecimentos

O fim do meu percurso académico, tão ansiado durante tanto tempo, e que um dia irá parecer uma pequena etapa da minha vida, não seria possível sem algumas pessoas, às quais deixo o meu sincero obrigado.

No decorrer da realização da dissertação, foi fundamental o apoio constante do meu orientador, Professor Doutor António Gomes Martins, que foi um orientador na verdadeira acepção da palavra. Ao meu coorientador, o Professor Humberto Jorge, agradeço igualmente os sábios conselhos e a disponibilidade desde sempre.

Deixo o meu agradecimento ao Professor Doutor Francisco Veiga e Professor Doutor Rui Barbosa, da FFUC, pela disponibilidade com que fui recebida. Um bem-haja igualmente a todos os colaboradores da FFUC, ao Daniel Lopes, Daniel Pedrosa, Isabel Afonso e Arlindo Oliveira, pela ajuda prestada e pela amabilidade.

À Marta, por todos estes anos de vivências em comum, e que assim perdure. A todos os meus amigos do DEEC, de Fermentelos e de Coimbra, agradeço todas as partilhas, todos os conselhos, a amizade, entre-ajuda e alegria que trazem aos meus dias.

Agradeço ao Pedro Pintor a paciência, a crítica, a teimosia, a preocupação e o carinho, que me desafiam sempre a seguir em frente, seja qual for o destino.

À CCQ – à Rita, à Sara, à Bruna e à Ana Filipa. Seria alguém tão mais pobre de espírito se não vos tivesse na minha vida (da vossa eterna, estrela em ascensão).

Aos meus pais, nunca nenhum agradecimento será demais. São as pessoas que, sem dúvida alguma, mais se sacrificaram e lutaram para me proporcionar tudo e que sustentaram a possibilidade de atingir todos os meus objetivos. À minha mãe, agradeço tudo o que me ensinou, tudo o que me ensina e o que vai tentar ensinar no futuro, todas as vezes sem o reconhecimento que lhe é devido. Quanto ao meu pai, sou grata por ser filha do homem mais honesto e íntegro que conheço. Agradeço-vos ainda os valores e a educação. Agradeço ao meu irmão a pessoa que ele é, que me permite todos os dias olhar o mundo de um ponto de vista diferente.

À Académica, por me ter descoberto a mim própria e por ter feito de mim a pessoa que sou hoje.



## Resumo

A evolução da tecnologia assumiu, desde sempre, um impacto importante na sociedade e no dia-a-dia. A eficiência energética é também uma consequência da utilização maciça de várias fontes de energia e da crescente consciencialização sobre a forma como estas são geridas. Nos edifícios, pressupõe-se o aumento da automatização dos sistemas e de uma utilização mais criteriosa dos recursos naturais existentes, aliados a uma crescente diminuição dos consumos e do impacto ambiental. Os Sistemas de Gestão Técnica permitem a integração dos vários sistemas de um edifício, permitindo aos operadores a configuração e o controlo dos mesmos a partir de um único ponto base, bem como a aquisição de dados, muitas vezes em tempo real, facilitando a análise dos consumos e a tomada de decisão. Toda esta informação permite garantir cada vez mais o conforto dos ocupantes de um edifício. O sistema de iluminação artificial representa grande parte da energia consumida num edifício, tornando-se um dos principais alvos na procura da eficiência energética. O aproveitamento da luz natural é pois uma das medidas que permite obter um sistema energeticamente eficiente.

A Universidade de Coimbra, na vanguarda da tecnologia, tem optado pela instalação de Sistemas de Gestão Técnica num número cada vez maior de edifícios. A Faculdade de Farmácia é um destes edifícios. Esta dissertação centra-se essencialmente no controlo automático do sistema de iluminação, através do aproveitamento da luz natural e do controlo por deteção de ocupação. A situação atual do edifício permitiu concluir que este carece de bastantes medidas de eficiência energética, tendo assim um grande potencial de exploração para o trabalho e, principalmente, de redução de consumos. Após o reconhecimento do edifício, dos seus horários de ocupação e do SGT, foram feitas diversas medições em locais estrategicamente definidos. Foram estudados quais os níveis de iluminância essenciais para garantir o conforto visual dos ocupantes nos espaços de circulação do edifício, bem como a solução mais eficiente a adotar no período noturno. As propostas de implementação foram analisadas financeiramente, deixando também a orientação para a sua programação no SGT.

**Palavras-chave:** Sistema de Gestão Técnica, TAC Vista, Luz Natural, Deteção de Ocupação, Eficiência Energética, Sistema de Iluminação.



## **Abstract**

The evolution of technology has always assumed an important impact on society and our daily lives. Energy efficiency is also a consequence of the massive use of various energy sources and of the growing awareness of how they are managed. In buildings, the automation of the systems is assumed through the use of various techniques and a careful management of existing natural resources, coupled with a growing decrease in consumption and environmental impact. Building Management Systems allow the integration of the various systems of a building, allowing operators to configure and control them from a single base point, as well as data acquisition, often in real time, facilitating analysis of consumption and decision making. All this information makes it increasingly possible to ensure the comfort of the occupants of a building. Lighting system represent a large part of the energy consumed in a building, making it one of the main targets in the search for energy efficiency. The use of natural light is therefore one of the measures that allows to obtain an energy efficient system.

The University of Coimbra, at the forefront of technology, chooses to install Building Management Systems in an increasing number of buildings. The Faculty of Pharmacy is one of these buildings. This dissertation focuses essentially on the automatic control of the lighting system through the use of natural light and occupancy detection control. The current situation of the building has led to the conclusion that it lacks many energy efficiency measures, thus having a great energy saving potential. After recognition of the building, its occupancy schedules and the BMS, several measurements were made at strategically defined locations. The light levels essential to ensure the visual comfort of the occupants in the building's circulation spaces were studied, as well as the most efficient solution to adopt at night. Implementation proposals were reviewed financially, leaving guidance for their programming in the BMS.

**Keywords** Building Management Systems, TAC Vista, Natural light, Occupancy Detection, Energy Efficiency, Lighting System.



# Índice

|  |      |
|--|------|
| Índice de Figuras.....   | xi   |
| Índice de Tabelas .....  | xiii |
| Lista de Acrónimos .....   | xv   |
| 1. Introdução.....   | 3    |
| 1.1. Enquadramento.....  | 3    |
| 1.2. Objetivos .....   | 3    |
| 1.3. Metodologia.....  | 4    |
| 1.4. Estrutura da dissertação .....                                  | 5    |
| 2. Sistemas de Gestão Técnica.....                                   | 7    |
| 2.1. Gestão Técnica Centralizada.....                                | 7    |
| 2.2. Sistemas de Gestão Técnica - Arquitetura .....                  | 9    |
| 3. Apresentação do Estudo de Caso .....                              | 14   |
| 3.1. Caracterização do estudo de caso .....                          | 14   |
| 3.2. SGT da FFUC.....  | 14   |
| 3.3. Condições do SGT .....  | 15   |
| 4. Controlo Automático do Sistema de Iluminação .....                | 18   |
| 4.1. Estado da Arte .....  | 18   |
| 4.1.1. Sistema de Iluminação do edifício.....                        | 20   |
| 4.1.2. Potencial de poupança do edifício .....                       | 23   |
| 4.1.3. Medidas de eficiência energética integrando luz natural.....  | 24   |
| 4.1.4. Aquisição de Dados .....                                      | 28   |
| 4.1.5. Cálculo Luminotécnico e estudo da poupança energética .....   | 39   |
| 4.2. Detecção de Ocupação.....                                       | 42   |
| 4.2.1. Motivação para a implementação de detetores de ocupação ..... | 42   |
| 4.2.2. Processo de implementação .....                               | 43   |
| 4.2.3. Análise do investimento.....                                  | 47   |
| 5. O <i>Software</i> TAC VISTA .....                                 | 50   |
| 5.1. Produtos TAC.....   | 50   |
| 5.2. Intervenção no SGT .....  | 53   |
| 5.3. Função de submedida.....  | 53   |
| 6. Realização de testes no SGT.....                                  | 58   |
| 6.1. Especificação dos testes .....                                  | 58   |
| 6.2. Caderno de verificação dos testes.....                          | 58   |
| 7. Conclusões e Trabalho Futuro .....                                | 60   |
| 7.1. Conclusões .....  | 60   |
| 7.2. Trabalho Futuro .....   | 61   |
| 8. Referências Bibliográficas.....                                   | 62   |
| ANEXO I.....   | 65   |
| TAC Vista - Arquitectura.....  | 65   |

|  |    |
|--|----|
| TAbelas de reserva dos controladores .....   | 66 |
| APÊNDICE A .....                             | 71 |
| Registos de iluminância .....                | 71 |
| Sensor de Luminosidade HOBO .....            | 76 |
| APÊNDICE B .....                             | 80 |
| Implementação de detetores de ocupação.....  | 80 |
| APÊNDICE C .....                             | 86 |
| Caderno de Verificação de testes .....       | 86 |
| APÊNDICE D .....                             | 90 |
| Implementação de registo de tendências ..... | 90 |

## Índice de Figuras

|  |    |
|--|----|
| Figura 1 - Indicadores de impactos nos edifícios a nível global. ....                                      | 7  |
| Figura 2 - Funcionalidades dos Sistemas de Gestão Técnica. ....  | 8  |
| Figura 3 - Relação nível de iluminância e temperatura de cor da lâmpada para o conforto ambiental. ....    | 27 |
| Figura 4 - Valores de iluminância obtidos no piso 3 da FFUC. ....  | 30 |
| Figura 5 - Valores de iluminância obtidos no piso 4 da FFUC. ....  | 30 |
| Figura 6 - Valores de iluminância obtidos no piso 5 da FFUC. ....  | 31 |
| Figura 7 - Valores de iluminância obtidos no piso 6 da FFUC. ....  | 31 |
| Figura 8 - Valores de iluminância obtidos nas escadas do piso 4 da FFUC. ....                              | 32 |
| Figura 9 - Valores de iluminância obtidos nas escadas do piso 5 da FFUC. ....                              | 32 |
| Figura 10 - Valores de iluminância obtidos nas escadas do piso 6 da FFUC. ....                             | 32 |
| Figura 11 - Valores de iluminância obtidos na cobertura da FFUC. ....                                      | 33 |
| Figura 12 - Curva característica – Medição na cobertura. ....  | 34 |
| Figura 13 - Medição no piso 6 da FFUC em função da iluminância exterior. ....                              | 35 |
| Figura 14 - Medição no piso 5 da FFUC em função da iluminância exterior. ....                              | 36 |
| Figura 15 - Medição no piso 4 da FFUC em função da iluminância exterior. ....                              | 36 |
| Figura 16 - Critério de Histerese. ....  | 37 |
| Figura 17 - Horas de sol por mês em Coimbra. ....  | 39 |
| Figura 18 - Exemplo de ligação de um sensor com contacto de saída seco. ....                               | 44 |
| Figura 20 a) Detetor de teto e respetivo diagrama de alcance. ....   | 45 |
| Figura 20 b) Detetor de parede e respetivo diagrama de alcance. ....                                       | 45 |
| Figura 21 - Ambiente gráfico TAC Vista Workstation na FFUC. ....   | 51 |
| Figura 22 - Painel referente ao quadro elétrico QN4.1, servindo de exemplo para os restantes quadros. .... | 52 |
| Figura 23 - Contador ACTARIS SL700 e detalhe dos bornes de ligação . ....                                  | 55 |
| Figura 24 - Contador ME4zrt. ....  | 55 |
| Figura 25 - Arquitectura genérica do sistema TAC Vista. ....   | 65 |
| Figura 26 - Localização da fotocélula na cobertura. ....   | 71 |
| Figura 27 - Interface ótica para transferência de dados. ....  | 76 |
| Figura 28 - Montagem do sensor para aquisição de dados. ....   | 76 |
| Figura 29 - Aquisição de dados no HOBOWARE. ....   | 77 |

|   |    |
|---|----|
| Figura 30 - Alcance do sensor face ao olho humano.....                                      | 78 |
| Figura 31 - Desenho esquemático da implementação dos detetores no piso 2.....               | 83 |
| Figura 32 - Desenho esquemático da implementação dos detetores no piso 6.....               | 84 |
| Figura 33 - Seleção da opção "Create Server Log".....                                       | 90 |
| Figura 34 - Create Trend Log Wizard. ....   | 91 |
| Figura 35 - Trend Log Profile. ....   | 91 |
| Figura 36 - Trend Log Parameters. ....  | 92 |
| Figura 37 - Define Trend Log Profile.....   | 93 |
| Figura 38 - Trend Chart. ....   | 93 |
| Figura 39 - Vista do Gráfico e Registo de Tendência. ....                                   | 94 |
| Figura 40 - LOG LumLog .....  | 95 |
| Figura 41 - Gráfico e Folha de cálculo referente aos dados adquiridos pela fotocélula. .... | 95 |

## Índice de Tabelas

|  |    |
|--|----|
| Tabela 1 - Valores máximos de densidade de potência de iluminação (DPI).....   | 20 |
| Tabela 2 - Características das lâmpadas da Philips e OSRAM presentes na FFUC.....  | 21 |
| Tabela 3 - Informações gerais sobre a iluminação nos espaços da FFUC. ....   | 23 |
| Tabela 4 - Relação entre temperatura de cor e locais a que se destina a fonte de luz. ....   | 27 |
| Tabela 5 - Níveis de iluminância recomendados para interiores.....   | 28 |
| Tabela 6 - Controlo do sistema de iluminação com integração de luz natural.....  | 38 |
| Tabela 7 - Extrapolação da luz natural disponível (por dia) com conforto.....  | 40 |
| Tabela 8 - Potência das luminárias dos pisos 4, 5 e 6.....   | 41 |
| Tabela 9 - Poupança energética obtida pela integração da luz natural. ....   | 41 |
| Tabela 10 - Funções mínimas a adotar em sistemas de iluminação a instalar em edifícios<br>novos e em edifícios sujeitos a grande intervenção. .... | 42 |
| Tabela 11 - Reservas dos controladores destinadas à ligação dos detetores de ocupação. ...   | 46 |
| Tabela 12 - Consumo das luminárias presentes nas escadas.....  | 47 |
| Tabela 13 - Consumo das luminárias presentes em cada um dos pisos 4, 5 e 6.....  | 48 |
| Tabela 14 - Poupança anual com a implementação de detetores de ocupação. ....  | 48 |
| Tabela 15 - Identificação dos contadores do SGT.....   | 56 |
| Tabela 16 - Reservas do Quadro GTC_1_EST. ....   | 66 |
| Tabela 17 - Reservas do Quadro GTC_1_Geral.....  | 67 |
| Tabela 18 - Reservas do Quadro GTC_Anf_1 e GTC_Anf_2. ....   | 67 |
| Tabela 19 - Reservas do Quadro GTC_Conf. ....  | 68 |
| Tabela 20 - Reservas do Quadro QN_1.1. ....  | 68 |
| Tabela 21 - Reservas do Quadro GTC_Central.....  | 68 |
| Tabela 22 - Reservas do quadro GTC_Coifas. ....  | 69 |
| Tabela 23 - Dados Recolhidos pelo sensor HOBO na cobertura e respetivo valor da<br>fotocélula. ....  | 72 |
| Tabela 24 - Dados Recolhidos pelo sensor HOBO no piso 6 e respetivo valor da fotocélula.<br>.....  | 73 |
| Tabela 25 - Dados Recolhidos pelo sensor HOBO no piso 5 e respetivo valor da fotocélula.<br>.....  | 74 |
| Tabela 26 - Dados Recolhidos pelo sensor HOBO no piso 4 e respetivo valor da fotocélula.<br>.....  | 75 |
| Tabela 27 - Colocação de detetores em corredor de circulação sem contribuição de luz<br>natural. ....  | 80 |

|  |    |
|--|----|
| Tabela 28 -Colocação de detetores em locais com controlo por iluminação natural e<br>deteção de presença – Escadas. ....         | 81 |
| Tabela 29 - Colocação de detetores em locais com controlo por iluminação natural e<br>deteção de presença – Pisos 4, 5 e 6. .... | 81 |
| Tabela 30 - Lista de material destinado à implementação dos detetores de ocupação.....   | 82 |
| Tabela 31 - Orçamento previsto para a implementação dos detetores de ocupação. ....  | 82 |

## Lista de Acrónimos

ARCnet - *Attached Resource Computer Network*

AVAC – Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado

BMS – *Building Management System*

CDI – Central de Detecção de Incêndio

DALI – *Digital Addressable Lighting Interface*

DDC – *Display Data Channel*

DIN – *Deutsche Industrie Norm*

DPI – Densidade de Potência de Iluminação

EIB – *European Instalation Bus*

FD – Fator de controlo por Disponibilidade de luz natural

FDDI - *Fiber Distributed Data Interface*

FFUC – Faculdade de Farmácia da Universidade de Coimbra

FO – Fator de controlo por Ocupação

GES – Grande edifício de comércio e serviços

GTC – Gestão Técnica Centralizada

IP – *Internet Protocol*

IR – *Infrared radiation*

KNX - *Konnex*

LAN – *Local Area Network*

LONWorks – *Local Operating Network*

MAN – *Metropolitan Area Network*

Mbus – *Meter-bus*

NA – Normalmente Aberto

NF – Normalmente Fechado

NIC – *Network Interface Card*

OLE – *Object Linking and Embedding*

OPC – *OLE for Process Control*

PC – *Personal Computer*

PES – Pequeno edifício de comércio e serviços

PIR - *Passive infrared*

PLC - *Programmable logical controller*

SGE – Sistema de Gestão de Energia

SGESA – Serviço de Gestão do Edificado, Segurança e Ambiente da administração da Universidade de Coimbra

SGT – Sistema de Gestão Técnica

SGTA – Sistemas de Gestão Técnica e Automação

TC – Transformador de corrente

TCP – *Transmission Control Protocol*

UC – Universidade de Coimbra

USB – *Universal Serial Bus*

UTA – Unidade de Tratamento de Ar

WAN – *Wide Area Network*

---

# Capítulo I

## Introdução



# **1. INTRODUÇÃO**

## **1.1. Enquadramento**

O projeto de otimização do Sistema de Gestão Técnica do edifício da Faculdade de Farmácia da Universidade de Coimbra tem sido abordado ao longo de anos anteriores, sendo necessário dar continuidade a esse trabalho. O SGT existente na FFUC é dos mais completos existentes em edifícios da Universidade de Coimbra, sendo passível de ser explorado e melhorado, permitindo uma melhor satisfação das necessidades dos ocupantes com vista à melhoria da eficiência energética e a uma gestão sustentável do edifício.

O edifício da Faculdade de Farmácia é uma estrutura complexa, composta de vários subsistemas que vão para além dos convencionais na maior parte dos edifícios de serviços, principalmente devido à existência de instalações laboratoriais com requisitos especiais. Possui um sistema de gestão técnica, cuja abrangência relativamente aos subsistemas do edifício pode ser ampliada com vantagens, e que, à data, ainda não integra a função de representação de consumos de energia nem de água.

O SGT foi já alvo de análise e intervenção, nomeadamente no sistema de iluminação e no sistema de alarme e deteção de incêndios. Além da iluminação interior existem diversos equipamentos consumidores de energia, como os sistemas de Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado, as unidades de frio, os elevadores, bombas de água e ainda as câmaras frigoríficas de cada piso. Os trabalhos anteriores incidiram também na recolha de dados importantes para a análise de todo o sistema e na implementação de novas funcionalidades, como é o caso das contagens parciais de consumos de eletricidade. O registo dos consumos de energia revela-se fundamental para a gestão de energia do edifício e para uma correta utilização e exploração das funcionalidades do SGT existente.

## **1.2. Objetivos**

A presente dissertação tem como objetivo final e geral a melhoria do desempenho do SGT da FFUC, deixando orientações para progressos futuros e ainda uma base de informação que permita dotar qualquer futuro mestrando ou utilizador do SGT de informação e de um arquivo necessário à compreensão do SGT. Para o conhecimento e

caracterização do SGT foi essencial investigar toda a informação existente até à data referenciada em [1] [2] [3] [4].

O trabalho desenvolvido incidiu principalmente no sistema de iluminação. O objetivo foi integrar medidas de eficiência energética no controlo automático do sistema de iluminação, e para isso foi necessário:

- Levantamento das principais lacunas no SGT, do seu estado de funcionamento e do potencial de exploração e otimização;
- Integração da luz natural, com controlo por nível de iluminância adequado ao interior do edifício e por temporizador;
- Implementação de controlo por deteção de ocupação nos espaços de circulação;
- Avaliação do impacto financeiro das medidas acima descritas;
- Orientação para a implementação no *software* do SGT e para testes de robustez das medidas a implementar.

### **1.3. Metodologia**

A dissertação explora o SGT do edifício da Faculdade de Farmácia. Nesse sentido, o primeiro passo para o desenvolvimento do trabalho foi o diálogo entre orientanda, orientadores e a FFUC, na pessoa do Professor Doutor Rui Barbosa, e também o Sr. Daniel Lopes, responsável pelos serviços informáticos. Em conjunto, foi-se concluindo qual o ponto de situação atual do SGT, as especificidades do edifício e os principais problemas. Foram elaboradas diretrizes para os principais objetivos da dissertação.

O reconhecimento do SGT e do edifício foi feito através da observação de vários registos da FFUC como peças desenhadas e informações sobre o SGT, através do reconhecimento no local com a observação do SGT, do sensor de iluminância na cobertura, dos principais locais onde poderia ser efetuado o aproveitamento da luz natural e da ocupação do edifício. No reconhecimento do SGT foi analisada a *workstation*, os quadros elétricos do edifício e os quadros dos controladores TACXenta. Em diálogo com os colaboradores, foi realizado um levantamento dos horários e das rotinas letivas.

Através da disponibilidade de utilização do sensor de iluminância HOBO, portátil, seguiram-se várias medições em locais estratégicos do edifício, utilizando o *software* HOBOWARE para análise dos dados. Para obter uma relação com os dados da fotocélula da cobertura, foi explorado, no SGT uma função que permitisse captar os dados ao longo do

tempo. A partir dos conhecimentos adquiridos e dos dados recolhidos foi possível compreender o potencial de poupança energética do edifício, através da integração da luz natural e da instalação de detetores de ocupação como ações prioritárias e com impacto forte e rápido nos custos associados à iluminação artificial do edifício. Após a implementação das soluções e a integração efetiva das mesmas no SGT, este estará munido de mais e melhores indicadores para uma tomada de decisão mais direcionada e eficiente.

## **1.4. Estrutura da dissertação**

O documento está organizado em sete capítulos. Inicialmente, é feito um enquadramento a toda a dissertação, neste capítulo I. O segundo capítulo aborda os Sistemas de Gestão Técnica, a sua evolução, a sua arquitetura e funções, especificando o conceito de Gestão Técnica Centralizada.

O Capítulo III explica o estudo de caso, o Sistema de Gestão Técnica da Faculdade de Farmácia da Universidade de Coimbra, referindo a sua constituição, o seu estado atual de funcionamento e as lacunas existentes.

O Capítulo IV – Controlo Automático do Sistema de Iluminação, é o capítulo nuclear da dissertação, visto que tem uma grande percentagem dos resultados recolhidos e a análise dos dados. Encontra-se essencialmente dividido em duas partes: integração da luz natural e deteção de ocupação. Enquadra estes dois temas tendo em conta alguns conceitos de eficiência energética, luminotécnicos e de controlo do SGT, contendo a análise da poupança energética que é possível obter com cada uma das medidas.

O SGT da FFUC é baseado num programa informático denominado TAC Vista, abordado no capítulo V. É realizado um levantamento das principais ações a desenvolver no *software* para implementar as medidas propostas, e o modo de controlo do SGT através das ditas medidas. O capítulo VI complementa o capítulo anterior, na medida em que descreve quais os testes a realizar para garantir o bom funcionamento das medidas configuradas no sistema. O último capítulo VII aborda as principais conclusões e ideias de trabalho futuro para otimização do SGT.

# **Capítulo II**

## **Sistemas de**

### **Gestão Técnica**

---

## 2. SISTEMAS DE GESTÃO TÉCNICA

### 2.1. Gestão Técnica Centralizada

Desde há largas décadas que os edifícios se massificaram e se tornaram um local permanente de presença de pessoas: habitações, edifícios de serviços, indústrias, associações, locais de reunião ou convívio, etc. Os edifícios representam perto de 40% do consumo energético global, dado que 90% da atividade humana aí decorre. O desafio de hoje passa por tornar os edifícios mais confortáveis e seguros, reduzindo simultaneamente o seu impacto ambiental. Progressivamente, os edifícios serão vistos como ativos de alto desempenho (Figura 1 [5]). Os imóveis são usualmente o segundo maior gasto nas declarações de renda das organizações e a energia costuma corresponder a 30% dos custos de um edifício ao longo do seu ciclo de vida. [5]

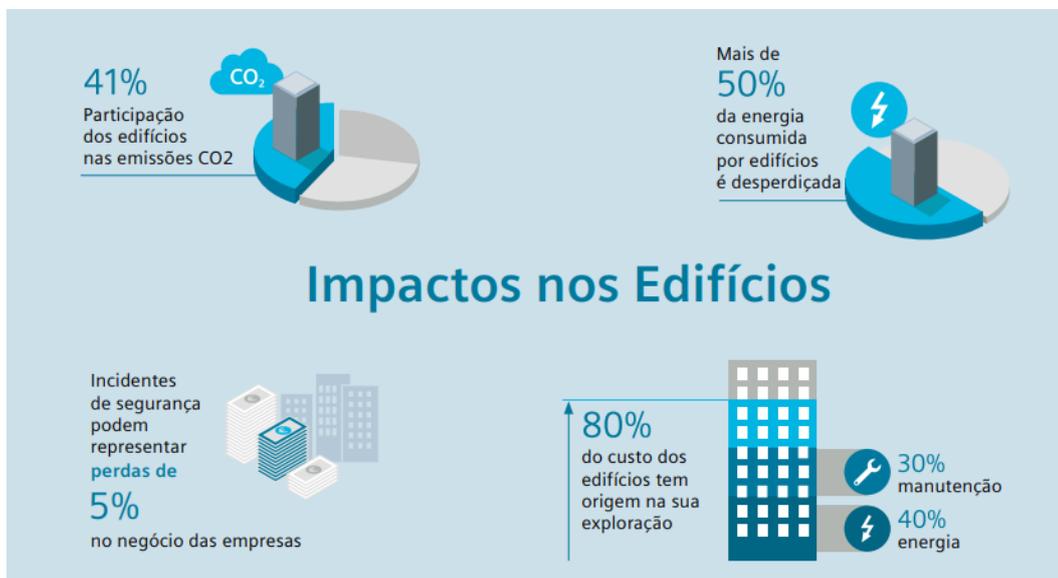


Figura 1 - Indicadores de impactos nos edifícios a nível global.

A evolução da construção e da tecnologia em geral levou a uma consequente evolução da forma de pensar e construir edifícios, desde os materiais mais elementares ao que se conhece hoje como eficiência energética, com tudo o que isso engloba. Como consequência da revolução tecnológica foi sendo possível, e de uma forma cada vez mais abrangente, realizar aquisição de dados e efetuar o controlo de diversas variáveis tendo em

conta as crescentes necessidades de produtividade, conforto e necessidades económicas do ser humano. Associada a isto, existe ainda uma crescente preocupação na utilização e desenvolvimento de energias renováveis, em detrimento das energias fósseis. A geração renovável apresenta-se hoje como o presente e o futuro: com a possibilidade de fomentar um meio ambiente mais limpo, com uma melhoria ao nível económico, e através de fontes inesgotáveis de energia. A geração renovável, e em sua consequência a geração distribuída, introduzem hoje em dia novas maneiras de pensar nas redes de energia elétrica e na eficiência energética dos edifícios, gerindo, através do controlo de todos os sistemas, o consumo energético dos mesmos.

Os sistemas de gestão técnica referem-se a sistemas computadorizados com o propósito de monitorizar e controlar todas as atividades associadas ao consumo energético dentro de um edifício: AVAC, iluminação, monitorização de consumos de energia, controlo de acessos, videovigilância, deteção de incêndios, deteção de intrusão, elevadores, sistemas de bombagem, entre outros como é exemplo a Figura 2 [6]. A resposta à necessidade de ter uma ferramenta de gestão e operação, segura, fácil de utilizar e eficaz, reside nos sistemas de Controlo e Automação, vulgarmente designados por Sistemas de Gestão Técnica (SGT).



Figura 2 - Funcionalidades dos Sistemas de Gestão Técnica.

---

A evolução dos SGT foi feita gradualmente, desde os sistemas que atuavam por controlo local/manual, à automatização local, evoluindo para sistemas centralizados; mais tarde para sistemas distribuídos hierarquicamente até à realidade presente, com sistemas de controlo integrados. Estes sistemas integrados podem hoje ser descentralizados, permitindo o seu controlo remotamente, o que se traduz numa crescente sofisticação e capacidade de otimização dos SGT; as interfaces de controlo e aquisição de dados são intuitivas, com opção via internet. [7]

Base inicial dos SGT: Controlo centralizado e painéis de controlo;

1ª Geração: Controlo centralizado com computador e painel de controlo;

2ª Geração: Dados em painel, com base em minicomputador;

3ª Geração: *BMS (Building Management Systems)* baseada em microprocessador usando rede local *LAN*;

4ª Geração: Sistema aberto compatível com Internet / intranet. [8]

## **2.2. Sistemas de Gestão Técnica - Arquitetura**

A Gestão Técnica Centralizada, vulgarmente conhecida pelo acrónimo GTC é, sem dúvida, o instrumento que permite, ao longo dos muitos anos de vida expectável do edifício, estabelecer, adaptar e readaptar, estratégias operacionais, monitorizar todos os sistemas do edifício e ajudar efetivamente o seu gestor técnico na condução diária de modo a satisfazer, com eficiência, as suas reais necessidades.

A GTC surgiu com os sistemas de controlo digitais programáveis e com capacidade de comunicação (*DDC – Display Data Channel*) e ultrapassa já o âmbito dos sistemas AVAC (preocupados com o conforto térmico e com a qualidade do ar ambiente), integrando a supervisão das restantes instalações técnicas dos edifícios (elétricas, bombagem de água, ascensores, etc.) e a possibilidade de controlo de outros sistemas (iluminação, estores, equipamento elétrico, etc.).

O principal motivo para se instalar uma gestão técnica centralizada, GTC, num edifício, é alcançar maior eficácia no seu funcionamento com um consumo energético e um esforço de manutenção mínimos proporcionando um ambiente seguro e confortável a todos os ocupantes.

## **Arquitetura do Sistema de Gestão Técnica**

Um SGT tem como constituição da sua arquitetura basilar um conjunto de unidades de controlo em rede programáveis por um operador que gere essas unidades de controlo através de um computador - *workstation*. A comunicação e troca de dados entre os dispositivos e a *workstation*, é realizada através de uma rede de alta velocidade, sendo normalmente utilizada uma rede LAN (*Local-Area Network*). As unidades de controlo gerem a atividade das redes de instalação sendo que a iluminação, as cargas – bombas de calor, ventilação, etc – e os restantes sistemas que podem ser controlados pelo SGT, são geridos por controladores específicos, sendo a sua comunicação às unidades de controlo feita por uma rede de comunicação. [9]

## **Tecnologias em edifícios**

O potencial de poupança num edifício vai para além da conceção do projecto, instalações e recurso às energias renováveis. A gestão técnica centralizada pode acrescentar uma poupança no consumo até 24% e tem que ser encarada hoje como um elemento essencial na estratégia de eficiência energética de um edifício. O planeamento do sistema de gestão técnica deverá ser feito deste o início do projeto da obra. [10]

## **Redes de Campo**

As redes podem caracterizar-se em três tipos: LAN, MAN – *Metropolitan Area Network* e WAN – *Wide Area Network*. Na arquitetura geral de um SGT estão presentes a LAN e a WAN.

LAN – rede local com sistemas ligados numa área geográfica reduzida (escritório ou pequena empresa, interligando um número muito elevado de entidades). Tecnologias utilizadas pela LAN: a *Ethernet*, o *Token Ring*, o *ARCnet (Attached Resource Computer Network)* e o *FDDI (Fiber Distributed Data Interface)*.

WAN – Rede dispersa por uma grande área geográfica, distinguindo-se da LAN pelo seu porte e estrutura de telecomunicações. Tem carácter público, e é gerida por um operador de telecomunicações devido à dimensão, podendo ser privadas.

---

## Protocolos de Comunicação

Na atualidade, destacam-se os principais protocolos de comunicação na automação de edifícios: BACnet, LONWorks, TCP/IP, Modbus, Mbus, OPC, KONNEX, DALI

**BACnet:** É o protocolo *standard* aberto (não proprietário) mais aceite nos Estados Unidos da América e de maior projeção na Europa. Desenvolvido especificamente para o controlo e automação dos edifícios;

**LONWorks** (*Local Operating Networks*): É um protocolo *standard* no entanto proprietário. O LONtalk foi especialmente desenvolvido para o controlo do nível de campo (sondas, actuadores e pequenos controladores em rede);

**TCP/IP** (*Transmission Control Protocol / Internet Protocol*): Protocolo *standard* de comunicação entre computadores através da Internet;

**Modbus:** Protocolo de origem industrial para utilização PLCs (controladores lógicos programáveis) e depois convertido num protocolo de comunicações *standard*, especialmente utilizado para a integração de equipamentos individuais (*chillers*, analisadores de rede, variadores de frequência, etc.);

**Mbus:** Protocolo *Standard* (*Meter-bus*) principalmente desenvolvido para a leitura de elementos de medição, tais como os contadores (entalpia, eléctricos e outros);

**OPC** (*OLE for Process Control*): utilizado para as comunicações das bases de dados que permitem a inter-comunicação e integração de sistemas no Nível de Gestão;

**KONNEX KNX-EIB** (*Konnex-European Installation Bus*): garante a compatibilidade dos sistemas electrónicos de diferentes fabricantes de equipamentos domésticos nos edifícios;

**DALI** (*Digital Addressable Lighting Interface*): Utilizado na comunicação de sistemas de controlo electrónico de iluminação, desenvolvido pelos principais fabricantes do sector.

## Funções do sistema de gestão técnica

Os Sistemas de Gestão Técnica Centralizada asseguram, hoje em dia, a monitorização e o controlo integrado, em tempo real, dos vários sistemas que agregam. Devem ainda permitir a crescente optimização de todo o sistema. Os aparelhos são ligados em rede a um sistema de controlo, que realiza a regulação e controlo automáticos.

No que diz respeito aos Sistema de Monitorização de Consumos estes devem:

- Monitorizar os consumos dos equipamentos e reportar consumos excessivos;
- Permitir analisar os consumos em função das variáveis ambientais;
- Criação de base de dados;
- Emissão de relatórios e exportação dos dados para posterior análise detalhada. [11]

Um sistema de Gestão Técnica Centralizada deverá contemplar:

- Flexibilidade – solução independente do tipo de instalações, adaptável e expansível a novas funcionalidades e requisitos de controlo, independentemente da fase da obra, permitindo a sua otimização;
- Modularidade – deverá garantir uma fácil remodelação e/ou expansão, nomeadamente nas comunicações, para garantir novas necessidades de controlo, e para garantir reduzidos custos de manutenção;
- Compatibilidade – deverá permitir a integração total dos diversos protocolos existentes no edifício, disponibilizando acessos e aproveitando os recursos globais de redes existentes;
- A solução deverá acompanhar o tempo de vida das instalações técnicas que está a controlar, de modo a não existir a necessidade de remodelação total do sistema ao fim de alguns anos, e que aquando da descontinuação de equipamentos garanta a compatibilidade com outras soluções análogas. [12]

---

# **Capítulo III**

## **Apresentação do**

### **Estudo de Caso**

## **3. APRESENTAÇÃO DO ESTUDO DE CASO**

### **3.1. Caracterização do estudo de caso**

O edifício da FFUC é um edifício recente, utilizado como FFUC desde 2009, e que possui um SGT com impacto e influência na gestão de todo o edifício. O edifício tem uma área bruta de  $13239m^2$ , constituído por sete pisos, sendo um deles estacionamento subterrâneo e outro a cobertura, onde estão instalados os motores de extratores, *chillers* e UTAs. Cada piso é específico no que toca às rotinas de utilização dos espaços e características próprias de funcionamento, já que os diferentes pisos se destinam a diferentes fins: aulas, laboratórios, espaços de ensino teórico-práticos, bem como instalações sanitárias e espaços de circulação, estes últimos presentes em todos os pisos. Em cada piso existe o quadro elétrico de piso que assegura a distribuição da energia para todo o piso e existem os quadros referentes aos controladores do SGT. Estes quadros estão separados nos pisos por quadro de controlo de iluminação e quadro de controlo de AVAC. Nalguns destes quadros encontram-se contadores de monitorização de consumos de energia elétrica (contadores *Schneider Electric*, modelo ME4zrt).

Os principais equipamentos consumidores de energia são a iluminação, os sistemas AVAC, onde se incluem duas UTAs, dois *chillers*, os ventiladores de extração e os de insuflação, e uma caldeira. Tem ainda outros equipamentos consumidores de energia como as várias unidades de frio, entre elas frigoríficos e arcas de congelação verticais. Existem também outros equipamentos com consumos significativos de energia, incluindo elevadores, bombas de água e uma câmara frigorífica de cada piso.

### **3.2. SGT da FFUC**

Na FFUC o SGT foi instalado pela empresa Domótica SGTA – Gestão Técnica e Automação, Lda e pertence à marca TAC, da *Schneider Electric*. Este sistema é recente e tem capacidade para se poder expandir e ter mais sistemas ativos, podendo ser aumentado sem necessidade de adquirir novos equipamentos de controlo. Neste momento o sistema encontra-se subaproveitado e aquém das suas reais potencialidades, entre elas a possibilidade

---

de se poder atuar no sistema remotamente, e portanto o objetivo da dissertação passará também por esta abordagem. Antes da visita às instalações, foram apuradas, através de bibliografia existente, as principais carências e zonas de intervenção do SGT da FFUC.

### 3.3. Condições do SGT

Tendo em conta a pesquisa prévia realizada, e analisando o trabalho já desenvolvido por dissertações de mestrado anteriores dentro da mesma temática, identificaram-se *a priori* as seguintes disfunções e tarefas a desenvolver no sistema de gestão técnica da FFUC:

- Lacuna na existência de **contagens parciais** - A inclusão de informações sobre consumos parciais de energia elétrica no SGT foi já abordada em estudos anteriores. Porém, é ainda necessário que se faça a inclusão de contagens do consumo de **água e gás**.
- Existência de problemas associados à **CDI** - A Central de Detecção de Incêndio, no seu pleno funcionamento, permite que seja rapidamente detetável no edifício a zona onde foi ativado um alarme de incêndio. Além dos problemas e avarias existentes na CDI, é importante introduzir a informação deste sistema no SGT, de modo a poder centralizar e monitorizar toda a atividade do edifício.
- Controlo das **Hottes** - Hottes são equipamentos de proteção instalados em todos os laboratórios do edifício da FFUC; utilizam ventiladores para realizar a extração de gases que resultam de experiências efetuadas nesses mesmos locais. O objetivo seria poder controlar as hottes através do SGT: controlar os ventiladores das hottes, permitindo poupar nos gastos energéticos e assegurando a extração de gases. Este processo pode ser feito através da medição de variáveis pertinentes, nomeadamente o caudal de extração de fumos total necessário, e a verificação das infraestruturas – como a existência, ou não, de conduta de descarga, com secção de acordo com as necessidades.
- Implementação da funcionalidade **TAC Vista Webstation** - É bastante conveniente que se consiga aceder remotamente ao SGT, de modo a poder monitorizar e atuar em tempo real.
- **Iluminação** - Relativamente à iluminação, é necessário realizar um levantamento preciso dos horários de funcionamento em período letivo e aplicar parametrizações mais

adequadas. A análise do funcionamento do edifício é ainda fundamental para a criação de um sistema automatizado para utilização da iluminação, dos ventilo-convetores e das persianas, tendo em conta a ocupação e a iluminação natural.

- Adaptação da ventilação dos armazéns de reagentes às necessidades reais;
- Otimização do funcionamento da caldeira a gás para efeitos de climatização;
- Isolamento dos circuitos de água da cobertura e segmentação dos circuitos interiores;
- A implementação da vista adicional no SGT para os consumos com as contagens parciais apenas foi realizada em ambiente de simulação, tendo os controladores toda a cablagem e instalação preparada para a concretização desta funcionalidade;
- Sobredimensionamento do gerador de socorro. [3]

---

# **Capítulo IV**

## **Controlo**

### **Automático do**

#### **Sistema de**

##### **Iluminação**

## 4. CONTROLO AUTOMÁTICO DO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO

### 4.1. Estado da Arte

Os “*Building Management Systems*” são fundamentais para potenciar a eficiência energética dos equipamentos, sendo a iluminação uma das componentes deste tipo de sistemas onde é possível melhorar a eficiência. As soluções combinadas de iluminação eficiente em edifícios públicos trazem diversas vantagens: qualidade – garantia de níveis adequados de conforto luminoso; poupança – redução de consumos médios em cerca de 60% e um potencial de redução de custos com climatização; e sustentabilidade – devido à elevada durabilidade, bem como à redução das emissões dos gases de efeito estufa. [13]

Na União Europeia, o consumo de energia elétrica em iluminação no Sector Residencial representa mais de 12% do consumo total deste sector. Cerca de 20% da fatura de eletricidade de uma habitação deve-se à iluminação e no sector dos serviços, essa percentagem, pode chegar até 60%. Em Portugal, a situação é análoga. No sector doméstico a iluminação representa em termos médios cerca de 12% do consumo de energia elétrica e no sector dos serviços sobe para 20%, existindo em ambos os sectores um elevado potencial de economia de energia que se deve explorar. [14]

Na sua forma mais genérica, um sistema de iluminação considerado energeticamente eficiente pode ser concretizado através da combinação do tempo de utilização e da potência instalada. A minimização da potência instalada é obtida pela utilização de componentes do sistema de iluminação artificial energeticamente eficientes como lâmpadas com alta eficiência luminosa, luminárias reflexivas, balastros com elevado fator de potência e circuitos de distribuição e controlo. O aproveitamento da iluminação natural através da utilização de sistemas de controlo da iluminação artificial pode minimizar o tempo de utilização do sistema de iluminação artificial. O mesmo se verifica com o uso de detetores de presença e temporizadores para áreas com ocupação intermitente.

As medidas no controlo da iluminação com vista a uma crescente eficiência energética, terão progressivamente de deixar de ser vistas como luxuosas e sim como um

---

investimento do qual, muitas vezes a curto prazo, é possível obter retorno através da poupança da energia elétrica consumida e da redução de custos da reposição de equipamentos. [15]

O edifício da FFUC é considerado um edifício de serviços e, como tal, terá de ser tida em consideração a legislação referente a sistemas de iluminação em edifícios de serviços. De acordo com as normas europeias EN 12464-1 (Luz e Iluminação – Iluminação de locais de trabalho internos) e EN 15193 (Avaliação energética – Requisitos de energia para iluminação), e tendo como base a Portaria n.º 349-D/2013, existem requisitos gerais e específicos para os parâmetros de iluminação. No que respeita a intervenções em edifícios existentes, deverá ser considerada a seleção de luminárias com elevados rendimentos, fontes de luz e acessórios com níveis de eficiência em conformidade com a regulamentação europeia. No caso de equipamentos de controlo e regulação de fluxo, instalados para funcionamento autónomo/individual, ou interligados em rede para efeitos de gestão de iluminação centralizada, podem ser aplicados com funções de controlo, nomeadamente: comutação por deteção de movimento ou ocupação; comutação em função do nível de luz natural; regulação do fluxo luminoso em função do potencial de aproveitamento da luz natural; controlo horário; comando por interface – para controlo, monitorização e parametrização de todos os equipamentos de iluminação na rede; gestão operacional a partir dos *inputs* dos equipamentos na rede, como por exemplo o estado de funcionamento, consumo e tempo de funcionamento. Nos casos de iluminação de emergência, esses circuitos podem assumir sistemas de controlo específicos para as funções que se lhes destinam. Relativamente à segregação dos circuitos, esta é obrigatória (salvo limitações de ordem técnica ou funcional), sendo exemplos a utilização de circuitos independentes por cada zona funcional; a adoção de circuito elétrico independente que alimente a(s) luminária(s) junto às janelas; e por último a adoção de circuitos independentes para as luminárias das circulações. Os sistemas de iluminação com balastros digitais endereçáveis dispensam a segregação de circuitos desde que se encontrem ligados a uma linha de comunicação (*BUS*) onde também estarão os sensores e detetores para controlo e regulação da iluminação. Os valores das potências dos sistemas de iluminação a instalar nos edifícios de serviços não podem exceder os seguintes valores de densidade de potência de iluminação (DPI):

O cálculo do valor DPI/100 lux é feito da seguinte forma - Tabela 1 [16]:

Tabela 1 - Valores máximos de densidade de potência de iluminação (DPI).

| Tipo de espaço Segundo a função<br>(após 31 Dezembro 2015)   | DPI<br>W/m <sup>2</sup> /100lux | Fator controlo<br>Ocupação Fo | Fator controlo<br>Disponibilidade<br>Luz Natural FD |
|--|---------------------------------|-------------------------------|---|
| Escritórios com mais de 6 pessoas, salas de desenho  | 2,1                             | 0,9                           | 0,9   |
| Escritório individual 1-6 pessoas  | 2,4                             | 0,9                           | 0,9   |
| Show room, salas de exposição, museus  | 2,4                             | 1                             | 1   |
| Salas de aula, leitura, trabalho de apoio, reuniões, conferências, auditórios, bibliotecas   | 2,4                             | 0,9                           | 0,8   |
| Lojas de comércio e serviços, retalhistas em geral-zona de público, espaços fabris em geral  | 3,4                             | 1                             | 1   |
| Hall/Entradas, Corredores, escadas, salas de espera, instalações sanitárias, enfermarias e quartos individuais de clínicas e hospitais, salas de refeições (exceto restaurantes) | 3,8                             | 0,8                           | 0,9   |

$$DPI = \frac{(P_n \cdot F_o \cdot F_D) + P_c}{A} \quad [W/m^2]$$

$$\frac{DPI}{100 \text{ lux}} = \frac{DPI}{E_m} \cdot 100 \quad [W/m^2/100lux]$$

Com:

$P_n$  – Potência total dos sistemas de luminárias instaladas  $P_n = \sum P_i$

$P_i$  – Potência do sistema composto por lâmpada + balastro

$F_o$  – Fator de controlo por ocupação

$F_D$  – Fator de controlo por disponibilidade de luz natural

$P_c$  - Potência total dos equipamentos de controlo para as luminárias em funcionamento

$A$  – Área interior útil da zona [ $m^2$ ]

$E_m$  – Iluminância média mantida [lux]

Nota: Nos casos em que não exista controlo e regulação de fluxo, os valores de FO e FD tomam o valor 1.

De referir ainda que para a determinação da potência do ponto de luz, deve ser considerada a potência do sistema completo, ou seja, a do conjunto de lâmpada(s) em adição ao balastro ou transformador. [16]

#### 4.1.1. Sistema de Iluminação do edifício

O sistema de iluminação artificial do edifício da FFUC apresenta-se como um dos principais elementos consumidores de energia. A iluminação do edifício pode ser ativada por controlo local em cada quadro elétrico e também pelo SGT, sendo este o controlo

preferencial. O controle da iluminação pelo SGT é feito a nível horário e por nível de iluminância exterior, através de um set point de luminosidade definido no SGT tendo em conta o sensor que se encontra instalado na cobertura.

Assim, é crucial conhecer os circuitos de iluminação do edifício. Estes são assegurados por luminárias de diferentes tipos. Existem três tipos de lâmpadas, havendo luminárias da marca Philips e da OSRAM, usados nas luminárias espalhadas pelas zonas comuns e controláveis do edifício e que apresentam características muito semelhantes - Tabela 2. [17] [18] [19] [20] [21] [22]

Tabela 2 - Características das lâmpadas da Philips e OSRAM presentes na FFUC.

| Lâmpada                               | Master TL-D<br>Super 80<br>18W/840 1SL | OSRAM L<br>18W/865 | Master TL-D<br>Super 80<br>36W/840 1SL | OSRAM L<br>36W/865 | Master TL-D<br>Super 80<br>58W/840 1SL | OSRAM L<br>58W/840 |
|---------------------------------------|--|--------------------|--|--------------------|--|--------------------|
| Classe                                | T8                                     | T8                 | T8                                     | T8                 | T8                                     | T8                 |
| Fluxo Luminoso                        | 1350 Lm                                | 1300 Lm            | 3350 Lm                                | 3250 Lm            | 5240 Lm                                | 5200 Lm            |
| Temperatura de cor                    | 4000K                                  | 6500K              | 4000K                                  | 6500K              | 4000K                                  | 4000K              |
| Eficiência                            | 75 Lm/W                                | 72 Lm/W            | 93 Lm/W                                | 90 Lm/W            | 90 Lm/W                                | 90 Lm/W            |
| Luminância                            | 1cd/cm <sup>2</sup>                    |                    | 1,25 cd/cm <sup>2</sup>                |                    | 1 cd/cm <sup>2</sup>                   |                    |
| Potência                              | 18W                                    | 18W                | 36W                                    | 36W                | 58,5 W                                 | 58W                |
| Consumo anual<br>(devido ao balastro) | 22kWh                                  | 23 kWh             | 42kWh                                  | 43 kWh             | 68 kWh                                 | 68 kWh             |

A distribuição das luminárias pelos pisos 4, 5 e 6 é semelhante, bem como a constituição dos circuitos de iluminação, já que os pisos são semelhantes também na sua configuração. Estes três pisos são também aqueles onde existe maior incidência de luz natural, contando ainda com o piso 3 da receção mas que apresenta uma disposição diferente.

Um dos principais objetivos desta dissertação é a medida da contribuição da luz natural para a iluminância interior em cada piso e o ajuste posterior do limiar de controle para as comutações dos circuitos de iluminação artificial em função do valor dado pelo sensor presente na cobertura do edifício. Desta forma será possível uma maior poupança energética e uma adequação efetiva às necessidades de iluminação do edifício ao longo do

dia e de acordo também com a sua ocupação. Os horários definidos no SGT para controlo da iluminação e que se encontram atualmente em atividade são os seguintes:

Horário 1: segunda a sexta-feira das 16:00 às 00:00;

Horário 2: segunda-feira a sábado das 00:00 à 01:30;

Horário 3: segunda-feira das 07:00 às 00:00 e terça-feira a domingo das 07:00 às 01h:30;

Horário 4: não atribuído;

Horário 5: igual ao horário 3 mas começando às 17h;

Horário 6: segunda-feira a sábado das 19:00 às 07:00;

Horário 7: sábado das 08:30 às 21:00;

Horário 8: Domingo das 8h às 20h.

O controlo da iluminação das escadas de acesso interiores da FFUC encontra-se disponível no SGT do edifício. De forma a reparametrizar da melhor maneira os horários, foi essencial encetar diálogo com os colaboradores do edifício, sempre prestáveis, e que deram as principais indicações sobre a ocupação do edifício:

- O horário de funcionamento do edifício é de segunda a sexta-feira entre as 8h-21h;
- Existem períodos letivos de segunda a sexta-feira das 9h-20h e ao sábado das 9h às 19h;
- Durante o período noturno e o período de fim-de-semana no qual não decorrem aulas (sábado), existe acesso à Faculdade por parte de professores e alunos de doutoramento, com entrada pela garagem – piso 1 e pela receção – piso 3; Alunos e professores utilizam neste período maioritariamente os pisos 4, 5 e 6.

De referir que nem todos os horários se encontram em uso, e os mais utilizados são os horários 3, 5 e 7. Dado o corte nas despesas da FFUC, a maioria dos circuitos de iluminação encontra-se a ser operada manualmente pelos colaboradores do edifício, numa tentativa de redução de consumos. Os horários apenas estão atribuídos aos espaços de circulação do edifício, nomeadamente halls, corredores, escadas e instalações sanitárias. Foi feito um levantamento do funcionamento da iluminação dos principais espaços úteis de cada piso, conforme se encontra na Tabela 3.

Tabela 3 - Informações gerais sobre a iluminação nos espaços da FFUC.

| Piso                   | Iluminação  | Tipo de Espaços                         |
|------------------------|---|---|
| Piso 1                 | Controlada por detetores de presença e luminárias ligadas intercaladamente          | Garagem                                 |
| Piso 2                 | Luminárias ligadas intercaladamente   | Salas de Aula e Anfiteatros             |
| Piso 3                 | Piso com luz natural ao longo do dia; Luminárias ligadas intercaladamente           | Receção, salas de aula e laboratórios   |
| Piso 4                 | Luminárias ligadas de forma intercalada; Corredor dos gabinetes recebe luz natural; | Laboratórios e Gabinetes de Professores |
| Piso 5                 | Luminárias ligadas de forma intercalada; Corredor dos gabinetes recebe luz natural; | Laboratórios e Gabinetes de Professores |
| Piso 6                 | Luminárias ligadas de forma intercalada; Corredor dos gabinetes recebe luz natural; | Laboratórios e Gabinetes de Professores |
| Piso 7                 | Não aplicável<br>(contém o sensor de luminosidade)                                  | Cobertura                               |
| Instalações sanitárias | Controlada por detetores de presença  |   |
| Escadas                | Ligada permanentemente  |   |

#### 4.1.2. Potencial de poupança do edifício

O funcionamento da iluminação do edifício é, idealmente, controlado pelo SGT e, caso haja necessidade ou algum problema com o SGT, manualmente. Através da análise anterior dos horários, há necessidade de ajustar os horários do SGT, nomeadamente contemplando o período noturno no qual é sempre possível que haja ocupação do edifício. Consequentemente, os horários 3, 7 e 8 deverão ser reformulados de forma a contemplar apenas os horários nos quais a disponibilidade de luz natural é insuficiente. Além disso, deverá existir ainda o ajuste dos mesmos horários tendo em conta o período do ano referente ao ano letivo e o período de férias, em que a afluência ao edifício é diminuta. Ao longo de um dia regular, nos espaços de circulação as luminárias encontram-se ligadas permanentemente de forma intercalada. Há ainda a referir que os pisos 3, 4, 5 e 6 recebem luz natural ao longo de todo o dia, iluminando fortemente os espaços de circulação. Consequentemente, o ideal será ter os circuitos de iluminação controlados através de horário, mas somente quando a contribuição da luz natural confortável estiver abaixo do limiar de conforto definido.

Existem dois circuitos de escadas nos topos do edifício, sendo um destes circuitos iluminado por janelas e clarabóia. Em ambos os circuitos de escadas as luminárias encontram-se todas ligadas e de forma permanente. Dada a existência de elevadores, existem largos intervalos de tempo nos quais não existe uma passagem frequente de pessoas pelas escadas, assim como não existe uma afluência considerável aos pisos superiores. Uma das

medidas a aplicar é o uso de detetores de presença em zonas em que a afluência não seja demasiado elevada de forma a não afetar o circuito de iluminação levando-o ao desgaste rápido por comutações frequentes. Atualmente tanto a garagem – piso 1 - como as instalações sanitárias possuem detetores de presença.

Assim, é fácil concluir que existe um enorme potencial de poupança energética no que respeita à iluminação do edifício, nomeadamente nos espaços de circulação e escadas, através da conjugação da luz natural e da deteção de ocupação, permitindo uma adequação real da iluminação artificial face ao nível de iluminação natural e face à ocupação efetiva do edifício. A luz natural representa um custo nulo e a utilização de uma energia limpa, sendo por isso um ótimo investimento.

#### **4.1.3. Medidas de eficiência energética integrando luz natural**

A quantidade de luz recebida à superfície do nosso planeta varia com a localização geográfica, com o clima e até com a qualidade do ar. Estes fatores afetam a intensidade e a duração da luz do dia. Consequentemente, a quantidade de luz diurna varia em qualquer lugar tendo em conta a hora do dia, a estação do ano e as condições meteorológicas, variando assim a quantidade de luz que um edifício recebe. A iluminação natural dos edifícios depende ainda de fatores como a orientação, a existência de obstáculos à luz e a refletividade das superfícies adjacentes. A luz natural é uma combinação de luz direta do Sol com a luz difusa do céu, sendo que uma boa iluminação interior exigirá igualmente uma conjugação destas duas variáveis. [23]

A crise energética que a sociedade atravessa nos dias de hoje obriga à utilização racional da energia. Os sistemas de iluminação responsáveis por grande parte da energia consumida tornam-se um dos principais alvos na busca da eficiência energética e a luz natural um dos fatores que mais contribuem para se obter um sistema energeticamente eficiente.

A eficiência energética de uma fonte de luz artificial é medida através da relação lúmen/Watt (lm/W). Pode-se reduzir o consumo de um sistema de iluminação através da minimização de duas variáveis: o tempo de utilização e a potência instalada.

O aproveitamento da iluminação natural através da utilização de sistemas de controlo da iluminação artificial pode encurtar o tempo de utilização das luminárias. Na minimização do tempo de utilização de um sistema de iluminação, deve-se considerar sempre o utilizador,

---

pois este tem importância fundamental no processo, podendo desligar ou não lâmpadas inutilmente ligadas, ou mesmo alterar os cenários de controlo mediante o regime de utilização do compartimento. A minimização da potência instalada é obtida através da utilização de componentes do sistema de iluminação artificial energeticamente eficientes como lâmpadas com alta eficiência luminosa e balastros com elevado fator de potência, bem como a sua manutenção frequente.

O processo de aproveitamento da iluminação natural não só diminui o impacto ambiental como promove a satisfação e o conforto dos ocupantes, criando a melhor combinação possível com a luz artificial para um determinado espaço. Considera-se que o ambiente visual interior é adequado quando permite assegurar as necessidades de conforto visual e a execução das diferentes tarefas, uma vez que a luz é também um “marcador temporal” do relógio biológico e um estímulo que influencia o estado anímico, tanto de um ponto de vista psicológico como fisiológico. Mediante uma iluminação adequada as pessoas são capazes de executar mais e melhor o seu trabalho podendo melhorar o seu estado de alerta, sono e bem-estar. Desta forma, as recomendações e normas de iluminação devem ser baseadas não só nas necessidades físicas mas também nas necessidades biológicas do ser humano. [24]

O edifício da FFUC tem uma grande disponibilidade de luz natural. Esta vantagem encontra-se aliada ao facto de possuir um SGT, sendo também os pisos com maior disponibilidade de luz natural aqueles onde existe uma afluência regular e fixa de pessoas. É pois de extrema importância que exista aproveitamento da luz natural, permitindo conjugar adequados níveis de iluminação interior e simultaneamente minimizar a utilização de luz artificial. Esta medida permitirá reduzir as horas de operação das luminárias de zonas com boa iluminação natural, a redução do consumo de energia e, consequentemente, a redução da fatura energética da Faculdade de Farmácia.

Ao longo de algumas visitas realizadas ao edifício em estudo, a FFUC, foi possível recolher alguns dados primordiais. O levantamento do ponto de situação do estudo de caso começou pela análise dos diagramas unifilares, peças desenhadas do edifício e documentação sobre o SGT, bem como a visita às instalações, nomeadamente a cobertura onde se encontram os quadros do SGT com os controladores TAC Xenta e o sensor de iluminância. A integração da luz natural no controlo da iluminação do edifício passou pelo

processo de medição de iluminâncias interiores com um sensor de luminosidade da marca HOBO em pontos estratégicos.

No que diz respeito ao sensor de iluminância localizado na cobertura, não se conhece a data da última manutenção ou calibração do dito sensor. Visto a disponibilidade em usar o sensor de luminosidade HOBO Onset Data Loggers também no exterior (que será explorado mais à frente), um dos passos da campanha de medição passou pela análise da medição do sensor presente na cobertura, de modo a ajustar o valor caso estivesse muito díspar do valor correto. Além disso, a campanha de medições constituiu-se também por medições nos pisos com maior disponibilidade de luz natural. Nesses pisos existem maioritariamente gabinetes de professores de um dos lados do corredor e laboratórios do outro lado. A grande área dos corredores de circulação é iluminada durante quase todo o dia por luz natural. Existe ainda um circuito fechado de escadas, onde existem janelas e clarabóia, permitindo também a penetração de luz solar. Os três pisos superiores serão objeto de análise, comparando os dados de luminosidade adquiridos com o sensor de luminosidade HOBO Onset Data Loggers e comparados com os dados do sensor da cobertura cujos valores são visualizados a partir do SGT.

### **Conceitos Luminotécnicos**

A análise de dados relativos à iluminância, o estudo da poupança energética e a adequação das soluções integrando luz natural leva a que seja imprescindível a abordagem de alguns conceitos luminotécnicos. [25]

**Fluxo Luminoso  $\Phi$  (lm)** – quantidade de luz emitida por uma fonte luminosa, medido em Lumen (lm).

**Eficiência luminosa de uma lâmpada (lm/W)** - é calculada pela divisão entre o fluxo luminoso emitido em lúmens e a potência da lâmpada em Watt. A unidade de medida é o lúmen por Watt (lm/W). Uma lâmpada é tanto mais eficiente quanto menor for a potência para um dado fluxo luminoso.

**Intensidade Luminosa  $I$  (cd)** - fluxo luminoso irradiado na direção de um determinado ponto. A sua unidade é a candela(cd).

**Luminância  $L$  ( $\text{cd}/\text{m}^2$ )** – brilho ou luminância é a intensidade luminosa produzida ou refletida por uma determinada superfície. Resulta do quociente entre a intensidade luminosa emitida pela superfície e a área da mesma.

**Fator de utilização** – quociente entre fluxo luminoso recebido na superfície em questão e o fluxo luminoso total emitido pelas lâmpadas.

**Temperatura de cor** - expressa a aparência de cor da luz emitida pela fonte de luz. A sua unidade de medida é o Kelvin (K). A tonalidade ou temperatura de cor depende da distribuição espectral que existe na fonte de luz, e divide-se desde os vermelhos – cor mais quente – até à predominância de azuis – cor mais fria. Quando se refere luz quente ou fria, não se fala no calor físico da lâmpada, mas sim à tonalidade de cor que ela apresenta ao ambiente. Luz com tonalidade de cor mais suave torna-se mais aconchegante e relaxante, luz mais clara torna-se mais estimulante. A temperatura de cor divide-se tendo em conta a Tabela 4 [25]:

Tabela 4 - Relação entre temperatura de cor e locais a que se destina a fonte de luz.

| Grupo de cor   | Tonalidade de Cor         | Temperatura de cor |
|--|---------------------------|--------------------|
| ww (locais residenciais, convívio, descanso)   | Quente (branco, vermelho) | <3300 k            |
| nw (locais de trabalho)  | Neutra (branco)           | 3300 k – 5000 k    |
| tw (locais que exijam altos níveis de iluminação, tarefas técnicas, climas quentes e áridos) | Fria (branco, luz solar)  | > 5000k            |

**Índice de restituição de cor** – define-se pela aparência que os objetos tomam quando iluminados por determinada fonte luminosa, comparativamente com a aparência que teriam quando iluminados por uma fonte luminosa de referência. Quanto maior o IRC, melhor será o equilíbrio entre as cores (Figura 3). [26]

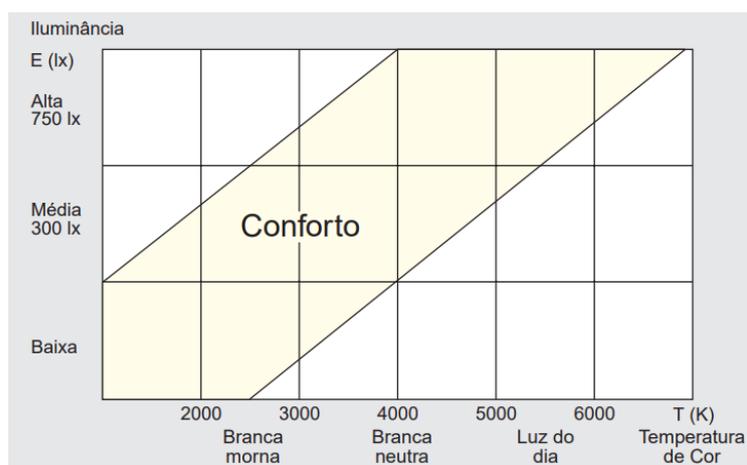


Figura 3 - Relação nível de iluminância e temperatura de cor da lâmpada para o conforto ambiental.

**Intensidade de iluminação ou iluminância E (lx)** – intensidade de iluminação, observada sobre uma superfície, é o quociente do fluxo luminoso que chega a essa superfície, pela área

da mesma. É medido em lux. Na prática, é a quantidade de luz dentro de um ambiente, e pode ser medida com o auxílio de um luxímetro. Como o fluxo luminoso não é distribuído uniformemente, a iluminância não será a mesma em todos os pontos da área em questão. Baseado em pesquisas realizadas há níveis de iluminância recomendados tendo em conta o espaço e a atividade a que se destina.

Através da análise da Tabela 5 [26], é possível verificar que, para os espaços de circulação considerados nas medições – corredores, escadas – o nível de iluminância mínimo que assegura o conforto visual a considerar é 150 lux. Este valor será crucial para o estudo da integração da luz natural que se fará de seguida.

Tabela 5 - Níveis de iluminância recomendados para interiores.

| <b>Descrição da Atividade</b>                       | <b>Em (lx)</b> |
|---|----------------|
| Depósito  | 200            |
| Circulação/corredor/escadas                         | 150            |
| Garagem   | 150            |
| Residências (cômodos gerais)                        | 150            |
| Sala de leitura (biblioteca)                        | 500            |
| Sala de aula (escola)                               | 300            |
| Sala de espera (foyer)                              | 100            |
| Escritórios   | 500            |
| Sala de desenhos (arquit.e eng.)                    | 1000           |
| Editoras (impressoras)                              | 1000           |
| Lojas (vitrines)                                    | 1000           |
| Lojas (sala de vendas)                              | 500            |
| Padarias (sala de preparação)                       | 200            |
| Lavanderias   | 200            |
| Restaurantes (geral)                                | 150            |
| Laboratórios  | 500            |
| Museus (geral)                                      | 100            |
| Indústria/montagem (ativ. visual de precisão média) | 500            |
| Indústria/inspeção (ativ. de controle de qualidade) | 1000           |
| Indústria (geral)                                   | 200            |
| Indústria/soldagem (ativ. de muita precisão)        | 2000           |

#### **4.1.4. Aquisição de Dados**

O sensor de luminosidade utilizado nesta dissertação pertence à marca HOBO e está associado ao software HOBOWARE. O sensor de luminosidade, HOBO Pendant-Logger, tem associado uma *Base Station* [27], que permite fazer a ligação ao PC por cabo USB. Apenas através da ligação ao *software* é possível lançar o registador para ler dados, parar o mesmo registador ou ver o estado do dispositivo. Este registador de dados HOBO Pendant é um registador de dados em miniatura, à prova de água, de dois canais, que permite medir temperatura e nível de luminosidade. Completo com invólucro à prova de água - este produto foi projetado para implantação interna, externa e subaquática. O APÊNDICE A contém mais informações sobre o funcionamento deste dispositivo. [28]

---

O levantamento das condições de iluminância do edifício foi fundamental para a construção do plano de medição. Dado que os espaços de circulação do edifício têm bastante luminosidade natural ao longo de todo o dia, a campanha de medição concentrou-se nestes espaços. Tendo em conta a disponibilização do sensor de luminosidade HOBO, as medições abordaram os seguintes espaços:

- Corredores dos pisos 4, 5 e 6;
- Circuitos fechados de escadas (lado da biblioteca das ciências da saúde, que recebem luminosidade de janelas e clarabóia);
- Medição junto ao sensor de luminosidade exterior localizado na cobertura.

Os dados recolhidos tiveram como requisitos, para além dos cuidados a ter na colocação do sensor HOBO Pendant, o cuidado de realizar o registo ao longo de um dia inteiro – das 00h às 24h – de forma a contemplar na medição nascer e pôr-do-sol. Foram coordenados com os colaboradores da FFUC os dias das medições, de modo a que a iluminação artificial ficasse desligada – atuando no SGT – nas imediações do local onde se encontrava o sensor a medir. De modo a recolher dados o mais fiáveis e seguros, foi considerada a situação mais desfavorável de medição, isto é, o sensor foi colocado na área do piso com menor exposição solar. Por último foi efetuada a medição no exterior, junto ao sensor instalado na cobertura, de modo a poder perceber se os valores que o sensor presente na cobertura estava a captar eram fiáveis.

Foi pensado inicialmente que seria viável determinar uma razão entre o valor de luminosidade dado pela fotocélula – que é recebido pelo SGT e que serve de referência para o controlo do sistema de iluminação – e o valor medido com o sensor de luminosidade interior HOBO em locais estratégicos do edifício. Outro dos propósitos é perceber qual o número de horas do dia em que a luz natural é suficiente para iluminar todo o espaço de circulação, diminuindo desta forma a utilização de luz artificial. Estes espaços de circulação têm uma utilização irregular mas que é frequente ao longo do dia, em que existem aulas e que coincide com o horário de funcionamento do edifício. Durante os meses de férias escolares a utilização é muito mais reduzida, sendo praticamente inexistente nalguns períodos do dia. Além disso, o edifício possui elevadores ao lado dos circuitos de escadas, pelo que esse fator diminui também a utilização do circuito de escadas. O incentivo à utilização de escadas em detrimento dos elevadores será também benéfico para contribuir para a poupança energética nos elevadores, para além de ser uma prática mais saudável.

Assim, e tendo em conta os conceitos luminotécnicos abordados anteriormente, define-se como nível de luminosidade confortável para espaços de circulação 150 lux. Este será o valor de regulação para as medições e a partir do qual será possível tirar conclusões. Quaisquer valores abaixo dos 150 lux deverão dar origem à ativação dos circuitos de iluminação nesses locais.

As tabelas referentes a cada medição podem ser visualizadas no APÊNDICE A. Os gráficos que se mostram abaixo são referentes a um ou mais dias, sendo assinalado em cada um deles um patamar em que a iluminação artificial é desnecessária, nos períodos em que a contribuição da iluminação natural excede o limiar dos 150 lux.

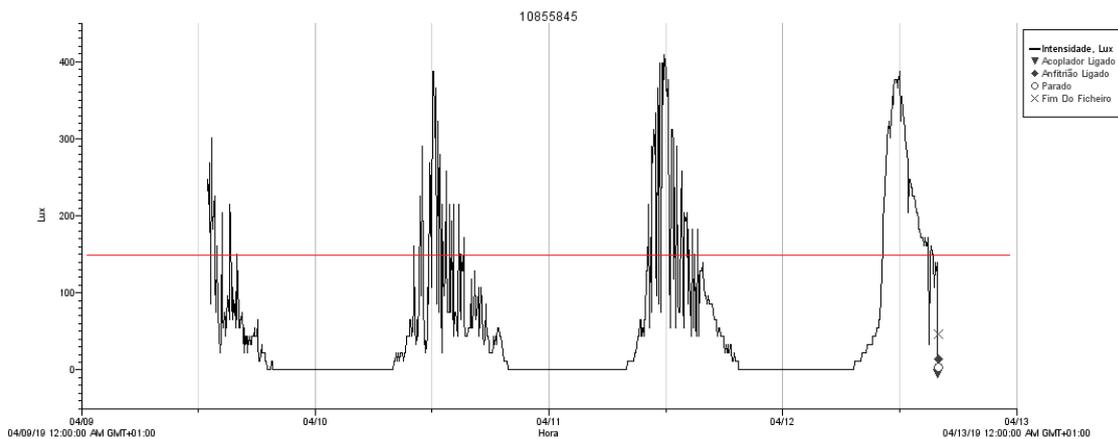


Figura 4 - Valores de iluminância obtidos no piso 3 da FFUC.

Como é possível verificar na Figura 4 os valores no piso 3, que é o piso da receção e o piso térreo, oscilam bastante e não permanecem acima de um limiar mínimo confortável durante um intervalo de tempo considerável. Nesse sentido, e dado que o piso da receção é provavelmente o piso com maior ocupação ao longo do dia, este piso não será considerado na integração da luz natural por questões de segurança.

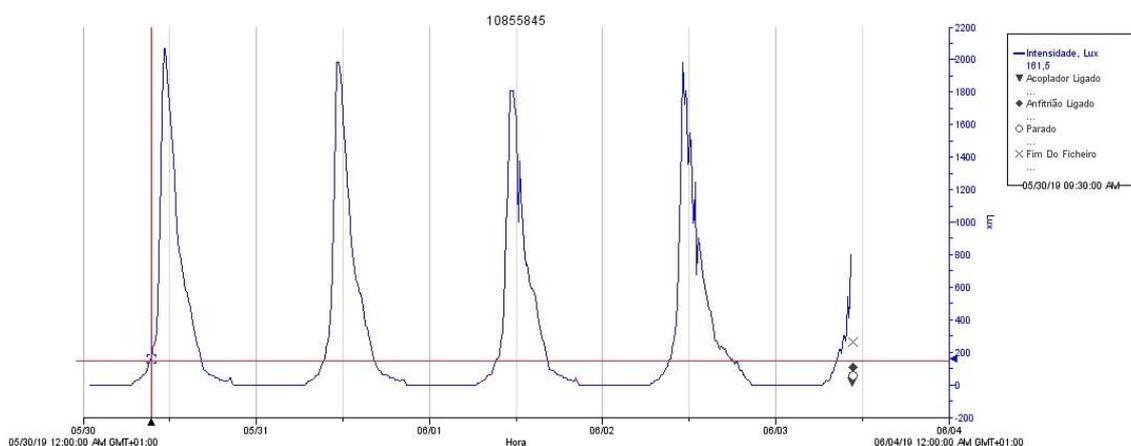


Figura 5 - Valores de iluminância obtidos no piso 4 da FFUC.

O piso 4 apresenta-se como o caso mais desfavorável (Figura 5), já que é o piso que se encontra mais próximo do piso térreo, sendo o piso que recebe menor luz natural ao longo do dia. No entanto, é possível garantir o conforto de luz natural das 9h30 às 16h30, sensivelmente, o que soma um total de sete horas diárias em que existiria poupança energética considerável.

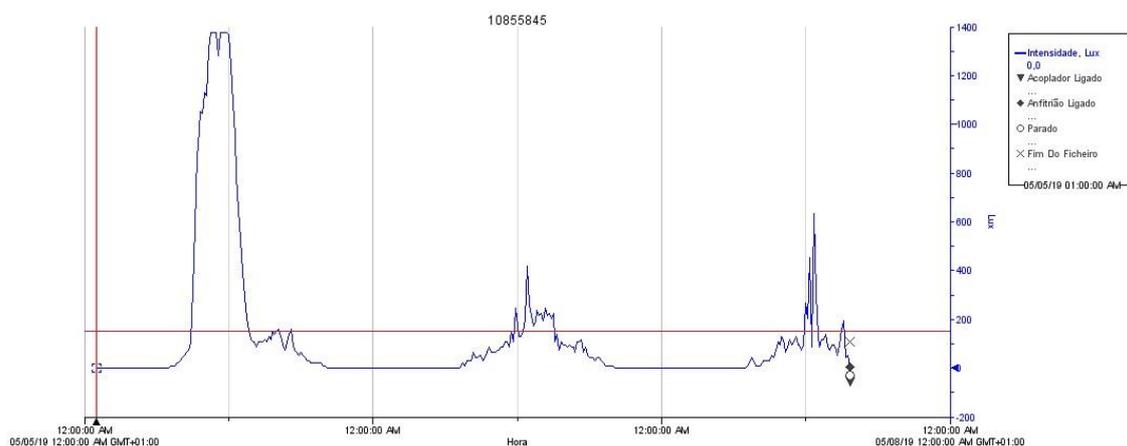


Figura 6 - Valores de iluminância obtidos no piso 5 da FFUC.

No piso 5 a situação revela-se ainda mais desfavorável (Figura 6), sendo a luz natural suficiente aproximadamente entre as 9h e as 14h – cinco horas de disponibilidade.

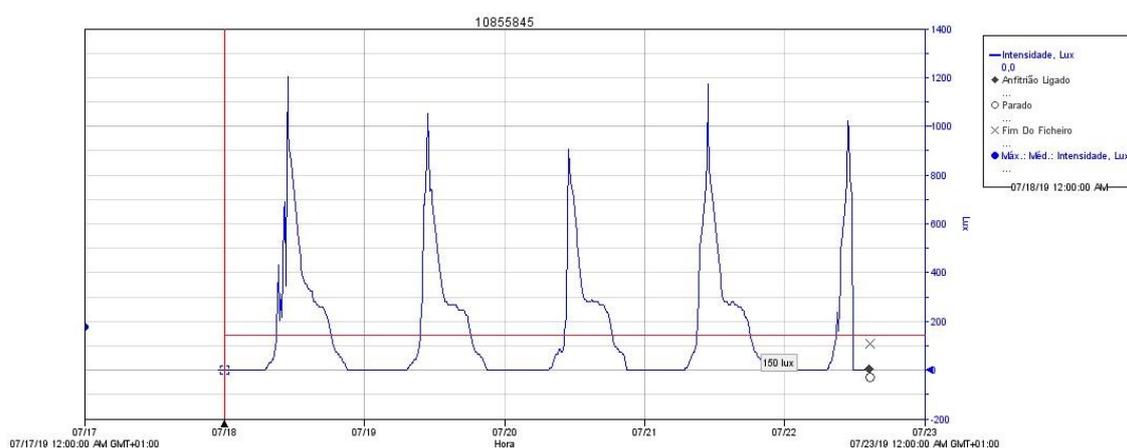


Figura 7 - Valores de iluminância obtidos no piso 6 da FFUC.

O piso 6 é aquele onde a situação é mais favorável (Figura 7). Existe disponibilidade de luz solar todos os dias entre as 9h e as 18h30, sendo aquele que se aproxima mais da medição do sensor de cobertura, contabilizando cerca de nove horas e meia de exposição solar acima do limiar de conforto.

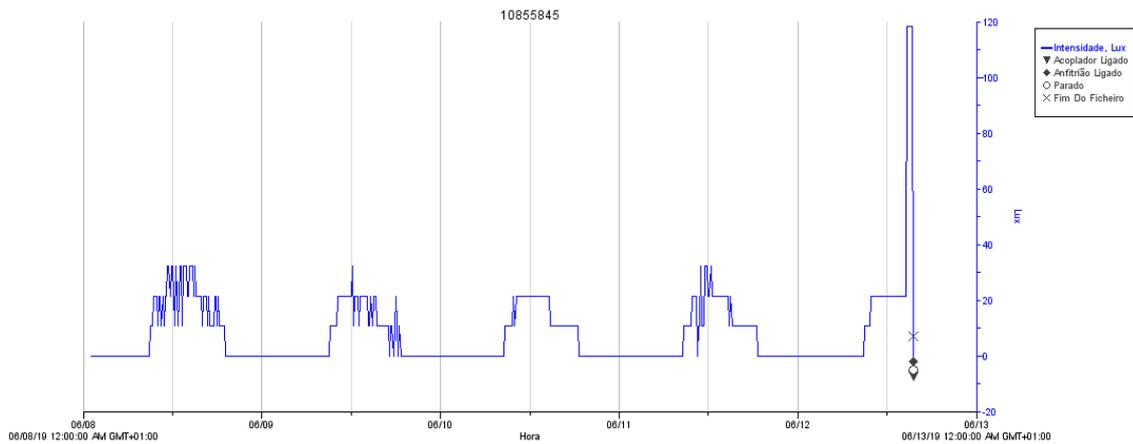


Figura 8 - Valores de iluminância obtidos nas escadas do piso 4 da FFUC.

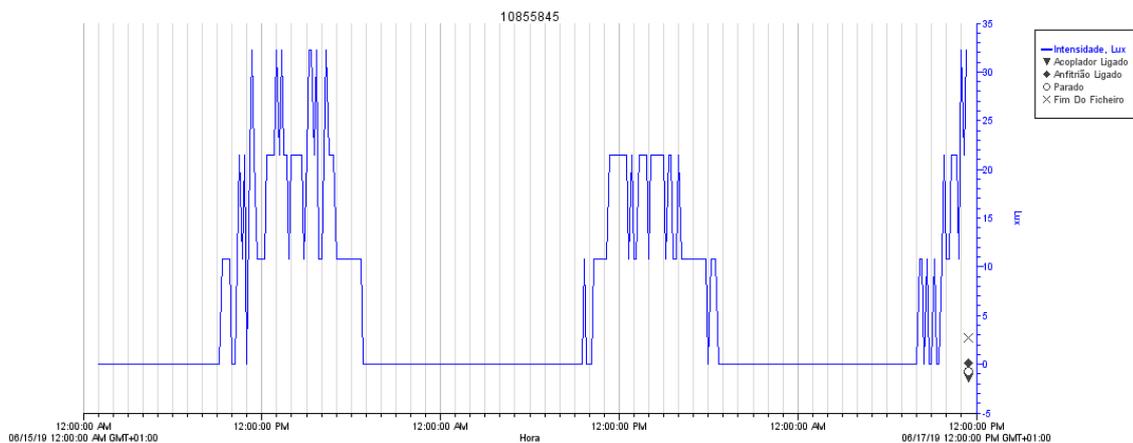


Figura 9 - Valores de iluminância obtidos nas escadas do piso 5 da FFUC.

Como podemos analisar pela Figura 8 e pela Figura 9, nenhum dos valores adquiridos nas escadas no piso 4 e 5 é suficiente para prescindir da iluminação artificial.

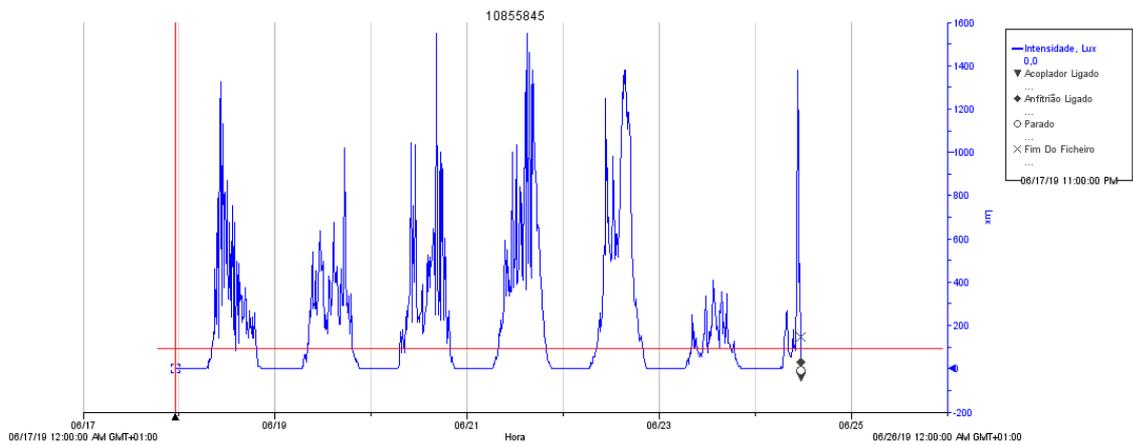


Figura 10 - Valores de iluminância obtidos nas escadas do piso 6 da FFUC.

Novamente é possível comprovar pela Figura 10 que o piso 6 apresenta um grande intervalo de tempo durante o qual recebe luz solar acima dos 150 lux, no mínimo sempre entre as 8h30

e as 19h30, o que soma onze horas de contribuição de luz solar, podendo reduzir drasticamente a utilização de iluminação artificial.

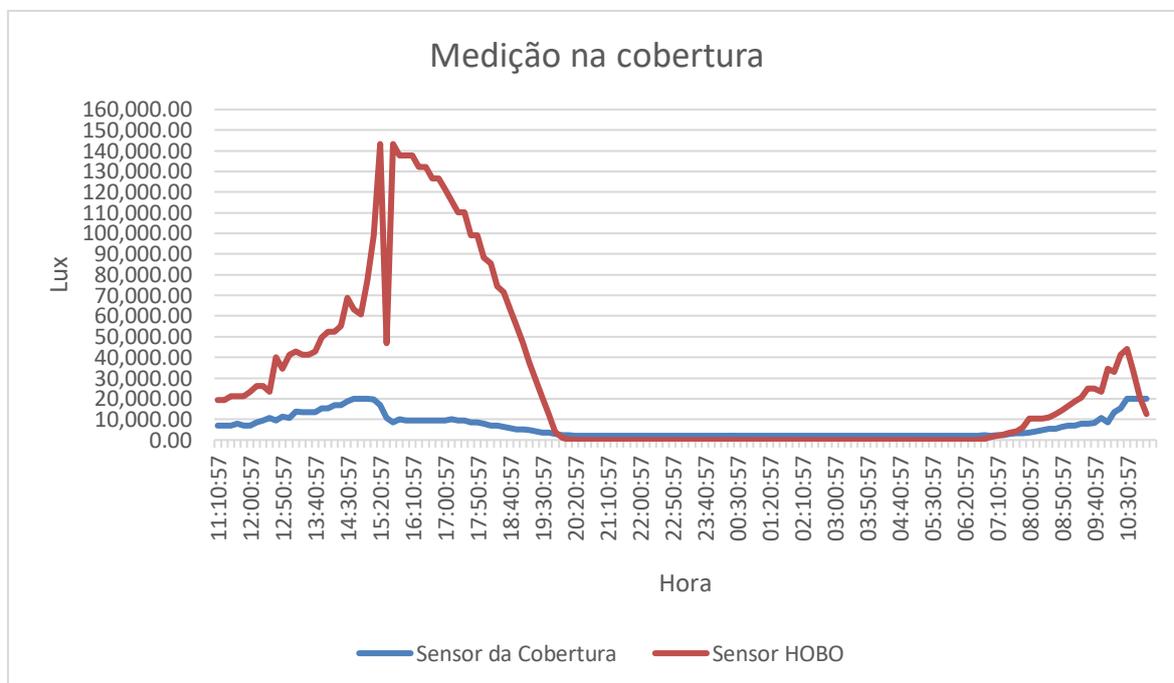


Figura 11 - Valores de iluminância obtidos na cobertura da FFUC.

A medição da Figura 11 corresponde à medição do sensor HOBO colocado junto ao sensor localizado na cobertura, ao longo de um dia de medição. O objetivo da medição na cobertura com o sensor HOBO foi aferir a qualidade da resposta da fotocélula. Seria expectável que as medições fossem análogas ao longo do decorrer de todo o dia, o que não se verifica. De referir que o alcance do sensor HOBO é muito superior ao valor máximo medido pela fotocélula, que são 20000 lux, como é possível constatar na Figura 12. Tendo em conta a discrepância que existe entre os sensores, já que o sensor de luminosidade HOBO tem um alcance e uma sensibilidade muito superiores, denota-se uma necessidade de calibração da fotocélula, ou até mesmo da sua substituição. A existência de oscilações e discrepância nos dados adquiridos pela fotocélula, que está ligada ao SGT, podem dar origem a decisões desadequadas e desnecessárias. Todavia, apesar destes valores de corte, isto é, das medições se situarem entre os 2000 – 20000 lux, este facto não perturba as funções a que a fotocélula se destina. Apesar da falta de precisão, o sensor presente na cobertura fornece informação suficiente para o controlo dos circuitos de iluminação do SGT.

De maneira a retirar a relação entre as situações interiores e a luminosidade adquirida pelo sensor da cobertura, foi traçada para cada local a característica entre a luminosidade exterior e a luminosidade interior, durante o mesmo intervalo de tempo, idealmente correspondente a um dia de aquisição de dados.

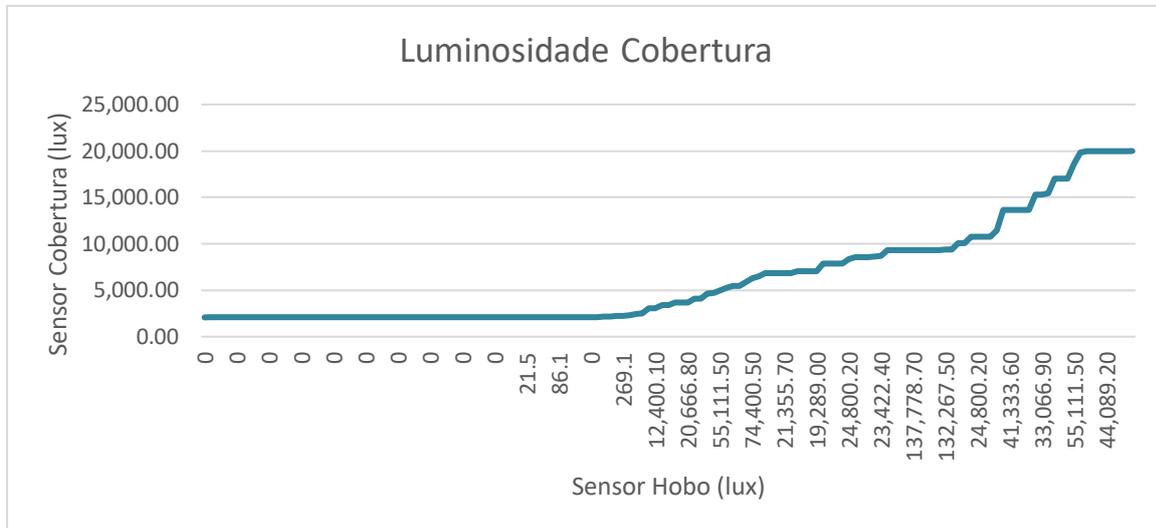


Figura 12 - Curva característica – Medição na cobertura.

Os dados foram ordenados por ordem crescente dos valores adquiridos pela fotocélula. Numa situação ideal e em que ambos os sensores tivessem a mesma precisão, as medições seriam muito semelhantes. A partir das análises dos dados adquiridos é possível verificar que, a faixa entre os 9000 lux e 10000 lux no sensor da cobertura corresponde aos momentos do dia em que existe transição do dia para a noite, e vice-versa.

Quanto à condição mais favorável, no piso 6 visto que é onde existe maior contribuição de luz natural, pode verificar-se o seguinte na Figura 13:

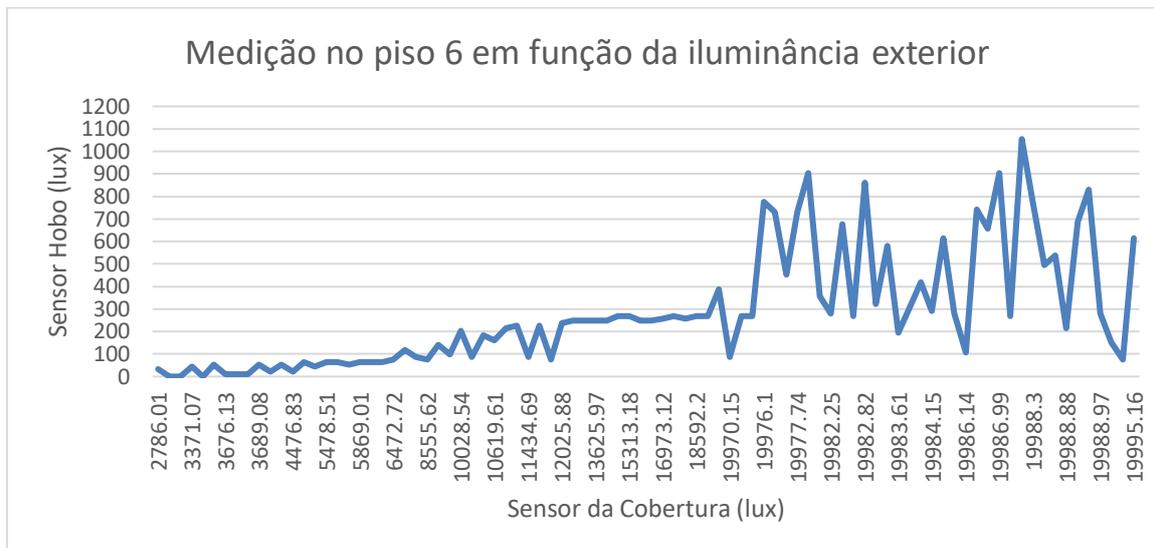


Figura 13 - Medição no piso 6 da FFUC em função da iluminância exterior.

No gráfico vemos a medição no piso 6 em função da iluminância exterior, que segue um padrão crescente. Como podemos observar, no piso 6 a contribuição de luz natural é, ao longo de 24 horas, maioritariamente acima do valor de limiar de conforto de 150 lux. Verificam-se algumas oscilações, possivelmente dadas pela passagem de pessoas, pelo transporte de objetos ou qualquer outro fenómeno que tenha tapado a passagem de luz natural no local de medição e à hora da medição. A ocorrência de nuvens e a variação diurna de insolação também podem ser um fator justificativo das oscilações nas medições.

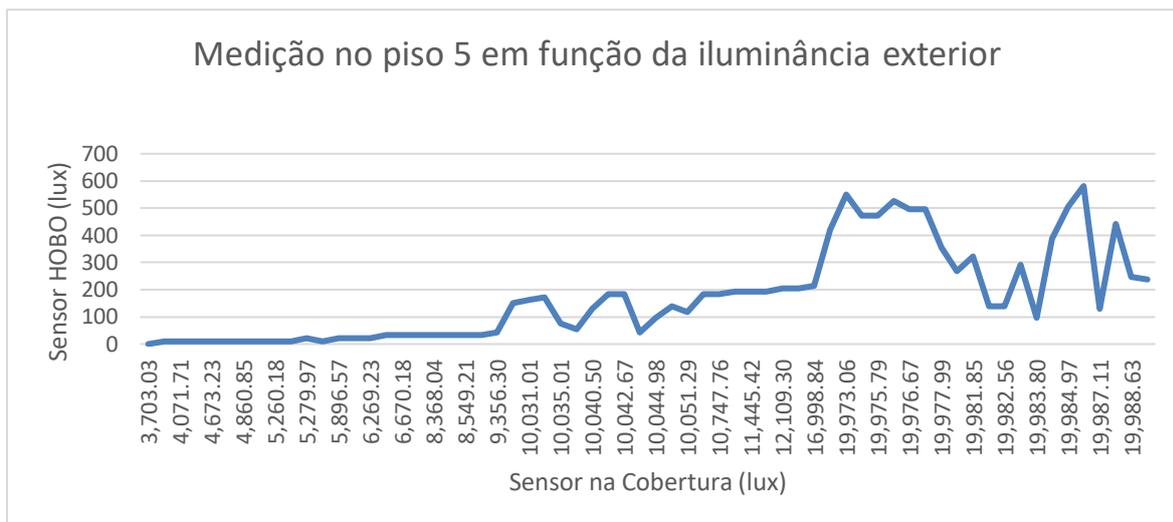


Figura 14 - Medição no piso 5 da FFUC em função da iluminância exterior.

O piso 5 é o piso intermédio em análise. Existem cerca de cinco horas em que a luz natural permite ter conforto visual no interior do piso 5. A relação entre a luminosidade interior adquirida pelo sensor HOBO e os valores adquiridos pela fotocélula no mesmo período do dia neste piso está representada no gráfico da Figura 14. Verificamos uma clara descida do valor da iluminância recebida, dado que a inclinação com que a luz solar incide e a distância é maior, visto se tratar de um piso inferior. Novamente um gráfico crescente, com uma pequena oscilação na transição 9000-10000 lux, que é o limiar a partir do qual se verifica no interior do edifício um valor de iluminância confortável.



Figura 15 - Medição no piso 4 da FFUC em função da iluminância exterior.

---

No caso da condição mais desfavorável, que se situa no Piso 4, a relação entre a luminosidade no interior do piso e o valor de luminosidade exterior registado encontra-se representada na Figura 15. No piso 4 a incidência de luz natural é visivelmente menor, o que se reflete nas horas de disponibilidade de luz solar confortável. Neste caso, as horas de conforto visual situam-se entre o intervalo das 10h -15h30. Existe um número muito maior de oscilações face às restantes aquisições de dados, dado que o sensor no interior do edifício, na posição mais desfavorável, não capta com tanta precisão as variações do nível de luz natural.

Após análise das medições e dos valores adquiridos pela fotocélula e recebidos no SGT, é possível tirar conclusões sobre os valores que admitem conforto visual para os ocupantes do edifício nos locais em questão. Na gama entre os 9000lux e 10500lux situa-se a transição entre o dia e a noite, sendo apenas o piso 6 que capta essa radiação de fim de dia e/ou nascer do dia com maior relevância.

É importante definir uma gama de valores para os quais serão ativados/desativados os circuitos de iluminação dos pisos analisados. O controlo da iluminação integrando a contribuição de luz natural é a junção de dois critérios fundamentais:

**-Critério de histerese entre dois valores** – limiares de comutação – intervalo de valores de luminosidade entre os quais se definirá como condição de ligar/desligar iluminação artificial, tendo em conta o limiar de conforto visual e a relação com o valor indicado pelo sensor localizado na cobertura (Figura 16).

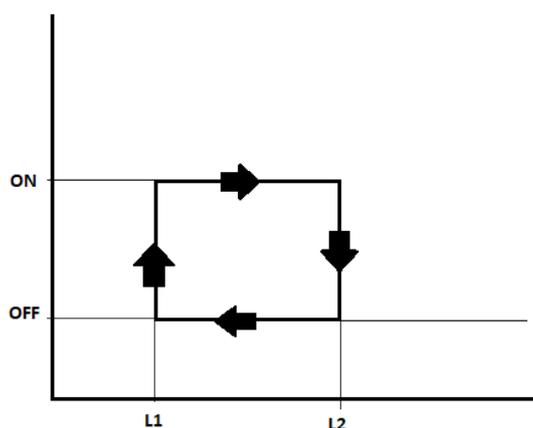


Figura 16 - Critério de Histerese.

**-Critério de temporizador** – definição do tempo mínimo para que determinado circuito de iluminação esteja ligado ou desligado – por exemplo, aquando da medição de um valor acima do limiar definido, o circuito de iluminação desliga-se, e só após um intervalo de tempo

considerável o circuito ligará ou não novamente. Esta medida tem como objetivo diminuir a frequência de comutação já que evita intermitências na iluminação e diminui a fadiga dos equipamentos em questão.

Quanto aos limiares de comutação, e tendo em conta os valores de iluminância no exterior do edifício que garantem conforto e o nível de iluminação necessário no interior do edifício, contabilizando ainda a condição mais e menos favorável, será adequado definir um limiar de comutação entre os 9000lux e os 10500lux, gama que permite assegurar as condições acima descritas.

É também pertinente definir um critério de dúvida, isto é, garantir por mais de uma medição que o valor de iluminância se encontra em determinado patamar. Existem bastantes oscilações nos valores adquiridos ao longo do dia, também devido ao facto de existirem contextos de aquisição por vezes desfavoráveis. A comutação dos circuitos de iluminação deverá ser antecedida de 3 medições consecutivas, onde é escolhido o menor valor. Caso este valor se encontre abaixo do limiar de conforto, o circuito de iluminação é ligado (o mesmo acontece para o caso de desligar a iluminação). Esta é uma forma de prevenir oscilações na iluminação artificial, tendo assim uma frequência máxima de comutações de 6 comutações por hora e um intervalo de tempo de 20 minutos – dado que cada medição ocorre de dez em dez minutos. Consequentemente não existe necessidade de garantir um tempo de espera para a ativação/desativação pois o intervalo de tempo está implícito tendo em conta a frequência das leituras. A Tabela 6 resume os valores decisivos provenientes desta conclusão.

Tabela 6 - Controlo do sistema de iluminação com integração de luz natural.

| <b>Controlo do Sistema de Iluminação com integração de luz natural</b> |  |
|--|--|
| Limiar de conforto no interior do edifício                             | 150 lux  |
| Limiares de comutação  | 9000 – 10500 lux (fotocélula)                              |
| Condição de Ativação   | 3 medições consecutivas (intervalo de tempo de 20 minutos) |

Foi abordada a possibilidade de, no software, dar permissão ao utilizador para que este alterasse os valores dos limiares de comutação. Porém, esta permissão pareceu arriscada, sendo assim necessário garantir internamente no software que os valores de limiar são mantidos dentro de valores aceitáveis. Além disso, foi idealizada inicialmente a definição de indicadores, que indicariam uma razão entre o valor adquirido pela fotocélula da cobertura e o valor medido pelo sensor HOB0 no interior do edifício. Esta razão seria o indicador para o SGT assumir como valor de comutação tendo em conta o piso em questão e a hora do dia

---

correspondente. Dado que esses indicadores não se apresentaram viáveis devido ao carácter variável da relação entre as medições dos dois dispositivos, optou-se por definir os critérios de histerese e temporização.

Assim, o controlo da iluminação integrando luz natural pode ocorrer de dois modos: condicionado pela disponibilidade de luz natural o que, por omissão, deverá ser o modo definido como prioritário; por controlo horário – que já está neste momento definido no SGT.

O utilizador deverá poder seleccionar qual a modalidade de controlo. De forma a agregar todas estas informações e ações, o ideal seria criar uma vista adicional no SGT, um menu dedicado ao controlo da iluminação.

#### 4.1.5. Cálculo Luminotécnico e estudo da poupança energética

Os conceitos luminotécnicos essenciais foram explanados no início deste capítulo. Após a recolha de dados sobre o edifício – caracterização das luminárias e circuitos de iluminação, bem como a aquisição de todos os dados de iluminância, torna-se necessário realizar o cálculo luminotécnico e o estudo da poupança energética. Para conhecer a poupança anual, é necessário ter em conta o número de horas de luz natural disponível por mês. O número médio de horas de sol por mês em Coimbra pode ser visualizado na Figura 17 [29] (com 2480 horas de sol por ano) e serão os valores utilizados nos cálculos da poupança energética.

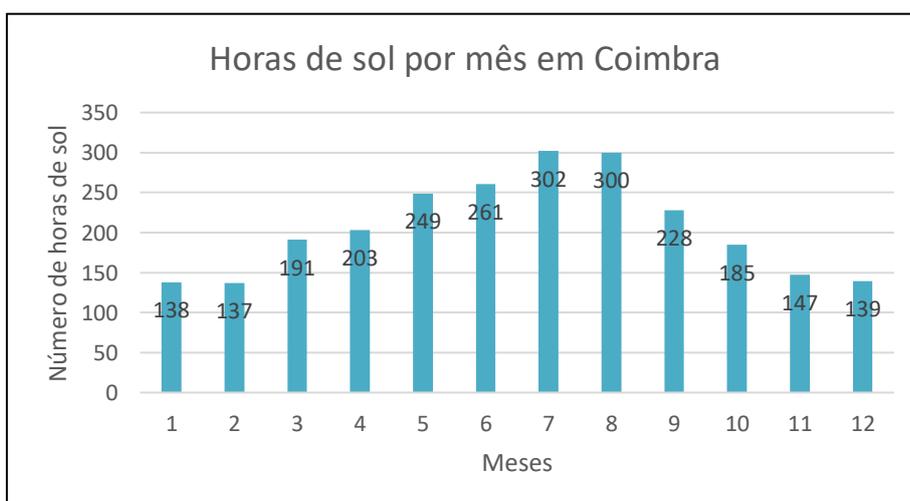


Figura 17 - Horas de sol por mês em Coimbra.

Assumindo que as recolhas de dados efetuadas podem ser consideradas representativas de um dia típico do mês correspondente àquele em que foram efetuadas, optou-se por extrapolar os valores correspondentes para os restantes meses do ano utilizando o número médio de horas de sol conforme a referência utilizada [29] (Tabela 7).

Tabela 7 - Extrapolação da luz natural disponível (por dia) com conforto.

| Mês | Horas de sol por mês em Coimbra | Extrapolação da luz natural disponível (por dia) com conforto |
|-----|---------------------------------|---|
| 1   | 138                             | 1,2   |
| 2   | 137                             | 1,2   |
| 3   | 191                             | 1,6   |
| 4   | 203                             | 1,7   |
| 5   | 249                             | 2,5   |
| 6   | 261                             | 2,2   |
| 7   | 302                             | 2,6   |
| 8   | 300                             | 2,6   |
| 9   | 228                             | 2,0   |
| 10  | 185                             | 1,6   |
| 11  | 147                             | 1,3   |
| 12  | 139                             | 1,2   |

Foi necessário para os cálculos o custo médio de kWh (€/kWh), tendo por referência o preço faturado à UC pelo comercializador 0,1343 €/kWh, calculado com o valor de IVA de 23%. Este valor foi obtido através da soma ponderada do valor por ciclo horário, resultante da repartição dos valores de potência ativa ao longo do período de faturação. Tomou-se como referência o ano de 2018. Os valores das tarifas por posto horário e as respetivas ponderações (apresentadas entre parênteses) são: Super Vazio: 0,07158 €/kWh (13%); Vazio Normal: 0,07892 €/kWh (23%); Ponta: 0,19368 €/kWh (15%) e Cheias: 0,10977 €/kWh (48%). O custo atribuído ao horário de ponta tem em conta o custo da rede e do comercializador, bem como a tarifa para a potência média em horário de ponta.

Assim, é necessário o conhecimento das necessidades de iluminação interior bem como características técnicas, que irão permitir o cálculo da poupança energética possível com a utilização de luz natural. Desta forma é importante conhecer:

1. o nível de iluminância médio recomendado para o local;
2. número de armaduras, luminárias e a sua disposição;
3. tipo e potência da lâmpada e potência do conjunto lâmpada + balastro;
4. horário de funcionamento do espaço;
5. definição das áreas e circuitos a controlar.

Foi definido anteriormente que o nível de iluminância mínimo recomendado para os locais de circulação se situa nos 150 lux. No início deste capítulo foram mencionadas quais as luminárias presentes e a potência de cada uma. Quanto aos circuitos de iluminação presentes em zonas com boa iluminação natural, a sua constituição é a seguinte - Tabela 8 (a quantidade de luminárias e de lâmpadas nestes circuitos é a mesma em todas):

Tabela 8 - Potência das luminárias dos pisos 4, 5 e 6.

| Local                      | Luminárias/<br>Lâmpadas | Potência Individual<br>(W) | Potência total<br>(W) | Número de horas com luz natural<br>confortável |
|----------------------------|-------------------------|----------------------------|-----------------------|--|
| Hall Fotocopiadoras        | 9                       | 58                         | 522                   | 9h – Piso 6<br>5h – Piso 5<br>7h – Piso 4      |
| Hall Fotocopiadoras        | 3                       | 18                         | 54                    |  |
| Corredor Gabinetes         | 18                      | 36                         | 648                   |  |
| Hall Ligação<br>Gab./Labs. | 10                      | 36                         | 360                   |  |
| Escadas                    | 4                       | 58                         | 232                   | 9h – Piso 6                                    |

O funcionamento destes circuitos de iluminação dá-se nos seguintes horários:

- Circuitos do hall das instalações sanitárias encontram-se a funcionar com o horário das 16:30 horas à 1h:30;
- das 7:00 horas à 1:30 horas de segunda a sábado.

Relativamente ao **horário de funcionamento**, sabemos que o edifício se encontra aberto ao público das 8h – 21h, e que fora desse intervalo de tempo é possível que existam pessoas na FFUC, nomeadamente professores e alunos de doutoramento. Os espaços a controlar são os três pisos superiores onde se situam os laboratórios e os gabinetes dos docentes, os pisos 4, 5 e 6. Aqui pretende-se controlar todos os circuitos de iluminação, bem como a iluminação dos dois circuitos de escadas existentes no edifício. Tendo em conta as tabelas acima descritas é possível calcular o valor da poupança atingido para cada piso (Tabela 9), considerando, para os valores de poupança anual, 365 dias por ano.

Tabela 9 - Poupança energética obtida pela integração da luz natural.

| Poupança energética obtida pela integração de luz natural |             |
|---|-------------|
| Piso 6 (diária - Wh)                                      | 16344Wh     |
| Piso 5  | 7920Wh      |
| Piso 4  | 11088Wh     |
| Total diário (kWh)  | 35,352kWh   |
| Poupança diária (€)                                       | 4,748€      |
| Poupança total anual (kWh)                                | 12903,48kWh |
| Poupança anual (€)  | 1732,94€    |

## 4.2. Deteção de Ocupação

### 4.2.1. Motivação para a implementação de detetores de ocupação

A instalação de detetores de ocupação no edifício permite um controlo mais eficiente da iluminação, bem como a redução do consumo de energia e, conseqüentemente, a redução dos custos. Tendo em conta a integração da luz natural na poupança energética do edifício, faz todo o sentido a instalação da deteção de ocupação nos circuitos respetivos a essa implementação, podendo ainda abranger outros espaços do edifício. Estes espaços são também corredores e escadas, mas onde existe ausência de luz natural e que, à semelhança dos outros espaços, apresentam uma ocupação irregular, não justificando por isso que as luminárias estejam permanentemente ligadas. Em horários noturnos, fora do horário em que o edifício está aberto ao público, a ocupação do edifício não é regular, de modo que a instalação de detetores de presença diminuirá bastante a utilização da iluminação artificial e reduzirá os custos com manutenção.

A escolha de soluções de controlo e regulação para qualquer edifício de serviços deverá ser realizada de acordo com os requisitos operacionais das instalações e do potencial de eficiência energética que resulte da implementação dessas mesmas medidas. Assim, existem funções mínimas que é obrigatório assegurar no que concerne a edifícios novos e a edifícios sujeitos a grande intervenção, como é possível ver na Tabela 10 [30] onde GES significa grande edifício de comércio e serviços e PES – pequeno edifício de comércio e serviços.

Tabela 10 - Funções mínimas a adotar em sistemas de iluminação a instalar em edifícios novos e em edifícios sujeitos a grande intervenção.

|  | Edifícios novos |     | Edifícios sujeitos a grande intervenção |     |
|--|-----------------|-----|---|-----|
|  | GES             | PES | GES                                     | PES |
| Deteção de presença <sup>(1)</sup>       | X               | X   | X                                       | X   |
| Comutação por luz natural <sup>(2)</sup> | -               | -   | X                                       | -   |
| Regulação por luz natural <sup>(2)</sup> | X               | -   | -                                       | -   |
| Controlo horário                         | X               | X   | X                                       | -   |
| Comando por interface                    | X               | -   | X                                       | -   |
| Gestão operacional                       | X               | -   | X                                       | -   |

---

(1) A deteção de presença deve ser complementada com temporização ajustável, para evitar a desativação da iluminação na ausência de movimento nesse período;

(2) Os valores de referência definidos para o plano de trabalho serão fixados mecanicamente ou com recurso a software para cálculo luminotécnico.

Nota: As obrigatoriedades da Tabela 10 não se aplicam a espaços onde a iluminação seja assegurada com lâmpadas de descarga de alta intensidade ou em todos os espaços onde exista utilização de sistemas de controlo para iluminação; não se aplica também a situações onde exista inviabilidade económica e/ou inexecuibilidade da instalação.

A prioridade deverá ser a utilização de equipamentos individuais de funcionamento autónomo para controlo básico, como deteção de presença e interação com a luz natural, e evoluir progressivamente para a integração em rede, para que o controlo seja feito pelo SGT. O objetivo é atingir o máximo de eficiência energética e operacionalidade da instalação, bem como permitir a integração de outros sistemas energéticos de um sistema global de gestão do edifício.

#### **4.2.2. Processo de implementação**

Para a elaboração da proposta de instalação de detetores de ocupação, foram realizadas várias medições, para as quais serviram também de auxílio as peças desenhadas do edifício que se encontram no APÊNDICE B. Os detetores estão destinados aos locais onde se verifica uma afluência bastante variável de pessoas, e onde, além do controlo de presença, é possível agregar também o controlo por nível de iluminância exterior. Assim, foram considerados os dois circuitos de escadas presentes no edifício - topos Norte e Sul - bem como os corredores dos pisos 4, 5 e 6. Na prática, esta solução é mais abrangente relativamente à luz natural pois agrega os circuitos de iluminação dos corredores dos laboratórios e os circuitos de escadas na sua totalidade, cuja iluminação estava permanentemente ligada (com as luminárias ligadas alternadamente). Uma vez que as escadas em questão são escadas com um patamar entre dois pisos adjacentes, considera-se que um detetor de ocupação instalado ao nível do patamar permite cobrir a ocupação dos dois níveis de acesso aos pisos.

## Medições

O projeto foi feito tendo em conta o alcance de cada um dos detetores de presença e a distância a assegurar, bem como a distância ao quadro mais próximo que contenha controladores Xenta de modo a fazer a ligação ao SGT, considerando ainda uma estimativa para a cablagem necessária, nomeadamente cabo de sinal e cabo de alimentação. Os controladores *TAC Xenta* são dispositivos responsáveis por interligar o SGT com sensores, detetores e atuadores. É neles que está guardada toda a programação feita através do *TAC Menta*, ferramenta de programação usada para programar os controladores *TAC Xenta*. As medições e cálculos efetuados para a proposta de implementação dos detetores de ocupação encontra-se no APÊNDICE B.

A questão de maior análise no estudo de implementação foi a ligação dos sensores ao SGT, para além da alimentação dos próprios detetores. Os sensores deveriam ter contacto de saída seco, isto é, contacto livre de tensão. O contacto seco é um contacto auxiliar que se encontra isolado galvanicamente do restante circuito, podendo ser ligado a qualquer potencial. Quando o contacto normalmente aberto (NA) fecha e a circulação de corrente é estabelecida, é através do contacto seco que se estabelece a condução elétrica, processando-se de forma inversa para o caso do relé com contactos normalmente fechados (NF). Este contacto pode ser comandado por um relé ou contactor. De forma a minimizar os custos do investimento, optou-se por utilizar detetores de ocupação vulgares (sem contacto livre de potencial) e utilizar um relé e respetivo suporte para calha DIN para o contacto seco como se mostra na Figura 18 [30].

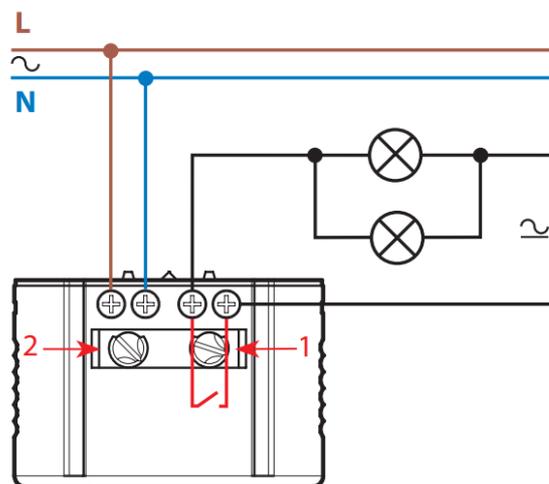


Figura 18 - Exemplo de ligação de um sensor com contacto de saída seco.

---

Os detetores de ocupação foram selecionados segundo alguns requisitos. Todos os detetores são destinados a espaços interiores. Além da necessidade de detetor de parede (Figura 20 b) ) [31] e detetor de teto (Figura 20 a) ) [32], devido aos espaços, os detetores de teto deveriam ter o maior alcance possível, já que os corredores dos gabinetes e dos laboratórios medem entre 50 a 70 metros de comprimento. Procurou-se ainda detetores de presença que fossem discretos e por isso foi natural a escolha da cor branca, a mesma dos espaços da sua implementação. Os controladores permitem a ligação ao SGT e a monitorização dos detetores de ocupação e, aliado a isso, o controlo dos circuitos de iluminação que lhes são correspondentes. Nesse sentido, os detetores são ligados aos quadros mais próximos onde existem entradas de controladores disponíveis como reserva.

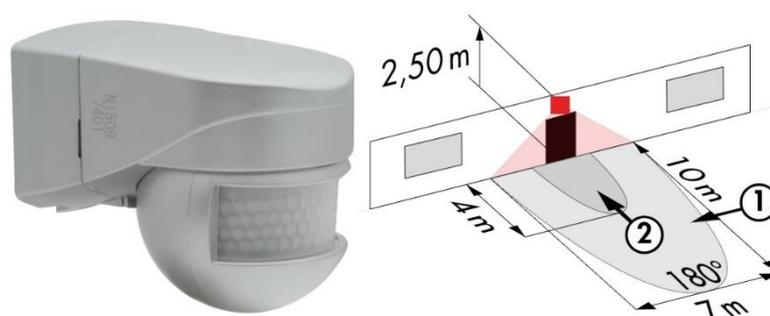


Figura 20 b) Detetor de parede e respetivo diagrama de alcance.

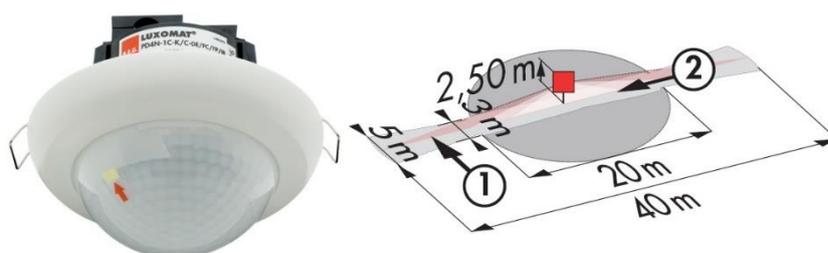


Figura 20 a) Detetor de teto e respetivo diagrama de alcance.

A Tabela 11 mostra as reservas disponíveis em cada um dos quadros referidos anteriormente. Existem quadros adicionais com mais controladores de reserva, que neste caso não serão usados. Existem bornes de ligação nos quadros elétricos e nos quadros do SGT, que estão identificados com todas as saídas e entradas dos dispositivos que os

constituem. Considerando os quadros do SGT, os bornes estão seriados a partir do número 100 até ao número total de terminais correspondente aos dispositivos desse mesmo quadro.

Tabela 11 - Reservas dos controladores destinadas à ligação dos detetores de ocupação.

| Quadro      | Dispositivo                | Terminal Livre | Borne de Ligação | Notas           |
|-------------|----------------------------|----------------|------------------|-----------------|
| GTC_ANF1    | Xenta 421A A05 (I/O #3.5)  | U4 (10)        | 120 e 121        | M (9) borne 120 |
| GTC_ANF2    | Xenta 421A A07 (I/O #3.7)  | U4 (10)        | 120 e 121        | M (9) borne 120 |
| GTC_ConF    | Xenta 421A A03 (I/O #3.3)  | U3 (8)         | 134 e 135        | M (9) borne 135 |
| GTC_ConF    | Xenta 421A A03 (I/O #3.3)  | U4 (10)        | 135 e 136        | M (9) borne 135 |
| GTC_Central | Xenta 421A A10 (I/O #4.10) | U2 (7)         | 239 e 240        | M (6) borne 239 |
| GTC_Central | Xenta 421A A10 (I/O #4.10) | U3 (8)         | 241 e 242        | M (9) borne 242 |
| GTC_Central | Xenta 421A A10 (I/O #4.10) | U4 (10)        | 242 e 243        | M (9) borne 242 |
| GTC_Coifas  | Xenta 421A A07 (I/O #5.7)  | U3 (8)         | 195 e 196        | M (9) borne 196 |
| GTC_Coifas  | Xenta 421A A07 (I/O #5.7)  | U4 (10)        | 196 e 197        | M (9) borne 196 |

Todos os terminais da tabela correspondem a entradas. Nota: Para interpretação da tabela, temos que no caso dos terminais livres U2 (7): Terminal Universal 2 correspondente ao terminal 7 do controlador; M (9): Ponto comum M correspondente ao terminal 9 do controlador. As tabelas com todas as reservas dos controladores encontram-se no ANEXO I.

Quanto à agregação de detetores de ocupação, esta foi idealizada com base nos circuitos de iluminação já existentes e com base na frequência de passagem de utilizadores em cada um dos locais. Os espaços abrangidos por luz natural foram separados dos espaços não abrangidos, nomeadamente no caso dos corredores dos laboratórios – pisos 4, 5 e 6. Quanto às escadas, os circuitos estão agregados em dois ou três pisos, de forma a garantir conforto visual e até mesmo segurança dos ocupantes que sobem/descem vários lances de escadas. O desenho esquemático encontra-se no APÊNDICE B e mostra a distribuição dos detetores de ocupação num dos pisos, sendo análogo para os restantes pisos pois a sua configuração é muito semelhante. Nas escadas os detetores de ocupação encontram-se no patamar entre lanços. No que respeita aos detetores de teto terão de ser montados em suporte, com uma altura de cerca de 30-40cm, para permitir a respetiva instalação ao nível do plano do teto falso, embora suportados na calha técnica situada a uma cota ligeiramente mais elevada, no interior do vão criado pelo teto falso.

---

### 4.2.3. Análise do investimento

Tendo em conta a utilização dos espaços de circulação em análise, há que considerar fatores de utilização, nomeadamente tendo em conta a afluência que existe ao longo de um ano letivo. Considerando: 22 dias úteis por mês; 101 dias referentes a fins-de semana; índice de ocupação de 0,4 para dias úteis e para dias não úteis e para o mês de Agosto índice de ocupação de 0,2. Este valor tem por base o Quadro XXVII do Artigo 51º do Portaria nº 1532/2008 de 29-12-2008 [33], que representa o número de ocupantes por unidade de área em função do uso dos espaços. Por ser um indicador com um valor baixo, considerou-se o valor de 0,4 para os espaços de circulação dos pisos em análise e os circuitos de escadas que, ao longo de todo o período letivo, têm bastante afluência. Além disso, é também um pressuposto para o aumento da eficiência energética que haja uma maior afluência aos circuitos de escadas em detrimento dos elevadores do edifício. Considerou-se ainda o custo médio de 0,13€/kWh, referente a um estabelecimento de ensino deste tipo. No caso das escadas da FFUC, a distribuição é a seguinte (Tabela 12):

Tabela 12 - Consumo das luminárias presentes nas escadas.

| Local (Escadas) | Luminárias | Potência Individual (W) | Potência total (W) | Consumo diário (Wh) – Fator de utilização 0,4 | Consumo diário (Wh) – Fator de utilização 0,2 |
|-----------------|------------|-------------------------|--------------------|---|---|
| Topo Norte      | 16         | 36                      | 576                | 5529,6  | 2764,8  |
|                 | 2          | 18                      | 36                 | 345,6   | 172,8   |
| Topo Sul        | 17         | 36                      | 612                | 5875,2  | 2937,6  |
|                 | 2          | 18                      | 36                 | 345,6   | 172,8   |
| Total           | -          | -                       | 1260               | 12096   | 6048  |

Quanto às escadas, é possível obter um consumo total anual de aproximadamente 3671,14 kWh com a instalação de detetores de ocupação, face a um consumo total, antes da instalação dos detetores de ocupação, de cerca de 11037,6 kWh/ano. A poupança energética nas escadas totaliza 7366,5 kWh por ano, correspondendo a uma poupança de 989,32 €. De forma semelhante, é possível calcular a poupança nos pisos 4, 5 e 6. A tabela reflete o consumo diário de cada lâmpada/luminária. Contabilizando as luminárias destes três pisos, os circuitos onde se efetua a instalação de detetores de ocupação (Tabela 13), e tendo em conta que as luminárias se encontram usualmente ligadas de forma alternada, conseguimos estimar um consumo total diário de 132,2 kWh. Este valor equivale a metade do consumo

diário multiplicado pelos três pisos. Todos os valores encontram-se aproximados às unidades.

Tabela 13 - Consumo das luminárias presentes em cada um dos pisos 4, 5 e 6.

| Local                   | Luminárias /Lâmpadas | Potência Individual (W) | Potência total (W) | Consumo diário (kWh) |
|-------------------------|----------------------|-------------------------|--------------------|----------------------|
| Hall Elevadores         | 8                    | 58                      | 464                | 11,1                 |
| Hall Fotocopiadoras     | 9                    | 58                      | 522                | 12,5                 |
| Hall Fotocopiadoras     | 3                    | 18                      | 54                 | 1,3                  |
| Corredor Gabinetes      | 18                   | 36                      | 648                | 15,5                 |
| Hall Ligação Gab./Labs. | 10                   | 36                      | 360                | 8,6                  |
| Hall laboratórios       | 5                    | 58                      | 290                | 6,9                  |
| Corredor Laboratórios   | 23                   | 58                      | 1334               | 32                   |

Para o cálculo do consumo diário com a utilização dos detetores, foram utilizados igualmente os fatores de utilização de 0,4 (52,8 kWh - Consumo total diário dos 3 pisos) e de 0,2 (26,4 kWh – Consumo total diário dos 3 pisos). Assume-se que, com a instalação dos detetores, o regime de utilização será o mesmo, isto é, as luminárias estarão ligadas de forma alternada. Anualmente, consumo e poupança energética resultam nos seguintes valores (Tabela 14):

Tabela 14 - Poupança anual com a implementação de detetores de ocupação.

|   |           |
|---|-----------|
| Consumo total anual – Pisos 4, 5 e 6 (kWh)  | 48250 kWh |
| Consumo total anual com instalação de detetores de ocupação (kWh)                           | 16025 kWh |
| Poupança energética anual nos pisos 4, 5 e 6 (kWh)  | 32225 kWh |
| Poupança anual nos pisos 4, 5 e 6 (€)   | 4328 €    |
| Poupança anual total com instalação de detetores de ocupação - Escadas + Pisos 4, 5 e 6 (€) | 5317 €    |

Quanto ao investimento necessário para garantir esta implementação, após realizar vários pedidos de orçamento, totaliza, segundo as propostas mais vantajosas, gastos de material no valor de 1276€. A este valor acrescerá o valor do serviço de instalação. Podemos assumir um investimento aproximado de 3000€ no total. Assim, de uma forma grosseira, o retorno do investimento será de pouco mais de um ano, o que torna esta implementação muito atrativa.

$$\text{Payback} = \frac{3000}{5317} = 0,56 \text{ ano}$$

---

**Capítulo V**  
***O software TAC***  
**Vista**

## 5. O SOFTWARE TAC VISTA

### 5.1. Produtos TAC

O *software* que permite monitorizar o Sistema de Gestão Técnica da FFUC é da empresa *Schneider Electric* e a sua aplicação de trabalho é o TAC Vista. O SGT em funcionamento no edifício encontra-se na *Workstation* no piso 3 junto à receção, tendo um computador pessoal destinado exclusivamente ao controlo do sistema.

Dado o elevado número de pisos e conseqüente número de zonas de passagem, os principais equipamentos consumidores de energia são a iluminação, o sistema AVAC, onde se incluem duas UTA's – Unidades de Tratamento de Ar, dois *chillers*, os ventiladores de extracção e os de insuflação e uma caldeira. [34]

O TAC Vista é um *software* de ferramentas para aplicar a sistemas de gestão técnica de edifícios que permite monitorizar e controlar o AVAC, a iluminação, o controlo de acesso e outras características de segurança para uma ou mais instalações. Com base no protocolo aberto *LonWorks*, este situa-se entre os sistemas mais extensíveis tendo em conta as tecnologias existentes na indústria. Esta solução extensível pode acomodar uma aplicação de gestão de edifícios independentemente das suas dimensões. A arquitetura aberta permite uma integração transparente com produtos de terceiros e fornece uma interoperabilidade completa. A arquitetura genérica do sistema TAC Vista encontra-se no ANEXO I.

O terminal Vista é utilizado para manutenção e administração do sistema Vista. Do TAC Vista fazem parte os seguintes módulos:

- TAC Vista *Server* – fornece o acesso ao ambiente de trabalho e ao controlo de dados da *workstation*; efetua a ligação e lança o TAC Vista *Workstation*; comunica com os controladores TAC Xenta ou qualquer dispositivo *LonTalk*.
- TAC Vista *Workstation* – ambiente gráfico do SGT, com acesso a operações diárias a realizar, alarmes, relatórios, eventos, gráficos de dados e *backup* através da base de dados.
- TAC Vista *Webstation* – permite o acesso ao sistema através de *browser* da internet, sem necessidade do programa de interface TAC Vista *Workstation*.
- TAC Vista *ScreenMate* – para controlo de ambiente/zona.

- TAC Menta – ferramenta usada para programar os controladores TAC Xenta. Baseia-se em programação por blocos. Permite a realização de testes em modo de simulação.
- TAC Vista *Reports* – aplicação que gera relatórios automáticos através de dados adquiridos pelo sistema, passíveis de serem exportados para *Microsoft Excel*.
- TAC Vista *Graphics editor* – criação de gráficos e vistas a apresentar no TAC Vista *Workstation* ao utilizador.
- TAC Xenta – dispositivos responsáveis por interligar o SGT com sensores, atuadores e detetores, onde se encontra a programação realizada através do TAC Menta.

Na *workstation* da FFUC apenas é possível ter acesso ao TAC Vista *Server*, TAC Vista *Workstation* e TAC Menta. O acesso ao TAC Vista *Webstation* também é possível, mas as condições de acesso não estão definidas e portanto esta funcionalidade está desativada.

### **Software – Interação com a interface**

A *interface* Homem-Máquina com o SGT da FFUC é feita através do executável TAC Vista *Server* – W500, que permite fazer o *login* com o *username* “*manager*” e abrir o TAC Vista *Workstation*, cujo aspeto é o da Figura 21.

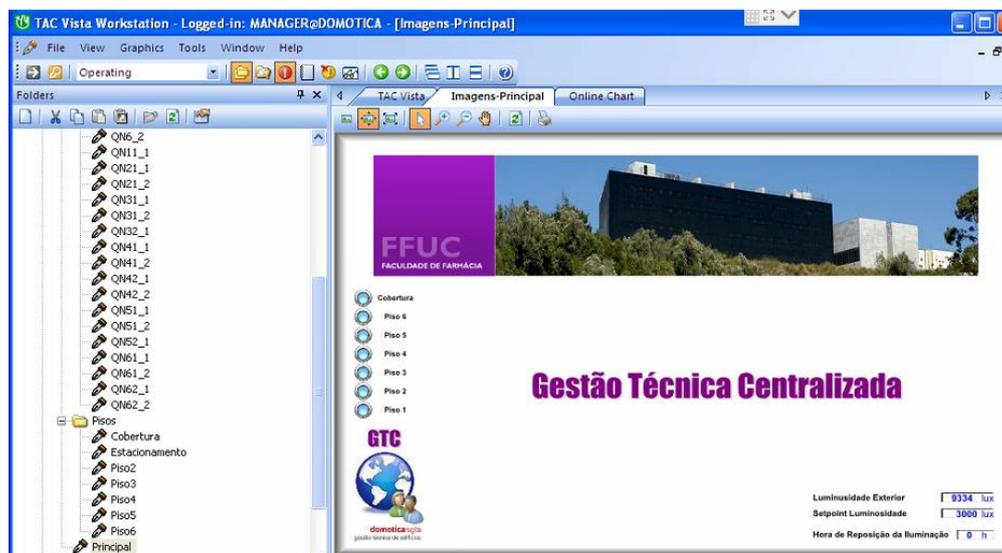


Figura 21 - Ambiente gráfico TAC Vista Workstation na FFUC.

## Sensor de iluminância

Encontra-se ligado ao SGT um sensor de iluminância exterior, localizado na cobertura – Piso 7. Este sensor devolve ao SGT o valor da il (em lux) em tempo real. É ainda possível no TAC Vista *Workstation* definir um setpoint de luminosidade tendo em conta a iluminância registada pelo sensor, controlando dessa forma os circuitos de iluminação dos espaços de circulação do edifício.

A vista principal do SGT no TAC Vista *Workstation* permite aceder ao menu de iluminação, AVAC e outros parâmetros. Relativamente à iluminação, é possível aceder aos circuitos de iluminação dos vários quadros de cada piso do edifício, seleccionando na pasta Imagens o menu principal, cuja designação é “Principal”. A vista no ambiente gráfico dos quadros elétricos está representada na Figura 22, onde se pode ter acesso aos vários circuitos de iluminação afetos a um quadro e os vários horários definidos. Os circuitos de iluminação encontram-se identificados, tendo em conta também se são circuitos associados ao barramento normal ou ao barramento de emergência, assinalado a vermelho com o nome do quadro. É possível ainda forçar a operação de cada circuito nesta vista.

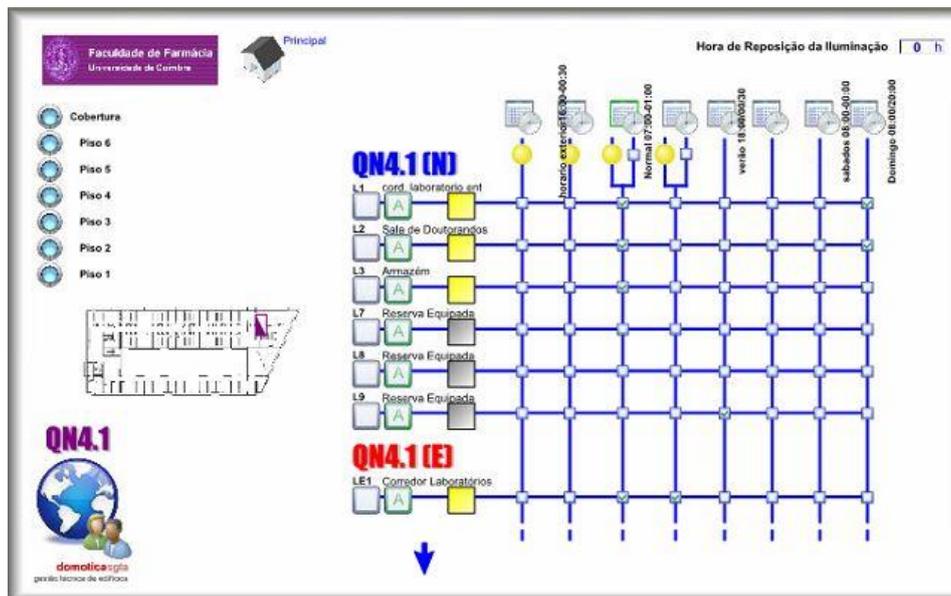


Figura 22 - Painel referente ao quadro elétrico QN4.1, servindo de exemplo para os restantes quadros.

O TAC Vista permite aceder a um gráfico *online* que regista o valor de iluminância registado pelo sensor (LumChart). É possível guardar os mesmos valores numa folha de cálculo. O TAC disponibiliza uma funcionalidade, *TrendLogs*, que permite a recolha de registos associados a entradas deste tipo no SGT. A sua configuração está explicitada no APÊNDICE D.

---

## 5.2. Intervenção no SGT

A intervenção no *software* tem como propósito a integração de todas as medidas exploradas no capítulo IV. No que concerne à **programação da ativação dos circuitos de iluminação**, esta será feita tendo em conta dois critérios:

- Temporização, onde se inclui a reparametrização dos horários já existentes;
- Limiares de comutação – intervalo de valores de iluminância entre os quais se definirá como condição de ligar/desligar iluminação artificial, tendo em conta as medições realizadas; A parametrização deverá garantir que, entre uma comutação e a seguinte, deverá ser salvaguardado um intervalo de tempo mínimo que previna o desgaste das lâmpadas. Esta parametrização serve de garantia para oscilações naturais na luminosidade, devido à passagem de nuvens ou qualquer outro fenómeno que decorra num curto intervalo de tempo, porém suficiente para perturbar a captação de luz natural.

Relativamente à **deteção de ocupação** nos espaços de circulação considerados, é fundamental que cada conjunto de detetores de ocupação, através da entrada do controlador, permita corresponder no SGT ao circuito de iluminação correspondente. No período do dia que antecede as 00:00, os detetores de ocupação, após accionados, deverão ligar o respetivo circuito de iluminação, por um período de dez minutos, permitindo a passagem de utilizadores durante este intervalo de tempo. Durante a madrugada, entre as 00:00 e as 07:00, período durante o qual a afluência ao edifício é mínima, os circuitos de iluminação accionados por detetores de ocupação deverão ficar ligados por um período de cinco minutos. Estes intervalos de tempo foram pensados tendo em conta a contabilização do tempo que um ocupante leva a descer pelas escadas do piso 6 até à garagem.

A implementação da função de submedida foi já explorada em ambiente de simulação. Após a permissão da utilização livre do *software*, a simulação deverá ser testada e concretizada, garantindo o registo das contagens parciais de cada um dos contadores que se referem na próxima secção.

## 5.3. Função de submedida

A função de submedida tem como objetivo a inclusão de consumos parciais de energia elétrica de vários quadros do edifício no SGT, com a criação de uma vista adicional no SGT para a visualização dos consumos. Esta medida é exequível através das leituras de

contadores que têm associadas a si diversas cargas às quais se referem as suas contagens. A instalação destes contadores já foi realizada anteriormente, porém atualmente apenas é possível ter acesso às ditas leituras no próprio contador, visto que ainda não foram integradas no SGT. A submedida foi implementada em ambiente de simulação no TAC Menta, o único ambiente disponível até à data no software em dissertação anterior.

### **Vantagens da implementação**

A integração da função de submedida permite enriquecer o SGT com a informação obtida pelo SGE. A inclusão de contagens parciais capacita o SGT de uma ferramenta de análise de consumos em tempo real, de forma a dotar os operadores de informação para a tomada de decisão em relação às condições de funcionamento do edifício. O conhecimento dos dados do SGE permite avaliar as medidas de eficiência energética implementadas e as alterações nos consumos energéticos, evitando o aumento da fatura energética. As oportunidades de melhoria são mais facilmente detetáveis.

### **Caracterização dos Contadores**

A leitura do consumo geral é feita pelo contador ACTARIS SL700 [35]- Figura 23, que se encontra na garagem junto ao posto de transformação, permitindo o registo de vários perfis de cargas e comunicação local e remota em várias linhas, sendo a sua fonte de alimentação autoajustável. A informação transmitida pelo contador relativa a contagens encontra-se na base de dados do SGE, cuja responsabilidade é do SGESA. O contador tem toda a ligação física efetuada e encontra-se a enviar os seus dados para a base de dados que pode ser acedida através da internet. O contador tem ainda como características relevantes a medição interna de potência ativa, reativa e aparente, em cada sentido e separadamente por fase, e a capacidade de realizar faturação multi-tarifa para energia e ponta.

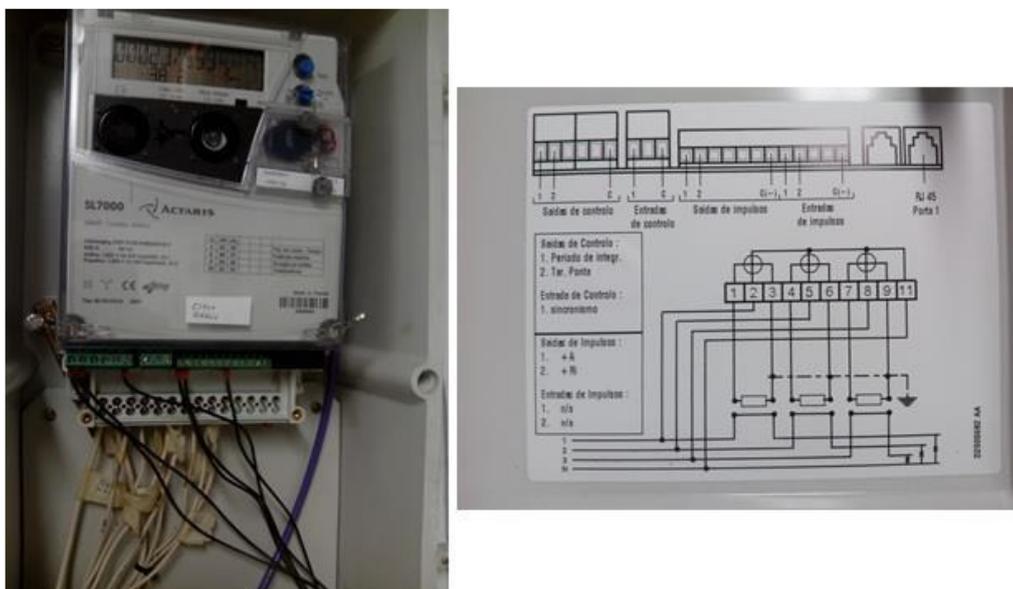


Figura 23 - Contador ACTARIS SL700 e detalhe dos bornes de ligação .

A vista adicional a criar, “Consumos”, deverá vir a mostrar o gráfico relativo aos valores diários dos consumos individuais de cada contador e um gráfico com o consumo total diário monitorizado no SGT. A vista conterà ainda a contagem em tempo real do contador para referência.

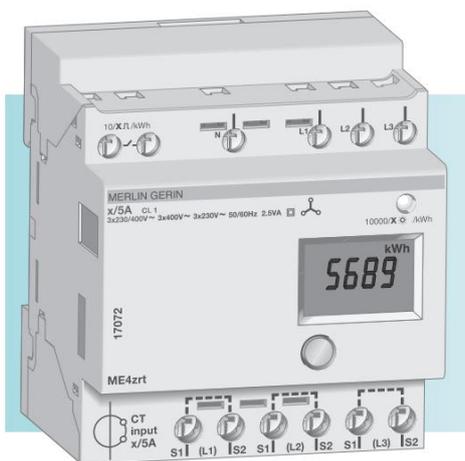


Figura 24 - Contador ME4zrt.

Os contadores de monitorização de consumos de energia eléctrica existentes são da *Schneider Electric*, modelo ME4zrt (Figura 24) [36]. Estes contadores têm um contacto livre de potencial de forma a obter uma saída por impulsos com reporte à distância.

Cada contador mostra o consumo energético referente a determinadas cargas, dependendo do quadro/local onde se encontra. Na Tabela 15 podemos observar a correspondência entre os sete contadores existentes, os respectivos quadros e controladores TAC Xenta.

Tabela 15 - Identificação dos contadores do SGT.

| Contador | Ligação     | Controlador                | Terminal de Ligação | Borne de Ligação | TC    | kWh/imp |
|----------|-------------|----------------------------|---------------------|------------------|-------|---------|
| Coifas   | GTC_Coifas  | Xenta 421A A07 (I/O #5.7)  | U3 (8)              | 195              | 125/5 | 12,5    |
| Central  | GTC_Central | Xenta 421A A10 (I/O #4.10) | U2 (7)              | 240              | 800/5 | 80      |
| Conf     | GTC_Conf    | Xenta 421A A03 (I/O #3.3)  | U3 (8)              | 134              | 75/5  | 7,5     |
| Anf1     | GTC_Anf1    | Xenta 421A A05 (I/O #3.5)  | U4 (10)             | 121              | 75/5  | 7,5     |
| Anf2     | GTC_Anf2    | Xenta 421A A07 (I/O #3.7)  | U4 (10)             | 121              | 75/5  | 7,5     |
| EST      | GTC_1_EST   | Xenta 421A A09 (I/O #1.9)  | U3 (8)              | 225              | 125/5 | 12,5    |
| Geral    | GTC_1_Geral | Xenta 421A A05             | U2 (7)              |                  | 100/5 | 10      |

Tendo em conta a tabela, TC é o valor da razão de transformação do transformador de corrente, valor que é possível visualizar no próprio contador e necessário para saber qual o consumo medido por impulso. Tendo em conta as características técnicas do ME4zrt, é possível ter diferentes gamas de medição e consumo, tendo em conta se se trata de contador total – sem reinicialização – ou contador parcial. A leitura é dada em kWh ou MWh com 4 dígitos significativos. Quanto ao valor contabilizado no contador por cada impulso enviado (kWh/impulso), são contabilizados 10/x impulsos de 200 milissegundos por cada kWh por impulso. Assim, obtém-se a coluna kWh/impulso, cujos valores serão usados na programação – no TAC Menta – como fator de multiplicação, de forma a obter o valor em kWh.

---

# **Capítulo VI**

## **Realização de**

### **testes no SGT**

## **6. REALIZAÇÃO DE TESTES NO SGT**

### **6.1. Especificação dos testes**

As medidas propostas, após a sua integração no SGT, irão necessitar de testes de verificação, com uma periodicidade que garanta manutenção preventiva, de forma a manter-se atualizado e funcional. Nesse sentido, os testes deverão passar por:

- Simulação de ocupação do edifício – além de testar a resposta dos circuitos de iluminação e da deteção de ocupação é também uma medida de segurança para o edifício, de forma a simular que o edifício se encontra ocupado e com atividade durante a noite;
- Teste de controlo por iluminação natural - ativação dos circuitos tendo em conta os limiares de comutação definidos;
- Inspeção aos detetores de ocupação - atividade dos circuitos pelos detetores de ocupação e confirmação do intervalo de tempo de ligação.

### **6.2. Caderno de verificação dos testes**

A demonstração de funcionamento da programação proposta deverá ser feita através de testes de receção, sendo esta verificação também adequada para a manutenção periódica e preventiva. O protocolo de realização incluirá: motivação; contexto (requisitos para a realização do teste); material necessário; lista de verificação de ações a realizar no teste e procedimentos. Deverá existir um sistema de aquisição de dados autónomo e calibrado bem como, caso se justifique, equipamento de segurança.

A execução dos testes deverá contemplar a verificação de determinada condição para o seu intervalo de funcionamento e para o seu não-funcionamento (fora do intervalo). O teste a ambas as condições permitirá concluir aquilo que a função do SGT está a comandar e o controlo do sistema em questão. A especificação do caderno de verificação dos testes encontra-se no APÊNDICE C.

---

# **Capítulo VII**

## **Conclusões e**

### **Trabalho Futuro**

## 7. CONCLUSÕES E TRABALHO FUTURO

### 7.1. Conclusões

A otimização do Sistema de Gestão Técnica é um trabalho contínuo. Após uma primeira análise do funcionamento do edifício, que carece de uma consciencialização sobre rotinas básicas de poupança energética, foi imediatamente perceptível que existia um grande potencial de aumento da eficiência. A inexistência de detetores de ocupação, associados ao facto de os circuitos de iluminação se encontrarem ligados permanentemente ao longo de todo o dia – nomeadamente em locais pouco frequentados – revelava uma necessidade de atuação. A existência de uma fotocélula que supostamente deveria regular o valor de comutação para todo o edifício ficou provado ser algo a alterar urgentemente, optando pela implementação setorial, piso a piso. A instalação de diversos sensores de iluminância potencia a eficiência energética do edifício.

Esta dissertação permite, através de medidas objetivas e com um investimento mínimo, habilitar o SGT da FFUC de ferramentas de decisão cruciais, com um potencial de poupança e de otimização do sistema face à situação atual. Contempla o aproveitamento da luz solar para a redução de consumos do edifício ao longo do dia e a integração de deteção de ocupação, que diminui o consumo de energia de dia e de noite. A dissertação deixa também indicações para a programação das medidas acima descritas.

Para que estas medidas se concretizem é crucial que exista licença de engenharia para a exploração do *software* por parte da Universidade de Coimbra, para a programação e integração destas medidas, bem como outras exploradas anteriormente.

É fundamental que exista uma crescente adaptação para a manutenção dos Sistemas de Gestão Técnica. O objetivo desta tecnologia é a eficiência energética de um edifício, a otimização, com recurso à automação e a redução de custos energéticos. Porém, quando estes sistemas carecem de apoio e manutenção, bem como de supervisão profissional e frequente, poderão rapidamente tornar-se verdadeiros prejuízos. Tal como todos os outros sistemas existentes num edifício, o SGT deverá assumir efetivamente o seu papel, quer pelos gestores do edifício, quer pelos fabricantes, quer pelos operadores, que deverão ser dotados de formação para trabalharem com o SGT. É ainda importante alertar os ocupantes do edifício para hábitos que contribuam para a diminuição do seu impacto ambiental e para a eficiência

---

energética. Através de pequenas medidas de sensibilização, desde o incentivo ao uso das escadas em detrimento dos elevadores ao incentivo a desligar as luminárias e os equipamentos no final do horário de trabalho, pequenas mudanças resultarão em grandes poupanças.

## 7.2. Trabalho Futuro

O documento aborda sobretudo o sistema de iluminação. Existem propostas de medidas futuras sobre a CDI, sobre o AVAC e sobre outros sistemas do edifício que foram abordadas em dissertações anteriores e que, para efeitos de melhorias no SGT, deverão ser consultadas e tidas como referência.

Relativamente a este trabalho, ficam algumas ideias a implementar:

- Integração das contagens do SGE com os contadores de consumos parciais existentes na FFUC, com visualização a partir do SGT;
- Inclusão de sensores de iluminância nos pisos que recebem maior contribuição de luz natural ao longo do dia, de forma a regular localmente a iluminação desses mesmos pisos, e não apenas por correlação com o sensor de luminosidade presente na cobertura;
- Execução de um arquivo com toda a informação do SGT e de todos os sistemas existentes na FFUC tornando mais fácil o acesso aos dados através de um manual de configuração do sistema e de um documento que descreva toda a estrutura do SGT;
- Obtenção de *feedback* por parte dos utilizadores do edifício acerca das futuras alterações, tendo em conta a sua experiência de utilização – percepção da utilidade das soluções adotadas sob forma de inquérito;
- Assim que seja possível mudar as luminárias para luminárias mais eficientes, contribuindo também para maior redução de custos a longo prazo.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Schneider Electric Buildings AB, *Terminal TAC Vista - Manual de Funcionamento*, 2008-2010.
- [2] A. F. R. Simões, *Gestão Técnica do Edifício da Faculdade de Farmácia da Universidade de Coimbra*, Coimbra, 2015.
- [3] G. Nunes, *Gestão Técnica do Edifício da Faculdade de Farmácia da Universidade de Coimbra*, Coimbra, 2014.
- [4] F. Silva, *Plano de Racionalização do Consumo de Energia para o edifício da Faculdade de Farmácia da Universidade de Coimbra*, Coimbra, 2016.
- [5] Siemens - Ingenuity for life, "Transform your buildings into high-performing assets," Março 2008. [Online]. Available: [siemens.com/perfectplaces](http://siemens.com/perfectplaces). [Acedido em Janeiro 2019].
- [6] Abdulrahman Alshareef Group, "BMS ( BUILDING MANAGEMENT SYSTEM)," [Online]. Available: <http://alshareef.org/bms-building-management-system/>. [Acedido em 26 Agosto 2019].
- [7] P. N. V. B. Parreira, *A eficiência energética implementada nos edifícios da Universidade do Porto*, Porto, 2015.
- [8] I. M. M. V. Couras, *Gestão Técnica de Edifícios - Aplicação em Edifício Escolar*, Porto, 2011.
- [9] J. Mendes, *Sistemas de Gestão Técnica nos edifícios da Universidade de Coimbra*, Coimbra, 2013.
- [10] G. J. P. Medeiros, *Plano de Racionalização do Consumo de Energia para a Biblioteca das Ciências da Saúde da Universidade de Coimbra*, Coimbra, 2016.
- [11] R. Queiroga, "Como a IoT reduz o custo de operação dos edifícios inteligentes," *O Eletricista número 60*, 2017.
- [12] Infocontrol, "Infocontrol," [Online]. Available: <https://www.infocontrol.pt/gestao-de-energia-e-eficiencia-energetica/gestao-tecnica-centralizada/>. [Acedido em 17 Janeiro 2019].
- [13] EDP, *Soluções Combinadas de Iluminação Eficiente para Edifícios Público*, 2017.
- [14] D. -. D.-G. d. E. e. Geologia, "DGEG," [Online]. Available: [www.dgeg.gov.pt](http://www.dgeg.gov.pt). [Acedido em 17 Julho 2019].
- [15] N. R. Louçano, *Eficiência energética em edifícios: Gestão do sistema iluminação*, Bragança, 2009.
- [16] D. d. República, "Portaria n.º 349-B/2013 - Regulamento de desempenho energético dos edifícios de comércio e serviços (RECS)," em *Portaria n.º 349-B/2013*, 2013.

- [17] Philips, *Master TL-D Super 80 18W/840 1SL*, Agosto 2018.
- [18] OSRAM, *L 18 W/865*, Agosto 2019.
- [19] Philips, *Master TL-D Super 80 36W/840 1SL*, Agosto 2018.
- [20] Philips, *Master TL-D Super 80 58W/840 1SL*, Agosto 2018.
- [21] OSRAM, *L 36 W/865*, Agosto 2019.
- [22] OSRAM, *L 58W/840*, Agosto 2019.
- [23] J. T. K. Hyunjoon Han, *Application of high-density daylight for indoor illumination*, Republic of Korea, 2009.
- [24] J. T. K. H. Hana, *Application of high-density daylight for indoor illumination*, 2010.
- [25] Exporlux, *Informação Técnica - Luminotecnica*, Águeda: AS.Design, 2008.
- [26] OSRAM, *Manual Luminotécnico Prático*, Brasil.
- [27] ONSET HOBO, *BASE-U-1 Optic USB Base Station for Pendant*.
- [28] ONSET HOBO DATA Loggers, *Getting Started: Using HOBOWare with HOBO Data Loggers*.
- [29] C. R. -. w. a. s. facts, "Current Results - weather and science facts," [Online]. Available: <https://www.currentresults.com/Weather/Portugal/annual-sunshine.php>.. [Acedido em 25 Agosto 2019].
- [30] Diário da República, *Portaria n.º 349-D/2013 - Diário da República n.º 233/2013, 2º Suplemento, Série I de 2013-12-02*.
- [31] FINDER, *PIR movement and presence detectors 10 A - Serie 18*.
- [32] LUXOMAT, *Ficha de Característica - Detetor de movimento para exterior - LC-Mini 180*.
- [33] LUXOMAT, *Ficha de Características - Detetor de movimentos para instalação no teto - PD4N-1C*.
- [34] D. d. República, *Portaria nº 1532/2008 - Regulamento técnico de segurança contra incêndio em edifícios*, 2008.
- [35] Schneider Electric, *TAC Vista Workstation*, 2011.
- [36] Actaris - Sistemas de Medição, Lda, *Contador ACTARIS SL700*.
- [37] Schneider Electric, *Contador de energia ME4zrt: ref. 17072*, Janeiro 2007.
- [38] ONSET HOBO DATA Loggers, *HOBO®UA-002-64 Data Logger*, 2019.

**Anexo I**

**TAC Vista –**

**Arquitetura e**

**Controladores**

## ANEXO I

### TAC VISTA - ARQUITECTURA

O presente Anexo tem como objetivo dar informações úteis à compreensão do SGT. Além da arquitetura genérica do SGT, poderão ainda ser consultadas as tabelas de reserva dos controladores, bem como as tabelas de carga referentes a cada contador. Por fim é dada a explicação da criação da função LumLog, que permite retirar valores da fotocélula. A arquitetura genérica do sistema TAC Vista pode ser visualizada na Figura 25. O *ScreenMate* pode ser usado em qualquer *browser* compatível. Não são necessários complementos, *plug-ins* ou aplicações adicionais.

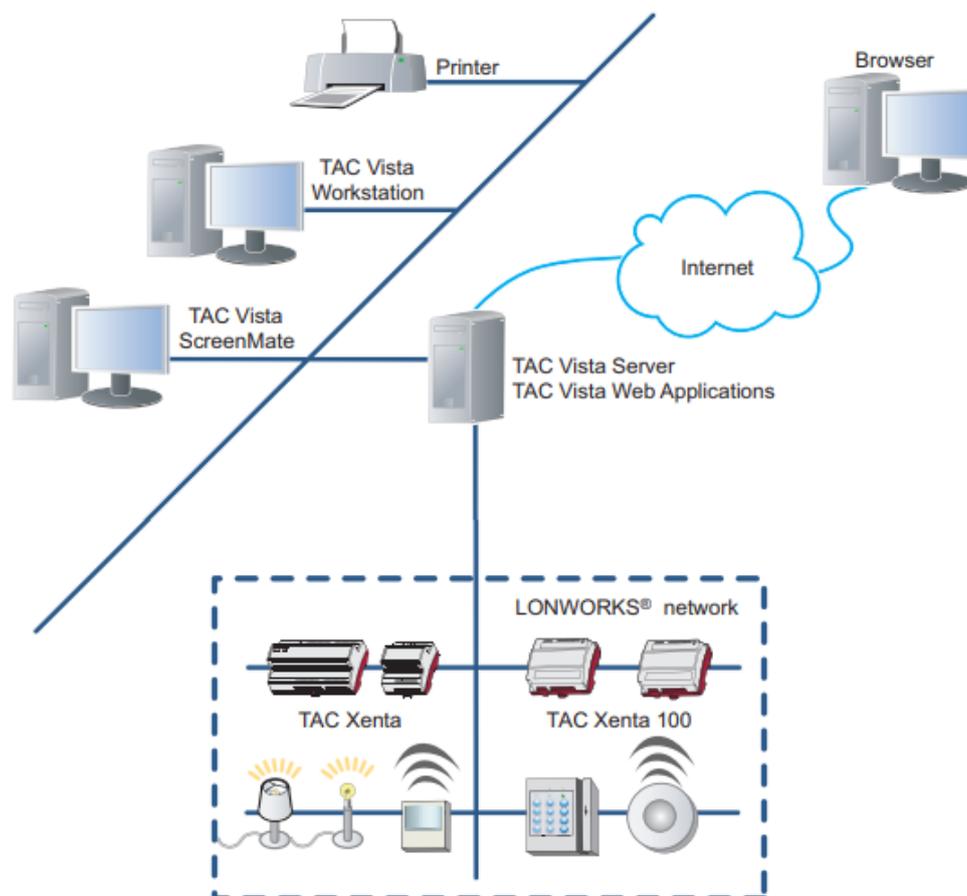


Figura 25 - Arquitectura genérica do sistema TAC Vista.

## TABELAS DE RESERVA DOS CONTROLADORES

As tabelas que se seguem - Tabela 16 a Tabela 22 contêm a relação dos dispositivos de reserva nos quadros de gestão técnica referentes aos equipamentos de contagem de energia elétrica existentes no edifício da FFUC. Estes dados permitem conhecer entradas e saídas presentes em cada controlador, necessárias caso se justifique a ligação de algum dispositivo ao sistema, e permitir a sua programação através do TAC Menta.

Os quadros elétricos e os quadros de gestão técnica possuem bornes de ligação, onde se encontram as entradas e saídas dos dispositivos. Relativamente aos contadores, os bornes onde se encontra ligada a saída por impulso de reporte à distância estão identificados por “XC”. Os quadros de gestão técnica estão seriados a partir do número 100 até ao número total de terminais. Nas tabelas encontram-se os terminais de reserva e indicações da sua localização. Esta informação permite efetuar as ligações entre os bornes dos contadores e os bornes associados às entradas universais disponíveis nos dispositivos TAC Xenta.

Tabela 16 - Reservas do Quadro GTC\_1\_EST.

| Quadro    | Dispositivo                | Terminal livre | Tipo de terminal   | Borne de ligação | Notas           |
|-----------|----------------------------|----------------|--------------------|------------------|-----------------|
| GTC_1_EST | Xenta 421A A09 (I/O #1.9)  | U3 (8)         | Entrada Disponível | 225 e 226        | M (9) borne 226 |
|           | Xenta 421A A09 (I/O #1.9)  | U4 (10)        | Entrada Disponível | 226 e 227        | M (9) borne 226 |
|           | Xenta 421A A10 (I/O #1.10) | U1 (5)         | Entrada Disponível | 238 e 239        | M (6) borne 239 |
|           | Xenta 421A A10 (I/O #1.10) | U2 (7)         | Entrada Disponível | 239 e 240        | M (6) borne 239 |
|           | Xenta 421A A10 (I/O #1.10) | U3 (8)         | Entrada Disponível | 241 e 242        | M (9) borne 242 |
|           | Xenta 421A A10 (I/O #1.10) | U4 (10)        | Entrada Disponível | 242 e 243        | M (9) borne 242 |
|           | Xenta 421A A10 (I/O #1.10) | K5 (19)        | Saída              | 252 e 253        |                 |
|           | Xenta 421A A10 (I/O #1.10) | K5C (20)       | Saída              | 252 e 253        |                 |

Tabela 17 - Reservas do Quadro GTC\_1\_Geral.

| Quadro      | Dispositivo                  | Terminal livre | Tipo de terminal | Borne de ligação | Notas |
|-------------|------------------------------|----------------|------------------|------------------|-------|
| GTC_1_Geral | Xenta 421A A07<br>(I/O #2.7) | K1 (11)        | Saída            | 199 e 200        |       |
|             | Xenta 421A A07<br>(I/O #2.7) | K1C (12)       | Saída            | 199 e 200        |       |
|             | Xenta 421A A07<br>(I/O #2.7) | K2 (13)        | Saída            | 201 e 202        |       |
|             | Xenta 421A A07<br>(I/O #2.7) | K2C (14)       | Saída            | 201 e 202        |       |
|             | Xenta 421A A07<br>(I/O #2.7) | K3 (15)        | Saída            | 203 e 204        |       |
|             | Xenta 421A A07<br>(I/O #2.7) | K3C (16)       | Saída            | 203 e 204        |       |
|             | Xenta 421A A07<br>(I/O #2.7) | K4 (17)        | Saída            | 205 e 206        |       |
|             | Xenta 421A A07<br>(I/O #2.7) | K4C (18)       | Saída            | 205 e 206        |       |
|             | Xenta 421A A07<br>(I/O #2.7) | K5 (19)        | Saída            | 207 e 208        |       |
|             | Xenta 421A A07<br>(I/O #2.7) | K5C (20)       | Saída            | 207 e 208        |       |

Tabela 18 - Reservas do Quadro GTC\_Anf\_1 e GTC\_Anf\_2.

| Quadro    | Dispositivo                  | Terminal livre | Tipo de terminal   | Borne de ligação | Notas           |
|-----------|------------------------------|----------------|--------------------|------------------|-----------------|
| GTC_ANF_1 | Xenta 421A A05<br>(I/O #3.5) | U4 (10)        | Entrada Disponível | 120 e 121        | M (9) borne 120 |
|           | Xenta 421A A05<br>(I/O #3.5) | K5 (19)        | Saída              | 130 e 131        |                 |
|           | Xenta 421A A05<br>(I/O #3.5) | K5C (20)       | Saída              | 130 e 131        |                 |
| GTC_ANF_2 | Xenta 421A A07<br>(I/O #3.7) | U4 (10)        | Entrada Disponível | 120 e 121        | M (9) borne 120 |
|           | Xenta 421A A07<br>(I/O #3.7) | K5 (19)        | Saída              | 130 e 131        |                 |
|           | Xenta 421A A07<br>(I/O #3.7) | K5C (20)       | Saída              | 130 e 131        |                 |

Tabela 19 - Reservas do Quadro GTC\_Conf.

| Quadro   | Dispositivo               | Terminal livre | Tipo de terminal   | Borne de ligação | Notas           |
|----------|---------------------------|----------------|--------------------|------------------|-----------------|
| GTC_Conf | Xenta 421A A03 (I/O #3.3) | U3 (8)         | Entrada Disponível | 134 e 135        | M (9) borne 135 |
|          | Xenta 421A A03 (I/O #3.3) | U4 (10)        | Entrada Disponível | 135 e 136        | M (9) borne 135 |
|          | Xenta 421A A03 (I/O #3.3) | K4 (17)        | Saída              | 143 e 144        |                 |
|          | Xenta 421A A03 (I/O #3.3) | K4C (18)       | Saída              | 143 e 144        |                 |
|          | Xenta 421A A03 (I/O #3.3) | K5 (19)        | Saída              | 145 e 146        |                 |
|          | Xenta 421A A03 (I/O #3.3) | K5C (20)       | Saída              | 145 e 146        |                 |

Tabela 20 - Reservas do Quadro QN\_1.1.

| Quadro   | Dispositivo    | Terminal livre | Tipo de terminal   | Borne de ligação | Notas |
|--|----------------|----------------|--------------------|------------------|-------|
| QN_1.1 –<br>Quadro mais próximo de um quadro sem entradas (permite poupança em cabo) | Xenta 421A A05 | U2 (7)         | Entrada Disponível |                  | M (6) |
|  | Xenta 421A A05 | U3 (8)         | Entrada Disponível |                  | M (9) |
|  | Xenta 421A A05 | U4 (10)        | Entrada Disponível |                  | M (9) |
|  | Xenta 421A A05 | K2 (13)        | Saída              |                  |       |
|  | Xenta 421A A05 | K2C (14)       | Saída              |                  |       |
|  | Xenta 421A A05 | K3 (15)        | Saída              |                  |       |
|  | Xenta 421A A05 | K3C (16)       | Saída              |                  |       |
|  | Xenta 421A A05 | K4 (17)        | Saída              |                  |       |
|  | Xenta 421A A05 | K4C (18)       | Saída              |                  |       |
|  | Xenta 421A A05 | K5 (19)        | Saída              |                  |       |
| Xenta 421A A05   | K5C (20)       | Saída          |                    |                  |       |

Tabela 21 - Reservas do Quadro GTC\_Central.

| Quadro      | Dispositivo                | Terminal livre | Tipo de terminal   | Borne de ligação | Notas           |
|-------------|----------------------------|----------------|--------------------|------------------|-----------------|
| GTC_Central | Xenta 421A A10 (I/O #4.10) | U2 (7)         | Entrada Disponível | 239 e 240        | M (6) borne 239 |
|             | Xenta 421A A10 (I/O #4.10) | U3 (8)         | Entrada Disponível | 241 e 242        | M (9) borne 242 |
|             | Xenta 421A A10 (I/O #4.10) | U4 (10)        | Entrada Disponível | 242 e 243        | M (9) borne 242 |
|             | Xenta 421A A10 (I/O #4.10) | K4 (17)        | Saída              | 250 e 251        |                 |
|             | Xenta 421A A10 (I/O #4.10) | K4C (18)       | Saída              | 250 e 251        |                 |
|             | Xenta 421A A10 (I/O #4.10) | K5 (19)        | Saída              | 252 e 253        |                 |
|             | Xenta 421A A10 (I/O #4.10) | K5C (20)       | Saída              | 252 e 253        |                 |

Tabela 22 - Reservas do quadro GTC\_Coifas.

| Quadro     | Dispositivo                  | Terminal livre | Tipo de terminal      | Borne de ligação | Notas           |
|------------|------------------------------|----------------|-----------------------|------------------|-----------------|
| GTC_Coifas | Xenta 421A A07<br>(I/O #5.7) | U3 (8)         | Entrada<br>Disponível | 195 e 196        | M (9) borne 196 |
|            | Xenta 421A A07<br>(I/O #5.7) | U4 (10)        | Entrada<br>Disponível | 196 e 197        | M (9) borne 196 |
|            | Xenta 421A A07<br>(I/O #5.7) | K4 (17)        | Saída                 | 204 e 205        |                 |
|            | Xenta 421A A07<br>(I/O #5.7) | K4C (18)       | Saída                 | 204 e 205        |                 |
|            | Xenta 421A A07<br>(I/O #5.7) | K5 (19)        | Saída                 | 206 e 207        |                 |
|            | Xenta 421A A07<br>(I/O #5.7) | K5C (20)       | Saída                 | 206 e 207        |                 |

Para interpretação das tabelas há que ter em conta que: No caso dos terminais livres U2 (7): Terminal Universal 2 correspondente ao terminal 7 do controlador; M (9): Ponto comum M correspondente ao terminal 9 do controlador. No quadro QN\_1.1 os controladores não estão cablados pelo que as entradas e saídas se encontram livres.

# **Apêndice A**

## **Registros de**

### **iluminância**

## APÊNDICE A

### REGISTOS DE ILUMINÂNCIA

Este apêndice contém os registos, sob a forma de tabela, retirados dos sensores de luminosidade HOBO e do sensor presente na cobertura do edifício da FFUC. O sensor HOBO permitiu as medições em vários locais no interior do edifício, nomeadamente os corredores dos pisos 4, 5 e 6 e o circuito de escadas do edifício que beneficia de luz natural. O local escolhido para a medição foi o corredor de ligação entre os gabinetes e os laboratórios, do lado do monta-cargas, já que é o lado do edifício que recebe menor contribuição de luz natural, sendo assim a condição menos favorável. Os dados recolhidos foram posteriormente selecionados tendo em conta o limiar de conforto de 150 lux. Com os dados que satisfaziam esta condição, foi determinada a característica entre a iluminância exterior e a interior. O valor da iluminância interior em determinado local foi adquirido pelo sensor HOBO durante o intervalo de tempo de 24 horas. Os resultados são apresentados nas Tabela 23 a Tabela 26 e serviram de suporte aos gráficos e conclusões retiradas no Capítulo IV. A fotocélula encontra-se na cobertura atrás do edifício do monta-cargas - Figura 26



Figura 26 - Localização da fotocélula na cobertura.

## Dados Recolhidos pelo sensor HOBO na cobertura

Tabela 23 - Dados Recolhidos pelo sensor HOBO na cobertura e respetivo valor da fotocélula.

| Hora     | Sensor Cobertura | Sensor HOBO |
|----------|------------------|-------------|
| 15:50:57 | 10 046,80        | 143 289,80  |
| 15:30:57 | 10 751,50        | 143 289,80  |
| 16:20:57 | 9 337,33         | 137 778,70  |
| 16:10:57 | 9 340,10         | 137 778,70  |
| 16:00:57 | 9 343,48         | 137 778,70  |
| 16:40:57 | 9 337,23         | 132 267,50  |
| 16:30:57 | 9 352,92         | 132 267,50  |
| 17:00:57 | 9 336,05         | 126 756,40  |
| 16:50:57 | 9 336,69         | 126 756,40  |
| 17:10:57 | 10 047,54        | 121 245,20  |
| 17:20:57 | 9 342,90         | 115 734,10  |
| 17:40:57 | 8 556,01         | 110 223,00  |
| 17:30:57 | 9 344,87         | 110 223,00  |
| 18:00:57 | 7 863,01         | 99 200,70   |
| 17:50:57 | 8 550,78         | 99 200,70   |
| 15:20:57 | 17 009,90        | 99 200,70   |
| 18:10:57 | 7 052,08         | 88 178,40   |
| 18:20:57 | 6 867,25         | 85 422,80   |
| 15:10:57 | 19 806,01        | 77 156,10   |
| 18:30:57 | 6 269,81         | 74 400,50   |
| 18:40:57 | 5 870,87         | 71 644,90   |
| 14:40:57 | 19 987,20        | 68 889,30   |
| 18:50:57 | 5 268,53         | 63 378,20   |
| 14:50:57 | 19 984,27        | 63 378,20   |
| 15:00:57 | 19 980,85        | 60 622,60   |
| 19:00:57 | 4 986,71         | 55 111,50   |
| 14:30:57 | 18 594,81        | 55 111,50   |
| 14:20:57 | 17 004,86        | 52 355,90   |
| 14:10:57 | 17 020,97        | 52 355,90   |
| 14:00:57 | 15 466,05        | 49 600,30   |
| 19:10:57 | 4 673,06         | 46 844,80   |
| 15:40:57 | 8 658,03         | 46 844,80   |
| 10:40:57 | 19 984,97        | 44 089,20   |
| 13:20:57 | 13 617,18        | 42 711,40   |
| 13:50:57 | 15 322,88        | 42 711,40   |
| 13:40:57 | 13 618,93        | 41 333,60   |
| 13:30:57 | 13 622,46        | 41 333,60   |
| 13:10:57 | 13 633,64        | 41 333,60   |
| 10:30:57 | 19 989,03        | 41 333,60   |
| 12:50:57 | 11 424,40        | 39 955,80   |
| 19:20:57 | 4 078,93         | 37 200,20   |
| 13:00:57 | 10 790,51        | 34 444,70   |
| 10:10:57 | 13 628,34        | 34 444,70   |
| 10:20:57 | 15 324,29        | 33 066,90   |
| 10:50:57 | 19 985,55        | 33 066,90   |
| 19:30:57 | 3 678,54         | 28 933,50   |
| 12:20:57 | 9 340,81         | 26 178,00   |
| 12:30:57 | 10 731,02        | 26 178,00   |
| 09:40:57 | 8 327,43         | 24 800,20   |
| 09:50:57 | 10 731,49        | 24 800,20   |
| 12:10:57 | 8 547,70         | 23 422,40   |
| 10:00:57 | 8 681,09         | 23 422,40   |
| 12:40:57 | 9 353,41         | 23 422,40   |
| 11:50:57 | 6 865,19         | 21 355,70   |
| 12:00:57 | 6 866,57         | 21 355,70   |
| 11:40:57 | 7 862,25         | 21 355,70   |
| 19:40:57 | 3 684,42         | 20 666,80   |
| 09:30:57 | 7 857,76         | 20 666,80   |
| 11:00:57 | 19 987,47        | 20 666,80   |
| 11:30:57 | 6 853,78         | 19 289,00   |
| 11:20:57 | 7 056,07         | 19 289,00   |
| 09:20:57 | 7 854,21         | 18 600,10   |
| 09:10:57 | 7 054,25         | 16 533,40   |
| 11:10:57 | 7 053,47         | 15 155,70   |
| 09:00:57 | 6 865,15         | 14 466,80   |
| 19:50:57 | 3 085,48         | 12 400,10   |
| 08:50:57 | 6 470,07         | 12 400,10   |
| 11:10:57 | 19 983,69        | 12 400,10   |
| 08:40:57 | 5 467,09         | 11 022,30   |
| 08:10:57 | 4 070,88         | 10 333,40   |
| 08:20:57 | 4 671,59         | 10 333,40   |
| 08:30:57 | 5 457,08         | 10 333,40   |
| 08:00:57 | 3 684,32         | 6 200,00    |
| 07:50:57 | 3 376,07         | 4 133,40    |
| 20:00:57 | 2 468,65         | 3 961,10    |
| 07:40:57 | 3 383,50         | 3 444,50    |
| 07:30:57 | 3 080,62         | 2 755,60    |
| 07:20:57 | 2 488,59         | 1 980,60    |
| 07:10:57 | 2 277,36         | 1 302,40    |
| 20:10:57 | 2 198,51         | 1 205,60    |
| 07:00:57 | 2 179,46         | 624,3       |
| 20:20:57 | 2 187,18         | 333,7       |
| 06:50:57 | 2 198,86         | 269,1       |
| 20:30:57 | 2 099,24         | 86,1        |
| 06:40:57 | 2 097,08         | 21,5        |
| 00:20:57 | 2 072,85         | 0           |
| 20:40:57 | 2 074,79         | 0           |
| 03:40:57 | 2 077,34         | 0           |
| 21:00:57 | 2 077,83         | 0           |
| 03:50:57 | 2 078,37         | 0           |
| 01:00:57 | 2 078,44         | 0           |
| 22:10:57 | 2 080,00         | 0           |
| 23:00:57 | 2 080,01         | 0           |
| 21:30:57 | 2 081,22         | 0           |
| 03:30:57 | 2 081,43         | 0           |

## Dados Recolhidos pelo sensor HOBO no piso 6

Tabela 24 - Dados Recolhidos pelo sensor HOBO no piso 6 e respetivo valor da fotocélula.

| Hora     | Sensor Cobertura | Sensor Hobo |          |           |       |
|----------|------------------|-------------|----------|-----------|-------|
| 10:00:57 | 19.970,15        | 656,6       | 12:40:57 | 19.977,20 | 279,9 |
| 10:20:57 | 19.989,91        | 656,6       | 15:00:57 | 18.595,59 | 279,9 |
| 10:30:57 | 19.988,30        | 592         | 20:30:57 | 2.786,01  | 279,9 |
| 10:50:57 | 19.988,26        | 570,5       | 10:10:57 | 19.986,14 | 279,9 |
| 10:20:57 | 19.982,25        | 505,9       | 20:40:57 | 2.299,69  | 269,1 |
| 10:40:57 | 19.982,82        | 473,6       | 21:00:57 | 2.177,79  | 269,1 |
| 14:20:57 | 19.974,72        | 462,9       | 21:50:57 | 2.083,31  | 269,1 |
| 14:10:57 | 19.985,61        | 441,3       | 22:50:57 | 2.091,31  | 269,1 |
| 13:30:57 | 19.983,81        | 430,6       | 12:30:57 | 19.988,71 | 258,3 |
| 13:40:57 | 19.984,15        | 430,6       | 13:00:57 | 19.968,47 | 258,3 |
| 17:10:57 | 12.025,88        | 430,6       | 20:50:57 | 2.191,23  | 258,3 |
| 18:50:57 | 10.042,66        | 419,8       | 21:10:57 | 2.101,10  | 258,3 |
| 18:40:57 | 9.359,77         | 409         | 21:30:57 | 2.087,16  | 258,3 |
| 13:10:57 | 19.980,91        | 398,3       | 21:40:57 | 2.088,70  | 258,3 |
| 17:20:57 | 11.437,41        | 398,3       | 22:00:57 | 2.088,71  | 258,3 |
| 17:30:57 | 10.733,96        | 398,3       | 22:20:57 | 2.094,12  | 258,3 |
| 17:40:57 | 10.729,30        | 398,3       | 22:30:57 | 2.098,37  | 258,3 |
| 17:50:57 | 10.028,54        | 387,5       | 22:40:57 | 2.085,01  | 258,3 |
| 18:10:57 | 10.619,61        | 387,5       | 23:00:57 | 2.078,04  | 258,3 |
| 18:20:57 | 9.349,01         | 387,5       | 23:10:57 | 2.088,23  | 258,3 |
| 19:00:57 | 8.555,62         | 387,5       | 23:20:57 | 2.081,21  | 258,3 |
| 14:30:57 | 19.987,27        | 376,7       | 23:30:57 | 2.086,45  | 258,3 |
| 18:00:57 | 10.044,60        | 376,7       | 23:40:57 | 2.104,97  | 258,3 |
| 11:20:57 | 19.986,37        | 366         | 23:50:57 | 2.096,28  | 258,3 |
| 12:50:57 | 19.983,93        | 366         | 00:00:57 | 2.076,45  | 258,3 |
| 13:50:57 | 19.988,97        | 366         | 00:10:57 | 2.082,69  | 258,3 |
| 18:30:57 | 7.858,80         | 355,2       | 00:20:57 | 2.075,60  | 258,3 |
| 19:10:57 | 6.472,72         | 355,2       | 00:30:57 | 2.091,80  | 258,3 |
| 14:40:57 | 19.970,86        | 344,4       | 12:00:57 | 19.984,28 | 247,6 |
| 15:10:57 | 18.592,20        | 344,4       | 15:20:57 | 16.989,96 | 247,6 |
| 11:30:57 | 19.977,74        | 333,7       | 15:50:57 | 16.993,51 | 247,6 |
| 14:00:57 | 19.982,25        | 333,7       | 21:20:57 | 2.100,04  | 247,6 |
| 11:00:57 | 19.986,99        | 322,9       | 22:10:57 | 2.082,48  | 247,6 |
| 14:50:57 | 19.982,40        | 322,9       | 12:10:57 | 19.983,21 | 236,8 |
| 19:20:57 | 5.869,01         | 322,9       | 12:20:57 | 19.988,75 | 236,8 |
| 19:30:57 | 5.478,51         | 322,9       | 15:40:57 | 15.313,18 | 226   |
| 19:40:57 | 4.875,58         | 322,9       | 16:00:57 | 16.973,12 | 226   |
| 19:50:57 | 4.293,44         | 312,2       | 16:10:57 | 15.371,58 | 226   |
| 13:20:57 | 19.983,00        | 301,4       | 15:30:57 | 15.311,18 | 204,5 |
| 20:00:57 | 3.665,56         | 301,4       | 16:20:57 | 15.315,05 | 193,8 |
| 11:40:57 | 19.988,88        | 290,6       | 09:50:57 | 19.992,96 | 193,8 |
| 11:50:57 | 19.986,91        | 290,6       | 16:40:57 | 13.629,35 | 183   |
| 20:10:57 | 3.689,08         | 290,6       | 16:30:57 | 13.604,60 | 172,2 |
| 20:20:57 | 3.371,07         | 290,6       | 16:50:57 | 13.614,73 | 172,2 |
| 11:10:57 | 19.976,68        | 279,9       | 17:00:57 | 13.625,97 | 172,2 |
|          |                  |             | 09:30:57 | 11.434,69 | 129,2 |

## Dados Recolhidos pelo sensor HOBO no piso 5

Tabela 25 - Dados Recolhidos pelo sensor HOBO no piso 5 e respetivo valor da fotocélula.

| Hora     | Sensor Cobertura | Sensor HOBO |
|----------|------------------|-------------|
| 11:50:57 | 19 986,54        | 581,3       |
| 11:40:57 | 19 973,06        | 549         |
| 11:30:57 | 19 976,46        | 527,4       |
| 12:00:57 | 19 984,97        | 505,9       |
| 11:20:57 | 19 977,01        | 495,1       |
| 12:10:57 | 19 976,67        | 495,1       |
| 12:20:57 | 19 973,27        | 473,6       |
| 12:30:57 | 19 975,79        | 473,6       |
| 12:40:57 | 19 987,87        | 441,3       |
| 12:50:57 | 19 970,52        | 419,8       |
| 13:00:57 | 19 983,96        | 387,5       |
| 13:10:57 | 19 977,99        | 355,2       |
| 13:20:57 | 19 981,85        | 322,9       |
| 13:30:57 | 19 983,76        | 290,6       |
| 13:40:57 | 19 981,62        | 269,1       |
| 13:50:57 | 19 988,63        | 247,6       |
| 14:00:57 | 19 989,13        | 236,8       |
| 14:10:57 | 16 998,84        | 215,3       |
| 14:20:57 | 13 629,23        | 204,5       |
| 14:30:57 | 12 109,30        | 204,5       |
| 14:40:57 | 12 028,45        | 193,8       |
| 14:50:57 | 11 445,42        | 193,8       |
| 15:00:57 | 11 431,19        | 193,8       |
| 15:10:57 | 10 739,16        | 183         |
| 15:20:57 | 10 747,76        | 183         |
| 15:30:57 | 10 042,67        | 183         |
| 15:40:57 | 10 040,92        | 183         |
| 15:50:57 | 10 033,52        | 172,2       |
| 16:00:57 | 10 031,01        | 161,5       |
| 16:10:57 | 10 029,77        | 150,7       |

## Dados Recolhidos pelo sensor HOBO no piso 4

Tabela 26 - Dados Recolhidos pelo sensor HOBO no piso 4 e respetivo valor da fotocélula.

| Hora     | Sensor HOBO | Sensor Cobertura |
|----------|-------------|------------------|
| 11:20:00 | 710,4       | 19 986,37        |
| 11:30:00 | 699,7       | 19 977,74        |
| 11:40:00 | 688,9       | 19 988,88        |
| 11:50:00 | 635,1       | 19 976,34        |
| 12:00:00 | 624,3       | 19 972,27        |
| 12:10:00 | 602,8       | 19 973,65        |
| 11:10:00 | 592         | 19 976,68        |
| 12:20:00 | 581,3       | 19 978,66        |
| 12:30:00 | 549         | 19 983,15        |
| 12:40:00 | 505,9       | 19 981,31        |
| 11:00:00 | 484,4       | 19 986,99        |
| 12:50:00 | 473,6       | 19 983,35        |
| 13:00:00 | 419,8       | 19 975,59        |
| 10:50:00 | 419,8       | 19 988,26        |
| 13:10:00 | 366         | 19 987,20        |
| 10:40:00 | 333,7       | 19 982,82        |
| 13:20:00 | 322,9       | 19 986,46        |
| 13:30:00 | 290,6       | 19 989,96        |
| 10:30:00 | 269,1       | 19 988,30        |
| 13:40:00 | 258,3       | 19 980,94        |
| 10:20:00 | 236,8       | 19 982,25        |
| 13:50:00 | 236,8       | 19 986,63        |
| 14:00:00 | 226         | 18 592,72        |
| 10:10:00 | 226         | 19 982,95        |
| 14:20:00 | 204,5       | 11 436,87        |
| 14:10:00 | 204,5       | 13 612,04        |
| 14:30:00 | 193,8       | 10 743,17        |
| 14:40:00 | 183         | 10 715,09        |
| 10:00:00 | 183         | 19 984,21        |
| 14:50:00 | 172,2       | 10 027,01        |
| 15:00:00 | 161,5       | 10 033,52        |
| 15:10:00 | 150,7       | 9 338,12         |
| 15:20:00 | 139,9       | 9 341,34         |

## SENSOR DE LUMINOSIDADE HOBO

A estação base e o acoplador pendente fornecem comunicação infravermelha ótica (IR) rápida para o iniciar o registrador de dados e a leitura dos registradores de dados pendentes HOBO. A estação base conecta-se via USB a um computador *host* (Figura 27) [37], enquanto o acoplador liga o registrador de dados à estação base para comunicação. A Estação Base descarrega o registrador de dados completo de 64K em 30 segundos ou um registrador de dados completo de 8K em 6 segundos.



Figura 27 - Interface ótica para transferência de dados.

A resposta do sensor de luz é dependente do cosseno do ângulo da vertical. Portanto, seja ao ar livre ou debaixo de água, o registrador deve ser montado horizontalmente, garantindo que o sensor se encontra a apontar diretamente para o céu, da forma como se pode observar na Figura 28.

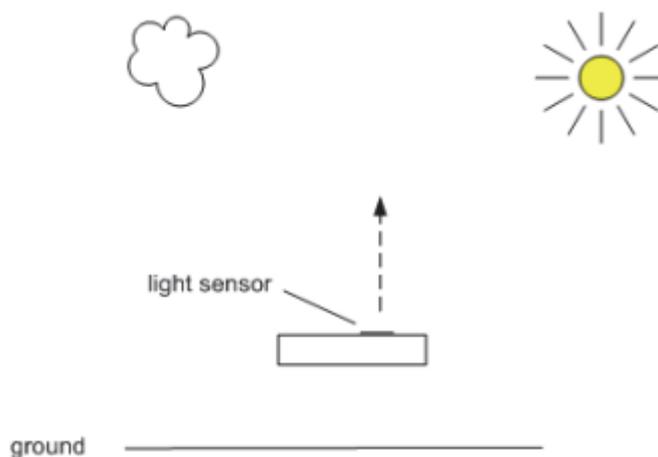


Figura 28 - Montagem do sensor para aquisição de dados.

O *software* Hoboware permite o tratamento dos dados provenientes do sensor, nomeadamente o lançamento e a paragem de uma nova aquisição de dados, e a aquisição dos mesmos. Na aquisição o software esboça o gráfico respetivo ao intervalo de dados recolhido (Figura 29), exporta dados que disponibiliza *a priori* em tabela também para folha de cálculo excel. Permite configurar alarmes, ler o registador ou verificar o seu estado (como se pode ver na imagem) enquanto continua a registar.

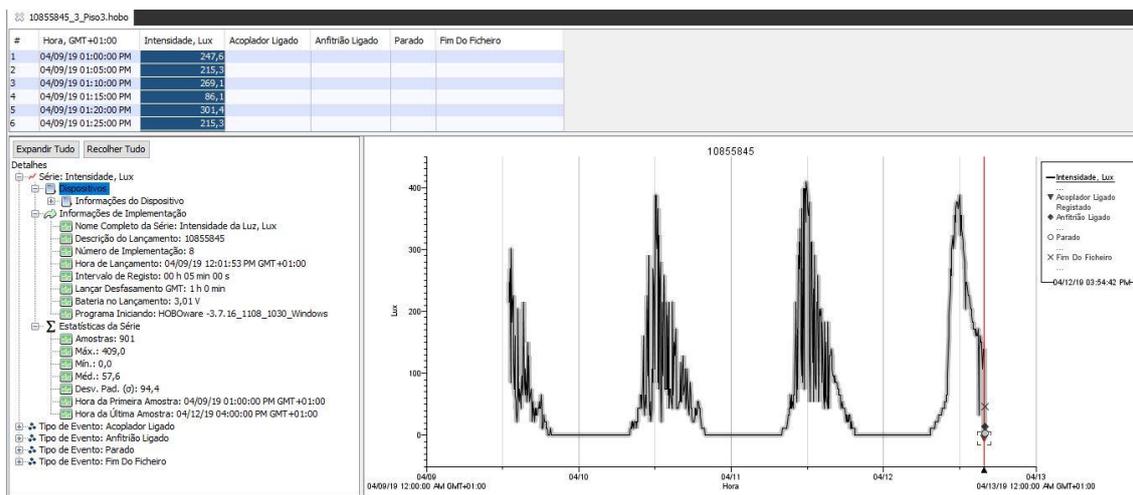


Figura 29 - Aquisição de dados no HOBOWARE.

## Medição de iluminância

O *logger* mede a intensidade de luz em lux. O sensor de luz no dispositivo *logger* mede um espectro muito mais amplo de comprimentos de onda de luz do que é visível ao olho humano. O gráfico da Figura 30 [37] mostra que a resposta do sensor se estende muito para além do que é captado com o olho humano, nomeadamente nas faixas do ultravioleta e do infravermelho. O *logger* é útil para detetar comprimentos de onda não visíveis a olho nu, mas também poderá não adquirir leituras consonantes com um dispositivo que tenha uma sensibilidade espectral diferente. O sensor de luz é mais útil para determinar alterações relativas, em vez de valores absolutos de intensidade. O *logger* possui uma faixa dinâmica muito ampla de sensibilidade à luz estendendo-se desde a escuridão total até para além da plena luz do dia. Os intervalos de resolução são menores para valores mais pequenos de luminosidade do que em níveis de luminosidade elevados, permitindo assim medições úteis nesta ampla gama de intensidades. As leituras de intensidade são máximas para a luz que atinge o sensor diretamente no eixo – na vertical - e é reduzida para luz que incide com outra inclinação.

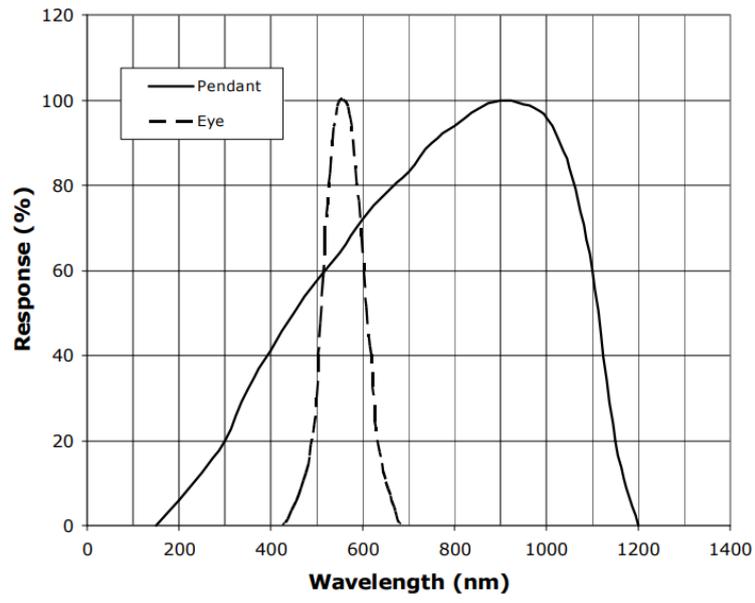


Figura 30 - Alcance do sensor face ao olho humano.

# **Apêndice B**

## **Implementação de**

### **Detetores de**

#### **Ocupação**

## APÊNDICE B

### IMPLEMENTAÇÃO DE DETETORES DE OCUPAÇÃO

No que respeita à implementação dos detetores de ocupação, todas as medidas realizadas tiveram por base as plantas da FFUC, gentilmente cedidas pelos seus colaboradores. A Tabela 27, Tabela 28 e .

Tabela 29 refletem as medições e cálculos tidos em conta para a proposta de colocação dos detetores de ocupação. A altura de referência para os pisos foi definida tendo em conta o pé direito do *hall* das escadas, de 3,5 m. Nos pisos 2 e 3, apenas serão colocados sensores de canto nas escadas, cuja alimentação e ligação ao SGT remeterá aos quadros GTC\_Anf1 e GTC\_CONF, no piso 2, onde se situam controladores com reservas preparadas.

Tabela 27 - Colocação de detetores em corredor de circulação sem contribuição de luz natural.

| Detetor Ocupação | Local                           | Cabo multifilar | Ligação SGT | Cabo (considerando 1m/relé) | Ligação     |
|------------------|---------------------------------|-----------------|-------------|-----------------------------|-------------|
| Sensor de teto   | Corredor Laboratórios<br>Piso 4 | 132 m           | GTC_ANF2    | 1m                          | Em paralelo |
| Sensor de teto   |                                 |                 |             |                             |             |
| Sensor de teto   |                                 |                 |             |                             |             |
| Sensor de teto   | Corredor Laboratórios<br>Piso 5 | 82m             | GTC_COIFAS  | 1m                          | Em paralelo |
| Sensor de teto   |                                 |                 |             |                             |             |
| Sensor de teto   |                                 |                 |             |                             |             |
| Sensor de teto   | Corredor Laboratórios<br>Piso 6 | 78m             | GTC_COIFAS  | 1m                          | Em paralelo |
| Sensor de teto   |                                 |                 |             |                             |             |
| Sensor de teto   |                                 |                 |             |                             |             |

Tabela 28 -Colocação de detetores em locais com controlo por iluminação natural e deteção de presença – Escadas.

| Detetor Ocupação     | Local                        | Cabo multifilar | Ligação SGT | Cabo de sinal | Ligação     |
|----------------------|------------------------------|-----------------|-------------|---------------|-------------|
| Sensor de Parede PIR | Escadas Piso 1/2             | 77m             | GTC_Anf1    | 1m            | Em paralelo |
| Sensor de Parede PIR | Escadas Piso 2/3             |                 |             |               |             |
| Sensor de Parede PIR | Escadas Piso 3/4             | 27m             | GTC_COIFAS  | 1m            | Em paralelo |
| Sensor de Parede PIR | Escadas Piso 4/5             |                 |             |               |             |
| Sensor de Parede PIR | Escadas Piso 5/6             |                 |             |               |             |
| Sensor de Parede PIR | Escadas Montacargas piso 1/2 | 50m             | GTC_CONF    | 1m            | Em paralelo |
| Sensor de Parede PIR | Escadas Montacargas Piso 2/3 |                 |             |               |             |
| Sensor de Parede PIR | Escadas Montacargas Piso 3/4 | 70m             | GTC_CONF    | 1m            | Em paralelo |
| Sensor de Parede PIR | Escadas Montacargas Piso 4/5 |                 |             |               |             |
| Sensor de Parede PIR | Escadas Montacargas Piso 5/6 |                 |             |               |             |

Tabela 29 - Colocação de detetores em locais com controlo por iluminação natural e deteção de presença – Pisos 4, 5 e 6.

| Detetor Ocupação     | Local                      | Cabo multifilar | Ligação SGT | Cabo de sinal | Ligação     |
|----------------------|----------------------------|-----------------|-------------|---------------|-------------|
| Sensor de Parede PIR | Hall fotocopiadoras Piso 4 | 44m             | GTC_CENTRAL | 1m            | Em paralelo |
| Sensor de Parede PIR | Hall elevador Piso 4       |                 |             |               |             |
| Sensor de Parede PIR | Hall Ligação Piso 4        | 120m            | GTC_CENTRAL | 1m            | Em paralelo |
| Sensor de teto       | Corredor Gabinetes Piso 4  |                 |             |               |             |
| Sensor de teto       | Corredor Gabinetes Piso 4  |                 |             |               |             |
| Sensor de Parede PIR | Hall fotocopiadoras Piso 5 | 40m             | GTC_CENTRAL | 1m            | Em paralelo |
| Sensor de Parede PIR | Hall elevador Piso 5       |                 |             |               |             |
| Sensor de Parede PIR | Hall Ligação Piso 5        | 116m            | GTC_CENTRAL | 1m            | Em paralelo |
| Sensor de teto       | Corredor Gabinetes Piso 5  |                 |             |               |             |
| Sensor de teto       | Corredor Gabinetes Piso 5  |                 |             |               |             |
| Sensor de Parede PIR | Hall fotocopiadoras Piso 6 | 36m             | GTC_CENTRAL | 1m            | Em paralelo |
| Sensor de Parede PIR | Hall elevador Piso 6       |                 |             |               |             |
| Sensor de Parede PIR | Hall Ligação Piso 6        | 112m            | GTC_CENTRAL | 1m            | Em paralelo |
| Sensor de teto       | Corredor Gabinetes Piso 6  |                 |             |               |             |
| Sensor de teto       | Corredor Gabinetes Piso 6  |                 |             |               |             |

Os desenhos esquemáticos foram editados em Autocad, assinalando os detetores de ocupação que irão existir nos vários espaços de ocupação. Uma das plantas (Figura 32) é referente aos pisos 4, 5 e 6, dada a sua semelhança construtiva. O outro desenho esquemático (Figura 31) refere-se ao piso 2, visto existirem detetores nas escadas, que remetem aos controladores presentes nesses pisos.

Para a realização da implementação, foram ainda pedidos vários orçamentos, tendo por base a lista que reúne todos os materiais necessários, como é possível visualizar na Tabela 30.

Tabela 30 - Lista de material destinado à implementação dos detetores de ocupação.

| Material                        | Quantidade  | Tipo/Requisitos                                     |
|---------------------------------|-------------|---|
| Sensor de teto para corredor    | 15 unidades | LUXOMAT PD4N-1C-C-SM – Branco – Referência 92270    |
| Sensor PIR                      | 19 unidades | LUXOMAT LC-Mini 180 Branco Referência 91052         |
| Cabo Multifilar                 | 987m        | Cabo elétrico multifilar 3 pares condutores 0.25mm2 |
| Cabo de sinal                   | 15m         | 1par de condutores                                  |
| Suporte para sensor de teto     | 15 unidades | 30-40 cm de altura                                  |
| Relé Finder p/C.I. 230VAC       | 13 unidades | Código F40318230                                    |
| Base Calha p/relé s.40-41-43-44 | 13 unidades | Código 9563   |

Tendo em conta os vários orçamentos pedidos, segue uma perspetiva do custo do investimento na Tabela 31.

Tabela 31 - Orçamento previsto para a implementação dos detetores de ocupação.

| Material   | Preço unitário (s/IVA) | Preço (c/IVA)   |
|--|------------------------|-----------------|
| Detector de movimento Koban KDP 19 360 (preço p/ un) | 14,22€                 | 170,12€         |
| Detector movimento Koban KDP 10 180 (preço p/ un)    | 12,92€                 | 245,48€         |
| Cabo LYCY 2x1mm                                      | 0,49€                  | 234,40€         |
| Cabo FVV 2x1,5mm                                     | 0,40€                  | 436,10€         |
| BASE CALHA P/RELE S.40-41-43-44                      | 4,70€                  | 75,15€          |
| RELE FINDER P/C.I. 230VAC                            | 7,20€                  | 115,13€         |
| <b>Total</b>   |                        | <b>1276,38€</b> |

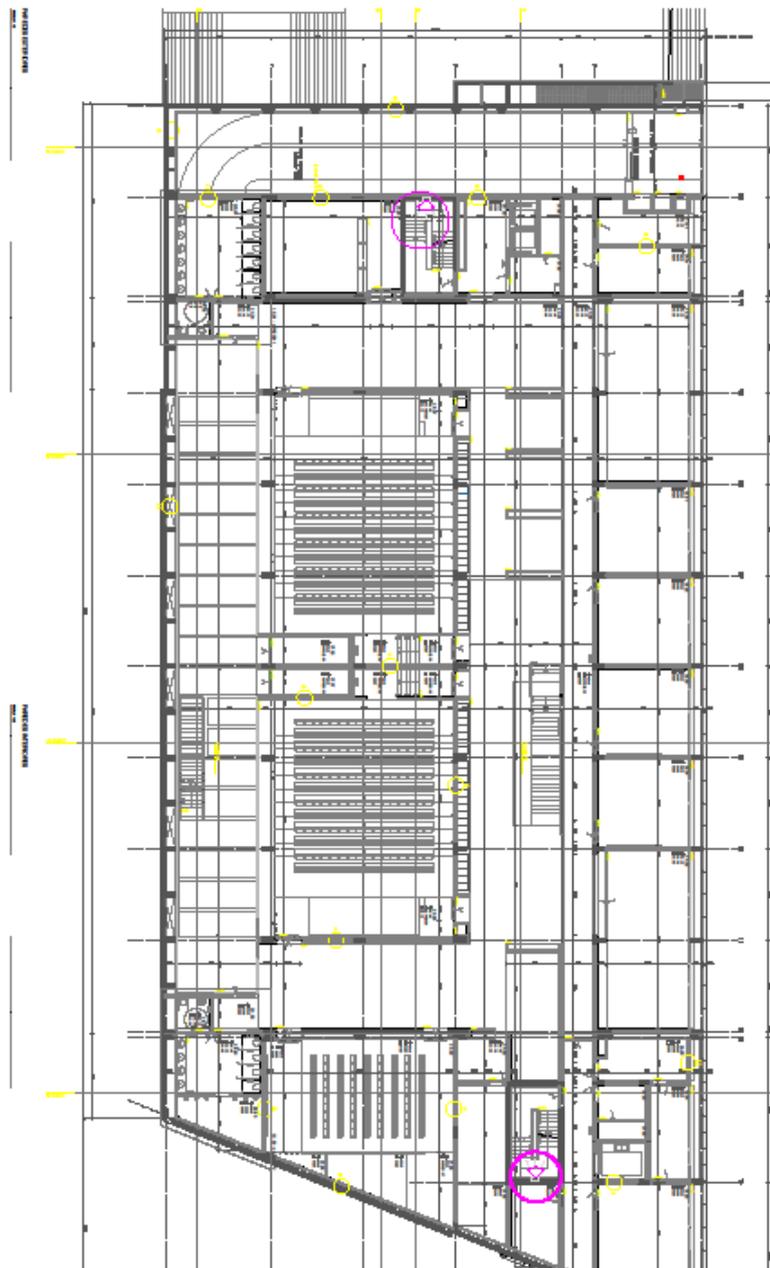


Figura 31 - Desenho esquemático da implementação dos detetores no piso 2



Figura 32 - Desenho esquemático da implementação dos detetores no piso 6

# **Apêndice C**

## **Caderno de**

### **Verificação de testes**

## **APÊNDICE C**

### **CADERNO DE VERIFICAÇÃO DE TESTES**

#### **Designação do teste: Simulação de ocupação do edifício**

##### **Contexto/Requisitos**

A realização deste teste terá de ser feita durante o período noturno, preferencialmente de madrugada. Poderá ser programada no SGT mas deverá ser garantida a presença de alguém no local para visualizar o teste. Este teste tem como principal objetivo reforçar a segurança do edifício.

##### **Material Necessário**

(Não aplicável)

##### **Lista de verificação**

-Simular a ativação de circuitos de iluminação aleatoriamente nos pisos 3, 4, 5 e 6, já que são os pisos visíveis a partir do exterior;

-Simular a passagem de ocupantes ao longo do edifício, criando para isso um intervalo de tempo de, por exemplo, 30 minutos durante o qual ocorre a simulação de ocupação do edifício.

##### **Procedimento**

O procedimento deste teste deverá ser programado no SGT atuando no nó de supervisão local ou remotamente, e através de ligar/desligar circuitos de iluminação sequenciais, simulando a passagem de ocupantes. O teste deverá demorar o intervalo de tempo considerado na lista de verificação. A regularidade do teste poderá ser mensal.

---

## **Designação do teste: Teste de controlo por iluminação natural**

### **Contexto/Requisitos**

O teste deverá ser feito durante o dia, de forma a garantir que existe a opção de verificação do conforto visual apenas com luz natural, devendo ser realizado algumas vezes em diferentes horas do dia. Aconselha-se que um dos testes seja ao nascer e/ou ao pôr-do-sol, de forma a analisar a transição entre dia e noite. Para salvaguardar o conforto dos ocupantes, o teste deverá ser feito preferencialmente fora do horário letivo.

### **Material Necessário**

- Multímetro;
- Luxímetro
- 2 *Walkie-talkies*

### **Lista de verificação**

- Verificar comutação do circuito de iluminação nos valores de histerese;
- Verificar tomada de decisão do SGT após 3 medições consecutivas;
- Verificar a existência de conforto visual nos espaços em análise sem iluminação artificial ligada.
- Verificar valores de aquisição pela fotocélula dentro do alcance do sensor e dentro dos valores normais de aquisição;

### **Procedimento**

No nó de supervisão, deverá ser forçado o valor de luminosidade do sensor de cobertura, para valores dentro e fora dos limiares de comutação (9000 – 10500 lux). Poderão ser testados valores como 10400 lux e de 10600 lux e verificar a comutação, não só no nó de supervisão, mas nos circuitos de iluminação. Poderão ser verificados os valores mínimos para a comutação, por exemplo, entre os 8800 e 9800 lux. Entre as comutações, deverá ainda ser verificado o intervalo de tempo mínimo entre comutações, de 20 minutos, referente a três aquisições de dados consecutivas.

Durante o tempo no qual os circuitos de iluminação estiverem desligados, deverá verificar-se nos corredores de circulação que recebem contribuição de luz natural – circuito

de escadas, pisos 4, 5 e 6 – a existência de conforto visual nos espaços. Deverá ser feito com auxílio do luxímetro.

## **Designação do teste: Inspeção aos detetores de ocupação**

### **Contexto/Requisitos**

A condição necessária para a realização deste teste é a ausência de ocupantes no edifício, de forma a não prejudicar o conforto dos ocupantes com a ativação/desativação de circuitos de iluminação.

### **Material Necessário**

- Multímetro;
- 2 *Walkie-talkies*

### **Lista de verificação**

- Verificar ativação do circuito de iluminação aquando da passagem de ocupante;
- Verificar alcance do detetor;
- Verificar intervalo de tempo durante o qual o circuito de iluminação se encontra ativo e que, ao fim do tempo inicialmente estipulado, o dito circuito desliga;

### **Procedimento**

Após se ter a garantia de que não existem ocupantes no edifício e, com o auxílio de uma pessoa e dos *walkie-talkies*, deverão ser escolhidos circuitos de iluminação aleatoriamente para realização do teste. Poderá ser parametrizado no nó de supervisão um intervalo de tempo menor do que o tempo ao fim do qual está programado para desligar, de modo a que a verificação do intervalo de tempo de ativação ocorra mais rapidamente. Uma das pessoas deverá passar no local e verificar a ativação do detetor de ocupação. Tendo em conta o alcance do detetor, as luminárias deverão ligar assim que o ocupante se começar a deslocar no corredor/escadas onde se encontra o detetor. Enquanto isso, a outra pessoa deverá, no nó de supervisão, perceber se a entrada foi detetada (ou verificar no controlador a atividade de entrada/saída). Após isso, deverá ser contabilizado o intervalo de tempo durante o qual a iluminação em teste se encontra ligada, devendo corresponder ao que foi definido.

---

# **Apêndice D**

## **TAC Vista –**

### **Função LumLog**

## APÊNDICE D

### IMPLEMENTAÇÃO DE REGISTO DE TENDÊNCIAS

A configuração da função LumLog permitiu a configuração dos dados da fotocélula e a sua exportação em folha de cálculo, permitindo assim a análise e tratamento dos dados necessários. O registo de tendências é utilizado para gravar valores medidos a partir de determinado dispositivo. O registo de tendência pode ser usado num intervalo de tempo, com a função de ajuste de um sistema ou processo, ou de forma permanente. O registo de tendência é criado através do assistente “Create Trend Log” no TAC Vista. Na vista Principal é possível, clicando com o botão direito do rato, aceder, no menu do valor da iluminância, à opção, “Create Server Log” - Figura 33.



Figura 33 - Seleção da opção "Create Server Log".

É aberto o Trend Log Wizard, Assistente de Criação de Registo de Tendências - Figura 34.



Figura 34 - Create Trend Log Wizard.

Na página seguinte encontra-se o “Trend Log Profile”, onde pode ser selecionada a medida que se pretende gravar, isto é, um dos perfis pré-definidos de registo de tendências apropriado ao valor ou objeto que se pretende registar - Figura 35.

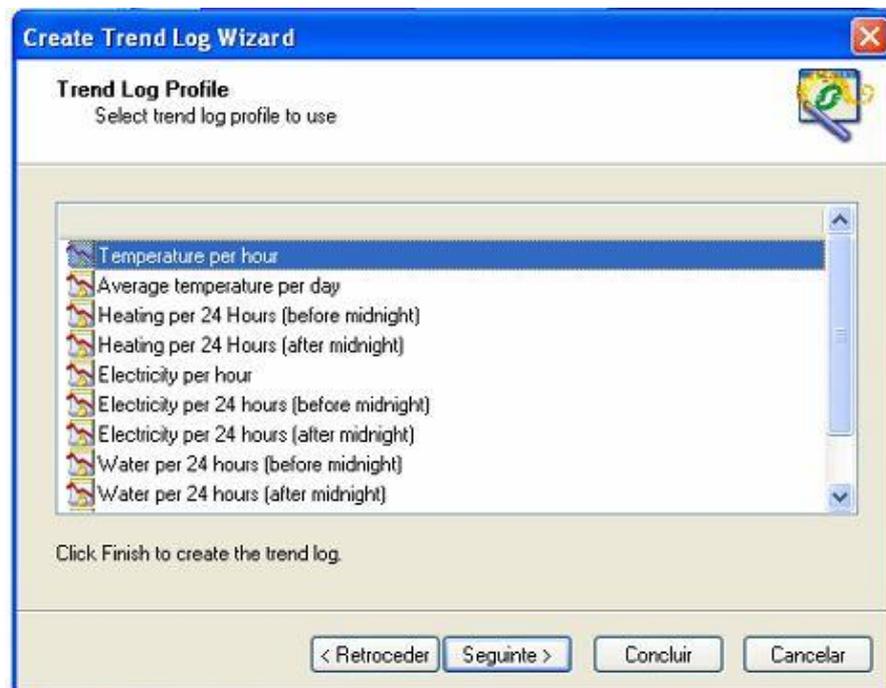


Figura 35 - Trend Log Profile.

O perfil pode ser criado imediatamente clicando em “Concluir”. Neste caso o assistente cria um registo de tendências, um objeto de cálculo do registo de tendências e/ou um gráfico de tendências. Caso não se conheça o perfil seleccionado, clica-se em “Seguinte”, de forma a poder seleccionar as definições pretendidas para o perfil escolhido.

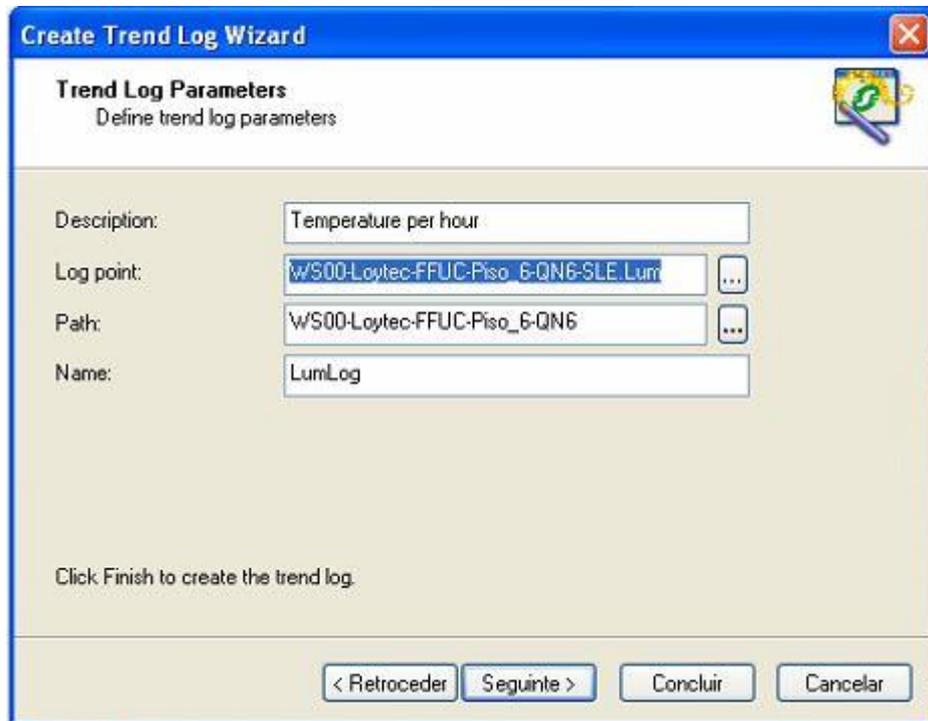


Figura 36 - Trend Log Parameters.

Na Figura 36 encontra-se seleccionado o Log Point pretendido, neste caso a fotocélula, que pode ser referenciada através do “*Vista Server*”, denominado por “*WS00*” o que permite aceder à porta de comunicação *Loytec*. Existem elementos na estrutura do SGT existente na FFUC, como o *L-SwitchXP* e o *NIC*, ambos os componentes da marca *LOYTEC Electronics GmbH*. O *L-SwitchXP* é um *router* que efectua a ligação de múltiplos canais EIA-709 ou *LonTalk*, através de um barramento *multidrop*. Fornece até cinco pontos de comunicação e faz o roteamento de pacotes entre estes. O *NIC* é uma interface de rede para os canais CEA-709 e CEA-852 (*Ethernet*).

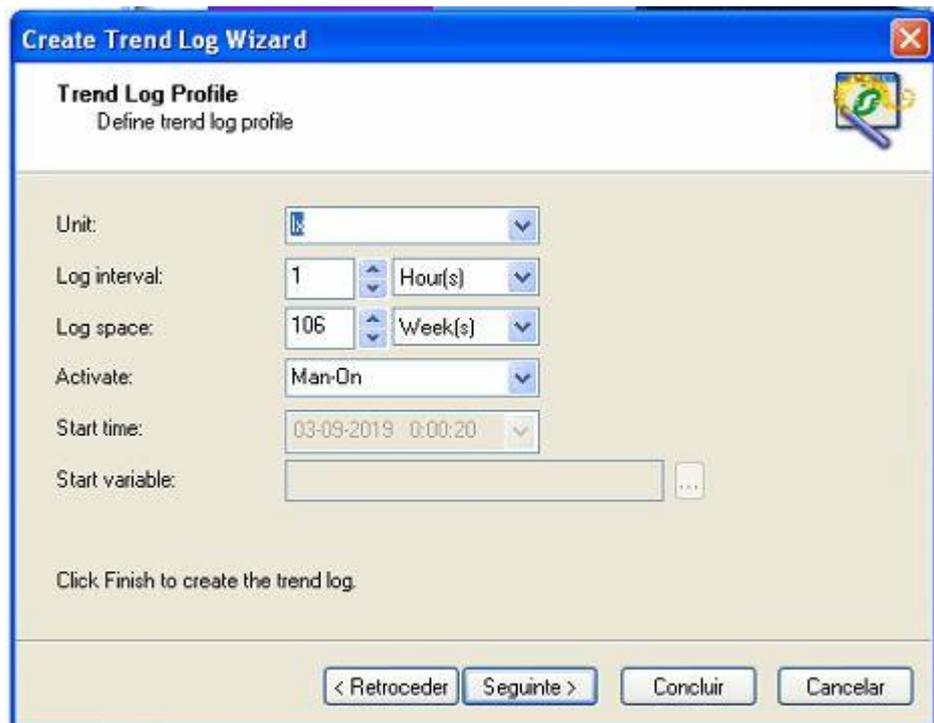


Figura 37 - Define Trend Log Profile.

O registo inicia automaticamente após terminado o assistente de registo de tendências e irá continuar a registar o nível de iluminação uma vez por hora à mesma hora. O registo é circular, registando valores hora a hora, durante 106 semanas antes de iniciar novamente - Figura 37.

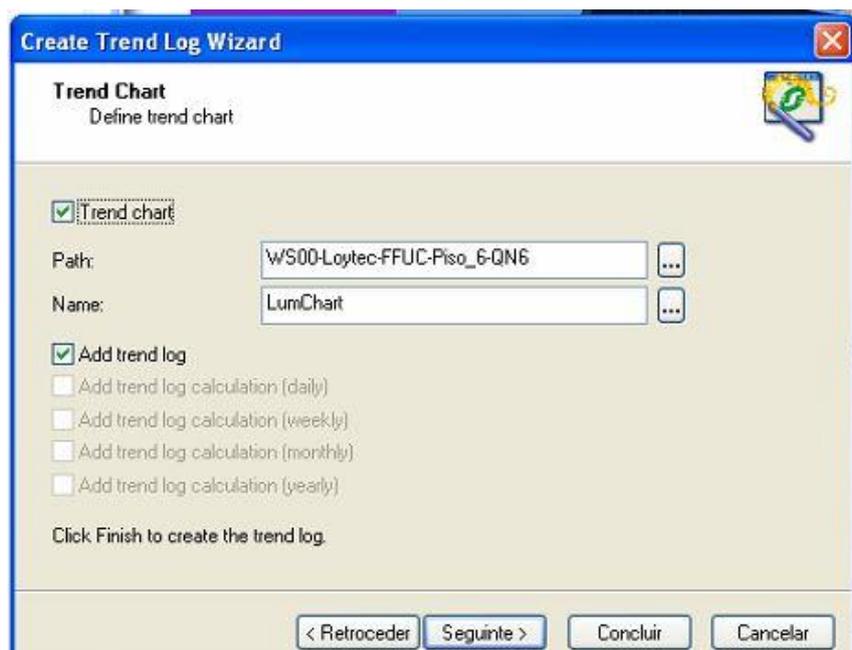


Figura 38 - Trend Chart.

O menu “Trend Log Calculation” permite ver/alterar o objeto de cálculo do registo de tendências, podendo ainda o utilizador decidir se o irá usar. O menu “Trend Chart” - Figura 38 - permite definir o caminho e o nome do gráfico de registo de tendências. Após concluir o “Create the Trend Log Wizard” é possível visualizar os objetos criados, neste caso na pasta LOG. Com o botão direito do rato é possível aceder ao gráfico e aos valores - Figura 39.

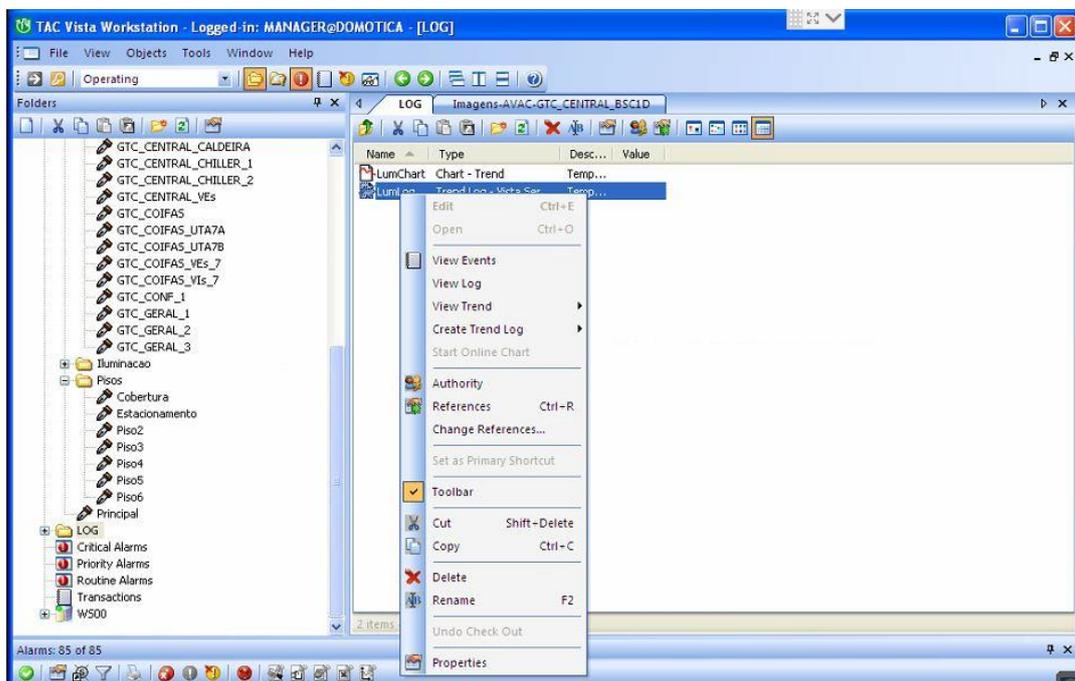


Figura 39 - Vista do Gráfico e Registo de Tendência.

Estes valores podem ainda ser exportados para folha de cálculo. No caso da função LumLog, foi definida para registar valores de dez em dez minutos, de modo a registar com a mesma cadência que o sensor HOBO - Figura 40.

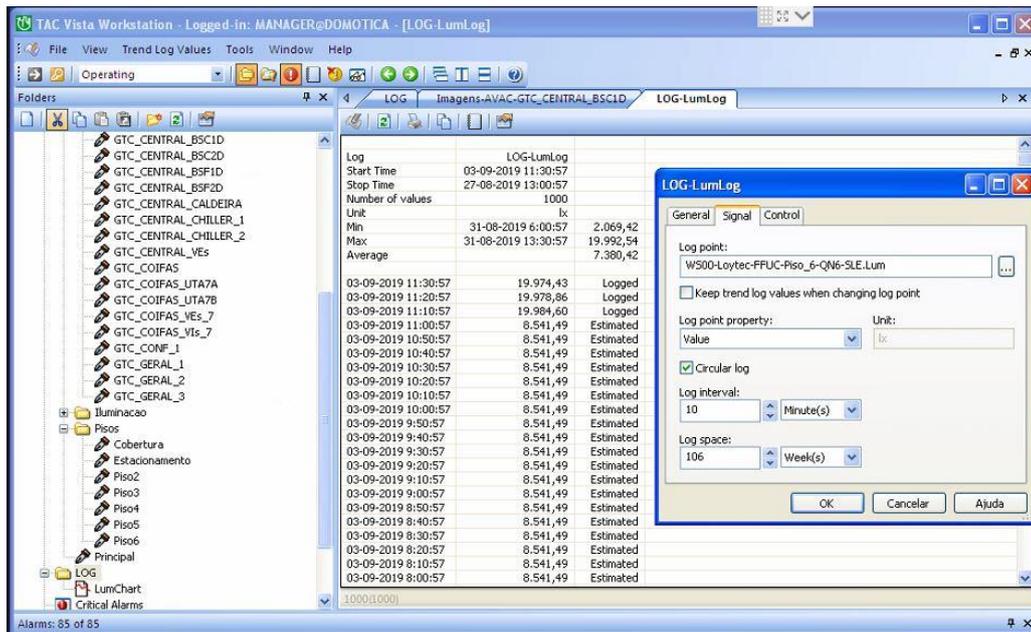


Figura 40 - LOG LumLog

Tendo em conta os dados exportados, é possível analisar o gráfico da iluminância ao longo de um dia inteiro. O sensor regista no SGT dados de dez em dez minutos. O registo de um valor genérico, a cada dez minutos, é um registo circular, registando valores num intervalo de oito semanas, antes de iniciar novamente. É criado um gráfico de tendência com os valores registados a partir do registo de tendência, como o que se pode ver na Figura 41.

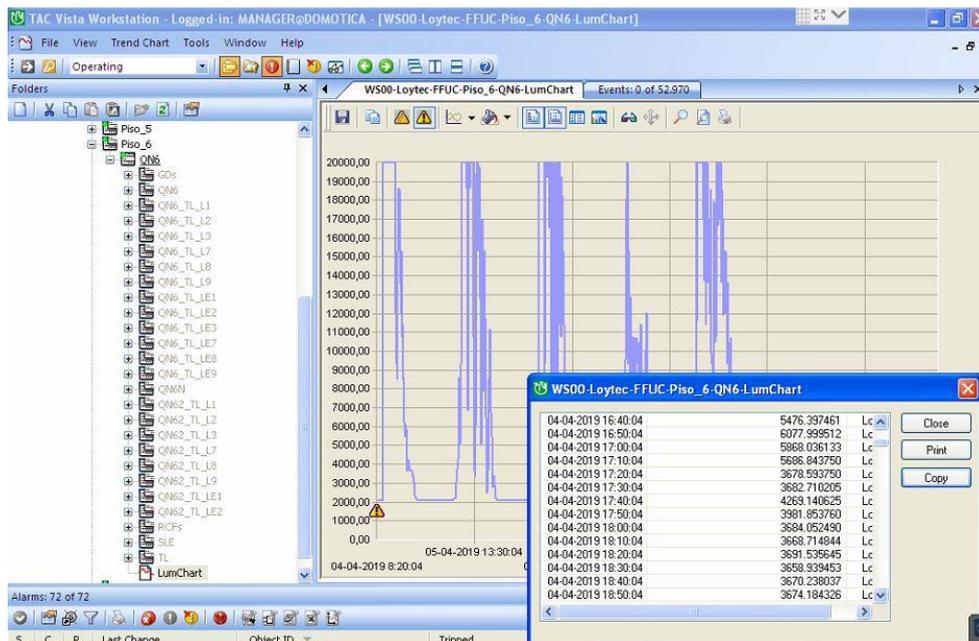


Figura 41 - Gráfico e Folha de cálculo referente aos dados adquiridos pela fotocélula.