

**UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA**

Faculdade de Ciências e Tecnologia  
Departamento de Ciências e Engenharia do Ambiente

**Análise do uso da energia na FCT-UNL (edifícios II, VII, VIII, IX e X) e estudo dos comportamentos relativos ao uso da energia**

Sara Diana Pinheiro dos Santos

Dissertação apresentada na Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia do Ambiente, perfil Gestão e Sistemas Ambientais

Orientador: Prof. Doutor João Joanaz de Melo

Lisboa  
2010



## Agradecimentos

A realização deste trabalho não teria sido possível sem a colaboração de várias pessoas. Gostaria de agradecer a todos os que, directa ou indirectamente, me apoiaram na sua realização:

Ao Prof. Doutor João Joanaz de Melo, que me orientou e me apoiou na realização deste trabalho.

À Eng. Filipa Santos, que esteve sempre disponível para me fornecer informações e me ajudar.

Às funcionárias e funcionários dos vários departamentos e da DLC, que foram sempre prestáveis quando lhes solicitei ajuda.

Agradeço a todos os que me auxiliaram na recolha de dados nos laboratórios: Prof. Alberto Martinho, Prof. Alexandra Terena, Prof. Rogério Magalhães, Prof. Lopes de Carvalho, Prof. Urgueira, Prof. Rosa Miranda, Dra. Maria Eduarda, Prof. Manuela Simões, Prof. João Pais, Prof. Joaquim Simões, Prof. Carlos Galhano, Prof. António Ramos, Eng. Ana Brás, Técnico Jorge, Prof. Teresa Cidade, Prof. Isabel Ferreira, Prof. Regina Monteiro e Prof. Luís Bernardo pela sua colaboração.

A todos os que responderam aos inquéritos, alunos, docentes e funcionários não docentes.

Gostaria de agradecer à empresa MRA instrumentação, na pessoa da Eng. Clara Pinto, que disponibilizou a câmara termográfica utilizada neste trabalho.

Ao Eng. Jorge Carvalho, que foi muito gentil em se disponibilizar para me ajudar e esclarecer algumas dúvidas.

Ao Pedro Moreno, à Raquel Chaves e aos restantes amigos, por me ouvirem e ajudarem quando precisei.

Ao Miguel por me ouvir, apoiar e incentivar incondicionalmente ao longo deste percurso.

Agradeço aos meus pais e à minha irmã, pela paciência, compreensão e apoio que me deram sempre, não só ao longo da realização deste trabalho, como em todos os passos da minha vida.



## Sumário

Os edifícios têm um papel de destaque na redução das emissões de GEE (gases de efeito de estufa) e no cumprimento das metas de Quioto, sendo responsáveis por aproximadamente 40% do consumo final de energia na UE (União Europeia). As Instituições de Ensino Superior (IES), como centros de vários ramos do saber, formadoras e modelos para a sociedade, devem assumir uma maior exigência e responsabilidade quanto à sustentabilidade das suas actividades.

Este trabalho contribui para o diagnóstico energético de alguns dos edifícios pertencentes ao campus da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa (FCT-UNL). São por isso objectivo do trabalho a realização de questionários sobre os comportamentos de alunos, docentes e funcionários não docentes acerca da utilização da energia no campus, bem como a realização de estimativas de consumo de energia para os vários usos, o estudo da envolvente dos edifícios através de termografia e a avaliação do cumprimento das normas que recomendam os valores de iluminância para espaços interiores.

Identificaram-se várias ineficiências nos edifícios estudados, entre elas a falta de isolamento das pontes térmicas, a falta de manutenção das luminárias e a utilização de iluminação artificial quando existe luz natural.

Este trabalho concluiu que os edifícios com actividades laboratoriais possuem nestas actividades o maior consumo de energia eléctrica. Nos edifícios sem laboratórios, a climatização é efectuada através de *chillers*, constituindo o maior consumo de electricidade. A intensidade eléctrica por metro quadrado é superior aos valores de referência do Reino Unido e França, para alguns laboratórios e administração. As emissões de CO<sub>2</sub> *per capita* associadas a cada um dos edifícios estudados e ao campus da FCT/UNL são superiores ao melhor classificado Green League 2008.

Os comportamentos da população inquirida da FCT/UNL possuem um elevado potencial de poupança, principalmente no consumo *stand by* e *off power* dos equipamentos de escritório e na utilização dos equipamentos de climatização, através da correcta regulação da sua temperatura. Nos laboratórios a falta de manutenção dos equipamentos e o consumo *off power* são pontos de ineficiência.

Existe assim, um potencial de poupança elevado, apenas com medidas simples, que pode atingir os 15%.

## Abstract

Buildings play an important role in the reduction of greenhouse gas emissions and meeting Kyoto targets, accounting for approximately 40% of final energy consumption in the European Union. Institutions of Higher Education, as know how centers, trainers and models for society, are subject to more stringent requirements and responsibilities regarding the sustainability of their activities.

This work aims to contribute to the energy diagnosis of some of the buildings belonging to the Faculty of Science and Technology (FST) campus. To do so, estimates of power consumption were made for different uses, the building envelope was studied through thermography and illuminance values were evaluated. Questionnaires on the behavior of students, teachers and non-teaching staff were also carried.

Several inefficiencies were identified, including thermal bridges, lack of maintenance of luminaries and the use of artificial lighting when there is natural light.

This study concluded that lab activities have the highest consumption of electricity. In buildings where these activities do not occur, climatization constitutes the largest consumer of electricity. For some laboratories and administration, the electric intensity per square meter is higher than the reference values of the United Kingdom and France. The CO<sub>2</sub>e emissions *per capita*, associated with each of the buildings studied and FST campus are higher than the top-ranked Green League 2008.

The surveyed population's behavior represents high savings potential, especially in stand by and off power consumption in office equipment and through the proper regulation of the air conditioning equipment's temperature. In laboratories, the equipment's lack of maintenance and the off power consumption are points of inefficiency.

With simple measures, there is a high savings potential, that can go up to 15%.

## Simbologia e Notações

ADENE- Agência para a Energia

APA – Agência Portuguesa do Ambiente

ARECBA- Agência Regional de Energia do Centro e Baixo Alentejo

AVAC- Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado

BREEAM- BRE Environmental Assessment Method

CEN- Comité Europeu de Normalização

CENTRIA - Centro de Inteligência Artificial

CIIDI - Centro de Imagem, Imprensa e Difusão de Informação

CITI - Centro de Informática e Tecnologias de Informação

CO<sub>2</sub> - dióxido de carbono

CO<sub>2e</sub> - dióxido de carbono equivalente

DCM – Departamento de Ciência dos Materiais

DCT - Departamento de Ciências da Terra

DEC - Departamento de Engenharia Civil

DEE – Departamento de Engenharia Electrotécnica

DEI – Departamento de engenharia informática

DEMI – Departamento de Engenharia Mecânica e Industrial

DGEG – Direcção Geral de Energia e Geologia

E – Energia

e - Espessura

EAUC- Environmental Association for Universities and Colleges

E<sub>f</sub> - Energia final

EMAS- Eco-Management and Audit Scheme

EPA- Environmental Protection Agency

ε- Emissividade

ESEER - European Seasonal Energy Efficiency Ratio

η - Rendimento

E<sub>u</sub> - Energia útil

EUA- Estados Unidos da América

FCT - Faculdade de Ciências e Tecnologia

FER – Fontes de Energia Renovável

FEUP- Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

FST – Faculty of Sciences and Technology

GEE - Gases com Efeito de Estufa

HEEPI- Higher Education Environmental Performance Improvement

HID - High Intensity Discharge

H<sub>2</sub>O - Água

Hz- Hertz

IES – Instituições de Ensino Superior

IPAC – Instituto Português de Acreditação

ISLA- Instituto Superior de Línguas e Administração

ISO- International Organization for Standardization

K - Condutância térmica

ktep - Quilotonelada equivalente de petróleo

$\lambda$  – Condutibilidade Térmica

LED- Light emitting diode

LFC - Lâmpadas fluorescentes compactas

LFT - Lâmpadas fluorescentes tubulares

M- Massa

$\mu\text{m}$  – Micrómetro

PCI – Poder Calorífico Inferior

R-value – Resistência térmica

RCCTE - Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios

RSECE - Regulamento dos Sistemas Energético e de Climatização dos Edifícios

s - segundo

SCE - Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios

SGA- Sistema de Gestão Ambiental

$\sigma$  – Constante de Stefan–Boltzman

T – Temperatura

t – tonelada

VIII

$T_f$  – Temperatura final

$T_i$  – Temperatura inicial

U-value - Coeficiente de transmissão térmica

UE- União Europeia

UNL - Universidade Nova de Lisboa



# Índice de Matérias

Agradecimentos.....	III
Sumário.....	V
Abstract .....	VI
Simbologia e Notações .....	VII
Índice de Matérias.....	XI
Índice de Figuras.....	XIII
Índice de Tabelas .....	XVII
1 Introdução.....	1
1.1. Apresentação do problema e sua relevância.....	1
1.2. Definição dos objectivos e âmbito do trabalho proposto .....	2
1.3. Organização da dissertação .....	2
2 Revisão de literatura.....	3
2.1 Âmbito da revisão de literatura .....	3
2.2 Caracterização energética em Portugal .....	3
2.2 Consumo de energia nos edifícios .....	6
2.3 Edifícios das instituições de ensino superior .....	9
2.4 Práticas para a eficiência energética.....	14
2.4.1 Iluminação .....	14
2.4.2 Equipamentos de escritório .....	20
2.4.3 Equipamentos de laboratório.....	21
2.4.4 Envelope exterior do edifício.....	23
2.5 Comportamentos para a eficiência energética .....	29
2.6 Pesquisa social .....	30
2.6.1 Tipos de Pesquisa .....	30
2.6.2 Amostragem .....	32
3 Caso de estudo.....	35
4 Metodologia.....	41
4.1 Abordagem geral.....	41
4.2 Metodologia para os questionários .....	42
4.3 Metodologia para a análise do consumo.....	42
4.3.1 Inventário de equipamento e usos.....	42

4.3.2	Avaliação da iluminância .....	44
4.3.3	Análise do envelope exterior .....	45
4.3.4	Síntese de informação sobre os usos .....	46
4.3.5	Cálculo dos potenciais de poupança .....	49
4.3.6	Organização dos resultados .....	49
5	Resultados dos questionários sobre práticas de uso de energia.....	51
5.1	Questionários via internet .....	51
5.1.1	Iluminação em gabinetes e secretarias.....	53
5.1.2	Iluminação em salas de aula.....	56
5.1.3	Utilização de equipamento de escritório .....	59
5.1.4	Conforto térmico.....	61
5.1.5	Questionário laboratórios .....	66
6	Análise do consumo de energia.....	71
6.1	Síntese de dados gerais.....	71
6.2	Análise por edifício.....	73
6.2.1	Edifício II .....	73
6.2.2	Edifício VII .....	81
6.2.3	Edifício VIII .....	91
6.3.4	Edifício IX .....	100
6.2.5	Edifício X .....	109
6.3	<i>Benchmarking</i> .....	116
7	Discussão .....	119
7.1	Padrão geral .....	119
7.2	Discussão por edifício .....	120
7.3	Recomendações .....	124
8	Conclusões .....	125
8.1	Síntese.....	125
8.2	Cumprimento de objectivo .....	126
8.3	Recomendações .....	126
8.4	Desenvolvimentos futuros .....	127
	Bibliografia .....	129
	Apendices .....	133

## Índice de Figuras

FIGURA 2.1 - FONTES DE ENERGIA PRIMÁRIA EM PORTUGAL REFERENTES AO ANO DE 2007 (ADAPTADO: DGEG, 2009).....	3
FIGURA 2.2 – DISTRIBUIÇÃO DA ENERGIA PRODUZIDA POR FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEL EM PORTUGAL, NO ANO DE 2007 (FONTE: DGEG, 2009).....	4
FIGURA 2.3 - COMPARAÇÃO DA INTENSIDADE ENERGÉTICA DE PORTUGAL E UNIÃO EUROPEIA A 27 (FONTE: VILÃO, ET AL, 2009) .....	5
FIGURA 2.4- DISTRIBUIÇÃO DOS CONSUMOS DE ENERGIA FINAL DOS PRINCIPAIS SECTORES ECONÓMICOS EM PORTUGAL, NO ANO DE 2007 (FONTE: DGEG, 2009).....	5
FIGURA 2.5 - DISTRIBUIÇÃO DOS CONSUMOS DE ENERGIA EM EDIFÍCIOS DOMÉSTICOS EM PORTUGAL (ADAPTADO DE: ENERBUILDING.EU ENERGY EFFICIENCY, 2008).....	6
FIGURA 2.6 - GRÁFICO COM A DISTRIBUIÇÃO DOS CONSUMOS DE ELECTRICIDADE DOS PRINCIPAIS SECTORES DE CONSUMO FINAL NOS EDIFÍCIOS DE SERVIÇOS EM PORTUGAL (FONTE: DGE, 1994) .....	7
FIGURA 2.7- RÁCIO DO CONSUMO DE ELECTRICIDADE POR ÁREA DE VÁRIAS IES (BONNET ET AL, 2003) .....	9
FIGURA 2.8- CONSUMO DE ELECTRICIDADE, POR USO, NA UNIVERSIDADE DE BORDEAUX (BONNET ET AL, 2003).....	11
FIGURA 2.9- ÁREA, POR USO, NA UNIVERSIDADE DE BORDEAUX (BONNET ET AL, 2003).....	11
FIGURA 2.10- COMPARAÇÃO DE VALORES “TÍPICOS” DE CONSUMO DE ELECTRICIDADE NOS LABORATÓRIOS POR ÁREA , EM UNIVERSIDADES DO REINO UNIDO (ADAPTADO DE: HOPKINSON E JAMES, 2007) .....	13
FIGURA 2.11- COMPARAÇÃO DE VALORES “TÍPICOS” DO CONSUMO DE COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS, POR ÁREA, EM LABORATÓRIOS DE UNIVERSIDADES DO REINO UNIDO (ADAPTADO DE: HOPKINSON & JAMES, 2007) .....	14
FIGURA 2.12- DISTRIBUIÇÃO DO CONSUMO DE ELECTRICIDADE NO LABORATÓRIO DE LOUIS STOKES .....	21
FIGURA 2.13 - PONTE TÉRMICA EXISTENTE NA OMBREIRA DUMA PORTA OU JANELA (VALÉRIO, 2007) .....	25
FIGURA 2.14 - PONTE TÉRMICA DEVIDO À LIGAÇÃO DA LAJE COM A FACHADA (VALÉRIO, 2007).....	25
FIGURA 3.1 - MAPA DO CAMPUS DA FCT-UNL .....	36
FIGURA 3.2- TIPOS DE ENERGIA ADQUIRIDA PELA FCT-UNL NO ANO DE 2008. ....	37
FIGURA 3.3 - CONSUMO RELATIVO DE ELECTRICIDADE NA FCT-UNL NO ANO DE 2008. ....	39
FIGURA 4.1- IMAGEM DA MÁQUINA TERMOGRÁFICA FLIR T200, CEDIDA PELA EMPRESA MRA INSTRUMENTAÇÃO (FONTE: FLIR, 2010). ....	45
FIGURA 5.1- POPULAÇÃO DA FCT-UNL QUE RESPONDEU AOS QUESTIONÁRIOS VIA INTERNET.....	51
FIGURA 5.2 - IMPORTÂNCIA DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E DA POUPANÇA DE ENERGIA.....	52
FIGURA 5.3 - POUPANÇA ENERGÉTICA NO QUOTIDIANO. ....	52
FIGURA 5.4- DISPONIBILIDADE PARA RECEBER INFORMAÇÃO SOBRE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA. ....	53
FIGURA 5.5- UTILIZAÇÃO DE ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL QUANDO EXISTE ILUMINAÇÃO NATURAL .....	53
FIGURA 5.6- RAZÕES PARA A UTILIZAÇÃO DE ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL QUANDO EXISTE ILUMINAÇÃO NATURAL .....	54
FIGURA 5.7- UTILIZAÇÃO DE ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL EM PERÍODOS DE AUSÊNCIA. ....	54
FIGURA 5.8- RAZÕES PARA A UTILIZAÇÃO DE ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL EM PERÍODOS DE AUSÊNCIA. ....	55
FIGURA 5.9- NÍVEL DE SATISFAÇÃO QUANTO À ILUMINAÇÃO NATURAL NOS GABINETES OU LOCAIS DE TRABALHO. ....	56
FIGURA 5.10- UTILIZAÇÃO DE ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL EM SALAS DE AULA QUANDO EXISTE ILUMINAÇÃO NATURAL. ....	56
FIGURA 5.11- RAZÕES PARA A UTILIZAÇÃO DE ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL EM SALAS DE AULA QUANDO EXISTE ILUMINAÇÃO NATURAL. ....	57
FIGURA 5.12- ACTO DE DESLIGAR A ILUMINAÇÃO QUANDO ABANDONAM UMA SALA DE AULA. ....	57
FIGURA 5.13- RAZÕES PARA NÃO DESLIGAR A ILUMINAÇÃO QUANDO ABANDONAM UMA SALA DE AULA.....	58
FIGURA 5.14- GRAU DE SATISFAÇÃO RELATIVAMENTE À ILUMINAÇÃO NATURAL EM SALAS DE AULA. ....	58
FIGURA 5.15- UTILIZAÇÃO DO COMPUTADOR EM PERÍODOS DE AUSÊNCIA.....	59
FIGURA 5.16- RAZÕES PARA NÃO DESLIGAR O COMPUTADOR QUANDO NÃO ESTÁ A SER UTILIZADO. ....	60
FIGURA 5.17- ACTO DE DESLIGAR OUTROS EQUIPAMENTOS DE ESCRITÓRIO QUANDO NÃO ESTÃO A SER UTILIZADOS.....	60
FIGURA 5.18- ACTO DE DESLIGAR EQUIPAMENTOS DE ESCRITÓRIO DA TOMADA OU ATRAVÉS DA UTILIZAÇÃO DE UM CORTA CORRENTE.....	61
FIGURA 5.19- CONDIÇÕES DE CONFORTO TÉRMICO EM GABINETES OU LOCAIS DE TRABALHO. ....	61

FIGURA 5.20- MÉTODOS PREFERIDOS PARA GERIR O DESCONFORTO TÉRMICO NOS GABINETES E LOCAIS DE TRABALHO. ....	62
FIGURA 5.21- RAZÕES PARA A UTILIZAÇÃO DE OUTROS MÉTODOS DE AQUECIMENTO EM GABINETES OU LOCAIS DE TRABALHO. ....	63
FIGURA 5.22- UTILIZAÇÃO DO AR CONDICIONADO COM AS JANELAS ABERTAS EM GABINETES E LOCAIS DE TRABALHO. ....	63
FIGURA 5.23- TEMPERATURA IDEAL EM ESPAÇOS INTERIORES NO INVERNO E NO VERÃO. ....	64
FIGURA 5.24- CONFORTO TÉRMICO EM SALAS DE AULA. ....	65
FIGURA 5.25 - CONFORTO TÉRMICO EM SALAS DE AULA PARA DOCENTES, DISCRIMINADO POR EDIFÍCIO.....	65
FIGURA 5.26- ESTRATÉGIAS UTILIZADAS PARA REGULAR A TEMPERATURA EM SALAS DE AULA. ....	66
FIGURA 5.27- UTILIZAÇÃO DA ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL QUANDO EXISTE ILUMINAÇÃO NATURAL NOS LABORATÓRIOS.....	67
FIGURA 5.28- RAZÕES PARA A UTILIZAÇÃO DA ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL. ....	67
FIGURA 5.29- MANUTENÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DE LABORATÓRIO.....	68
FIGURA 5.30- UTILIZAÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA COMO CARACTERÍSTICA PARA A COMPRA DE EQUIPAMENTOS DE LABORATÓRIO. ....	68
FIGURA 5.31- ACTO DE DESLIGAR OS EQUIPAMENTOS DA CORRENTE, QUANDO NÃO ESTÃO A SER UTILIZADOS. ....	69
FIGURA 6.1 – ÁREA (M <sup>2</sup> ) DOS EDIFÍCIOS EM ESTUDO. ....	72
FIGURA 6.2 – ÁREA (M <sup>2</sup> ) DO CONJUNTO DOS ESPAÇOS DOS EDIFÍCIOS EM ESTUDO. ....	73
FIGURA 6.3 - (A) IMAGEM VISUAL DA FACHADA A SUDOESTE; (B) IMAGEM TÉRMICA TIRADA AO AMANHECER; (C) IMAGEM TÉRMICA TIRADA AO FIM DA TARDE.....	75
FIGURA 6.4 - (A) IMAGEM VISUAL DA FACHADA A NOROESTE; (B) IMAGEM TÉRMICA TIRADA AO AMANHECER; (C) PORMENOR DA IMAGEM TÉRMICA TIRADA AO AMANHECER; (D) IMAGEM TÉRMICA TIRADA AO FIM DA TARDE. ....	76
FIGURA 6.5 - VALORES DE ILUMINÂNCIA AMOSTRADOS EM ZONAS DE PASSAGEM NO EDIFÍCIO II DURANTE O DIA.....	77
FIGURA 6.6 - VALORES DE ILUMINÂNCIA AMOSTRADOS EM ZONAS DE PASSAGEM DO EDIFÍCIO II DURANTE A NOITE.....	77
FIGURA 6.7- VALORES DE ILUMINÂNCIA AMOSTRADOS EM SALAS DO EDIFÍCIO II.....	78
FIGURA 6.8- DISTRIBUIÇÃO DO CONSUMO DE ELECTRICIDADE POR TIPO DE EQUIPAMENTO NO EDIFÍCIO II. ....	79
FIGURA 6.9- DISTRIBUIÇÃO DO CONSUMO DE ELECTRICIDADE POR ESPAÇO NO EDIFÍCIO II. ....	79
FIGURA 6.10- (A) IMAGEM VISUAL DA FACHADA A NORTE; (B) IMAGEM TÉRMICA DA FACHADA DMat PEDAGÓGICO TIRADA AO AMANHECER; (C) IMAGEM TÉRMICA DA FACHADA REVESTIDA A PEDRA TIRADA AO AMANHECER; (D) IMAGEM TÉRMICA DA FACHADA DMat PEDAGÓGICO TIRADA AO FIM DA TARDE.....	83
FIGURA 6.11- (A) IMAGEM VISUAL DA FACHADA A NORTE; (B) IMAGEM TÉRMICA TIRADA AO AMANHECER COM ÁREA VIDRO; (C) IMAGEM TÉRMICA TIRADA AO FIM DA TARDE; (D) IMAGEM TÉRMICA TIRADA AO AMANHECER. ....	84
FIGURA 6.12 - (A) IMAGEM VISUAL DA FACHADA A ESTE; (B) IMAGEM TÉRMICA TIRADA AO AMANHECER.....	85
FIGURA 6.13- (A) IMAGEM VISUAL DA FACHADA A OESTE; (B) IMAGEM TÉRMICA TIRADA AO AMANHECER; (C) PORMENOR DA JANELA DA IMAGEM TÉRMICA TIRADA AO AMANHECER. ....	85
FIGURA 6.14 - VALORES DE ILUMINÂNCIA AMOSTRADOS EM ZONAS DE PASSAGEM DO EDIFÍCIO VII, DURANTE O DIA.....	86
FIGURA 6.15 - VALORES DE ILUMINÂNCIA AMOSTRADOS EM ZONAS DE PASSAGEM NO EDIFÍCIO VII, DURANTE A NOITE. ....	87
FIGURA 6.16- VALORES DE ILUMINÂNCIA AMOSTRADOS EM SALAS DO EDIFÍCIO VII, DURANTE O DIA.....	87
FIGURA 6.17- VALORES DE ILUMINÂNCIA AMOSTRADOS EM SALAS DO EDIFÍCIO VII, DURANTE O DIA E NOITE.....	88
FIGURA 6.18- DISTRIBUIÇÃO DO CONSUMO DE ELECTRICIDADE POR TIPO DE EQUIPAMENTO NO EDIFÍCIO VII. ....	88
FIGURA 6.19- DISTRIBUIÇÃO DO CONSUMO DE ELECTRICIDADE POR USO NO EDIFÍCIO VII. ....	89
FIGURA 6.20 - (A) IMAGEM VISUAL DA FACHADA A OESTE; (B) IMAGEM TÉRMICA TIRADA AO AMANHECER; (C) IMAGEM TÉRMICA TIRADA AO FIM DA TARDE. ....	92
FIGURA 6.21 - (A) IMAGEM VISUAL DA FACHADA A OESTE; (B) IMAGEM TÉRMICA TIRADA AO AMANHECER; (C) IMAGEM TÉRMICA TIRADA AO FIM DA TARDE.....	93
FIGURA 6.22 - (A) IMAGEM TÉRMICA TIRADA AO AMANHECER COM VALOR DE EMISSIVIDADE DE 0,81; (B) IMAGEM TÉRMICA TIRADA AO AMANHECER COM VALOR DE EMISSIVIDADE DE 0,95; (C) IMAGEM TÉRMICA TIRADA AO FIM DA TARDE COM VALOR DE EMISSIVIDADE DE 0,81; (D) IMAGEM TÉRMICA TIRADA AO FIM DA TARDE COM VALOR DE EMISSIVIDADE DE 0,95. ....	94
FIGURA 6.23 - VALORES DAS AMOSTRAS RECOLHIDAS EM ZONAS DE PASSAGEM DO PISO 1, DO EDIFÍCIO VIII.....	95
FIGURA 6.24 - VALORES DE ILUMINÂNCIA AMOSTRADOS EM ZONAS DE PASSAGEM DOS PISOS 2, 3 E 4 DO EDIFÍCIO VIII, DURANTE O DIA. ....	95
FIGURA 6.25 - VALORES AMOSTRADOS EM ZONAS DE PASSAGEM DOS PISOS 2, 3 E 4 DO EDIFÍCIO VIII, DURANTE A NOITE. ....	96

FIGURA 6.26- VALORES AMOSTRADOS EM SALAS DO EDIFÍCIO VIII. ....	96
FIGURA 6.27- DISTRIBUIÇÃO DO CONSUMO DE ELECTRICIDADE POR TIPO DE EQUIPAMENTO NO EDIFÍCIO VIII. ....	97
FIGURA 6.28- DISTRIBUIÇÃO DO CONSUMO DE ELECTRICIDADE POR USO NO EDIFÍCIO VIII. ....	98
FIGURA 6.29 - (A) IMAGEM VISUAL DA FACHADA A ESTE; (B) IMAGEM TÉRMICA TIRADA AO AMANHECER; (C) IMAGEM TÉRMICA TIRADA AO FIM DA TARDE. ....	101
FIGURA 6.30 - (A) IMAGEM VISUAL DA FACHADA A ESTE; (B) IMAGEM TÉRMICA TIRADA AO AMANHECER; (C) IMAGEM TÉRMICA TIRADA AO FIM DA TARDE COM VALOR DE EMISSIVIDADE DE 0,81; (D) IMAGEM TÉRMICA TIRADA AO FIM DA TARDE COM VALOR DE EMISSIVIDADE DE 0,95. ....	102
FIGURA 6.31 - (A) IMAGEM VISUAL DA FACHADA A SUL; (B) IMAGEM TÉRMICA TIRADA AO AMANHECER; (C) IMAGEM TÉRMICA TIRADA AO FIM DA TARDE. ....	103
FIGURA 6.32 - VALORES DE ILUMINÂNCIA AMOSTRADOS EM ZONAS DE PASSAGEM DO EDIFÍCIO IX, DURANTE O DIA. ....	104
FIGURA 6.33 - VALORES DE ILUMINÂNCIA AMOSTRADOS EM ZONAS DE PASSAGEM DO EDIFÍCIO IX, DURANTE A NOITE. ....	104
FIGURA 6.34- VALORES DE ILUMINÂNCIA AMOSTRADOS EM SALAS DO DCT, DURANTE O DIA. ....	105
FIGURA 6.35- VALORES DE ILUMINÂNCIA AMOSTRADOS EM SALAS DO DCT. ....	105
FIGURA 6.36- VALORES DE ILUMINÂNCIA AMOSTRADOS EM SALAS DO DEC, DURANTE O DIA. ....	105
FIGURA 6.37- VALORES DE ILUMINÂNCIA AMOSTRADOS EM SALAS DO DEC. ....	106
FIGURA 6.38- DISTRIBUIÇÃO DO CONSUMO DE ELECTRICIDADE POR TIPO DE EQUIPAMENTO NO EDIFÍCIO IX. ....	106
FIGURA 6.39- DISTRIBUIÇÃO DO CONSUMO DE ELECTRICIDADE POR USO NO EDIFÍCIO IX. ....	107
FIGURA 6.40 - (A) IMAGEM VISUAL DA FACHADA A ESTE; (B) IMAGEM TÉRMICA TIRADA AO AMANHECER; (C) IMAGEM TÉRMICA TIRADA AO FIM DA TARDE; (D) IMAGEM TÉRMICA TIRADA AO AMANHECER COM ESCALA DIFERENTE. ....	110
FIGURA 6.41 - (A) IMAGEM VISUAL DA FACHADA A OESTE; (B) IMAGEM TÉRMICA DA ÁREA INFERIOR DA FACHADA TIRADA AO AMANHECER; (C) IMAGEM TÉRMICA DA ÁREA INTERMÉDIA DA FACHADA TIRADA AO AMANHECER; (D) IMAGEM TÉRMICA TIRADA AO AMANHECER COM ESCALA DIFERENTE. ....	111
FIGURA 6.42 - VALORES AMOSTRADOS EM ZONAS DE PASSAGEM DO EDIFÍCIO X, DURANTE O DIA. ....	112
FIGURA 6.43 - VALORES AMOSTRADOS EM ZONAS DE PASSAGEM DO EDIFÍCIO X, DURANTE A NOITE. ....	112
FIGURA 6.44- VALORES DE ILUMINÂNCIA AMOSTRADOS EM SALAS DO EDIFÍCIO X, DURANTE O DIA. ....	112
FIGURA 6.45- VALORES DE ILUMINÂNCIA AMOSTRADOS EM SALAS DO EDIFÍCIO X, DURANTE A NOITE. ....	113
FIGURA 6.46- DISTRIBUIÇÃO DO CONSUMO DE ELECTRICIDADE POR TIPO DE EQUIPAMENTO NO EDIFÍCIO X. ....	114
FIGURA 6.47- DISTRIBUIÇÃO DO CONSUMO DE ELECTRICIDADE POR USO NO EDIFÍCIO X. ....	114
FIGURA 6.48- COMPARAÇÃO DAS EMISSÕES DE CO <sub>2</sub> E PER CAPITA POR ANO DOS VÁRIOS EDIFÍCIOS EM ESTUDO E DA FCT, COM O MELHOR CLASSIFICADO GREEN LEAGUE 2008. ....	117
FIGURA 0.1- LOCAL AMOSTRAGEM VALORES DE ILUMINÂNCIA NO PISO 1 CITI. ....	138
FIGURA 0.2- LOCAL AMOSTRAGEM VALORES DE ILUMINÂNCIA NO PISO 2 CITI. ....	138
FIGURA 0.3- LOCAL AMOSTRAGEM VALORES DE ILUMINÂNCIA NO PISO 3 CITI. ....	139
FIGURA 0.4- LOCAL AMOSTRAGEM VALORES DE ILUMINÂNCIA NO PISO 1 EDIFÍCIO II. ....	140
FIGURA 0.5- LOCAL AMOSTRAGEM VALORES DE ILUMINÂNCIA NO PISO 2 EDIFÍCIO II. ....	141
FIGURA 0.6- LOCAL AMOSTRAGEM VALORES DE ILUMINÂNCIA NO PISO 1 EDIFÍCIO VII. ....	142
FIGURA 0.7- LOCAL AMOSTRAGEM VALORES DE ILUMINÂNCIA NO PISO 2 EDIFÍCIO VII. ....	143
FIGURA 0.8- LOCAL AMOSTRAGEM VALORES DE ILUMINÂNCIA NO PISO 3 EDIFÍCIO II. ....	144
FIGURA 0.9- LOCAL AMOSTRAGEM VALORES DE ILUMINÂNCIA NO PISO 1 EDIFÍCIO VIII. ....	145
FIGURA 0.10- LOCAL AMOSTRAGEM VALORES DE ILUMINÂNCIA NO PISO 2 EDIFÍCIO VIII. ....	146
FIGURA 0.11- LOCAL AMOSTRAGEM VALORES DE ILUMINÂNCIA NO PISO 3 EDIFÍCIO VIII. ....	147
FIGURA 0.12- LOCAL AMOSTRAGEM VALORES DE ILUMINÂNCIA NO PISO 1 EDIFÍCIO IX. ....	148
FIGURA 0.13- LOCAL AMOSTRAGEM VALORES DE ILUMINÂNCIA NO PISO 2 EDIFÍCIO IX. ....	149
FIGURA 0.14- LOCAL AMOSTRAGEM VALORES DE ILUMINÂNCIA NO PISO 3 EDIFÍCIO IX. ....	150
FIGURA 0.15- LOCAL AMOSTRAGEM VALORES DE ILUMINÂNCIA NO PISO 4 EDIFÍCIO IX. ....	151
FIGURA 0.16- LOCAL AMOSTRAGEM VALORES DE ILUMINÂNCIA NO PISO 1 EDIFÍCIO X. ....	152

FIGURA 0.17- LOCAL AMOSTRAGEM VALORES DE ILUMINÂNCIA NO PISO 2 EDIFÍCIO X.....	153
FIGURA 0.18- LOCAL AMOSTRAGEM VALORES DE ILUMINÂNCIA NO PISO 3 EDIFÍCIO X.....	154
FIGURA 0.19- LOCAL AMOSTRAGEM VALORES DE ILUMINÂNCIA NO PISO 4 EDIFÍCIO X.....	155

## Índice de Tabelas

TABELA 2.1- RÁCIO DOS CONSUMOS DE ELECTRICIDADE E DE COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS, POR ÁREA, EM UNIVERSIDADES DO REINO UNIDO, NO PERÍODO DE 2001 A 2002 (ADAPTADO DE: HEEPI, 2006). .....	12
TABELA 2.2- RÁCIO DO CONSUMO DE ELECTRICIDADE POR USO, POR ÁREA E POR PESSOA, NA UNIVERSIDADE DE BORDEAUX (ADAPTADO DE: BONNET <i>ET AL</i> , 2003). .....	13
TABELA 2.3 - VALORES DE ILUMINÂNCIA DE REFERÊNCIA EM SALA DE AULA, SEGUNDO A NORMA DIN 5035 (MILLS E BORG, 1999). .....	16
TABELA 2.4 - VALORES DE ILUMINÂNCIA DE REFERÊNCIA EM ESCOLAS, SEGUNDO A NORMA EN 12464-1 (ENERGIE+, 2009). .....	16
TABELA 2.5 - PORCENTAGEM DE POUPANÇA DE ENERGIA ESTIMADA, DEVIDO A SENSORES DE OCUPAÇÃO (ADAPTADO DE: TURNER, 2005). .....	19
TABELA 2.6 – MECANISMOS DE TRANSMISSÃO DE CALOR (ADAPTADO DE: VALÉRIO, 2007 E AELENEI, 2009). .....	24
TABELA 2.7 – POUPANÇA DE ENERGIA ANUAL EM EDIFÍCIOS COM TELHADOS VERDES (ADAPTADO: NIACHOU <i>ET AL</i> , 2001).....	29
TABELA 2.8 - VANTAGENS E DESVANTAGENS DE ALGUNS TIPOS DE QUESTIONÁRIO (ADAPTADO DE: SCHONLAU <i>ET AL</i> , 2002) .....	32
TABELA 2.9 - MÉTODOS DE SELECÇÃO DE AMOSTRAS (ADAPTADO DE: HILL E HILL, 2000) .....	33
TABELA 2.10 – TIPOS DE ESCALAS PARA MEDIÇÃO DE RESPOSTAS (ADAPTADO: HILL E HILL, 2000).....	34
TABELA 3.1 – CONSUMO DE ELECTRICIDADE DE EDIFÍCIOS E ACTIVIDADES DA FCT-UNL NO ANO DE 2008. ....	38
TABELA 4.1- CRONOGRAMA DAS DIFERENTES FASES DO TRABALHO. ....	41
TABELA 4.2 – DISCRIMINAÇÃO DOS RESULTADOS POR TIPO DE EQUIPAMENTO.....	50
TABELA 6.1 – CONSUMO DE ENERGIA NOS EDIFÍCIOS EM ESTUDO. ....	71
TABELA 6.2 – CONSUMO DE ELECTRICIDADE POR EQUIPAMENTO, EM CADA EDIFÍCIO ESTUDADO, NO ANO DE 2008. ....	71
TABELA 6.3 - CONSUMO DE ELECTRICIDADE POR ESPAÇO, EM CADA EDIFÍCIO ESTUDADO. ....	72
TABELA 6.4- CONSUMO DE ELECTRICIDADE POR ESPAÇO E TIPO DE EQUIPAMENTO NO EDIFÍCIO II, EM 2008. ....	80
TABELA 6.5- ÁREA ÚTIL E INDICADOR (kWh.m <sup>2</sup> ) POR USO NO EDIFÍCIO II EM 2008. ....	80
TABELA 6.6- EMISSÕES DE CO <sub>2</sub> ASSOCIADAS AO CONSUMO DE ELECTRICIDADE NO EDIFÍCIO II E CITI.....	80
TABELA 6.7- POTENCIAL DE POUPANÇA DE ALGUMAS MEDIDAS PARA O EDIFÍCIO II E CITI.....	81
TABELA 6.8- DISTRIBUIÇÃO DO CONSUMO DE ELECTRICIDADE DOS VÁRIOS USOS POR TIPO DE EQUIPAMENTO NO EDIFÍCIO VII. ....	89
TABELA 6.9- ÁREA ÚTIL E INDICADOR (kWh.ano <sup>-1</sup> .m <sup>2</sup> ) POR USO NO EDIFÍCIO VII.....	90
TABELA 6.10- EMISSÕES DE CO <sub>2</sub> ASSOCIADAS AO CONSUMO DE ELECTRICIDADE NO EDIFÍCIO VII. ....	90
TABELA 6.11- POTENCIAL DE POUPANÇA DE ALGUMAS MEDIDAS PARA O EDIFÍCIO VII.....	90
TABELA 6.12- DISTRIBUIÇÃO DO CONSUMO DE ELECTRICIDADE DOS VÁRIOS USOS POR EQUIPAMENTO NO EDIFÍCIO VIII. ....	98
TABELA 6.13- ÁREA ÚTIL E INDICADOR (kWh.ano <sup>-1</sup> .m <sup>2</sup> ), CORRESPONDENTE A CADA USO NO EDIFÍCIO VIII. ....	99
TABELA 6.14- EMISSÕES DE CO <sub>2</sub> ASSOCIADAS AO CONSUMO DE ELECTRICIDADE DO EDIFÍCIO VIII. ....	99
TABELA 6.15- POTENCIAL DE POUPANÇA DE ALGUMAS MEDIDAS PARA O EDIFÍCIO VIII.....	99
TABELA 6.16- DISTRIBUIÇÃO DO CONSUMO DE ELECTRICIDADE DOS VÁRIOS USOS POR TIPO DE EQUIPAMENTO NO EDIFÍCIO IX. ....	107
TABELA 6.17- ÁREA ÚTIL E INDICADOR (kWh.ano <sup>-1</sup> .m <sup>2</sup> ) POR USO NO EDIFÍCIO IX.....	107
TABELA 6.18- EMISSÕES DE CO <sub>2</sub> ASSOCIADAS AO CONSUMO DE ELECTRICIDADE DO EDIFÍCIO IX. ....	108
TABELA 6.19- POTENCIAL DE POUPANÇA DE ALGUMAS MEDIDAS PARA O EDIFÍCIO IX.....	108
TABELA 6.20- DISTRIBUIÇÃO DO CONSUMO DOS VÁRIOS USOS, POR EQUIPAMENTO, NO EDIFÍCIO X. ....	115
TABELA 6.21- ÁREA ÚTIL E INDICADOR (kWh.ano <sup>-1</sup> .m <sup>2</sup> ), CORRESPONDENTE A CADA USO NO EDIFÍCIO X. ....	115
TABELA 6.22- EMISSÕES DE CO <sub>2</sub> ASSOCIADAS AO CONSUMO DE ELECTRICIDADE DO EDIFÍCIO X, NO ANO DE 2008.....	115
TABELA 6.23- POTENCIAL DE POUPANÇA DE ALGUMAS MEDIDAS PARA O EDIFÍCIO X.....	116
TABELA 6.24- COMPARAÇÃO DOS VALORES DE CONSUMO DE ENERGIA ELÉCTRICA POR ÁREA POR ANO DOS USOS DOS EDIFÍCIOS EM ESTUDO, COM VALORES HOMÓLOGOS DA UNIVERSIDADE DE BORDEAUX E DE BENCHMARKING DAS UNIVERSIDADES DO REINO UNIDO. ....	118
TABELA A.1- VALORES DE ILUMINÂNCIA DO EDIFÍCIO II. ....	133
TABELA A.2- VALORES DE ILUMINÂNCIA DO EDIFÍCIO VII.....	134
TABELA A.3- VALORES DE ILUMINÂNCIA DO EDIFÍCIO VIII.....	135
TABELA A.4- VALORES DE ILUMINÂNCIA DO EDIFÍCIO IX. ....	136

TABELA A.5- VALORES DE ILUMINÂNCIA DO EDIFÍCIO X, AMOSTRADOS DE DIA E DE NOITE. ....	137
TABELA A.6 – RESPONDENTES DO QUESTIONÁRIO RELATIVE AOS LABORATÓRIOS.....	192

# 1 Introdução

## 1.1. Apresentação do problema e sua relevância

O desenvolvimento económico das últimas décadas caracterizou-se pela utilização intensiva de energia produzida a partir de combustíveis fósseis. Portugal, revela-se energeticamente dependente do exterior, tendo nos últimos anos apostado em energias alternativas (DGEG, 2009).

O aumento do preço do petróleo e seus derivados tem provocado a subida dos custos associados ao paradigma energético no qual Portugal se encontra. Outro factor com cada vez maior destaque são as emissões de gases de efeito de estufa (GEE), associadas ao consumo energético elevado.

Para cumprir as reduções das emissões de GEE e a fim de cumprir as metas de Quioto na Europa, bem como diminuir a dependência de energia importada, as atenções viram-se para os consumos energéticos dos edifícios, que têm um papel de destaque nos gastos energéticos. Os edifícios são responsáveis por aproximadamente 40% do consumo final de energia na UE, tendo sido publicada, em 2002, a Directiva 2002/91/CE, relativa ao desempenho energético dos edifícios.

Em Portugal, como na Europa, a legislação tem dado bastante importância aos consumos energéticos decorrentes da climatização dos edifícios. De forma a racionalizar estes consumos, tem-se assistido à aprovação de regulamentos relativos ao comportamento térmico/energético dos edifícios cada vez mais restritivos, como o RCCTE (Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios) e o RSECE (Regulamento dos Sistemas Energético e de Climatização dos Edifícios).

As instituições de serviço público a nível mundial têm enfrentado uma pressão crescente para redefinir o seu papel, de forma que este reflecta as aspirações e ambições de mudança dos cidadãos que servem. E os cidadãos exigem cada vez melhores condições nos edifícios e também que reflectam as suas ambições ambientais (Ó Gallachóira *et al*, 2007).

Neste contexto, as Instituições de Ensino Superior (IES) têm ainda responsabilidades acrescidas quanto à eficiência energética e sustentabilidade dos seus edifícios e actividades, uma vez que exercem um papel muito importante na formação e como modelos para a sociedade (Tauchen e Bradli, 2006). No entanto, para muitas Universidades Portuguesas, a eficiência energética ainda não é uma das prioridades.

Como é importante mudar este paradigma nas universidades Portuguesas é necessário aprofundar o estudo de eficiência energética, através do conhecimento do tipo de consumo destas

instituições, do estabelecimento de indicadores para *benchmarking* e a definição de medidas para melhoria da eficiência.

## **1.2. Definição dos objectivos e âmbito do trabalho proposto**

O objectivo geral deste trabalho é contribuir para a eficiência energética dos edifícios do campus da FCT-UNL, no âmbito do projecto Campus Verde.

Este trabalho, através do estudo dos edifícios II, VII, VIII, IX e X, pretende:

- Estudo do comportamento da população da FCT-UNL, quanto à utilização da energia no campus;

- Análise do uso da energia no edifício por espaço e equipamento.

## **1.3. Organização da dissertação**

Este trabalho encontra-se dividido em 7 capítulos. O capítulo 2 faz a revisão da literatura, trata o panorama energético nacional, o consumo de energia nos edifícios, aprofundando os edifícios das IES e aborda alguns aspectos específicos como equipamentos e técnicas para a eficiência energética.

O capítulo 3 apresenta o caso de estudo e no capítulo 4 refere-se a metodologia aplicada em cada uma das etapas, aos edifícios.

No capítulo 5 são apresentados os resultados referentes aos questionários realizados e no capítulo 6 os resultados relativos à análise dos consumos de energia dos edifícios em estudo e a sua comparação com dados encontrados na literatura. No capítulo 7 os resultados são discutidos e no capítulo 8 apresentam-se as conclusões deste trabalho.

## 2 Revisão de literatura

### 2.1 Âmbito da revisão de literatura

A revisão de literatura teve como objectivo a pesquisa de informação que fizesse um enquadramento geral do tema do trabalho, da energia e do consumo energético Nacional, partindo depois para a particularização destas questões nos edifícios de serviços, mais propriamente os edifícios das IES. Procurou fazer-se uma pesquisa de dados existentes de IES ou edifícios de serviços que pudessem servir de comparação com os dados que seriam produzidos através deste trabalho, que poderiam ajudar a perceber a sua dimensão e que estão ligados ao consumo de energia e ao comportamento relativamente ao uso da energia.

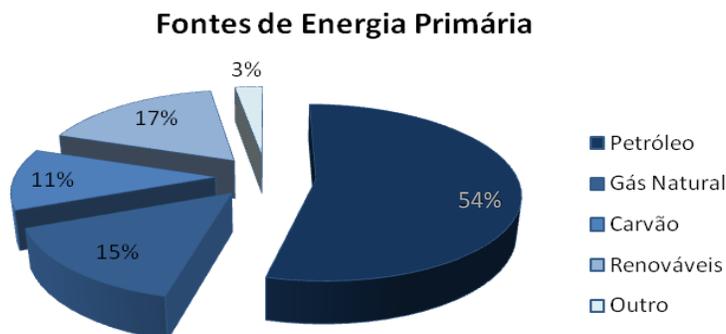
Foi ainda efectuada uma pesquisa teórica de algumas áreas específicas do trabalho prático, análise de dados e propostas de medidas.

### 2.2 Caracterização energética em Portugal

Portugal é um país com elevada dependência energética exterior, tendo importado em 2007 cerca de 83% da energia que consumiu. Este facto deve-se às escassas fontes de recursos que o país possui (DGEG, 2009).

Na figura 2.1 apresenta-se o peso relativo de cada uma das fontes de energia primária no panorama Nacional. O petróleo e o carvão são fontes de energia primária, cuja contribuição para o consumo nacional tem vindo a diminuir, quer devido à introdução do gás natural, quer devido ao elevado impacte do carvão nas emissões de CO<sub>2</sub>, respectivamente (DGEG, 2009).

As fontes de energia renovável atingiram os 17,1% do consumo total de energia primária em 2007, tendo aumentado 0,8% relativamente ao ano de 2006 (DGEG, 2009).



**Figura 2.1 - Fontes de energia primária em Portugal referentes ao ano de 2007 (Adaptado: DGEG, 2009).**

A potência instalada para produção de energia a partir de fontes de energia renovável (FER) tem vindo a aumentar, sendo que em 2007 os valores eram de 4883 MW de energia hídrica, 507 MW em biomassa, 2201 MW em eólica, 30 MW em geotérmica e 24 MW em fotovoltaica (DGEG, 2009).

Apesar dos valores apresentados considerarem a energia hídrica produzida a partir de grandes barragens energia renovável, segundo a WWF (2007) esta classificação não deveria ser feita. Os impactes e a insustentabilidade associados a este tipo de energia, leva a que seja considerada não renovável por várias organizações.

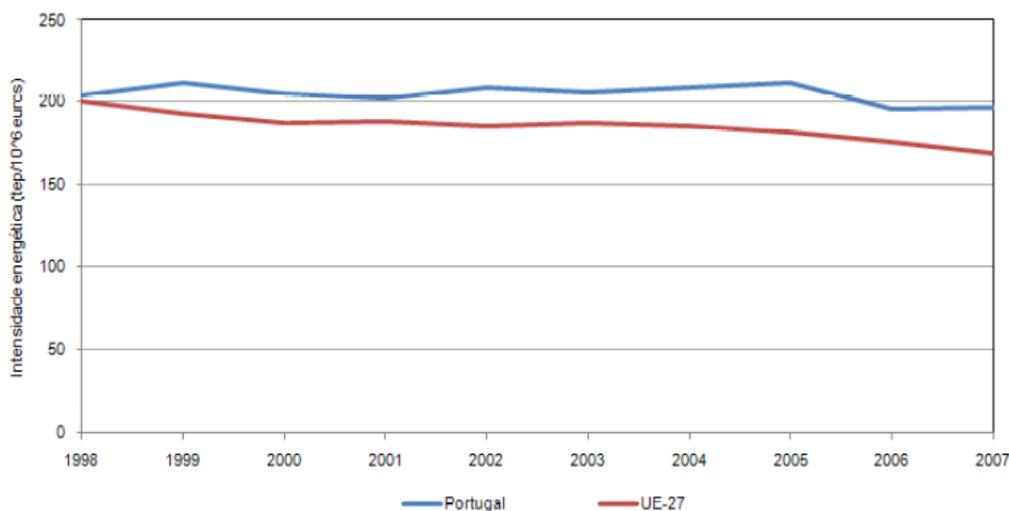


**Figura 2.2 – Distribuição da energia produzida por fontes de energia renovável em Portugal, no ano de 2007 (Fonte: DGEG, 2009).**

Apesar da aposta da utilização de mais FER, a fraca eficiência energética a nível Nacional faz com que Portugal seja um dos países da União Europeia com pior intensidade energética, como pode ser observado através da figura 2.3.

Pode-se observar ainda que a tendência da União Europeia a 27 nos últimos anos tem sido decrescente, na tentativa de que o crescimento económico ocorra de forma dissociada ao aumento da pressão sobre os recursos naturais e de impactes ambientais negativos. Para além dos valores de intensidade energética em Portugal serem mais elevados, esta tendência de decrescimento não se verifica, devem-se ao facto de Portugal apresentar consumos de energia elevados relativamente ao seu PIB.

## Intensidade energética da economia, em Portugal e na UE-27

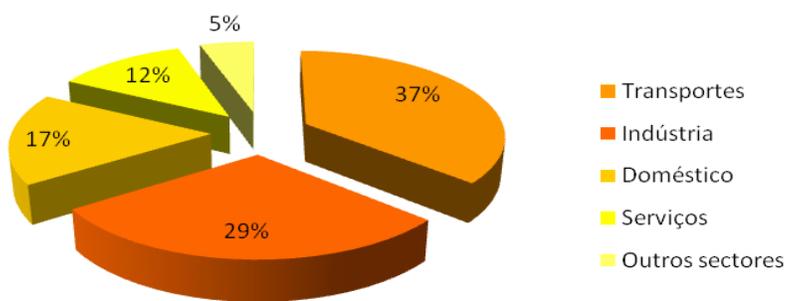


**Figura 2.3 - Comparação da intensidade energética de Portugal e União Europeia a 27 (Fonte: Vilão, et al, 2009)**

Em 2007, a energia final em Portugal registou uma redução de 2,1% face a 2006, sendo que o valor foi de 18695 ktep. Existiu também um decréscimo do consumo de petróleo em 7,1% e um aumento de 5,9% de gás natural e de 3,3% em electricidade (DGEG, 2009).

Na figura 2.4 pode-se verificar que o sector dos transportes, seguido da indústria, é o maior consumidor de energia final.

## Consumo de energia final por sector



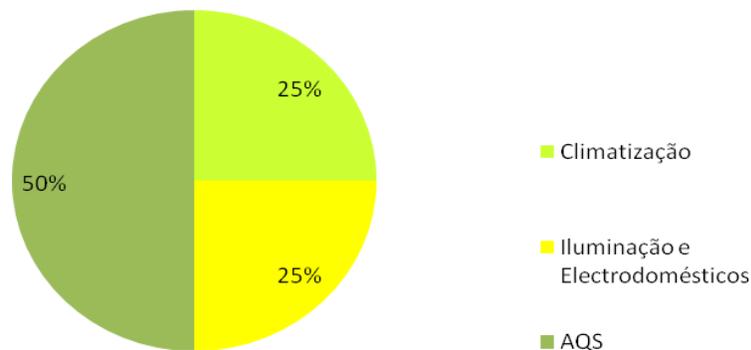
**Figura 2.4- Distribuição dos consumos de energia final dos principais sectores económicos em Portugal, no ano de 2007 (Fonte: DGEG, 2009).**

## 2.2 Consumo de energia nos edifícios

Os edifícios englobam os sectores residencial e de serviços, sendo que em Portugal perfaz 29,3% do consumo da energia final, em 2007 (DGEG, 2009).

O consumo de energia no sector residencial depende directamente do rendimento disponível das famílias. Na figura 2.5 verifica-se que o maior consumo de energia final neste tipo de edifícios se deve ao aquecimento de águas quentes sanitárias e para cozinhas, sendo a restante energia consumida em climatização, iluminação e equipamentos electrodomésticos (EnerBuilding.eu Energy Efficiency, 2008).

**Consumo de energia no sector doméstico**



**Figura 2.5 - Distribuição dos consumos de energia em edifícios domésticos em Portugal (Adaptado de: EnerBuilding.eu Energy Efficiency, 2008).**

No ano de 2007 este sector verificou um aumento de 2,6% no consumo de energia eléctrica (DGEG, 2009).

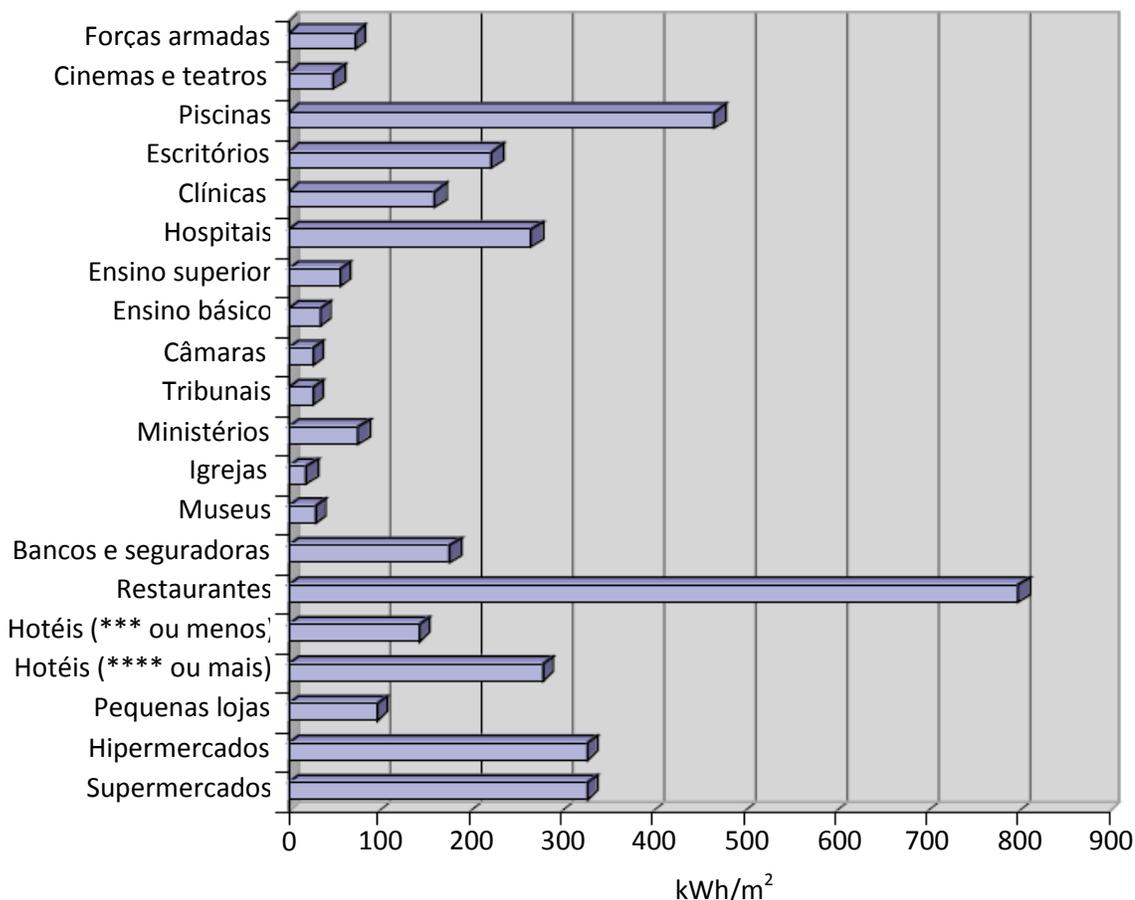
Na União Europeia a 27, o consumo de energia eléctrica em iluminação no Sector Residencial representa mais de 12% do consumo total deste sector. No nosso país, a situação é análoga, sendo que a iluminação representa em termos médios cerca de 12% do consumo de energia eléctrica. Devido à grande utilização de lâmpadas ineficientes, existe um elevado potencial de economia de energia neste campo (DGEG, 2009).

No sector dos serviços registou-se um aumento de 0,8% do consumo de energia entre os anos de 2006 e 2007 (DGEG, 2009). No entanto, nos anos de 1980 a 1999 o sector que mais aumentou os seus consumos energéticos foi o sector dos serviços, cerca de 7%. Relativamente ao consumo de energia eléctrica, para o mesmo período, este sector aumentou de 19% para 31% (DGEG, 2002).

Existe uma grande heterogeneidade no sector dos serviços, que vai desde a pequena loja até um grande hotel ou grande superfície. Dentro da mesma categoria existem unidades eficientes e outras ineficientes que se revelam grandes consumidoras de energia (DGEG, 2002).

Destes, os edifícios com maior consumo específico de energia são os restaurantes, com valores próximos dos 800 kWh.m<sup>-2</sup>, as piscinas com perto de 480 kWh.m<sup>-2</sup> e os hipermercados e supermercados com perto de 320 kWh.m<sup>-2</sup> (DGEG, 2002).

Relativamente ao sector do ensino, verifica-se que, em 1994, o Ensino Superior consumia mais energia que o Ensino Básico. No entanto, o consumo no Ensino Superior não chega a atingir os 100 kWh.m<sup>-2</sup>.



**Figura 2.6 - Gráfico com a distribuição dos consumos de electricidade dos principais sectores de consumo final nos edifícios de serviços em Portugal (Fonte: DGE, 1994).**

Na União Europeia a 27, o consumo de energia eléctrica em iluminação num edifício de serviços pode chegar a pesar até 60% do consumo total de energia eléctrica. Em Portugal a iluminação no sector dos serviços representa, em termos médios, 20%. O potencial de poupança de energia está presente para o sector de serviços tal como para o sector residencial (DGEG, 2009).

A Directiva nº 2002/91/CE foi criada após se constatar que o sector dos edifícios é responsável pelo consumo de aproximadamente 40% da energia final na Europa e que mais de 50% desta energia pode ser reduzida através de medidas de eficiência energética. Estes valores de poupança energética são equivalentes a 400 Mt de CO<sub>2</sub> e significam o cumprimento de uma parte importante do protocolo de Quioto (ADENE, 2009).

Os objectivos desta directiva são enquadrar uma metodologia de cálculo do desempenho energético dos edifícios, a aplicação dos requisitos mínimos para o desempenho energético dos novos edifícios bem como dos grandes edifícios existentes que sejam sujeitos a importantes obras de renovação, a certificação energética dos edifícios e a inspecção regular de caldeiras e sistemas AVAC e a avaliação da instalação de aquecimento quando as caldeiras tenham mais de 15 anos (ADENE, 2009).

Além dos objectivos anteriores impõe ainda que seja implementado um sistema de certificação energética que informe os cidadãos sobre a qualidade térmica dos edifícios para fins de construção, venda ou arrendamento, de modo que sejam conhecidos os consumos de energia potenciais (para novos edifícios), reais ou aferidos para padrões de utilização típicos (para edifícios existentes) (ADENE, 2009).

Em 2006 a Directiva nº 2002/91/CE foi transposta para a legislação Nacional, através de três Decretos-Lei:

- Decreto-Lei n.º 78/2006 de 4 de Abril (SCE),
- Decreto-Lei n.º 79/2006 de 4 Abril (RSECE),
- Decreto-Lei n.º 80/2006 de 4 Abril (RCCTE).

O SCE ou Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios tem como objectivos garantir a aplicação dos outros dois decretos, bem como a certificação energética e da qualidade do ar interior (ADENE, 2009).

O RCCTE ou Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios é aplicado aos edifícios de habitação e de serviços sem sistemas AVAC centralizados (ADENE, 2009).

O RSECE ou Regulamento dos Sistemas Energéticos e de Climatização dos Edifícios aplica os limites máximos de consumo de energia a grandes edifícios de serviços, principalmente aos sistemas de climatização (ADENE, 2009).

A aplicação dos diferentes decretos-lei foi faseada, sendo que neste momento já se encontram em vigor na sua totalidade (ADENE, 2009).

## 2.3 Edifícios das instituições de ensino superior

O consumo eléctrico das várias Instituições de Ensino Superior pode ser muito variável. Este facto pode dever-se à diversidade das situações específicas de cada país, como a qualidade dos edifícios, das redes de distribuição ou políticas nacionais ambientais. Outro aspecto importante são as actividades existentes em cada instituição em causa (Bonnet *et al*, 2003).

Na figura 2.7 pode observar-se o rácio do consumo de electricidade por área, em várias instituições estudadas no âmbito do programa ECOCAMPUS. Pode-se verificar que os valores são bastante variáveis e que as instituições portuguesas representam-se na metade inferior do gráfico, com valores entre os 40 e os 80 (kWh.ano<sup>-1</sup>).m<sup>-2</sup>.

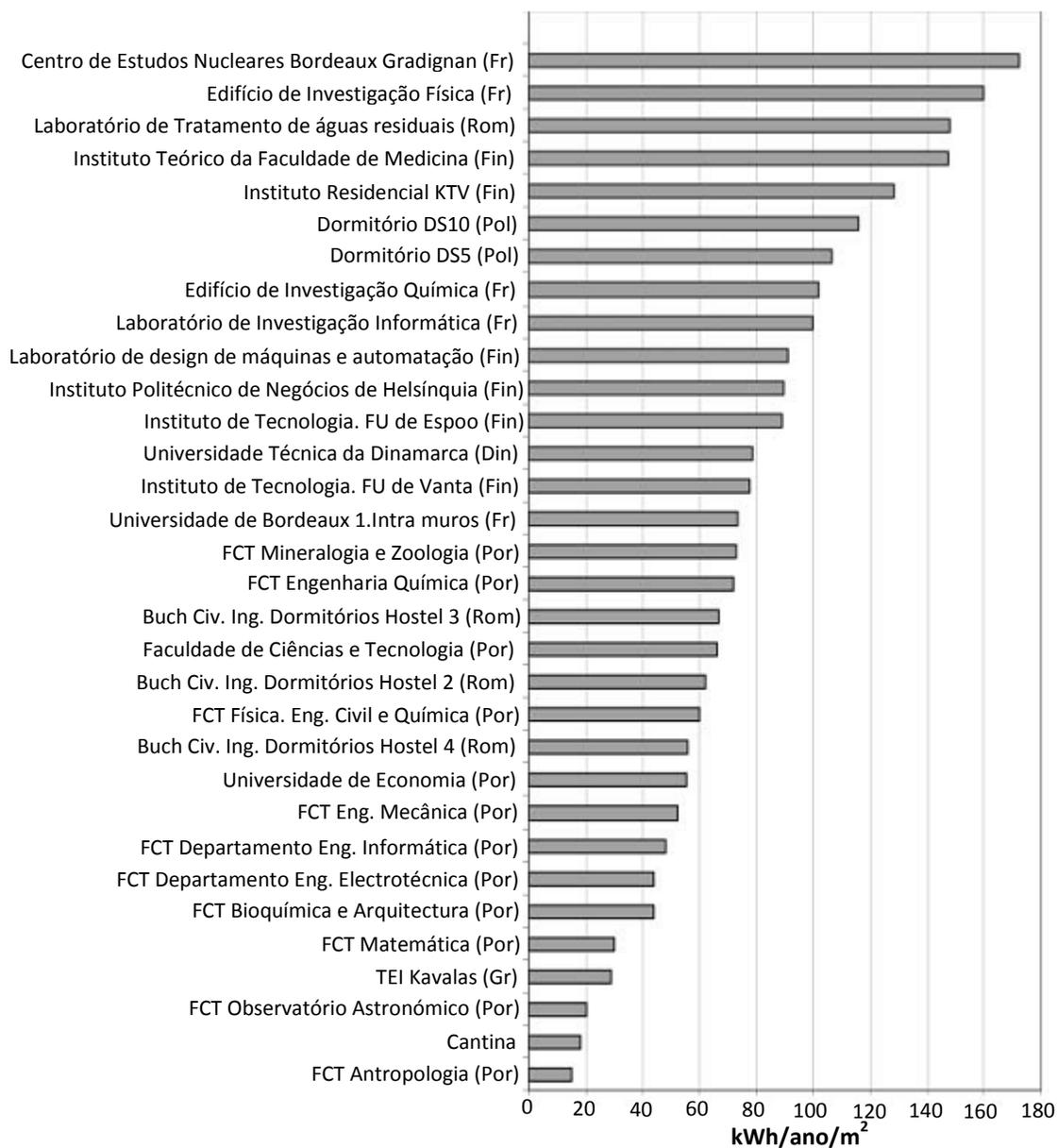


Figura 2.7- Rácio do consumo de electricidade por área de várias IES (Bonnet *et al*, 2003).

Muitas IES encontram nos SGA, uma forma de aumentar a eficiência energética e a sustentabilidade global da instituição.

Existem razões significativas para implementar um SGA numa Instituição de Ensino Superior, entre elas o facto de as faculdades e universidades poderem ser comparadas com pequenos núcleos urbanos, envolvendo diversas actividades como o ensino, pesquisa, extensão e actividades referentes à sua operação por meio de bares, restaurantes, alojamentos, centros de conveniência, entre outros. Além disto, um campus precisa de infra-estruturas básicas, redes de abastecimento de água e energia, redes de saneamento e colectores de águas pluviais e vias de acesso (Tauchen e Bradli, 2006).

Como consequência das actividades de operação do campus há ainda geração de resíduos e efluentes líquidos, consumo de recursos naturais, ou seja, a visão industrial de *inputs* e *outputs* (Tauchen e Bradli, 2006).

No entanto, segundo a base de dados nacional do Instituto Português de Acreditação (IPAC) (2010), ainda não existem IES Portuguesas com SGA certificados segundo a norma ISO 14001. O mesmo acontece com o registo destas instituições no Sistema Comunitário de Ecogestão e Auditoria (EMAS) (APA, 2010).

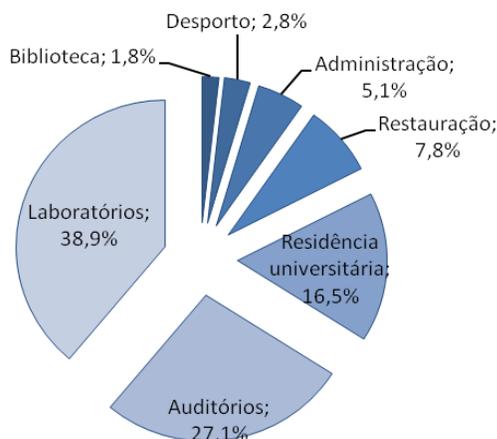
Actualmente, o Reino Unido lidera o movimento universitário para o desenvolvimento sustentável na Europa e constata-se a existência de uma estrutura de ligação de âmbito nacional, a *Environmental Association for Universities and Colleges* (EAUC), que serve de interlocutora das universidades britânicas junto às estruturas nacionais, regionais e internacionais (Tauchen e Bradli, 2006). Existem ainda estruturas internas de ajuda e promoção da sustentabilidade destas instituições, como o programa *EcoCampus*, o *Higher Education Environmental Performance Improvement* (HEEPI) e o BREEAM Ensino Superior.

Existem também programas que actuam no domínio das IES em colaboração com vários países. São exemplo disso o programa *Labs21*, inicialmente fundado nos E.U.A., está actualmente a ser aplicado também no Reino Unido e a ser utilizado para melhorar a performance dos laboratórios das IES e a *Alliance to Save Energy*, que apoia a eficiência energética e possui um programa específico para ensino superior, o *Green Campus*, actuando em países como os EUA, China, Rússia ou Brasil.

De modo a aplicar medidas para melhorar a eficiência energética de um edifício e poder comparar a sua performance, é necessário ter a percepção do tipo de consumo associado a cada um dos usos existentes. As IES fazem parte de um dos sectores mais heterogéneos, o sector dos

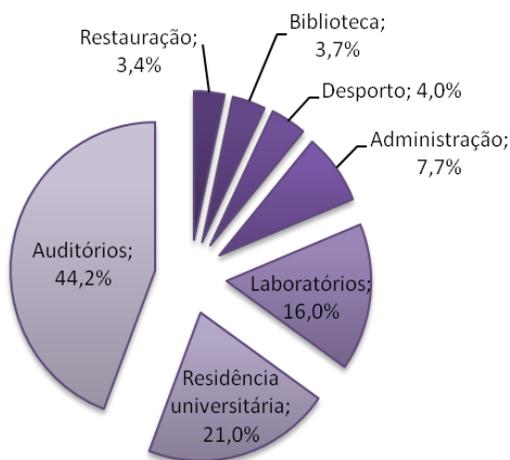
serviços, e com menos dados sub-setoriais disponíveis, o que torna mais difícil este tipo de comparação (Ó Gallachóira *et al*, 2007).

Um estudo do campus da Universidade de Bordeaux, realizado no âmbito do Ecocampus European Collaboration, mostra a proporção dos vários usos em termos consumo de electricidade. Os maiores consumidores são os usos associados aos laboratórios, seguindo-se os auditórios e as residências universitárias.



**Figura 2.8- Consumo de electricidade, por uso, na Universidade de Bordeaux (Bonnet *et al*, 2003).**

Relativamente à área que cada uso ocupa, verifica-se que os auditórios são aqueles que maior área ocupam, seguidos das residências universitárias, dos laboratórios e da administração.



**Figura 2.9- Área, por uso, na Universidade de Bordeaux (Bonnet *et al*, 2003).**

Os laboratórios podem ser responsáveis por 10% ou mais de espaço, e 20-30% do consumo total de energia nas IES (James *et al*, 2007).

Quando calculados os consumos específicos, baseados em rácios de consumos energético por área, verifica-se que os maiores consumidores de electricidade continuam a ser os laboratórios.

Segundo um estudo comparativo sobre o consumo energético dos edifícios do ensino superior no Reino Unido, realizado pelo HEEPI, tendo por base o período de 2002 a 2004, os edifícios com maior consumo eléctrico específico são os laboratórios de medicina e biociências, seguidos dos centros desportivos e bibliotecas. Em termos do consumo específico de combustíveis fósseis, os maiores consumidores são os centros desportivos, seguindo-se os laboratórios de medicina e biociências e os laboratórios de química, como pode ser observado na tabela 2.1. Os laboratórios com menos intensidade energética por m<sup>2</sup> são os de matemática e informática e os de engenharia e ciências físicas.

**Tabela 2.1- Rácio dos consumos de electricidade e de combustíveis fósseis, por área, em Universidades do Reino Unido, no período de 2001 a 2002 (Adaptado de: HEEPI, 2006).**

Categoria do edifício	Tamanho da amostra (for mean)	Desempenho Combustíveis fósseis kWh.ano <sup>-1</sup> .m <sup>-2</sup>				Desempenho Eléctrico kWh.ano <sup>-1</sup> .m <sup>-2</sup>			
		Muito Bom	Bom	Típico	Amplitude	Muito bom	Bom	Típico	Amplitude
Admin./Apoio	22	88	107	166	70-591	28	46	90	17-331
Centro Desportivo	8	138	ID	325	138-826	88	ID	199	58-643
Biblioteca	3	73	ID	176	73-296	73	ID	186	73-234
Residência	37	126	198	240	30-387	35	47	57	35-271
Ensino	36	46	88	240	46-844	31	41	118	22-518
Labs - medicina & biociências	15	75	121	256	24-569	177	250	325	75-606
Labs – engenharia – ciências físicas	24	15	92	148	12-338	66	93	130	58-259
Labs – Química	7	97	ID	242	41-400	156	ID	287	156-408
Informática - Matemática	11	40	ID	105	40-175	114	ID	106	27-217

O mesmo se pode verificar através da tabela 2.2, realizada através do estudo do campus de Bordeaux. Os laboratórios possuem a densidade de consumo mais elevada, enquanto os usos como a administração, bibliotecas ou anfiteatros, são os que possuem uma densidade de consumo mais baixa.

Tabela 2.2- Rácio do consumo de electricidade por uso, por área e por pessoa, na Universidade de Bordeaux (Adaptado de: Bonnet *et al*, 2003).

Actividade	Rácio (kWh.ano <sup>-1</sup> .m <sup>-2</sup> )	Rácio (kWh.ano <sup>-1</sup> .pessoa <sup>-1</sup> )
Biblioteca	25	-
Administração	45	1200
Auditórios	41	-
Residências	39	-
Laboratórios	117	-

Os laboratórios actuais geralmente têm um maior consumo por metro quadrado do que aqueles construídos a alguns anos atrás. Esta tendência está associada, por exemplo, ao aumento de trabalho realizado em condições de confinamento (Hopkinson & James, 2007).

Este aumento pode ser verificado através das figuras 2.10 e 2.11, que compara dados de laboratórios do período de 2001 a 2002, com dados dos períodos de 2004 a 2005 e de 2005 a 2006.

Na figura 2.9, pode observar-se que todos os tipos de laboratório aumentaram o consumo de electricidade, excepto no caso dos laboratórios de medicina/biociência sem instalações seguras.

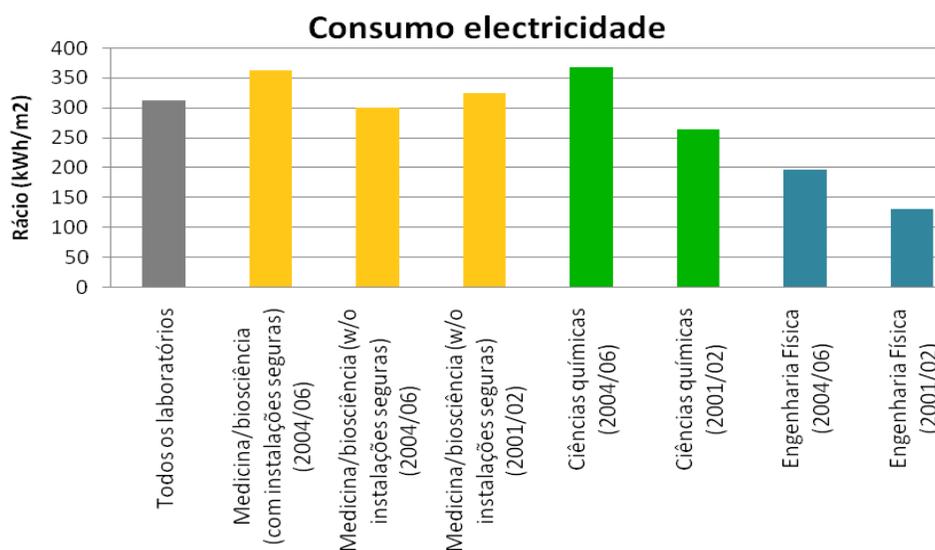
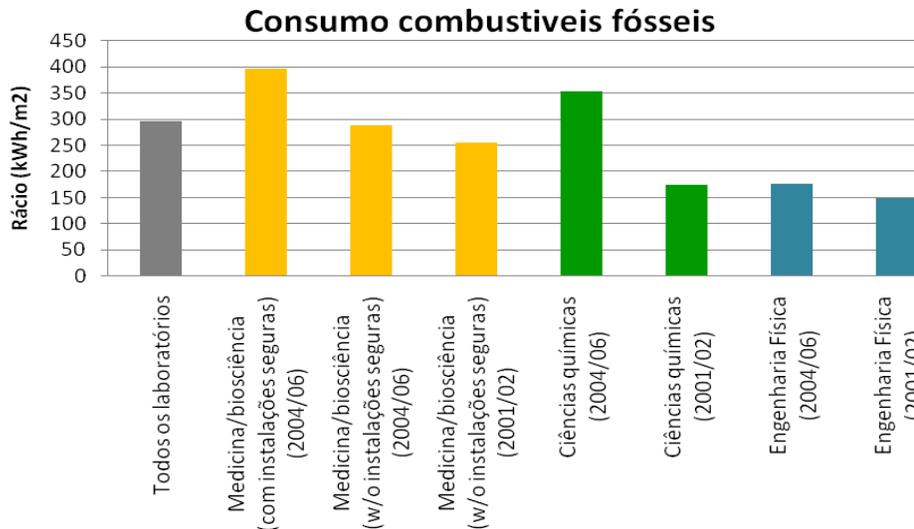


Figura 2.10- Comparação de valores “típicos” de consumo de electricidade nos laboratórios por área , em Universidades do Reino Unido (Adaptado de: Hopkinson e James, 2007).

Quanto ao consumo de combustíveis fósseis, o aumento dos valores do rácio do período de 2001 a 2002 para os períodos de 2004 a 2005 e de 2005 a 2006, verifica-se para todos os tipos de laboratório, como pode ser observado pela figura 2.11.



**Figura 2.11- Comparação de valores “típicos” do consumo de combustíveis fósseis, por área, em laboratórios de Universidades do Reino Unido (Adaptado de: Hopkinson & James, 2007).**

Anualmente, 40 a 50% do total do consumo de electricidade dos laboratórios é utilizada por sistemas de ventilação e 10 a 30% do consumo total de energia dos laboratórios advém da produção de ar ou água fria, a fim de arrefecer espaços ou equipamentos (Hopkinson & James, 2007).

Relativamente às emissões de CO<sub>2</sub> associadas a edifícios do Ensino superior, segundo a classificação ambiental da *Green League* referente ao ano de 2008, a instituição com melhor pontuação possuía um valor de 196 kg CO<sub>2</sub> equivalente *per capita* e a instituição com pior classificação possuía o valor de 612 kg CO<sub>2</sub>e *per capita* (People e Planet, 2008).

## 2.4 Práticas para a eficiência energética

### 2.4.1 Iluminação

A instalação bem pensada da iluminação num edifício pode constituir muitas vantagens:

- Redução da fadiga, da taxa de erros e de acidentes;
- Aumento da quantidade e qualidade do trabalho;
- Redução da energia consumida e, com frequência, menos lâmpadas utilizadas para recolher e tratar;

-Ganhos financeiros: estar atento à qualidade de iluminação deve conduzir a uma reflexão sobre os custos de exploração e de manutenção da instalação (FEUP, 2003).

A iluminação é um investimento que não deve ser reduzido apenas aos custos das armaduras, lâmpadas, equipamento auxiliar e sistemas de gestão. Uma má instalação de iluminação, para além de iluminar mal, também custa demasiado (FEUP, 2003).

Do ponto de vista da fonte existem dois tipos distintos de iluminação, a iluminação natural e a iluminação artificial. A iluminação natural é aquela que provém do Sol, de forma directa ou indirecta, e é composta por todos os comprimentos de onda do espectro da radiação visível. A iluminação artificial provém de uma fonte de energia que não o sol, e a gama de comprimento de onda do espectro da radiação visível abrangida varia consoante a fonte, normalmente lâmpadas (Bartolomeu, 2003).

Os locais de trabalho devem ser iluminados com luz natural, recorrendo-se à artificial complementarmente, quando aquela seja insuficiente. A iluminação natural, não perdendo de vista as suas vantagens de natureza económica, é o tipo de iluminação para o qual o olho humano se desenvolveu e aperfeiçoou (Bartolomeu, 2003).

A iluminância exprime o aspecto quantitativo da iluminação. O nível de iluminância recomendado para uma dada tarefa diz respeito à quantidade de luz que se considera necessária à boa execução dessa tarefa. Quanto mais elevado for este nível maior será o conforto e a precisão com que se vê, o que significa trabalho mais rápido e perfeito, menos enganos e maior segurança. Embora um nível de iluminação demasiado elevado seja muitas vezes desaconselhado (Técnicas de Iluminação, 2002/2003).

### ***Níveis de iluminação***

As menções aos níveis de iluminação na legislação Nacional são pouco específicas, limitando-se a dizer que as condições devem ser tais que não ponham em risco a saúde dos utilizadores destes locais, não definindo valores limite ou medidas concretas a ser tomadas (Bartolomeu, 2003).

Existem no entanto tabelas com níveis de iluminação definidos em lux, para diferentes tipos de actividades. Estas tabelas foram essencialmente desenvolvidas por fabricantes de lâmpadas, sendo já reconhecidas em alguns países como normas, como a norma DIN 5035 (Bartolomeu, 2003). Na tabela 2.3 podem ser observados alguns valores de iluminância em sala de aula recomendados por esta Norma.

**Tabela 2.3 - Valores de iluminância de referência em sala de aula, segundo a Norma DIN 5035 (Mills e Borg, 1999).**

Sala de aula	
Geral (lux)	Quadro negro (lux)
300-500	300-500

Existe também a Norma EN 12464-1, desenvolvida pelo Comité Europeu de Normalização (CEN), como parte de uma metodologia de eficiência energética para a iluminação interior. Esta norma estabelece os níveis de iluminância recomendáveis nos locais de trabalho. Apesar da norma EN 12464-1 não ser de aplicação obrigatória para os Estados membros, estes são obrigados a ter normas nacionais que obriguem a eficiência energética da iluminação a ser incluída nos parâmetros de avaliação da eficiência energética global dos edifícios (DGEG, 2009).

Na tabela 2.4 podem ser observados alguns valores de iluminância em sala de aula recomendados por esta Norma.

**Tabela 2.4 - Valores de iluminância de referência em escolas, segundo a Norma EN 12464-1 (Energie+, 2009).**

Sala de aula			Zonas de circulação (lux)	Escadas (lux)
Geral (lux)	Quadro-negro (lux)	Informática (lux)		
300	500	500	100	150

Para além da iluminância, existem outros aspectos a ter em conta, como a cor, distribuição, contraste, reflexão, entre outros (Bartolomeu, 2003).

### ***Lâmpadas e Luminárias/armaduras***

A utilização de lâmpadas ineficientes prejudica o ambiente e o cumprimento dos objectivos nacionais em matéria de emissões de CO<sub>2</sub>. Este impacte ocorre à escala local, regional e global (DGEG, 2009). Assim, as lâmpadas incandescentes, que consomem mais 65 a 80% de energia que as lâmpadas fluorescentes, deixarão de poder ser comercializadas na União Europeia a partir do dia 1 de Setembro de 2012 (Ambiente Online, 2009).

As lâmpadas fluorescentes podem ser tubulares ou compactas. As lâmpadas fluorescentes tubulares são muito utilizadas pois proporcionam uma boa iluminação com pouca potência e baixo consumo energético, sendo as mais adequadas para locais com necessidades de longa iluminação. As lâmpadas fluorescentes compactas apresentam as mesmas vantagens das tubulares. Estas

podem ter uma instalação compatível com os casquilhos tradicionais usados para as lâmpadas incandescentes, possuir um balastro electrónico integrado (ECOEDP, 2009), estando actualmente preparadas para um elevado número de manobras acender/apagar (Ecocasa, 2009).

A tecnologia dos díodos emissores de luz (LED) tem vindo a evoluir muito, existindo já no mercado LED de luz branca para a iluminação convencional. A redução do consumo de energia eléctrica na iluminação passa indiscutivelmente pela utilização de LED, no entanto esta tecnologia ainda possui custos iniciais muito elevados (Ecocasa, 2009).

Os vários tipos de lâmpadas, mesmo os considerados mais eficientes, estão sujeitas à etiquetagem energética. A etiquetagem energética das lâmpadas estabelecida pelo Decreto-Lei nº 18/2000, tal como a que existe para os electrodomésticos, permite ao consumidor uma escolha racional na perspectiva de uma utilização mais eficiente da energia e também menos dispendiosa. (DGEG, 2009).

As lâmpadas fazem parte de um conjunto mais vasto, composto por balastos, reflectores, lentes e grelhas, chamado luminária. A principal função das luminárias é focar ou difundir a luz emanada pelas lâmpadas, de modo a não provocar encandeamento. A sua eficiência consiste na percentagem do fluxo luminoso (lm) emitido pela lâmpada que consegue atingir o exterior da luminária na direcção pretendida. Os reflectores aumentam a eficiência das luminárias, uma vez que aumentam a quantidade de luz que atinge o exterior, através da sua reflexão (Turner, 2005).

A eficiência de uma luminária sem protecção, do tipo régua, com lâmpadas fluorescentes tubulares pode ser aumentada em 25% se for substituída por uma luminária com grelha e superfície reflectora (Alpalhão).

### **Balastos**

Como já foi referido, as lâmpadas fluorescentes necessitam de balastos para o seu funcionamento.

Hoje em dia existem dois tipos de balastos disponíveis para venda ou ainda em utilização: balastos magnéticos e balastos electrónicos. Os balastos magnéticos são os balastos correntemente utilizados. Os balastos electrónicos, através da melhoria da sua performance e o custo cada vez maior da energia, resultaram num aumento da sua utilização (FEUP, 2003).

Os balastos electrónicos melhoram o rendimento das lâmpadas convertendo a frequência standard de 50 Hz em alta frequência, geralmente em 25 kHz a 40 kHz. O funcionamento das lâmpadas a estas elevadas frequências produz a mesma quantidade de luz com um consumo inferior (FEUP, 2003). Esta poupança de energia pode variar entre os 20 e os 30% segundo Turner (2005).

Este tipo de balastros também permite a eliminação de ruído e da intermitência luminosa ou *flicker* (FEUP, 2003).

O tempo de vida das lâmpadas também aumenta, uma vez que os balastros electrónicos efectuam um pré-aquecimento dos eléctrodos, diminuindo o desgaste do material e protegendo a lâmpada contra variações de tensão ou curto-circuito. A regulação da alimentação aumenta a duração de vida da lâmpada em 50%, reduzindo os custos de manutenção e o número de lâmpadas a substituir (FEUP, 2003).

Alguns tipos de balastro electrónico possibilitam a regulação do fluxo luminoso. Isto permite uma poupança considerável de energia nas situações em que a iluminação está ligada a um sistema de controlo automático, detectando níveis de iluminação e ajustando o fluxo da lâmpada, de forma a manter um nível constante. A iluminação pode também ser programada para uma diminuição do fluxo luminoso quando determinadas áreas não estão a ser usadas (Turner, 2005).

### ***Sistemas de controlo automático***

O recurso a sistemas automáticos de controlo é, na maioria dos casos, a forma mais eficiente de gerir os circuitos de iluminação. Estes podem ser de controlo por temporização, detectores de presença ou por fotocélula (FEUP, 2003).

Os sistemas de controlo por temporização, apesar de serem pouco flexíveis, são úteis em situações em que o horário de funcionamento é bem definido, ligando e desligando a iluminação artificial, como programado. Assim, pode ser utilizado para desligar a iluminação ao fim do dia, na paragem para o almoço e ao fim de semana (FEUP, 2003).

Os detectores de presença ou ocupação representam um sistema bastante flexível, sendo responsáveis por ligar a iluminação, mediante a detecção da presença de movimento na sua área de actuação, ou desligar se não é detectado movimento durante um determinado período de tempo. Os sensores de movimento podem utilizar ultra-sons, infravermelhos passivos ou sensores que conjugam as duas tecnologias (FEUP, 2003).

Contudo, os sensores de ocupação apenas devem ser utilizados em locais pouco frequentados, uma vez que o acto de ligar e desligar muitas vezes a iluminação artificial, pode diminuir o tempo de vida de algumas lâmpadas fluorescentes em 25%. Normalmente são utilizados em zonas como sanitários, armazéns ou corredores, garantindo uma utilização mínima da iluminação no local, com um potencial de poupança dos 30 aos 75%, como se pode observar na tabela 2.5. Nestas localizações, o tipo de sensor mais utilizado é o sensor remoto, normalmente montado no tecto. No entanto podem ainda ser utilizadas em gabinetes ou salas de aula, locais com um período de

permanência mais elevado. Nestes locais o tipo de sensor mais utilizado são os acoplados a um interruptor de parede. Os últimos podem ser utilizados para substituir os interruptores manuais em pequenas áreas como gabinetes, salas de conferência ou salas de aula (Turner, 2005).

**Tabela 2.5 - Percentagem de poupança de energia estimada, devido a sensores de ocupação (Adaptado de: Turner, 2005).**

Aplicação	Economia Energética
Gabinetes de escritório	25-50%
Salas de conferência	45-65%
Corredores	30-40%
Áreas de armazenamento	45-65%
Armazéns	50-75%

Outro método passível de ser aplicado à iluminação interior é o controlo por fotocélula. Este método acciona a iluminação interior apenas quando a iluminação natural não é suficiente para iluminar a área em questão, sendo por isso aplicável em locais que dispõem de iluminação natural. A fotocélula poderá ficar colocada, quer no exterior, quer no interior, junto a uma janela, ou noutro local que se pretenda utilizar como referencial de luminosidade, permitindo a gestão do funcionamento dos circuitos de iluminação geral (FEUP, 2003).

Ao contrário dos temporizadores, as fotocélulas ajustam-se automaticamente às diferentes estações do ano e ligam a iluminação artificial em dias mais escuros, como um dia de chuva, permitindo economias energéticas consideráveis. No entanto, a fotocélula deve ser mantida limpa para que percepcione a real luminosidade natural e não mantenha a iluminação ligada sem necessidade (Turner, 2005).

### ***Seccionamento dos circuitos de iluminação***

A maior ou menor divisão dos circuitos de iluminação, ou seja o número de lâmpadas que é controlado por um mesmo disjuntor / interruptor é, em muitos casos, uma condicionante importante das potencialidades de racionalização energética dos sistemas de iluminação. Quanto maior for o número de pontos de luz controlado pelo mesmo dispositivo de comando, mais difícil se torna pôr em prática algumas das regras adequadas, tais como desligar lâmpadas em zonas com boa iluminação natural, ou em sectores em que temporariamente não se regista laboração (FEUP, 2003).

Assim, na medida do possível, e sem incrementar demasiado os custos da instalação, deve-se procurar dividir, duma forma racional, o controlo dos circuitos de iluminação, tendo em linha de

conta o tipo de utilização dos locais, o regime de laboração dos vários sectores ou a sua localização face às entradas de luz natural. É recomendado, apesar de cada situação dever ser analisada em particular, a colocação de um interruptor para controlar, no máximo, 3 a 6 pontos de luz. Nas situações em que o controlo desta iluminação é realizado de forma manual, a localização dos vários interruptores revela-se também importante para a implementação de algumas boas práticas, podendo optar-se por centralizar ou descentralizar os vários comandos (FEUP, 2003).

#### 2.4.2 Equipamentos de escritório

Os equipamentos de escritório constituem o factor de mais rápido crescimento das contas de electricidade no sector terciário. Até 2010 o consumo de energia dos equipamentos de escritório será responsável por 11,4% do seu consumo total e a dissipação do calor produzido será responsável por parte das necessidades de ar condicionado. No entanto, com a aplicação de políticas e medidas apropriadas, o potencial de poupança pode ser superior a 50% (EU ENERGY STAR, 2009).

De modo geral, podem ser identificados três modos de operação dos equipamentos eléctricos:

- Modo ligado (*on*), quando o equipamento realiza a sua função principal (ex.: a impressora imprime, o monitor apresenta imagem, etc.);
- Modo repouso (*stand-by*), quando o equipamento é alimentado electricamente, mas o equipamento não realiza a sua função principal;
- Modo desligado (*off power*), quando o equipamento não desempenha qualquer função (ocorrendo perdas no transformador da fonte de alimentação, pelo facto do equipamento estar ligado à rede eléctrica) (ADENE, 2004).

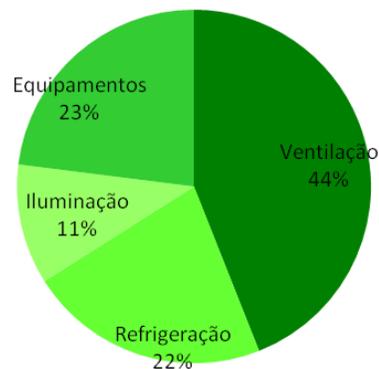
Um número crescente de equipamentos eléctricos consome energia eléctrica quando colocados em modo de repouso ou mesmo quando se encontram desligados. O problema do consumo em modo *stand-by*/desligado é essencialmente um problema de tecnologia, existindo actualmente soluções capazes de reduzir o consumo em *stand-by*/desligado em 90%, por um custo muito reduzido (ADENE, 2004).

O programa ENERGY STAR fornece um rótulo de confiança em mais de 60 categorias de produtos (e milhares de modelos) em equipamentos de escritório. Estes produtos oferecem o mesmo ou melhor desempenho quando comparados com modelos equivalentes, usando menos energia e poupando dinheiro. As instituições públicas podem ainda tornar-se parceiras ENERGY STAR, podendo utilizar o logótipo ENERGY STAR para se promoverem enquanto ambientalmente responsáveis (EU ENERGY STAR, 2009).

As instituições com uma forte consciência ambiental podem facilmente integrar, por exemplo, "Os 10 melhores ENERGY STAR segundo critérios específicos de desempenho". Uma política bem visível de compras com preocupação ecológica conjugada com uma gestão eficaz da energia constituirá um importante activo para as instituições EMAS ou ISO 14000 (EU ENERGY STAR, 2009).

### 2.4.3 Equipamentos de laboratório

Segundo a James e Dockery (2007), um dos mais graves impactes ambientais dos laboratórios está relacionado com o consumo de grandes quantidades de energia - até dez vezes mais do que escritórios, por metro quadrado. A principal razão para isto é uma carga elevada de ventilação, ou seja, 40-50% do seu consumo total de electricidade é tipicamente consumido por ventilação, como se pode verificar na figura 2.12. A estes valores acrescem 10 a 30% do consumo de energia para refrigerar o ar ou a água para arrefecer os espaços ou equipamentos.



**Figura 2.12- Distribuição do consumo de electricidade no laboratório de Louis Stokes**

**(Fonte: Bell e Arch., 2008).**

Uma nova abordagem para a concepção e funcionamento pode resultar em benefícios ambientais significativos e financeiros. Isto envolve:

- Um processo de design com maior integração dos sub-sistemas, com implementação e controle de qualidade mais eficaz;
- Princípios de arquitectura que coloquem um peso maior na engenharia e na energia, e que adoptem configurações mais flexíveis e modulares;
- Princípios de engenharia que visem uma maior compreensão das cargas energéticas, o que

significa meios ajustados à relação oferta/ procura, e equipamentos adaptados às necessidades efectivas.

O programa de *benchmarking* de laboratórios do ensino superior efectuado pelo HEEPI concluiu que os laboratórios mais recentes têm um consumo por metro quadrado mais elevado do que aqueles construídos a alguns anos atrás. Esta tendência está associada, por exemplo, à realização de cada vez mais trabalhos com recurso a condições de confinamento. Há também o aumento dos níveis de automação em equipamentos de laboratório e sistemas de informação mais complexos, funcionando 24 horas por dia, sete dias por semana. Por estas e outras razões, é muito comum que os laboratórios possuam um consumo muito superior à sua especificação de projecto, podendo chegar a ser duas ou três vezes superior (James e Dockery, 2007).

As *hottes* são normalmente especificadas em função das velocidades padrão - geralmente 0,5m/s. No entanto, estas velocidades não são baseadas em padrões fundamentados cientificamente, mas em "regras" que se desenvolveram ao longo dos anos. O argumento para velocidades elevadas é intuitivo, baseando-se na assumpção de que a segurança também aumenta. No entanto, na prática este facto não se verifica, uma vez que velocidades elevadas podem contribuir para condições turbulentas em determinados locais. Uma *hotte* com um design aerodinamicamente eficaz, com uma velocidade nominal adequada é a chave para o duplo objectivo de segurança e eficiência energética. A nova norma europeia EN 14175, publicada em 01/05/06, apresenta métodos para produção de zonas confinadas seguras, com base na sua função e localização. Deverão ser ainda realizados testes no local, para que o confinamento seja seguro, podendo resultar na redução significativa do consumo de energia. A redução da velocidade de 0,5 para 0,3 m/s, pode reduzir o consumo de energia em 40%. Vários laboratórios universitários no Reino Unido adoptaram velocidades de 0,4 m/s (Hopkinson & James, 2007).

As câmaras limpas são fundamentais para uma ampla gama de indústrias, universidades e são energeticamente muito intensivas. Dentro das suas funções, há que destacar a indústria de semicondutores, que só no estado da Califórnia, nos Estados Unidos, utiliza 58% deste tipo de salas (Tschudi *et al.*, 2001).

As câmaras limpas têm como o objectivo controlar a concentração de partículas no ar, por isso os sistemas AVAC são energeticamente mais intensivos do que os seus homólogos em edifícios comerciais. De acordo com estimativas de classes diferentes de câmaras limpas na Califórnia, a intensidade de energia eléctrica para refrigeração e ventilação varia de 1,7 a 10,2 MWh/ano/m<sup>2</sup>. Derivado dos dados do estudo, estima-se que o uso de energia do ventilador para salas limpas das

classes ISO 3, 4, 5 é o mais intensivo em termos de consumo de electricidade e colectivamente representa cerca de 80% do consumo de energia do ventilador para câmara limpas de todas as classes. Uma revisão de estudos sobre os custos indicou que o custo da energia pode atingir os 65-75% do custo total anual associada com a operação e manutenção de salas limpas na Europa (Xu, 2002). A intensidade de electricidade média para câmaras limpas é de 6,67 MWh/ano/m<sup>2</sup> por ano (600 kWh.ft<sup>-2</sup> por ano), no estado da Califórnia (Mills *et al.*, 1996).

A falta de manutenção dos equipamentos é uma grande fonte de ineficiência energética. Por exemplo, se os filtros de ar não são limpos regularmente, existe resistência e, portanto, o consumo de energia é maior. Os contratos de manutenção devem ser verificados para garantir que estes não são apenas contratos de inspecção, que contam com a acção dos departamentos individuais (Hopkinson e James, 2007).

Outra fonte de ineficiência energética é o “consumo fantasma” ou consumo *off power*, que pode ser muito superior ao inicialmente previsto. A presença de grande número de frigoríficos e congeladores pode criar uma carga térmica elevada e conseqüente necessidade de refrigeração.

Medidas para reduzir o consumo de energia associado com congeladores e frigoríficos incluem:

- Escolher equipamentos energeticamente eficientes, por exemplo, frigoríficos de classe 'A';
- Instalação de controladores *Savawatt* nos frigoríficos;
- Centralizar frigoríficos de baixa temperatura (-80C) em salas dedicadas a frio. No entanto, esta medida não costuma ser bem aceite por parte dos departamentos e algumas salas de frio podem ser sobre-arrefecidas;

- Controlo da frequência de abertura das portas;
- localização adequada de frigoríficos (ex: longe de estufas);
- Manutenção geral - reparação das juntas das portas danificadas, a limpeza do condensador e manter o evaporador claro (Hopkinson e James, 2007).

Várias universidades que possuem sistemas de gestão, aplicaram medidas como a aplicação de variadores de velocidade, o ajuste da temperatura de acordo com a temperatura exterior, a utilização de *free cooling* sempre que possível (Hopkinson e James, 2007).

#### **2.4.4 Envelope exterior do edifício**

O envelope exterior deve ser resistente e durável, de modo a cumprir a sua função de mediador entre o exterior e o interior de um edifício, para além de cumprir a sua função estética de integração na paisagem existente (Ecocasa,2009).

No caso das trocas de calor, estas realizam-se sempre que se estabelece uma diferença de temperatura, desenvolvendo-se o fluxo de calor na direcção das temperaturas decrescentes, ou seja, do local onde a temperatura é mais elevada para aquele que possui uma temperatura mais baixa (Valério, 2007). A transmissão de calor entre o envelope de um edifício e o exterior pode ocorrer através de três mecanismos: condução, convecção e radiação, sendo que na maior parte dos casos os três processos coexistem. Estes mecanismos encontram-se sintetizados na tabela 2.6.

Existem vários tipos de envolvente exterior, não só quanto às camadas que a compõem mas, também quanto ao tipo de materiais utilizados para a sua composição. Em qualquer uma delas é importante fazer o seu isolamento térmico para que resultem eficientes e minimizem as trocas térmicas entre o interior e o exterior, mantendo o conforto no interior (Ecocasa,2009).

No entanto, na envolvente de um edifício existem vários tipos de heterogeneidades, decorrentes da geometria ou das propriedades dos materiais, que afectam a direcção do fluxo de calor e promovem o seu desenvolvimento em mais do que uma direcção. A estas heterogeneidades são chamadas pontes térmicas.

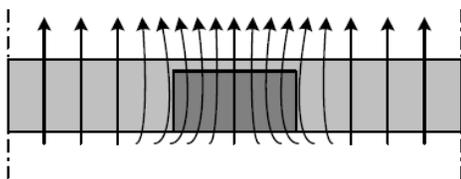
**Tabela 2.6 – Mecanismos de transmissão de calor (Adaptado de: Valério, 2007 e Aelenei, 2009).**

<b>Condução</b>	O parâmetro característico da condução é a condutância térmica: $K=\lambda/e$ [ $W/m^2 \cdot ^\circ C$ ]. Depende de: condutibilidade dos materiais ( $\lambda$ ), espessura dos elementos ( $e$ ), diferença de temperatura entre os elementos.
<b>Convecção</b>	Transmissão de calor através do movimento dos fluidos.
<b>Radiação</b>	Fenómeno electromagnético, de natureza ondulatória, que não necessita de meio de transporte, dado que todos os corpos emitem e recebem radiação, em função da sua temperatura absoluta e das superfícies do seu campo visual. Ocorre sempre que entre duas superfícies se estabelece uma diferença de temperatura.

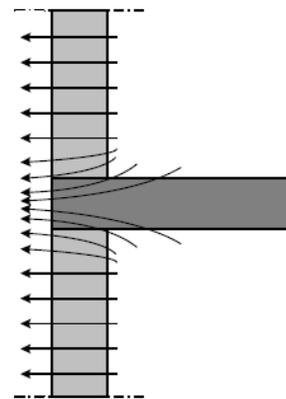
As pontes térmicas resultam de heterogeneidades na envolvente de um edifício, como alterações na espessura do elemento, diferenças entre áreas internas e externas e transição entre materiais de diferentes condutibilidades térmicas ( $\lambda$ ) (Aelenei, 2009). Este fenómeno verifica-se, porque as situações referidas anteriormente formam locais mais frágeis, que permitem a transmissão do fluxo de calor (temperatura mais elevada para a temperatura mais baixa) de forma mais acessível. O fluxo de calor vai percorrer o caminho mais “fácil”, e neste caso prefere atravessar

as zonas das pontes térmicas, onde o isolamento é mais fraco, em vez de atravessar as zonas mais isoladas (Valério, 2007).

As pontes térmicas podem ser lineares ou concentradas/pontuais. As pontes térmicas lineares ocorrem quando existe ligação entre, pelo menos, dois elementos da envolvente do edifício ou quando se verifica uma transição entre materiais de diferentes condutibilidades térmicas. Alguns exemplos são um pilar no plano de uma parede ou a ligação da laje com uma parede, como se pode observar nas figuras 2.13 e 2.14, respectivamente. As zonas de ponte térmica são aquelas em que se verifica um maior fluxo de calor (representado pelas setas) e em que este deixa de estar perpendicular aos elementos construtivos que atravessa (Aelenei, 2009).



**Figura 2.13 - Ponte térmica existente na ombreira duma porta ou janela (Valério, 2007).**



**Figura 2.14 - Ponte Térmica devido à ligação da laje com a fachada (Valério, 2007).**

As pontes térmicas concentradas/pontuais ocorrem quando se encontram na mesma ordem de grandeza. Alguns exemplos são um vértice de união de três elementos planos ou as discontinuidades pontuais de isolamento para ancoragens e certos dispositivos metálicos (Aroso, 1987).

As pontes térmicas, para além das perdas de calor, agravam o risco de condensações superficiais devido à diminuição da temperatura superficial interior (Aroso, 1987). A humidade de condensação deve-se à saturação do ar pelo vapor de água em zonas onde a temperatura é inferior à temperatura de orvalho. Atendendo ao abaixamento das temperaturas superficiais nas zonas de pontes térmicas, percebe-se que estas são zonas potenciais de ocorrência de condensações, sobretudo no Inverno (Valério, 2007).

Outro ponto importante na envolvente dos edifícios, que resulta em poupança de energia e conforto térmico é a inércia térmica. São os materiais pesados e maciços que constituem a inércia

térmica dos edifícios e conferem aos espaços interiores uma maior estabilidade térmica. Estes materiais pesados interagem muito lentamente com as temperaturas do meio que as rodeia, armazenando as respectivas temperaturas médias. Depois de armazenada nestes materiais, a energia térmica é irradiada continuamente para os espaços interiores (ex. edifícios com paredes de pedra espessas, que através da sua grande inércia térmica, permitem que o interior se conserve fresco durante as horas de maior incidência solar) (Tirone, 2010).

### *Termografia*

As pontes térmicas, falhas de isolamento térmico, fendas e outros pontos de perdas de calor em edifícios podem ser identificadas com recurso à termografia. Esta é uma técnica utilizada para avaliar edifícios de habitação (Ocaña *et al*, 2004), como edifícios de serviços, por exemplo escolas.

A termografia por infravermelhos é uma técnica não invasiva e simples, muito útil para a avaliação dos edifícios. Esta técnica baseia-se na premissa de que todos os materiais possuem a capacidade de absorver radiação infravermelha, aumentando a sua temperatura, bem como todos os materiais, cuja temperatura está acima do zero absoluto emitem energia infravermelha (Ocaña *et al*, 2004).

A radiação infravermelha está localizada entre as regiões do espectro electromagnético visível e microondas, que compreende os comprimentos de onda de 0,75 a 10  $\mu\text{m}$ . Apesar de o olho humano só conseguir receber as emissões pertencentes ao comprimento de onda do espectro visível, a termografia de infravermelhos é uma técnica que consegue transformar o padrão de emissão de um objecto numa imagem visível (Ocaña *et al*, 2004).

As câmaras termográficas são usadas para medir a radiação infravermelha emitida por um objecto. Realmente a câmara termográfica não mede a temperatura, mas a radiação dos materiais, e por meio de uma interpolação da equação de Stefan-Boltzmann (1) é possível obter a temperatura:

$$E = \epsilon\sigma T^4 \quad (1),$$

Onde:

-E é a energia da radiação ( $\text{W}/\text{m}^2$ ),

-T é a temperatura (K),

-\sigma é a constante de Stefan-Boltzman ( $5,67 \times 10^{-8} \text{ W} \cdot (\text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4})$ ),

-\epsilon é a emissividade (adimensional) (Ocaña *et al*, 2004).

A maioria dos materiais de construção tem valores de emissividade elevados, entre 0,9 e 0,95, que tornam possível obter um valor preciso da temperatura. No entanto, existem alguns materiais

com valores de emissividade mais baixos (materiais metálicos e materiais com superfície brilhante). Estes materiais não permitem uma avaliação termográfica tão apurada, geralmente a termografia apresenta valores de temperatura inferiores aos reais. Além disso, devido à sua alta reflectância, quando os raios solares incidem sobre estes materiais, aparecem pontos com temperatura mais elevada na imagem termográfica. Para a detecção deste tipo de erros, recomenda-se fazer o levantamento de locais diferentes e em épocas diferentes (Ocaña *et al*, 2004).

A termografia oferece assim, a possibilidade de obter um mapa com as temperaturas da superfície de um objecto.

Nos edifícios em condições em que a temperatura exterior é mais baixa do que a temperatura no interior, a temperatura superficial interior numa ponte térmica diminui, enquanto a temperatura superficial exterior aumenta. Por isto, as pontes térmicas na envolvente, são identificadas nas imagens térmicas através de temperaturas mais elevadas que os restantes elementos. O mesmo acontece com alguns envidraçados, demonstrando perdas de calor para o exterior (Aroso, 1987).

### *Correcção de patologias do envelope exterior do edifício*

Como foi referido anteriormente, o envelope exterior dos edifícios pode apresentar vários tipos de patologias.

As janelas e as portas são muitas vezes focos de infiltração de ar e de transmissão de calor.

A performance de uma janela pode ser aumentada através da utilização de vários panos de vidro em vez de um único pano. O pano de vidro utilizado nas janelas possui um baixo valor de resistência térmica (R-value) e valores do coeficiente de transmissão térmica (U-value) elevados. A adição de um segundo pano de vidro cria um espaço entre os dois, fazendo diminuir o coeficiente de transmissão térmica e aumentar os valores de resistência térmica, o mesmo acontecendo com a adição de um terceiro pano (Turner, 2005).

Em escolas do 1ºciclo do ensino básico, a substituição de vidros simples por vidros duplos pode significar a economia de 5% de energia (Alpalhão).

Este tipo de economia pode ser melhorada se em vez de ar seco, o espaço entre os panos de vidro for preenchido com gases, cujas condutibilidades térmicas são mais baixas ou se a emissividade dos panos de vidro for mais baixa - “Low-E” (Turner, 2005).

As pontes térmicas, são outro tipo de patologia muito frequente nos edificios nacionais, podendo apresentar várias situações e tipos de solução distintas.

No caso de pontes térmicas provocadas devido a inserção de uma janela ou portas, estas podem ser corrigidas através da escolha do tipo de caixilho. Em geral, os caixilhos de madeira ou vinyl

possuem um comportamento térmico superior do que os caixilhos de metal. No entanto os caixilhos de metal podem ser melhorados significativamente através da incorporação do corte térmico, consistindo na aplicação de isolamento térmico desde o lado frio do caixilho até ao lado quente, através de um material com baixa condutibilidade (Turner, 2005).

As pontes térmicas também podem ser provocadas pela não homogeneidade do isolamento térmico da fachada. A situação que melhor previne o aparecimento de pontes térmicas é a do isolamento pelo exterior das paredes. Neste caso garante-se a continuidade do isolamento, uma vez que as pontes térmicas são por ele recobertas e, por consequência, as trocas de calor minimizadas (Valério, 2007).

De modo a minimizar as perdas e ganhos de calor pelas coberturas, estas também devem ser isoladas.

Os telhados verdes têm vindo a ser uma das soluções adoptadas para este fim, trazendo também outros benefícios, como a redução de CO<sub>2</sub>, redução da temperatura devido ao efeito de ilha urbana, funcionando como refúgio para várias espécies, reduzindo as superfícies de escorrência e fornecendo isolamento para o som e água (Ryerson University, 2005).

Em países como a Alemanha, a Suíça e a Áustria, esta prática já se encontra bastante disseminada, sendo que a legislação obriga à instalação de coberturas ajardinadas em estruturas com uma inclinação mínima. Em Portland, nos Estados Unidos, os construtores são encorajados a utilizar coberturas ajardinadas devido a reduções de taxas e outros incentivos (Telhados Verdes: A quinta fachada, 2009). E a cidade de Toronto, em Maio de 2009, tornou-se a primeira cidade do Norte da América a adoptar uma lei local de modo a requerer e regular a construção de telhados verdes. Entre os edifícios institucionais abrangidos encontram-se universidades e escolas como a Universidade de Toronto ou a Jackman Public School (Ryerson University, 2005).

Segundo o estudo de A. Niachou *et al*, realizado em edifícios de serviços na Grécia, a estimativa das diferenças de temperatura na superfície externa dos edifícios, que são cobertos ou não pelo telhado verde variam de acordo com o tipo de edifícios e construção. (Niachou *et al*, 2001).

A poupança de energia também varia com o tipo de edifícios considerado, como se pode verificar na tabela 2.7, ao invés do peso do aquecimento e arrefecimento que segundo Niachou *et al* (2001) é mais baixo independentemente do tipo de isolamento do telhado.

**Tabela 2.7 – Poupança de energia anual em edifícios com telhados verdes (Adaptado: Niachou *et al*, 2001).**

<b>Edifícios</b>	<b>Poupança energia (sem ventilação à noite)</b>	<b>Poupança energia (com ventilação à noite 10 ACH)</b>
<b>Não isolados</b>	37%	48%
<b>Moderadamente isolados</b>	4%	7%
<b>Bem isolados</b>	≅2%	

Em Madrid, num artigo realizado por Susana Saiz *et al* (2006), foi dado a conhecer um estudo realizado a um edifício residencial, de oito andares. A avaliação do seu ciclo de vida com a implementação de um telhado verde concluiu que as poupanças energéticas anuais foram de apenas 1%. No entanto a carga de arrefecimento no Verão é reduzida em 6% e as reduções das horas de pico de carga de arrefecimento nos andares superiores em 25% (Saiz *et al*, 2006).

Outra análise de um caso de estudo de um edifício de escritórios em Atenas mostrou uma redução de energia, muito devido à significativa diminuição da carga de arrefecimento do edifício durante o período de Verão, chegando a cerca de 40%. No Inverno, a influência da instalação do telhado verde na carga de aquecimento do edifício foi considerada não significativa, o que é considerado uma vantagem, uma vez que as interferências na envolvente dos edifícios que diminuem a carga de arrefecimento aumentam a carga de aquecimento (Spalaa *et al*, 2008).

## **2.5 Comportamentos para a eficiência energética**

A eficiência energética e a poupança de energia, não se esgotam nas soluções tecnológicas. A implementação e evolução de tecnologias e produtos eficientes devem ser complementadas com a evolução dos comportamentos, de modo a que possa existir uma utilização de energia racionalizada. Mesmo os edifícios considerados “edifícios verdes” devido ao tipo de construção e tecnologia sustentável, estão sujeitos a perder esse rótulo devido à utilização incorrecta dos equipamentos e consequentemente da energia (Browne e Frame, 2001).

O Queen’s Builing, situado no Campus de Rivermead da Universidade Politecnica de Anglia em Chelmsford, em Inglaterra, ilustra bem este facto. Este é um edifício “verde”, construído para ter baixo consumo de energia. No entanto, as previsões de consumo de electricidade de 260 000 kWh por ano foram excedidas, tendo sido contabilizado um consumo de 675 000 kWh no ano de 1997. Foi conduzida uma auditoria, que concluiu que o comportamento dos utentes estava na base do aumento do consumo em relação às previsões do consumo energético (Browne e Frame, 2001).

Esta é uma situação que se estende a outros edifícios, verificando-se que ao aumento da construção de edifícios de design “verde” não se seguiu uma redução do consumo energético, devido à utilização energética dos ocupantes (Browne e Frame, 2001).

Outro factor que contribui para este tipo de comportamentos ineficientes é o local onde o indivíduo se encontra. Segundo um estudo efectuado pelo projecto EBOB em edifícios de escritórios, os funcionários consideraram a poupança de energia muito importante. No entanto muitos consideraram que a poupança de energia era muito difícil ou que as suas atitudes não tinham impactes significativos na redução dos consumos, não as colocando em prática no escritório. Foi admitido porém, que nas suas habitações, o esforço para poupar energia era maior (Vastamäki *et al*, 2005).

Alguns mitos, como o facto de desligar e ligar o computador gastar mais energia, ou o facto de ligar e desligar a iluminação muitas vezes diminuir o tempo de vida das lâmpadas, levava a que comportamentos pouco eficientes fossem levados a cabo pelas pessoas sujeitas a este estudo (Vastamäki *et al*, 2005).

A formação e o treino são assim ferramentas muito importantes para a mudança de comportamentos e para a eficiência energética. Conforme o projecto 'Energy Savings from Intelligent Metering and Behavioural Change', fundado pela União Europeia em 2005, a poupança de energia que se pode obter através da alteração dos comportamentos e medição inteligente é em média 20%, podendo atingir os 30%, com recurso a pouco ou nenhum investimento (Intelligent Metering, 2007).

Este projecto estudou o potencial de poupança de energia em edifícios públicos como escritórios, escolas, centros de desporto/lazer e centros comunitários, através da formação dos usuários dos edifícios (Intelligent Metering).

É necessário educar os utilizadores para comportamentos de eficiência e não desperdício energético.

## **2.6 Pesquisa social**

### **2.6.1 Tipos de Pesquisa**

O conhecimento do comportamento e da percepção das pessoas, não só relativamente à energia e eficiência energética, como noutros campos, pode ser estudada através da pesquisa social.

A pesquisa social pode definir-se como o processo que, utilizando a metodologia científica, permite a obtenção de novos conhecimentos no campo da realidade social.

Existem diferentes níveis de pesquisa: pesquisas exploratórias, descritivas ou explicativas. As pesquisas exploratórias envolvem levantamentos bibliográficos e documentais, entrevistas e estudos de casos e constituem a primeira etapa de uma investigação mais ampla. As pesquisas descritivas têm como objectivo descrever as características de determinada população, fenómeno ou estabelecimento de relações entre variáveis. E as pesquisas explicativas têm como objectivo identificar os factores que determinam ou que contribuem para a ocorrência dos fenómenos, ou seja, explica a razão ou o porquê das coisas.

A pesquisa social pode ter por base dois tipos de métodos: qualitativos, quantitativos ou a sua utilização em simultâneo.

Os métodos qualitativos são métodos que pesquisam, explicam e analisam fenómenos que não são passíveis de serem medidos. Estes são estudados através de técnicas de pesquisa e análise que, escapando a toda codificação e programação sistemáticas, assentam essencialmente sobre a presença humana e a capacidade de empatia, de uma parte, e sobre a inteligência indutiva e generalizante, de outra parte (Holanda, 2006).

Os métodos quantitativos pretendem responder a questões cujas respostas sejam mensuráveis. Este tipo de métodos deve ser usado quando existem dados que envolvem contagens e medidas, quando os dados são generalizáveis, quando o desenho de amostragem é estruturado ou quando são utilizados métodos experimentais.

As pesquisas podem ter por base fontes em “papel”, como livros, artigos científicos ou dados fornecidos pelas pessoas. No último caso, a pesquisa experimental, pode ser efectuada sob a forma de levantamentos (*surveys*) ou de estudos de campo.

Os levantamentos ou *surveys* apresentam-se sob a forma de uma interrogação directa das pessoas cujo comportamento se deseja conhecer. Estes podem incluir todos os integrantes de um Universo – censos, ou alguns elementos - amostra.

Os modos mais utilizados para efectuar questionários são o porta-a-porta, por telefone e via e-mail ou internet. As principais vantagens e desvantagens associadas a cada um deles foram sintetizadas na tabela 2.8.

**Tabela 2.8 - Vantagens e desvantagens de alguns tipos de questionário (Adaptado de: Schonlau *et al*, 2002)**

<b>Tipos de Questionário</b>	<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
<b>Porta-a-porta</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Menor número de não respondentes</li> <li>- Menos erros de interpretação</li> <li>- Menos perguntas não respondidas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Maiores custos associados</li> <li>- Respostas socialmente aceitáveis</li> </ul>
<b>Telefone</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Menos erros de interpretação</li> <li>- Menos perguntas não respondidas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Custos associados</li> <li>- Maior número de não respondentes</li> <li>- Dificuldade questões complexas</li> </ul>
<b>Email/internet</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mais rápido</li> <li>- Mais barato</li> <li>- Elimina erros de transcrição</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cobertura baixa da população via internet</li> <li>- Dificuldade questões complexas</li> <li>- Mais erros de interpretação</li> </ul>

Os questionários por e-mail, internet ou ambos, têm vindo a aumentar, paralelamente à expansão da internet, no entanto a cobertura da população por internet para este tipo de pesquisas ainda se encontra aquém da cobertura por meios convencionais (Schonlau *et al*, 2002).

Em organizações cuja população possui acesso electrónico, está a ser considerada a eliminação da amostragem e realizando-se apenas censos. Muitas vezes, este esforço resulta num número muito maior de respostas, que não poderiam ser recolhidas usando técnicas tradicionais de amostragem e os maiores números dão a aparência de maior precisão estatística. No entanto, amostras menores podem resultar em grandes erros padrão, mas um enviesamento menor, enquanto as amostras maiores podem resultar em muito menores erros padrão, mas uma quantidade desconhecida de enviesamento (Schonlau *et al*, 2002).

### **2.6.2 Amostragem**

No caso de não existirem recursos suficientes para recolher e analisar dados para cada um dos casos do Universo, é considerada apenas uma “amostra do Universo”. Assim, os dados da amostra podem ser analisados, podem ser tiradas conclusões, que podem ser extrapoladas para o Universo. Para que as conclusões da amostra possam ser extrapoladas para o Universo, é necessário que a amostra seja representativa, de modo a que seja possível aceitar a extrapolação com razoável confiança.

Na tabela 2.9 estão sintetizados os métodos que podem ser utilizados para seleccionar uma amostra.

**Tabela 2.9 - Métodos de selecção de amostras (Adaptado de: Hill e Hill, 2000)**

<b>Métodos</b>	<b>Casual / probabilístico</b>	<b>Não-casual / não-probabilístico</b>
<b>Utilização</b>	Quando se pretende generalizar os resultados obtidos a partir da amostra (representatividade da amostra, estimativa estatística do grau de confiança)	Úteis para investigações que procuram diferenças entre grupos de casos ou para testar primeiras versões de um questionário
<b>Tipo de amostragem</b>	Amostragem aleatória simples Amostragem aleatória sistemática Amostragem estratificada Amostragem por clusters	Amostragem por conveniência Amostragem por quotas

Na amostragem aleatória simples, todas as amostras de tamanho  $n$ , retiradas do Universo com  $N$  casos, devem ter a mesma probabilidade de serem retiradas do Universo. Assim como cada um dos  $N$  casos do Universo tem a mesma probabilidade de ser incluído na amostra retirada. As técnicas mais utilizadas para escolher uma amostra aleatória simples são a técnica da lotaria e a técnica dos números aleatórios (Hill e Hill, 2000).

O método de amostragem estratificada é muito utilizado quando o Universo é grande e se pretende obter uma amostra representativa, segundo várias variáveis pré-identificadas. De modo a obter uma amostra estratificada é necessário definir quanto ao número e natureza dos estratos, definir o Universo e construir um quadro que o caracterize, definir o tamanho da amostra - fracção de amostragem e seleccionar uma amostra aleatória de cada um dos estratos do Universo.

O método de amostragem por clusters é útil quando o Universo é grande mas os casos estão agrupados em unidades ou “clusters”. O método consiste em aplicar a amostragem aleatória simples a estas unidades.

Os tipos de amostragem não-casual mais utilizados são a amostragem por conveniência, em que os casos escolhidos são os facilmente disponíveis (ex. amigos, vizinhos). Apesar de ser rápido e fácil, não existe garantia de que a amostra seja razoavelmente representativa do Universo.

O segundo método de amostragem não-casual é a amostragem por quotas. Este é semelhante ao método da amostragem estratificada, escolhendo-se uma amostra não-aleatória de tamanho

determinado pela fracção de amostragem dentro de cada um dos estratos. Apesar de este método ser preferível ao anterior, a garantia de que a amostra seja razoavelmente representativa do Universo não existe.

O tamanho da amostra pode ser determinado através do “caminho do esforço mínimo”, que representa a abordagem em que a amostra será tão grande quanto possível, dentro dos limites e recursos possíveis. Existem ainda os métodos da “regra do polegar” e a estimação por meio da análise da potência.

Quanto à medição das respostas, as respostas a perguntas fechadas podem ser medidas através de escalas, que estão sintetizadas na tabela 2.10.

**Tabela 2.10 – Tipos de escalas para medição de respostas (Adaptado: Hill e Hill, 2000)**

<b>Escalas</b>	<b>Tipo de escalas</b>	<b>Exemplos</b>
<b>Métrica / quantitativa</b>	Escalas de intervalos	<i>e.g.</i> escala de temperatura, nível intelectual
	Escalas de rácio	<i>e.g.</i> idade, anos de escolaridade, número de pessoas que participam na deposição selectiva
<b>Não métrica / qualitativa</b>	Nominais	<i>e.g.</i> classificação dos indivíduos de acordo com o sexo ou profissão
	Ordinais	<i>e.g.</i> distribuição dos indivíduos por faixas etárias, grau de satisfação pelo serviço de abastecimento de água

As escalas de intervalos pressupõem que um valor numérico mais elevado na escala significa uma quantidade mais elevada da variável medida, no entanto o zero não é absoluto, ao contrário das escalas de rácio. As escalas nominais não são contínuas nem ordenadas, ao contrário das ordinais que definem a posição relativa em relação a uma característica.

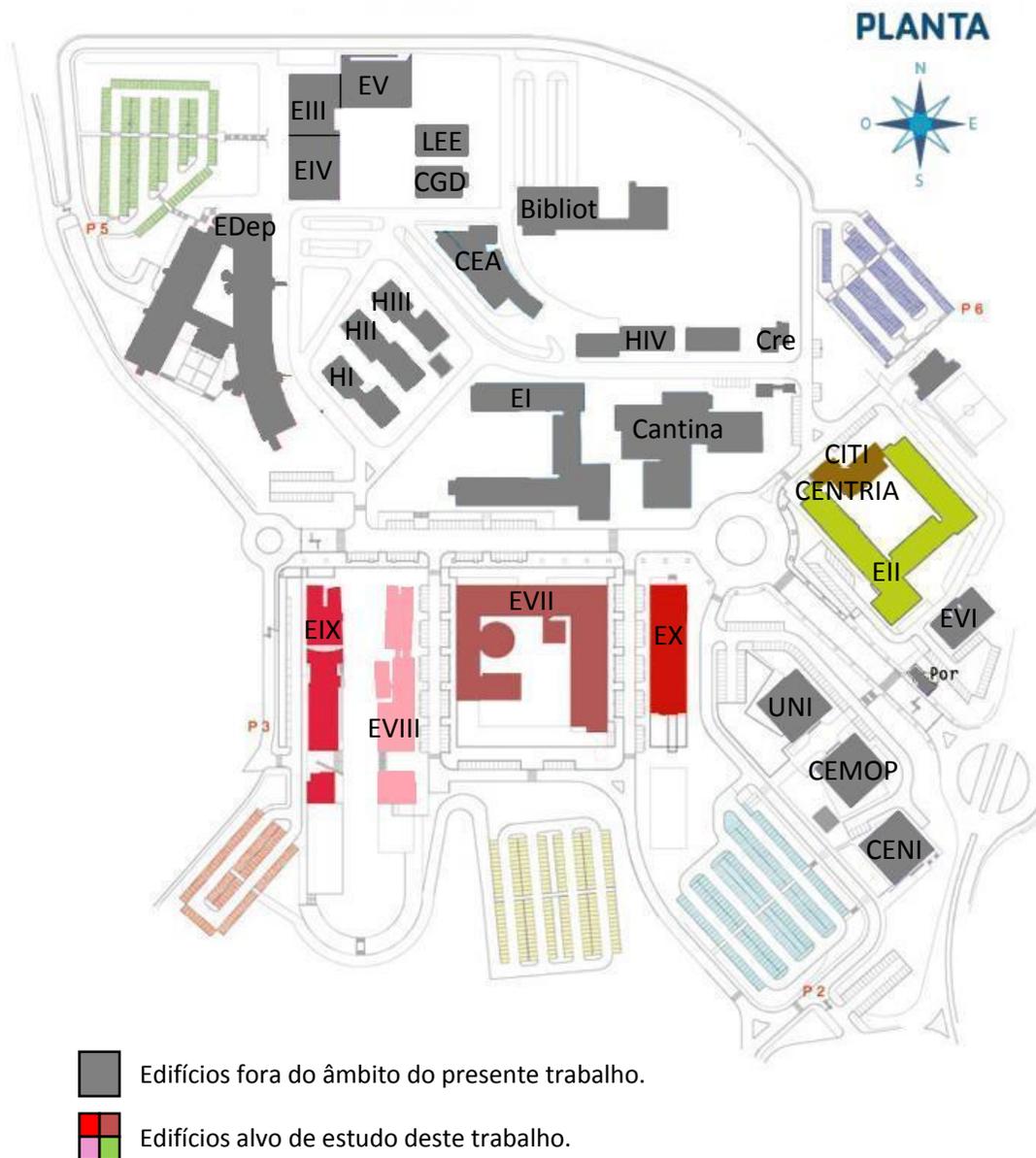
### 3 Caso de estudo

A Faculdade de Ciências e Tecnologia (FCT), uma das nove unidades orgânicas da Universidade Nova de Lisboa (UNL), situa-se no Monte de Caparica, num campus universitário com uma área de 30 ha. Foi criada em 1977, dedicando-se ao ensino de engenharia, de ciências e à investigação. A FCT-UNL é actualmente frequentada por 7423 alunos, 500 docentes e investigadores e 220 funcionários não docentes e estrutura-se em 14 sectores departamentais (um dependente da Reitoria) e 14 serviços de apoio.

O campus em que a FCT-UNL se insere dispõe de infra-estruturas pedagógicas e de investigação, instaladas em vinte edifícios, como se pode observar através do mapa da figura 3.1, sendo o mais recente o da nova Biblioteca Central. Inclui ainda outras infra-estruturas, nomeadamente: residência de estudantes, campos desportivos, creche, posto de enfermagem, livraria, agência bancária, agência de viagens, loja de conveniência, cantina e diversos restaurantes e snack bars.

Com uma acentuada cultura de relacionamento com o exterior, a FCT-UL mantém ligações estreitas com diversas universidades portuguesas e estrangeiras, quer relativas ao intercâmbio de docentes e estudantes, quer no âmbito de inúmeros projectos de investigação, nacionais e europeus. Através dos seus sectores departamentais, presta ainda serviços a entidades do Estado, autarquias e empresas, no âmbito de protocolos de colaboração para o desenvolvimento de estudos em áreas do conhecimento nas quais dispõe de competências específicas.

A Associação dos Estudantes da Faculdade de Ciências e Tecnologia (AEFCT), criada em 1979, é a estrutura que representa e defende os interesses dos estudantes. A AEFCT enquadra vários núcleos, nomeadamente: Fotografia, Teatro, Cinema, Rádio, Aventura, Actividades Sub-Aquáticas, AnTUNiA (tuna masculina), Tuna Maria (tuna feminina), bem como núcleos pedagógicos, dirigidos especificamente aos estudantes de algumas licenciaturas. Por outro lado, os estudantes são convidados a integrar equipas desportivas, entre outras, nas modalidades de Rugby (campeões universitários nos últimos dois anos), Taekwondo, Futebol, Basquetebol, Volei, Andebol, Hóquei em Patins e Atletismo (FCT, 2010).

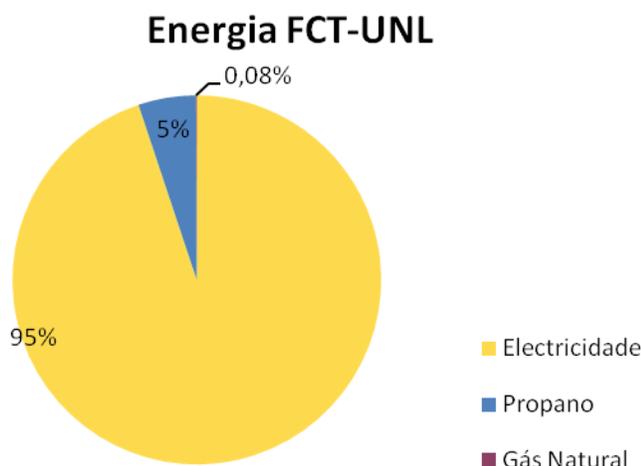


**Figura 3.1 - Mapa do campus da FCT-UNL.**

Em 2002, o Edifício Departamental foi alvo de uma auditoria energética realizada pela Agência para a Energia (ADENE). Esta acção detectou um potencial de poupança de energia primária de 140 tep e de 249 t de CO<sub>2</sub>, com um período de retorno do investimento de 2,3 anos (Gaspar, 2002). Foi efectuada a caracterização do consumo eléctrico do edifício IX, com um potencial de poupança de 7% para o Departamento de Engenharia Civil (DEC) e de 2% para o Departamento de Ciências da Terra (DCT) (Ramos, 2008).

A Faculdade tem neste momento em operação o projecto Campus Verde. Este tem como objectivo a melhoria do desempenho ambiental da FCT-UNL com a implementação e certificação de um sistema de gestão ambiental de acordo com a norma NP EN ISO 14001:2004 (FCT, 2010).

O gasto de energia da FCT resulta do consumo de electricidade, gás propano e natural, originando um consumo de 32,9 TJ no ano de 2008. A energia eléctrica constitui o maior consumo de energia com 31,2 TJ, seguindo-se o gás propano com 1,7 TJ e por fim o consumo de gás natural com 0,025 TJ.



**Figura 3.2- Tipos de energia adquirida pela FCT-UNL no ano de 2008.**

O abastecimento de gás propano é efectuado em dois depósitos. Um dos depósitos permite o funcionamento das caldeiras instaladas nos edifícios VII, VIII e IX, abastecendo também os laboratórios e o bar do Edifício Departamental. Um segundo depósito permite o aquecimento das águas quentes sanitárias dos balneários do campo de jogos e permite o funcionamento de uma caldeira instalada no edifício IX.

Os maiores abastecimentos foram efectuados nos meses de Janeiro e Fevereiro, meses em que as caldeiras consomem mais gás, seguindo-se o mês de Dezembro. Nos restantes meses os únicos usos que se mantêm são as actividades do bar do Departamental e os laboratórios.

Quanto ao consumo de electricidade, no ano de 2008 foram consumidos 8778 MWh no campus da FCT-UNL. A tabela 3.1 indica o consumo de electricidade dos edifícios e actividades do campus por ordem decrescente, bem como os edifícios que são alvo de estudo neste trabalho. Pode-se observar que o maior consumidor é o edifício departamental, sendo responsável por mais de um terço da energia consumida no campus. Dos edifícios em estudo, o maior consumidor é o conjunto do edifício II e CITI, seguindo-se os edifícios VII e IX.

Tabela 3.1 – Consumo de electricidade de edificios e actividades da FCT-UNL no ano de 2008 (Santos, 2009).

Edifícios/ Actividades	Consumo electricidade (MWh/ano)	Percentagem (%)
Edifício Departamental	3.066	35%
Edifício I	657	7,5%
Edifício II + CITI	563	6,4%
Edifício VII	471	5,4%
Edifício IX	461	5,3%
Cemop	398	4,5%
Biblioteca	390	4,4%
Edifício VIII	376	4,3%
Restauração/Minimercado	352	4,0%
Edifício X	328	3,7%
Edifício III	303	3,4%
S. Sociais	255	2,9%
Iluminação exterior	205	2,3%
Cenimat	177	2,0%
Ydreams	166	1,9%
Uninova	93	1,1%
Edifício VI	78	0,89%
Climatização bastidores	75	0,85%
Hangar II	72	0,82%
Hangar I	70	0,80%
Hangar III	62	0,71%
Comunicações	24	0,28%
Campo Jogos	16	0,18%
Edifício V	11	0,12%
CGD	6	0,07%
Creche	4	0,05%
LEE	1	0,01%
Outros	98	1,1%
<b>Total</b>	<b>8.778</b>	<b>100%</b>

 Edifícios alvo de estudo deste trabalho.

 Edifícios/actividades fora do âmbito do presente trabalho.

Os edifícios II, VII, VIII, IX e X, representam cerca de 25% do consumo de electricidade de toda a Faculdade, como se pode observar na figura 3.2.

### Consumo de electricidade na FCT-UNL

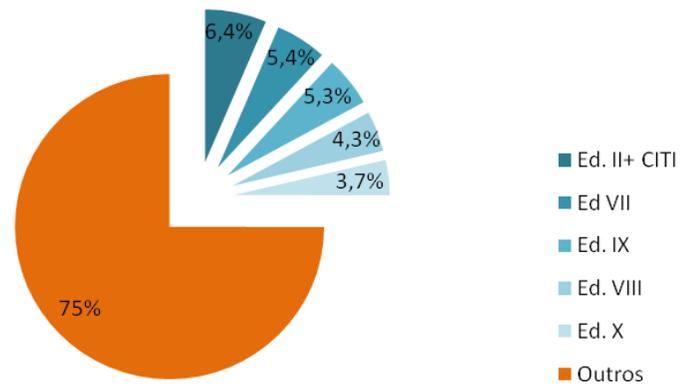


Figura 3.3 - Consumo relativo de electricidade na FCT-UNL no ano de 2008.



## 4 Metodologia

### 4.1 Abordagem geral

A metodologia efectuada para este trabalho baseou-se nos dois objectivos já referidos: o estudo dos comportamentos face à utilização da energia na faculdade e o estudo energético de alguns dos edifícios da FCT-UL.

O estudo energético foi efectuada ao edifício II, edifício VII, edifício VIII, edifício IX e edifício X, situados no campus da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Lisboa. Este foi aplicado aos diferentes edifícios, consistindo na avaliação do envelope exterior, na contabilização e identificação dos consumos por tipo de utilização e na avaliação da iluminância. Estes pontos baseiam-se na metodologia preconizada por Turner (2005).

As diferentes fases deste trabalho e a sua aplicação ao longo do tempo pode ser verificada no cronograma da tabela 4.1.

**Tabela 4.1- Cronograma das diferentes fases do trabalho.**

Fev.	Mar.	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Jan.	Fev.	Mar.
F. 1	F. 1	F. 1											
		F. 2	F. 2										
			F. 3	F. 3	F. 3								
		F. 4	F. 4	F. 4	F. 4								
				F. 5	F. 5								
								F. 6	F. 6	F. 6	F. 6		
						F. 7	F. 7				F. 7	F. 7	
												F. 8	F. 8

**Legenda:**

Fase1 – Revisão estado da arte

Fase2 – Planeamento e realização dos termogramas

Fase3 – Recolha valores iluminância

Fase4 – Inventário

Fase5 – Construção e aplicação do questionário on-line

Fase6 - Inventário e questionário laboratórios

Fase7 - Tratamento de dados e redacção

Fase8 - Revisão

## 4.2 Metodologia para os questionários

No âmbito do presente trabalho foram efectuados vários questionários, levados a cabo a partir de dois métodos.

Um dos métodos foi a realização de questionários através da internet, com aviso por e-mail. Os *links* dos questionários foram enviados a todos os indivíduos da população que se pretendia estudar: docentes, não docentes e estudantes da FCT-UNL, uma vez que todos possuem acesso a estes meios de comunicação. Para cada um dos grupos descritos (docentes, não docentes e estudantes), foram efectuados três questionários distintos, de acordo com os locais e funções específicas de cada um. Este método foi escolhido devido à sua rapidez.

Os erros na interpretação das perguntas por parte dos inquiridos fazem parte das desvantagens deste tipo de abordagem. De modo a evitar um número elevado de perguntas sem resposta, foi imposta a obrigatoriedade de resposta a várias questões.

Os inquéritos foram efectuados através do serviço *Google Docs*, encontrando-se online desde o dia 17 de Junho ao dia 31 de Julho de 2009.

A pesquisa efectuada teve por base dois objectivos. O primeiro foi o de estudar os comportamentos face à utilização de energia. O segundo objectivo consistiu em recolher informação relativa aos equipamentos de escritório e ar condicionado existentes no local de trabalho de funcionários não docentes e gabinetes de docentes, como o número de equipamentos existentes e o seu tempo de utilização. O mesmo foi feito para recolher informação relativamente à utilização de computadores, fora do tempo de aulas, pelos alunos nos diferentes edifícios.

Outro dos métodos foi a realização de questionários “face-a-face”, de modo a estudar a utilização de energia nos laboratórios. Os questionários foram efectuados aos docentes responsáveis pelos laboratórios ou a outras pessoas por eles indicados. Ao contrário dos questionários efectuados pela internet, estes não foram efectuados a todos os os laboratórios da FCT-UNL, mas apenas a uma amostra, constituída pelos laboratórios presentes nos edifícios em estudo neste trabalho.

## 4.3 Metodologia para a análise do consumo

### 4.3.1 Inventário de equipamento e usos *Equipamentos electricos*

Tal como é recomendado por Turner (2005), foi feita uma visita de reconhecimento aos edifícios em estudo, tendo sido efectuado parte do inventário dos equipamentos e da iluminação local.

Foram ainda elaboradas tabelas para o preenchimento das informações relativas ao inventário e características dos equipamentos.

Para a caracterização da iluminação foram contabilizadas as lâmpadas e luminárias presentes em cada edifício, o tipo de luminárias e lâmpadas usadas, a sua potência e o número de horas que estavam ligadas.

Os restantes equipamentos foram inventariados e foi retirada, sempre que possível, a informação relativa aos consumos energéticos e potências descritas pelo fabricante ou medida a energia consumida/potência dos mesmos.

As medições foram efectuadas através de um medidor de energia Voltcraft Plus, Energy Monitor 3000.

A informação sobre o tempo de utilização, bem como os equipamentos utilizados por funcionários não docentes e docentes nos seus gabinetes, foi obtida através dos resultados do levantamento efectuado. A utilização dos computadores pelos alunos fora do horário de aulas também foi obtida através dos inquéritos efectuados.

Os equipamentos de laboratório foram mais tarde alvo de estudo junto dos responsáveis ou dos técnicos, de modo a medir ou retirar a informação relativa aos consumos energéticos/ potências descritas pelos fabricantes e saber qual o tipo de utilização dos mesmos.

No edifício X, foram apenas amostrados alguns laboratórios, uma vez que os mesmos já haviam sido alvo de um levantamento semelhante, por Lopes (2006).

Foi ainda efectuada uma visita às caldeiras, acompanhada pelo responsável, de modo a inventariar as bombas de recirculação, as respectivas potências e a saber qual o seu tempo de funcionamento.

### ***Equipamentos a gás***

Todos os edifícios em estudo, excepto o edifício II, utilizam nas suas actividades dois tipos de energia final. A principal é a electricidade, utilizada na maioria dos equipamentos, sendo que o seu consumo é transversal ao longo do ano. No entanto, os edifícios que possuem caldeira, utilizam gás propano. Assim, o inventário destes equipamentos, bem como a sua potência e tempo de funcionamento foi solicitado e obtido através do DLC.

Os dados do abastecimento dos dois depósitos foram obtidos através da empresa abastecedora – Repsol.

### 4.3.2 Avaliação da iluminância

As medições da iluminância foram efectuadas através da utilização de um luxómetro digital KOBAN, KL 1330, nos edifícios alvo deste estudo.

A amostragem foi realizada nos corredores e em salas de aula correspondentes a diferentes orientações, em período diurno e nocturno, com a finalidade de obter resultados correspondentes às situações de menor e maior exigência de níveis de iluminação.

Através dos valores de iluminância obtidos foi possível fazer a sua comparação com os valores descritos na norma europeia EN 12464-1.

As medições foram efectuadas a diferentes alturas, dependendo das actividades efectuadas no local. Assim, temos que:

- nos corredores o luxómetro foi colocado a 1,5 metros do chão;
- nas salas de aula o luxómetro foi colocado ao nível das mesas de trabalho.

Em todos os casos, o luxómetro bem como as lâmpadas foram estabilizadas antes de ser efectuada a medição.

As medições foram efectuadas preferencialmente a meio da distância entre duas luminárias e nunca imediatamente abaixo destas, de modo a evitar obter valores de iluminância falsamente elevados para um determinado local. Como tal, as medições correspondem a situações médias ou às situações mais baixas de valores de iluminância.

As condições de amostragem dos valores de iluminância podem ter sido sujeitas a erros derivados do:

- local de amostragem relativamente à localização da lâmpadas;
- altura de amostragem;
- período do dia em que a amostragem foi efectuada;
- sombreamento.

Estes são factores que podem ter influenciado de modo diferente as diversas amostras. A amostragem foi efectuada de modo que os valores registados no luxómetro estabilizassem. No entanto quando a iluminação artificial se encontrava desligada, o período de aquecimento das lâmpadas fluorescentes e consequente aumento de iluminância podem, de algum modo, influenciar os resultados.

### 4.3.3 Análise do envelope exterior

Esta avaliação foi realizada através da análise de imagens termográficas ou termogramas, obtidos através de uma máquina termográfica FLIR T200.



**Figura 4.1- Imagem da máquina termográfica FLIR T200, cedida pela empresa MRA instrumentação (Fonte: FLIR, 2010).**

A metodologia adoptada foi baseada na utilizada por Ocaña *et al* (2004), no trabalho “Thermographic survey of two rural buildings in Spain”.

Assim, as fotografias foram tiradas no período da manhã, entre as 7:30 e as 8:30 e no período da tarde, entre as 19:30 e as 21:30, nos dias 6, 7 e 8 de Maio de 2009.

O horário escolhido deveu-se à procura da altura do dia em que existe um maior gradiente de temperatura entre o exterior e interior dos edifícios e de modo a evitar os erros que a radiação solar directa pode trazer para os resultados.

Os termogramas foram posteriormente tratados através de um software da FLIR e foram assinaladas áreas sobre as quais se achou pertinente adicionar informação sobre a temperatura. A legenda associada a essas áreas, por exemplo: 

Ar1 min 19.3 max 21.3
-----------------------

, deverá ser interpretada da seguinte forma: área 1, cuja temperatura mínima é de 19,3 °C e cuja temperatura máxima é de 21,3 °C.

Foi ainda efectuado um levantamento das características construtivas da envolvente dos edifícios em estudo, nos projectos dos mesmos. As características que se pretendiam conhecer eram pormenores construtivos das paredes da envolvente, a identificação da presença de isolamento térmico e o tipo de vãos envidraçados e a caixilharia utilizados.

A termografia é uma técnica que deve ser utilizada quando o gradiente de temperatura entre o ambiente exterior e interior dos edifícios é maior. Apesar de os trabalhos terem sido efectuados em

Maio, o facto de as imagens terem sido obtidas ao amanhecer, quando as paredes dos edifícios ainda não tinham sido aquecidas pelo sol, permitiu que se verificassem as diferenças de temperatura dos diferentes elementos construtivos. Os erros devido a reflexos de superfícies polidas como metais ou o vidro são muito comuns, bem como a incidência directa da radiação solar, embora se tenha tentado evitar este tipo de situações.

#### **4.3.4 Síntese de informação sobre os usos** *Energia eléctrica*

O tratamento de dados foi efectuado de modo a estimar o consumo de energia para cada edifício. Para o cálculo do tempo de utilização dos equipamentos em sala de aula, considerou-se um período de 14 semanas de aulas por semestre (28 semanas de aulas por ano). Foi também contabilizado o número de horas em que as salas estiveram ocupadas com aulas, através dos horários disponibilizados CLIP para o semestre par do ano lectivo 2007/2008 e para o semestre ímpar do ano lectivo 2008/2009. Para os equipamentos instalados em gabinetes de docentes e funcionários, considerou-se o período de 232 dias como tempo de utilização anual. Este tempo exclui fins-de-semana, feriados e férias.

A estimativa do consumo de electricidade dos chiller existentes no edifício VII e X, foi efectuada tendo em conta o input de potência máxima indicado pela marca e a aplicação dos coeficientes utilizados para o cálculo da sua eficiência energética, baseada no seu funcionamento a uma potência parcial – o *European Seasonal Energy Efficiency Ratio* (ESEER):

$$\text{ESEER} = A \cdot \text{EER}_{100\%} + B \cdot \text{EER}_{75\%} + C \cdot \text{ER}_{50\%} + D \cdot \text{EER}_{25\%}$$

Em que:

A – tempo de funcionamento a uma carga parcial de 100% (A=3%);

B– tempo de funcionamento a uma carga parcial de 75% (B=33%);

C– tempo de funcionamento a uma carga parcial de 50% (C=41%);

D– tempo de funcionamento a uma carga parcial de 25% (D=23%);

$\text{EER}_{x\%}$  - *Energy Efficiency Ratio*, calculado para cargas parciais de x%

Para o cálculo da estimativa do consumo de energia eléctrica dos equipamentos de ar condicionado em split, foi considerada a sua potência média.

No caso do edifício II, a impossibilidade de contactar alguns responsáveis de laboratórios do DCM, impediu a inventariação dos equipamentos consumidores de electricidade dos mesmos. Assim, a estimativa foi efectuada com recurso à média dos dados de laboratórios obtidos neste trabalho. O DCM possui ainda uma Câmara Limpa, à qual não foi possível efectuar medições ou recolher dados devido à complexidade de equipamentos AVAC e outros. Sendo este tipo de salas energeticamente mais intensivas do que outro tipo de usos, como se pode observar na literatura, o seu consumo de electricidade foi estimado através de dados de *benchmarking* de câmaras limpas no estado da Califórnia, nos Estados Unidos, uma vez que este tipo de referência não foi encontrado em Portugal ou na Europa. De facto, esta generalização pode acarretar erros, uma vez que o nível de partículas no ar pode ser diferente levando a uma maior ou menor intensidade energética. O consumo dos equipamentos AVAC varia de acordo com o clima da região em que se encontram, o que aumenta a possibilidade de erros significativamente maiores desta estimativa, uma vez que se tratam de regiões de continentes diferentes – Portugal na Europa e o Estado da Califórnia nos Estados Unidos da América. No entanto, o maior índice de centros tecnológicos encontra-se no litoral centro e sul, em San José, Los Angeles, San Diego e Orange County, onde o clima é do tipo Mediterrâneo, diminuindo o erro a que os resultados estão sujeitos (Milken Institute, 2010). Assim, para o laboratório 115 – Câmara Limpa, foi considerado o valor de  $6667 \text{ kWh}\cdot\text{ano}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$  (Xu, 2002) e para os restantes, dos quais não se obteve informação de campo, o valor considerado foi de  $184 \text{ kWh}\cdot\text{ano}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$ .

Para a rectificação dos resultados foi utilizados dois métodos, dependendo da situação:

- edifícios com erro da estimativa, devido ao valor da estimativa ser superior ao valor dos contadores;
- Edifícios com erro da estimativa, devido ao valor da estimativa ser inferior ao valor dos contadores.

No caso dos edifícios X e VII o valor da estimativa foi superior ao valor dos contadores. Nestes edifícios, por se verificar que estes eram os únicos edifícios em estudo que possuíam *chiller*, que possuíam erros por excesso do valor de referência e que estes se encontravam na mesma ordem de grandeza (13 e 16%), considerou-se que este se devia à estimativa dos sistemas de refrigeração. Assim, o excesso em relação ao valor do contador foi subtraído ao valor da estimativa dos *chiller*, sendo assim rectificadas os resultados.

Nos restantes edifícios, foi calculado um factor de rectificação para cada um dos casos, que foi multiplicado pelo consumo total dos vários tipos de equipamento:

$$\text{Factor de rect.} = \frac{\text{Valor contador}}{\text{Valor estimativa}}$$

### *Gás propano*

Uma vez que o depósito de gás propano que abastece o edifício X está também afecto ao Campo de Jogos da FCT-UNL, foi efectuada uma estimativa do consumo de gás do termoacumulador do campo de jogos.

A quantidade de água aquecida pelo termoacumulador foi estimada através do número de banhos tomados.

De modo a estimar a quantidade de gás consumido, temos:

$$\eta_{\text{termoacumulador}} = E_u / E_f ;$$

$$E_f = \text{PCI}_{\text{propano}} \times M_{\text{propano}} ;$$

$$E_u = \text{Cap. Cal. H}_2\text{O} \times M_{\text{H}_2\text{O}} \times (T_f - T_i);$$

em que:

- $\eta_{\text{termoacumulador}}$  é o rendimento do termoacumulador,
- $E_u$  é a energia útil,
- $E_f$  é a energia final,
- $\text{PCI}_{\text{propano}}$  é o poder calorífico inferior do gás propano, 46,3 MJ/kg,
- $M_{\text{propano}}$  é a massa de gás propano utilizada,
- $\text{Cap. Cal. H}_2\text{O}$  é a capacidade calorífica da água a 15°C, 4.186 kJ.kg<sup>-1</sup>.°K<sup>-1</sup>,
- $M_{\text{H}_2\text{O}}$  é a massa de água utilizada,
- $T_f$  é a temperatura final da água,
- $T_i$  é a temperatura inicial da água.

Foi considerado que o valor do rendimento do termoacumulador é de 0,7. Este é o valor considerado no RCCTE para termoacumuladores a gás, com pelo menos 50 mm de isolamento térmico. A temperatura inicial da água considerada foi de 15°C e a temperatura final de 60°C.

O valor da estimativa do consumo do termoacumulador foi subtraído ao valor do abastecimento anual do depósito de gás propano, considerando-se este, o valor estimado para o consumo anual da caldeira do edifício X.

O valor do consumo das caldeiras dos restantes edifícios foi calculado através da proporção das suas potências, com o consumo estimado da caldeira do edifício X e a respectiva potência.

## **Emissões de CO<sub>2</sub>**

Para cada departamento/edifício foram calculadas as emissões de CO<sub>2</sub>e, associadas ao consumo de energia.

Para isso foi calculado o factor de emissão de CO<sub>2</sub>e associado ao consumo de electricidade no ano de 2008. O factor de emissão calculado teve por base os anos de 2004, 2005, 2006, 2007 e 2008. Para isso dividiu-se o valor de GEE emitidos devido à electricidade pública – Portuguese *Nacional Inventory Report on Greenhouse Gases* - pelo consumo de electricidade total em Portugal – Estatísticas DGEG - e fazendo a média dos resultados de todos os anos.

Para o cálculo do factor de emissão de CO<sub>2</sub> e do gás propano em 2008 foi considerado um factor de emissão de 2,8 kg CO<sub>2</sub> e/kg propano (Agencia Municipal de energia do Seixal; Câmara Municipal do Seixal, 2007).

### **4.3.5 Cálculo dos potenciais de poupança**

O potencial de poupança foi calculado para várias medidas:

- eliminação de consumos *off power* e *stand by* dos equipamentos de escritório;
- instalação de balastros electrónicos: considerou-se que os balastros electrónicos permitem a poupança de 20% da energia consumida pela iluminação;
- instalação de sensores de ocupação em instalações sanitárias: considerou-se que os sensores de ocupação em instalações sanitárias permitem uma poupança de 30% da energia consumida pela iluminação nestes locais;
- instalação de sensores por fotocelula em corredores: foi considerado que os sensores permitiriam um consumo equivalente a ter a iluminação ligada apenas quando não existe iluminação natural.

Para as medidas cujo potencial de poupança depende de investimentos (instalação de balastros e sensores) foi calculado o período de retorno, considerando uma taxa de actualização de 6% (taxa de actualização financeira para projectos públicos co-financiados pelo FC para o período (2001-2006) (CENCE, 2010)).

### **4.3.6 Organização dos resultados**

Os resultados da análise dos consumos de energia são apresentados para cada edifício por tipo de equipamento e por espaço.

Os equipamentos foram discriminados por equipamentos de escritório, laboratório, iluminação e climatização, como se pode observar na tabela 4.2.

Os espaços considerados foram laboratórios, laboratórios de computadores, gabinetes/secretarias, salas de aula e auditórios.

**Tabela 4.2 – Discriminação dos resultados por tipo de equipamento.**

<b>Equipamento de escritório</b>	Computadores, projectores, impressoras
<b>Equipamento de laboratório</b>	Equipamento específico para a prática laboratorial
<b>Iluminação</b>	Iluminação de corredores, salas, laboratórios, gabinetes, secretarias
<b>Climatização</b>	Equipamentos em <i>split</i> , <i>chiller</i> , bombas de recirculação

De modo a compreender melhor o peso de cada uso e a poder comparar os dados dos edifícios em estudo com valores de referência, foram utilizados indicadores, consistindo estes no rácio dos consumos de cada uso por área e no rácio das emissões de CO<sub>2</sub> e de cada edifício pela sua população (alunos, docentes e funcionários).

A área de cada edifício foi medida através das plantas dos mesmos em formato digital.

A população de cada edifício foi obtida da seguinte forma:

-docentes e funcionários: foi recolhida informação que consta no Clip e nos sites dos diferentes departamentos;

-alunos: o número de alunos que se encontra em cada edifício foi calculado através da análise das disciplinas presentes nos currículos de cada curso e do número de alunos inscritos em cada curso. Assim, os alunos de cada curso foram distribuídos de acordo com a percentagem de disciplinas leccionadas em cada departamento. O número total de alunos em cada edifício corresponde à soma dos alunos dos departamentos sediados nesses edifícios.

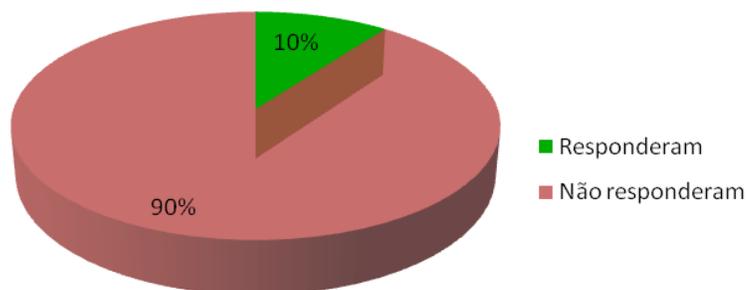
A comparação dos valores dos indicadores foi efectuada com dados de Universidades do Reino Unido organizados no *Green League 2008*, relativamente às emissões de CO<sub>2</sub> e *per capita*, e com dados recolhidos e organizados pelo HEEPI e através de um estudo realizado no campus de Bordeaux, relativamente ao consumo de electricidade por m<sup>2</sup>.

Foram também identificadas medidas de poupança energética e o seu impacte em termos energéticos e de emissões de CO<sub>2</sub>.

## 5 Resultados dos questionários sobre práticas de uso de energia no campus

### 5.1 Questionários via internet

Os questionários efectuados via internet foram respondidos por 750 alunos, 61 docentes e 23 funcionários não docentes, entre os dias 17 de Junho e 31 de Julho de 2009. Verifica-se assim a resposta de 10,1% dos alunos, 10,5% dos funcionários não docentes e 12,2% dos docentes da faculdade. A figura 5.1 ilustra esta realidade para o total da população universitária.



**Figura 5.1- População da FCT-UNL que respondeu aos questionários via internet.**

Os resultados dos questionários podem ter sido influenciados por erros devido à falta de clareza de algumas questões ou devido à diferença de interpretação das questões relativamente ao que se pretendia que fosse respondido.

As respostas poderão ainda estar distorcidas no sentido positivo, uma vez que a quase totalidade dos respondentes possui preocupações e considera a eficiência energética e a poupança de energia importantes, como se pode observar na figura 5.2 e 5.3.

Este tipo de distorção afectará principalmente a percepção das questões relacionadas com os comportamentos e menos as questões relacionadas com o conforto.

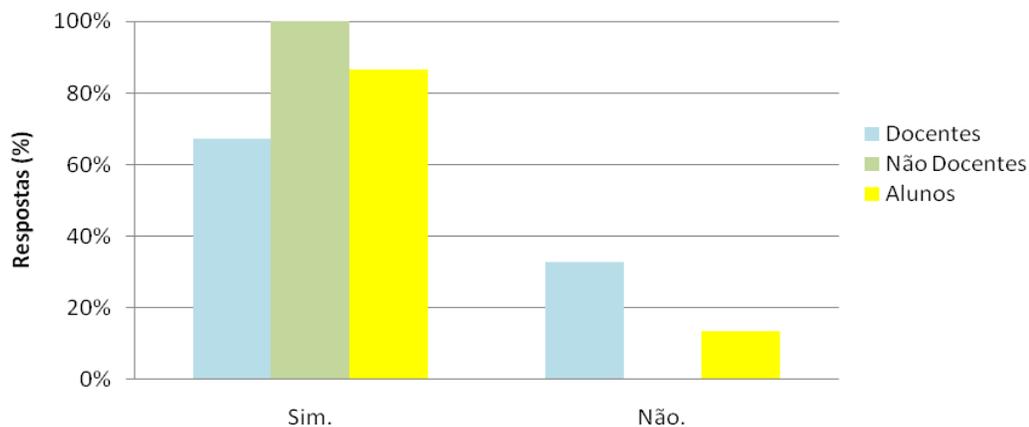


**Figura 5.2 - Importância da eficiência energética e da poupança de energia.**



**Figura 5.3 - Poupança energética no quotidiano.**

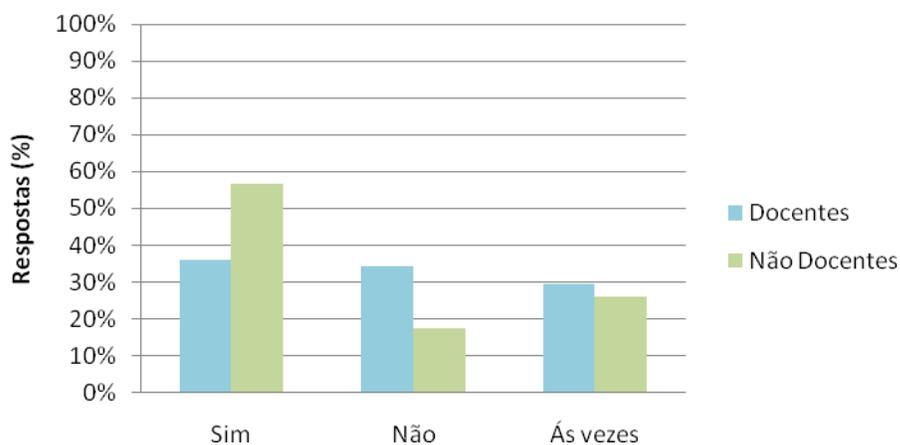
Relativamente à disponibilidade para receber mais informação sobre eficiência energética, todos os funcionários que responderam ao questionário afirmaram gostar de receber mais informação. A maioria dos docentes e alunos, também gostariam de receber informação deste tipo. Este tipo de disponibilidade abre espaço para acções de sensibilização e formação de pelo menos 10% da população da FCT-UNL.



**Figura 5.4- Disponibilidade para receber informação sobre eficiência energética.**

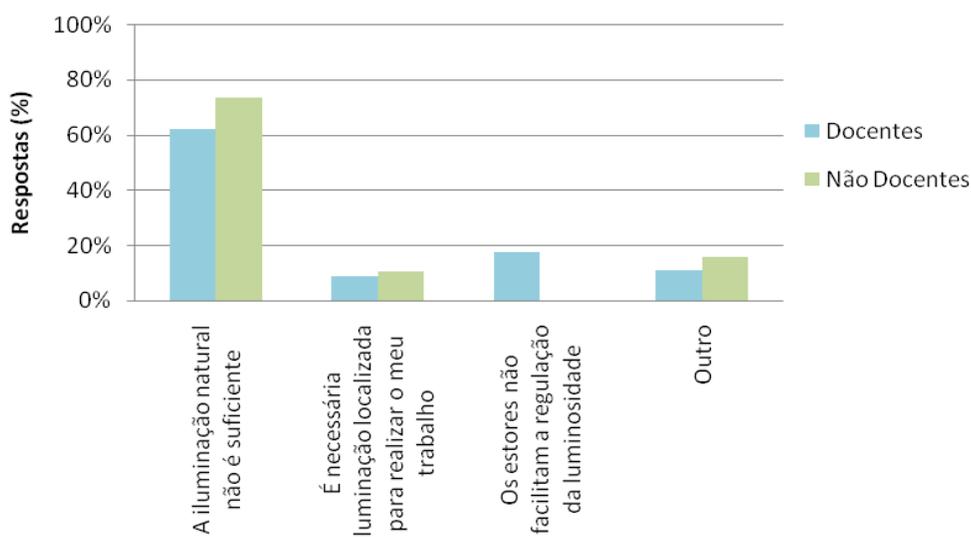
### 5.1.1 Iluminação em gabinetes e secretarias

Quando existe iluminação natural no local de trabalho, a maioria dos funcionários não docentes que responderam ao questionário (57%) costumam utilizar iluminação artificial. Já os docentes possuem comportamentos mais diversificados. No entanto percebe-se, através da observação da figura 5.5 que os funcionários não docentes utilizam mais a iluminação artificial, quando existe iluminação natural, do que os docentes.



**Figura 5.5- Utilização de iluminação artificial quando existe iluminação natural.**

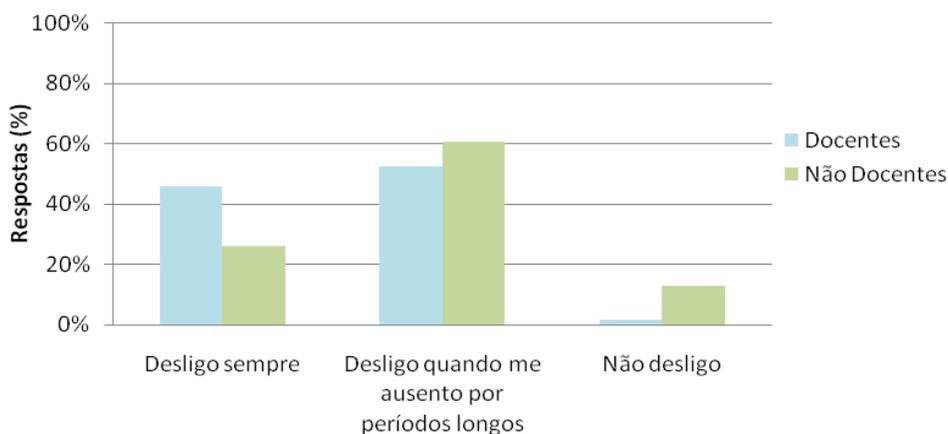
A razão principal para este tipo de utilização é, porém, a mesma para funcionários docentes e não docentes, o facto de a iluminação natural no local de trabalho não ser suficiente.



**Figura 5.6- Razões para a utilização de iluminação artificial quando existe iluminação natural.**

A iluminação artificial é desligada pela maioria dos funcionários não docentes e docentes que responderam ao questionário apenas quando existe uma ausência por períodos longos.

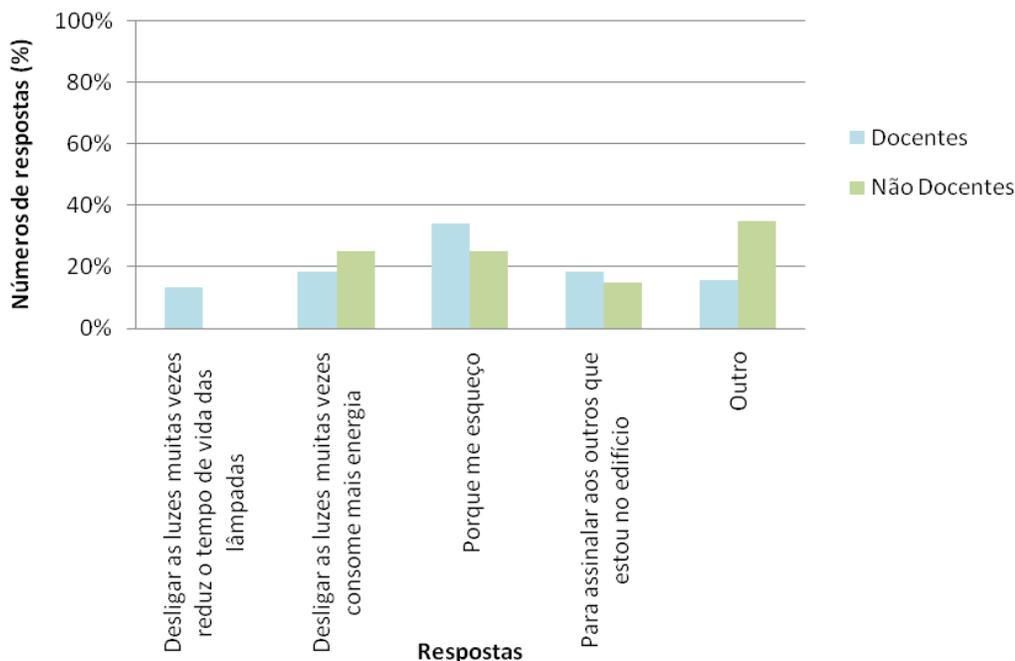
Pode-se verificar que, de acordo com as respostas recolhidas, os funcionários não docentes desligam menos a iluminação artificial quando se ausentam do seu local de trabalho do que os docentes.



**Figura 5.7- Utilização de iluminação artificial em períodos de ausência.**

A razão principal que leva os funcionários não docentes a deixar a iluminação artificial ligada nestes períodos, é o facto de o local de trabalho ser partilhado por várias pessoas, estando ocupado por pelo menos uma pessoa grande parte do tempo (“Outro” com 35% das respostas).

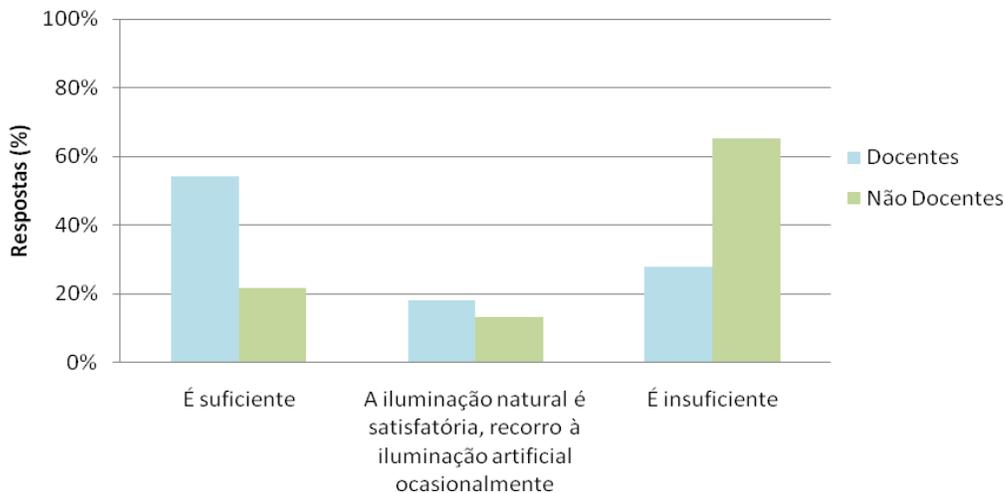
Para os docentes o esquecimento, o facto de consumir mais energia desligar as luzes muitas vezes ou o assinalar a sua presença no edifício, são as razões principais. Percebe-se que no caso dos docentes que responderam ao questionário que existe um potencial de poupança, facilmente atingido através da alteração de comportamentos e de formação.



**Figura 5.8- Razões para a utilização de iluminação artificial em períodos de ausência.**

Relativamente à iluminação natural, a resposta recolhida por parte dos funcionários indica que esta é insuficiente. Pelo contrário, a resposta dos docentes mostra que aqueles que responderam ao questionário estão satisfeitos, como pode ser observado na figura 5.9.

Isto pode dever-se ao facto de os gabinetes dos docentes possuírem, efectivamente, melhor iluminação do que o locais de trabalho dos funcionários.

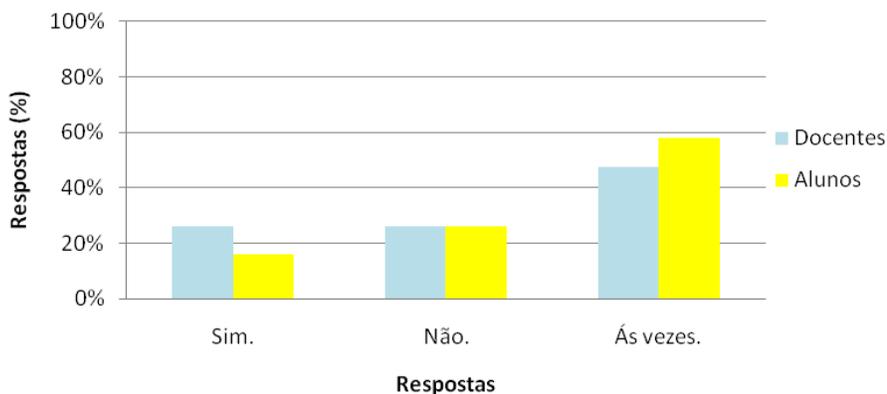


**Figura 5.9- Nível de satisfação quanto à iluminação natural nos gabinetes ou locais de trabalho.**

### 5.1.2 Iluminação em salas de aula

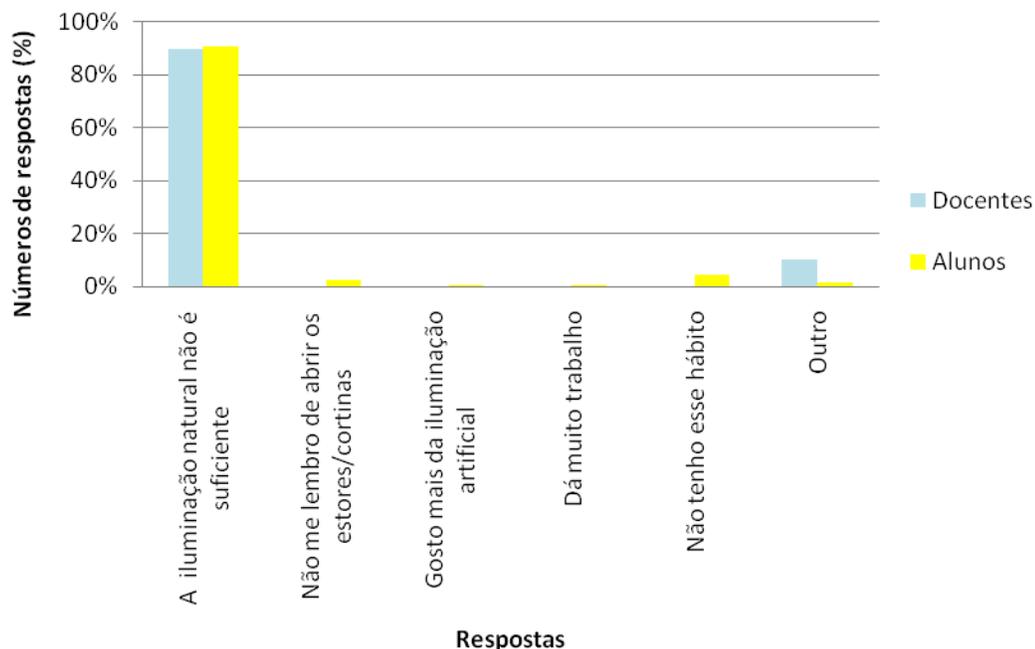
No caso de existir luz natural numa sala de aula, apenas 26% dos docentes que responderam ao questionário afirmou que não costuma utilizar a iluminação artificial.

A análise das respostas ao inquérito permite verificar que, no caso de ser o primeiro a entrar numa sala de aula ou estudo, apenas 16% dos alunos dizem que não costumam utilizar a iluminação artificial quando existe luz natural.



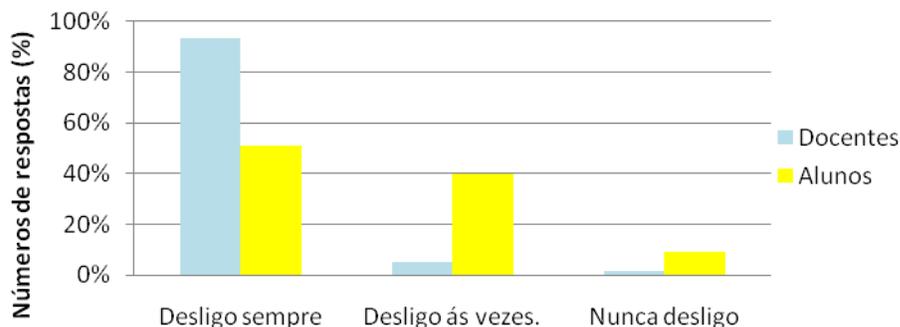
**Figura 5.10- Utilização de iluminação artificial em salas de aula quando existe iluminação natural.**

As principais razões apontadas para a utilização da iluminação artificial numa sala de aula quando existe luz natural, tanto para alunos como para docentes, são o facto de a iluminação natural ser insuficiente, como pode ser verificado pela figura 5.11.



**Figura 5.11- Razões para a utilização de iluminação artificial em salas de aula quando existe iluminação natural.**

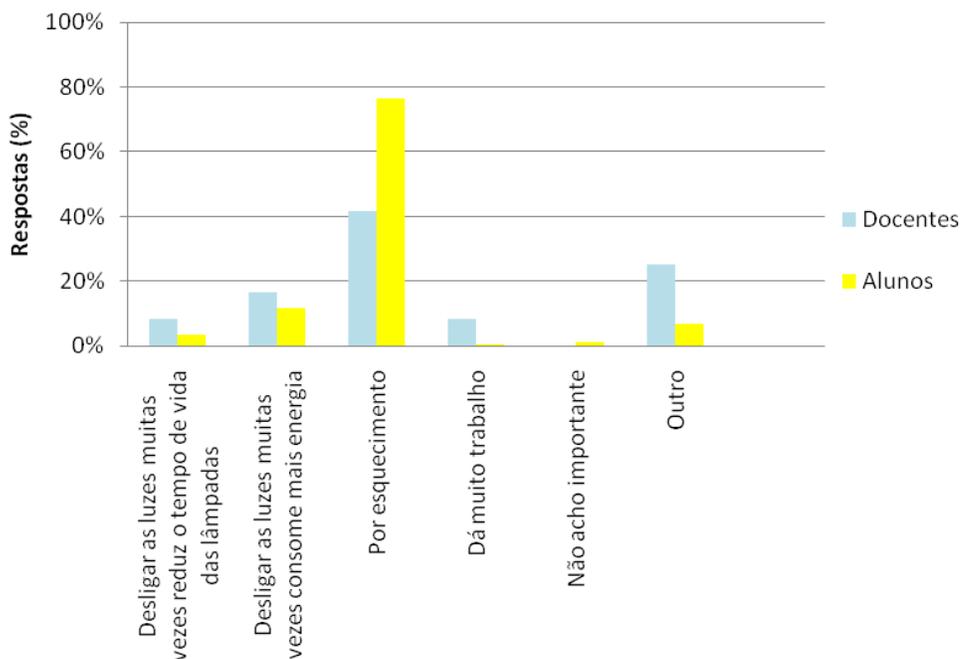
Quando saem de uma sala de aula a maioria dos docentes que respondeu ao questionário diz desligar a iluminação. No caso de ser um aluno o último a sair de uma sala, 51% desliga sempre as luzes e 9% nunca desliga.



**Figura 5.12- Acto de desligar a iluminação quando abandonam uma sala de aula.**

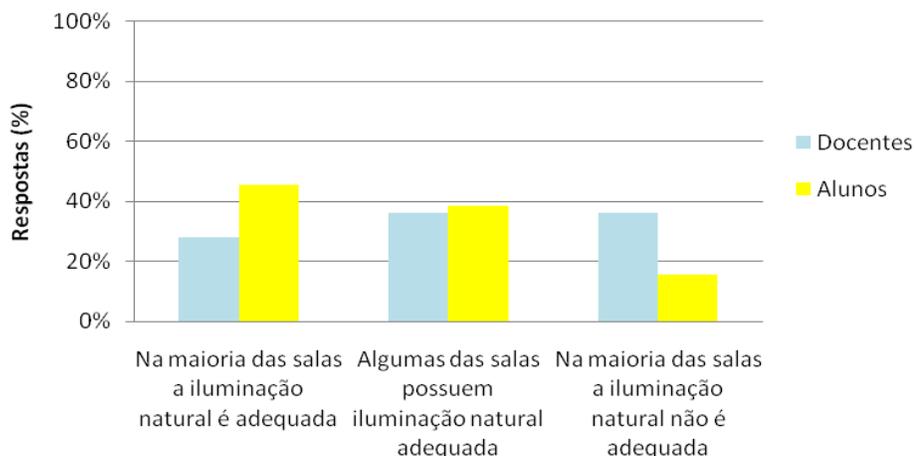
A principal razão para os docentes e para os alunos não desligarem a iluminação artificial quando saem de uma sala de aula é o facto de se esquecerem. Para 25% (“Outro”) dos docentes as razões são o facto de haver outra aula a seguir. Apenas com sensibilização para a mudança de comportamentos permitiria a poupança de energia nestas situações. A formação permitiria ainda a

dissolução de alguns mitos, como o facto de gastar mais energia desligar as lâmpadas muitas vezes do que mante-las ligadas.



**Figura 5.13- Razões para não desligar a iluminação quando abandonam uma sala de aula.**

Relativamente à qualidade da iluminação natural nas salas, 45% dos alunos que responderam afirmam que a iluminação natural nas salas de aula é adequada e 16% dizem que a iluminação natural nas salas não é adequada. Para 36% dos docentes que responderam ao questionário a iluminação natural não é adequada e 36% responderam que apenas algumas salas possuem iluminação natural adequada.



**Figura 5.14- Grau de satisfação relativamente à iluminação natural em salas de aula.**

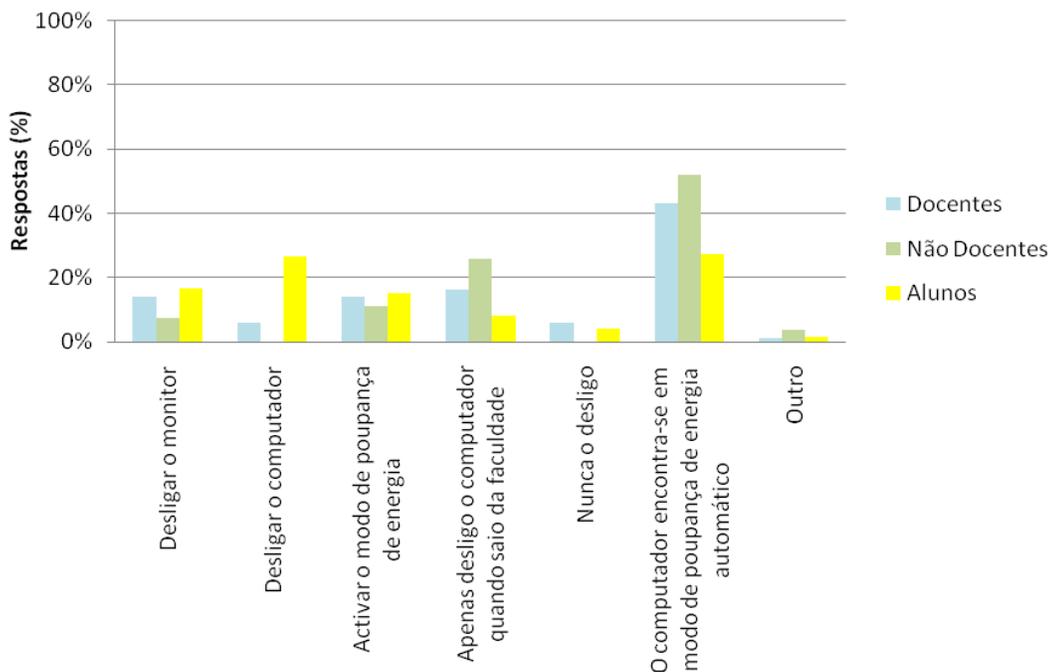
### 5.1.3 Utilização de equipamento de escritório

Quanto à utilização do computador, apenas 7% dos funcionários não docentes afirmam desligar o monitor quando não o estão a utilizar e 26% dizem que apenas desligam o computador quando saem da faculdade. No entanto a maioria indica possuir o computador com definições de poupança energética.

Quanto ao comportamento dos docentes quando não estão a utilizar o computador, apenas 6% afirmam desligar o computador e outros 6% afirmam nunca desligar o computador.

Verifica-se que existe uma maior percentagem de docentes que desligam o monitor e activam o modo de poupança de energia. Os funcionários não docentes são aqueles que mais contam com as definições de poupança de energia automáticas e os que mais deixam o acto de desligar o computador apenas para o fim do dia de trabalho.

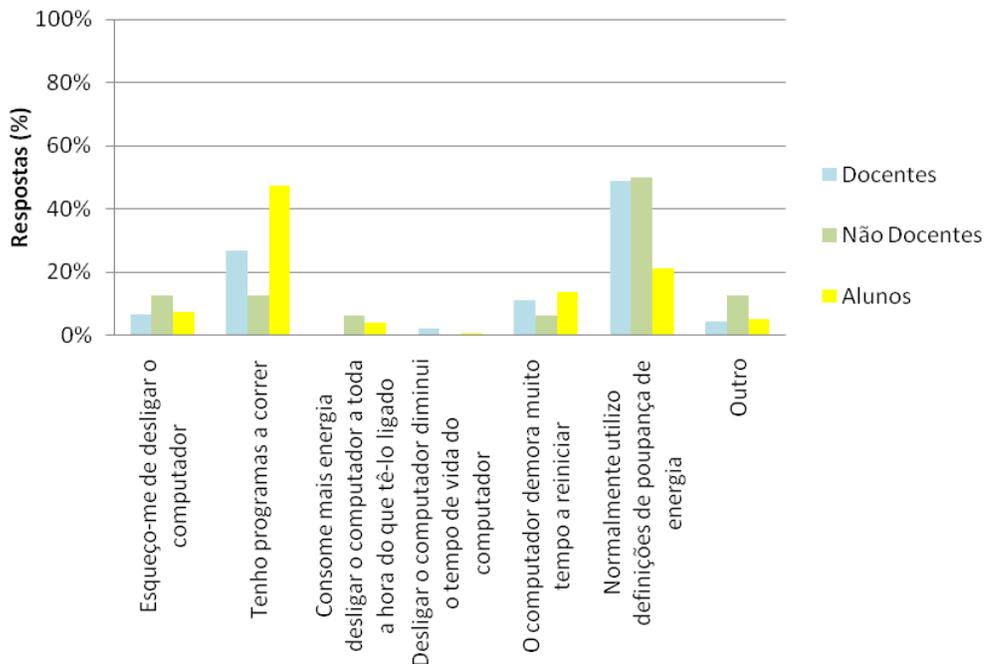
Quando não estão a utilizar o computador, a maioria dos alunos deixa o computador em modo de poupança de energia automático, em segundo lugar de preferência está desligar o computador.



**Figura 5.15- Utilização do computador em períodos de ausência.**

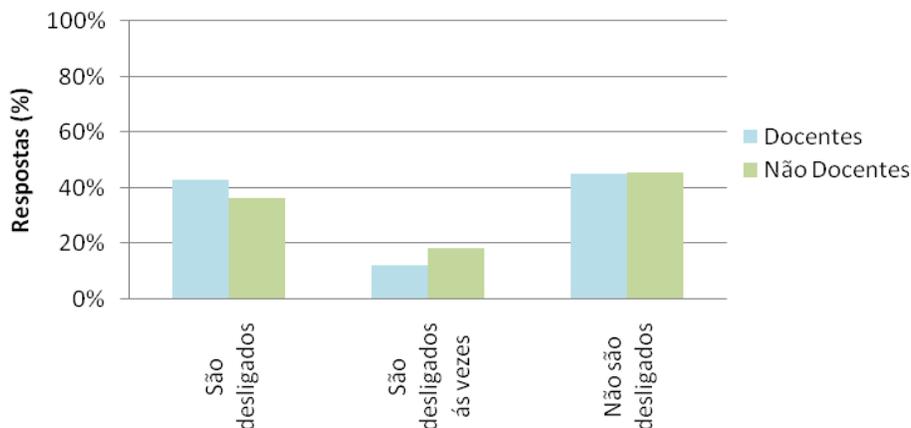
A principal razão que leva os funcionários e docentes da FCT a deixar o computador ligado quando este não está a ser utilizado é o facto de normalmente serem utilizadas definições de poupança de energia, seguindo-se o facto de existirem programas a correr.

Quarenta e oito por cento dos alunos afirmam que se deve ao facto de existirem programas a correr, 21% porque normalmente utilizam definições de poupança de energia. A dissolução de mitos também é importante nesta área, como o facto de se considerar que gasta mais energia desligar o computador do que tê-lo ligado.



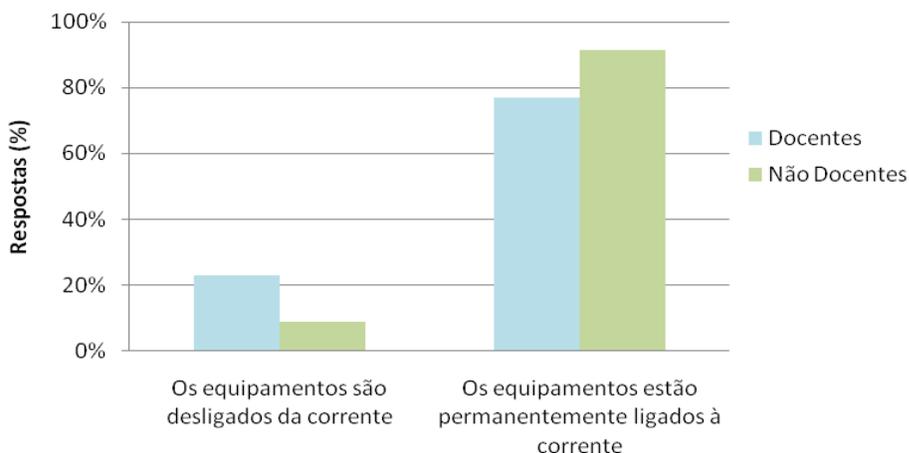
**Figura 5.16- Razões para não desligar o computador quando não está a ser utilizado.**

Relativamente ao acto de desligar outros equipamentos presentes no local de trabalho, 45% dos funcionários e dos docentes respondeu que não costuma desligá-los quando não os está a utilizar, aumentando o consumo de energia sem que estes estejam a desempenhar a sua função.



**Figura 5.17- Acto de desligar outros equipamentos de escritório quando não estão a ser utilizados.**

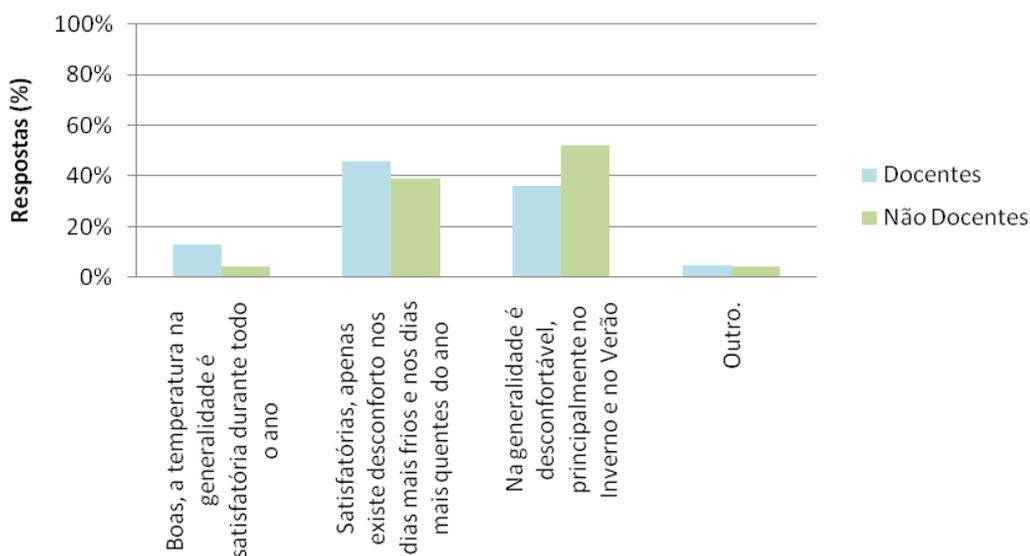
A grande maioria dos funcionários não docentes e docentes não desliga os equipamentos da tomada ou do corta corrente. Estas respostas indicam que tanto os docentes como os funcionários não docentes que responderam ao questionário não estão sensibilizados quando aos consumos *off-power* ou consumos fantasma dos equipamentos.



**Figura 5.18- Acto de desligar equipamentos de escritório da tomada ou através da utilização de um corta corrente.**

#### 5.1.4 Conforto térmico

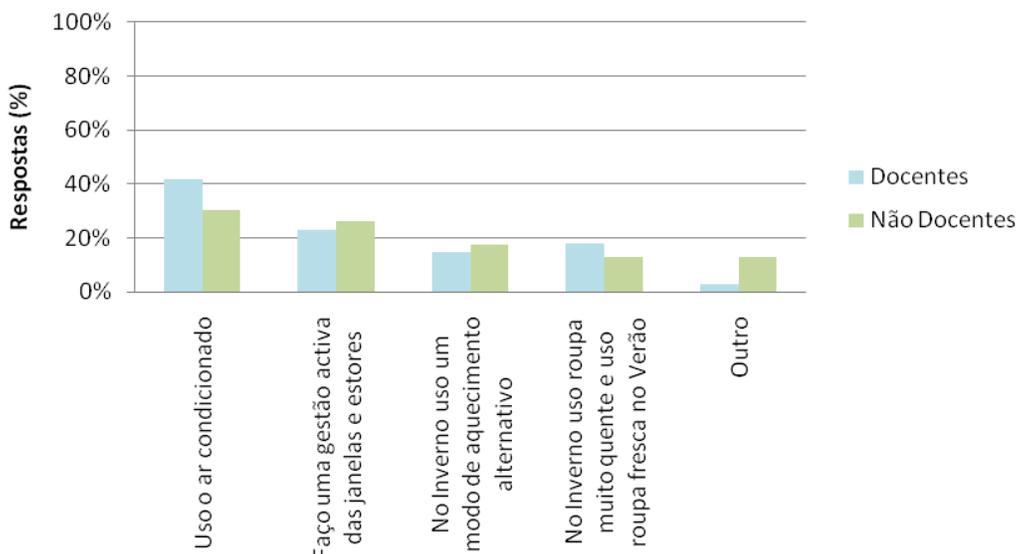
Para a maioria dos funcionários da FCT, o local de trabalho não é termicamente confortável, sendo este desconforto mais notado no Inverno e no Verão. Para 46% dos docentes, existe desconforto apenas nos dias mais frios e mais quentes do ano e apenas 13% consideram as condições de conforto térmico boas.



**Figura 5.19- Condições de conforto térmico em gabinetes ou locais de trabalho.**

Os métodos preferidos para gerir o desconforto térmico pelos funcionários não docentes são a utilização do ar condicionado, a gestão activa dos estores e janelas e através de um modo de aquecimento alternativo.

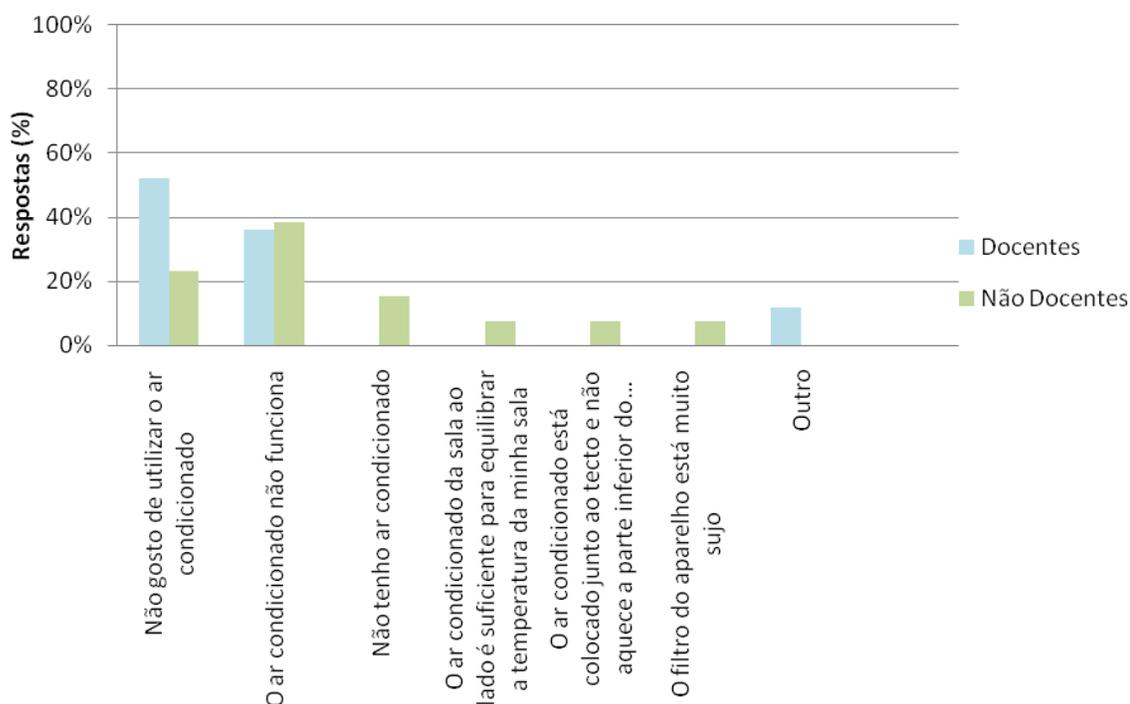
Para os docentes, os métodos mais utilizados são semelhantes: utilização do ar condicionado, gestão activa dos estores e janelas e utilização de roupa quente no inverno e fresca no Verão.



**Figura 5.20- Métodos preferidos para gerir o desconforto térmico nos gabinetes e locais de trabalho.**

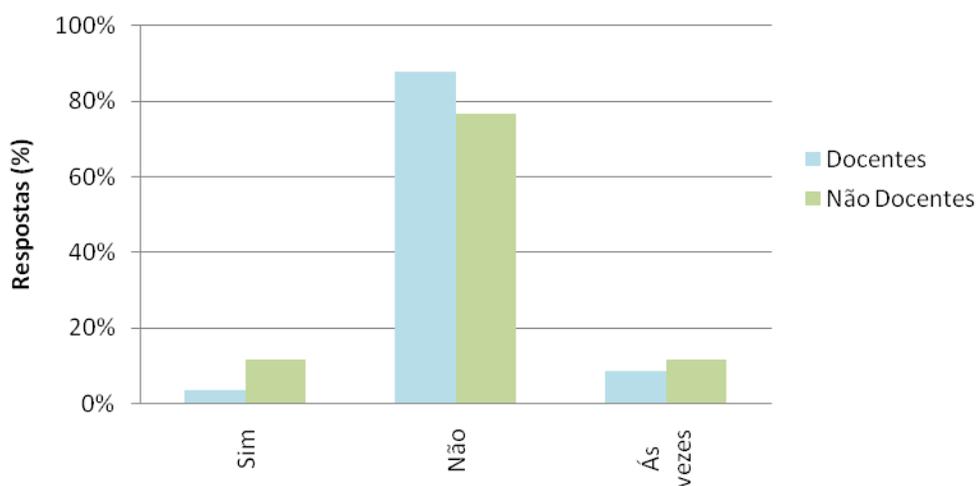
Para os funcionários não docentes existe necessidade de utilizar métodos de aquecimento alternativos principalmente devido ao mau funcionamento do ar condicionado ou porque não gostam de utilizar o ar condicionado.

Para a maioria dos docentes a razão é o facto de não gostarem de utilizar ar condicionado ou o facto destes equipamentos não funcionarem, como se pode verificar através da figura 5.21.



**Figura 5.21- Razões para a utilização de outros métodos de aquecimento em gabinetes ou locais de trabalho.**

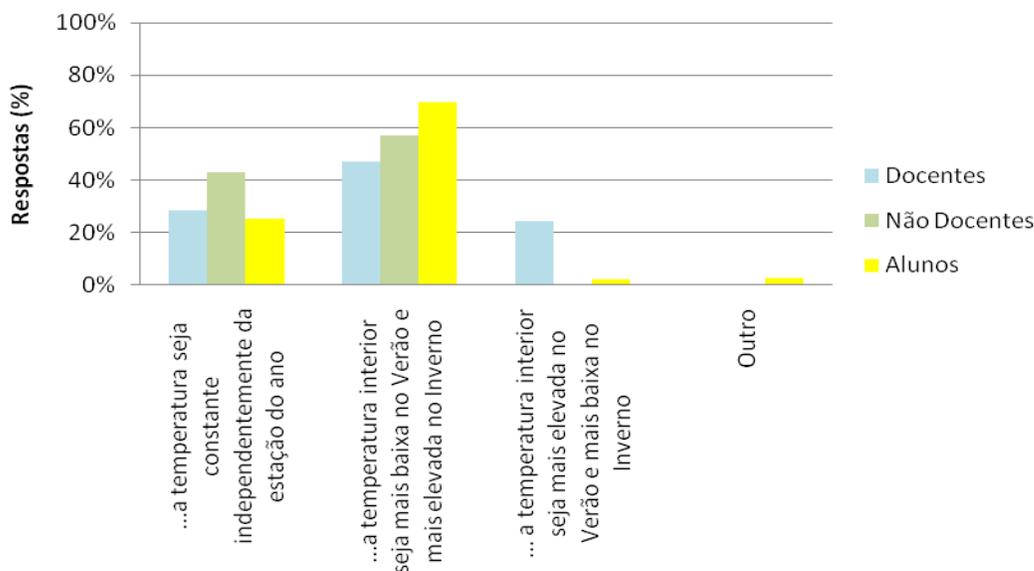
Quatro por cento dos docentes e 12% dos funcionários não docentes diz abrir as janelas ao mesmo tempo que o ar condicionado está ligado. Este facto é contraproducente, uma vez que as condições do ambiente interior estão a ser constantemente alteradas, fazendo com que seja mais difícil atingir as condições pretendidas com o ar condicionado e aumentando o consumo de energia deste equipamento.



**Figura 5.22- Utilização do ar condicionado com as janelas abertas em gabinetes e locais de trabalho.**

Quanto à temperatura interior, a maioria dos funcionários não docentes, docentes e alunos que responderam ao questionário considera que a temperatura interior deve ser inferior no Verão e superior no Inverno. Apenas 2% dos alunos e 28% dos docentes afirmam que a temperatura interior deve ser mais elevada no Verão e mais baixa no Inverno.

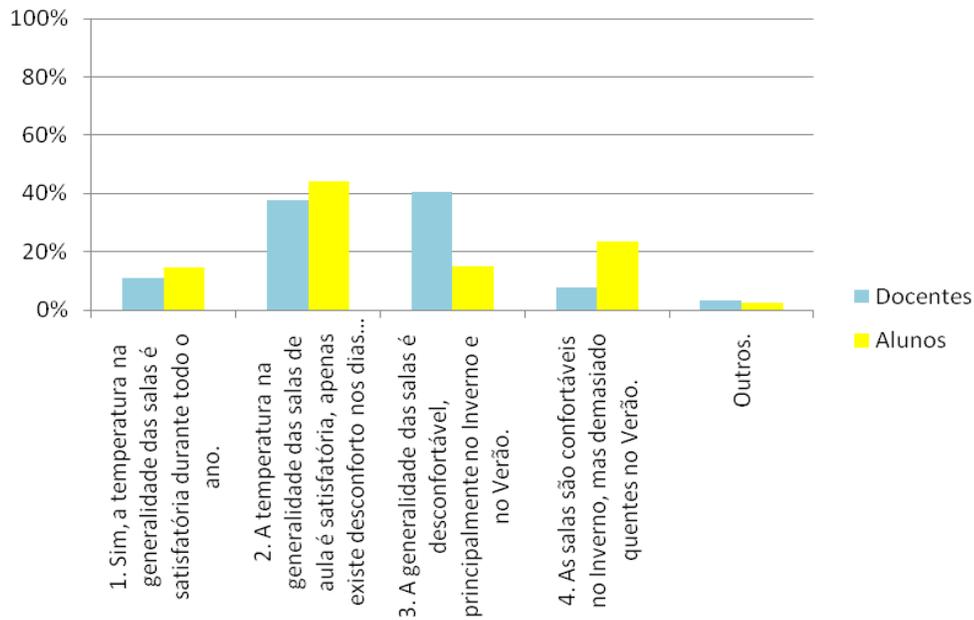
De facto, a temperatura interior deve ser mais elevada no Verão e mais baixa no Inverno. No entanto considera-se que esta questão possa ter sido mal interpretada pelos inquiridos.



**Figura 5.23- Temperatura ideal em espaços interiores no Inverno e no Verão.**

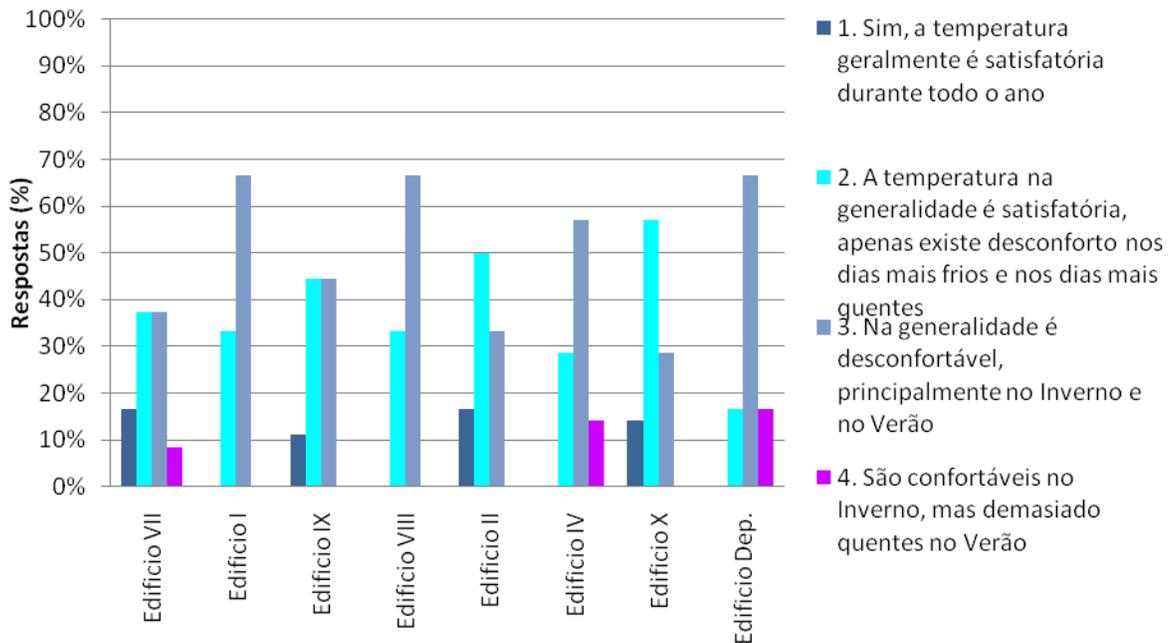
Quanto ao conforto térmico da generalidade das salas, 41% dos docentes considera que são desconfortáveis, principalmente no verão e no inverno, 11% considera a temperatura nas salas satisfatória durante todo o ano e 8% respondeu que as salas são confortáveis no inverno, mas demasiado quentes no verão.

Quanto ao que pensam os alunos sobre o conforto térmico da generalidade das salas, 44% afirmam que a temperatura na generalidade das salas é satisfatória, apenas existindo desconforto nos dias mais frios e mais quentes do ano. Para 15% dos alunos as salas de aula são desconfortáveis e para outros 15% as salas são confortáveis durante todo o ano. Existem ainda 24% dos alunos que afirmam que as salas são confortáveis no inverno mas desconfortáveis no inverno.



**Figura 5.24- Conforto térmico em salas de aula.**

Discriminando a opinião por edifício, temos que a maioria dos docentes respondeu que a generalidade das salas dos edifícios I, VIII, IV e Departamental, é desconfortável. As salas dos edifícios II e X, possuem, para a maioria dos docentes, uma temperatura satisfatória e para as salas dos edifícios VII e IX as opiniões dividem-se principalmente entre o facto de possuírem temperaturas satisfatórias ou desconfortáveis.



**Figura 5.25 - Conforto térmico em salas de aula para docentes, discriminado por edifício.**

Também se procurou saber de que modo a temperatura é regulada nas salas. A opção mais utilizada pelos alunos é a gestão das janelas e 11% diz não conseguir controlar a temperatura.

Para 41% dos docentes a melhor opção é a gestão das janelas, 20% afirma que controla a temperatura através do ar condicionado. Existem ainda 3% abrem as janelas e ligam o ar condicionado.

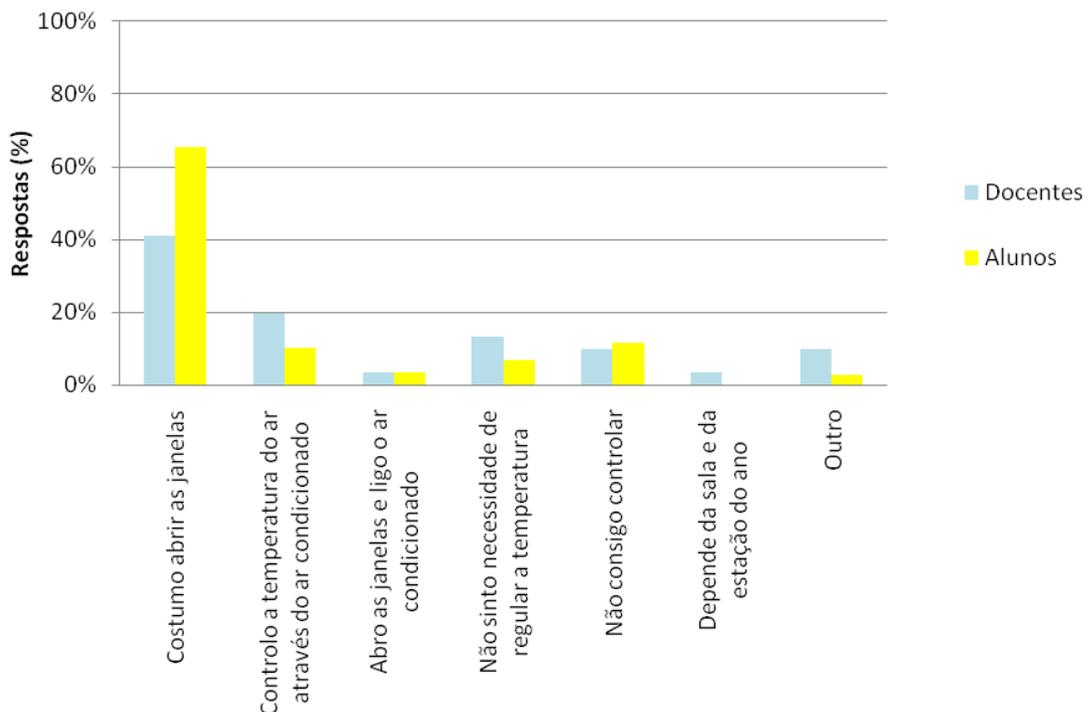


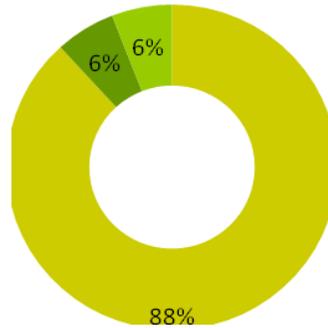
Figura 5.26- Estratégias utilizadas para regular a temperatura em salas de aula.

## 5.2 Questionário laboratórios

O questionário foi efectuado a 17 docentes responsáveis por laboratórios nos edifícios II, VIII e IX.

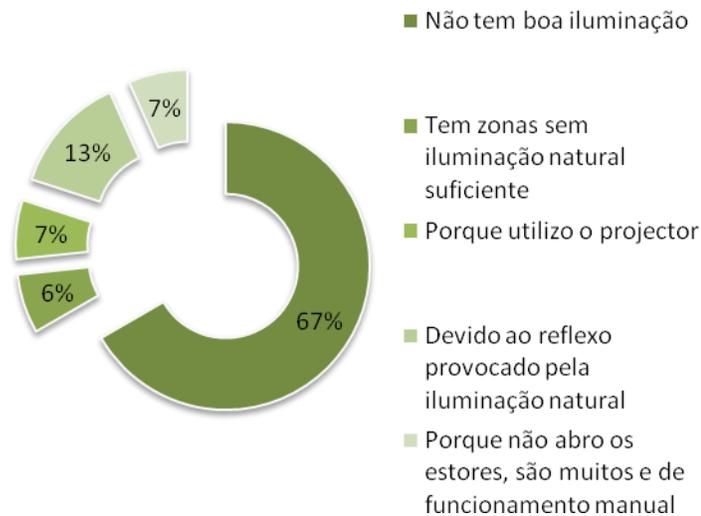
A iluminação artificial nos laboratórios é utilizada por 15 dos docentes responsáveis, quando existe iluminação natural, como pode ser observado na figura 5.27.

Sim. ■ Não. ■ Às vezes.



**Figura 5.27- Utilização da iluminação artificial quando existe iluminação natural nos laboratórios.**

A principal razão é o facto de a iluminação natural não ser suficiente ou devido ao reflexo que esta provoca na divisão, principalmente quando existe utilização dos computadores, como se pode verificar na figura 5.28. De facto, muitos laboratórios, principalmente no edificio IX, encontram-se nos pisos inferiores, com pouca entrada de luz.



**Figura 5.28- Razões para a utilização da iluminação artificial.**

Todos os docentes entrevistados afirmaram desligar a iluminação quando abandonam o laboratório.

Quanto à manutenção dos equipamentos, apenas 25% dos inquiridos afirmou existir manutenção de todos os equipamentos do laboratório, como pode ser observado na figura 5.29. Em

muitos laboratórios a manutenção é efectuada porque assim está estabelecido com a marca do equipamento ou quando estes dão sinais de problemas.

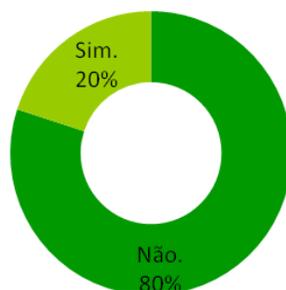
### Manutenção dos equipamentos



**Figura 5.29- Manutenção dos equipamentos de laboratório.**

A eficiência energética dos equipamentos a ser adquiridos é tida em conta por apenas 3 dos responsáveis pelos laboratórios, como se mostra na figura 5.30. Este número diminui para 1, quando falamos nos equipamentos que já existem nos laboratórios. Muitas vezes, a especificidade dos equipamentos não permite este tipo de preocupações, uma vez que não existem alternativas disponíveis.

### Eficiência energética

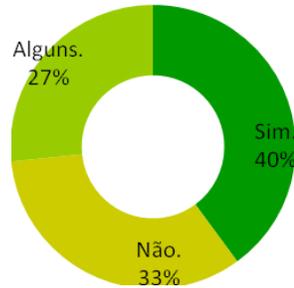


**Figura 5.30- Utilização da eficiência energética como característica para a compra de equipamentos de laboratório.**

A figura 5.31 mostra a percentagem de docentes que diz desligar os equipamentos de laboratório quando não estão a ser utilizados. Muitos dos docentes mantêm ou desligam os equipamentos da ficha, uma vez que existem oscilações de corrente que os danificam. Assim, nalguns laboratórios, apenas os equipamentos mais sensíveis, são desligados. Noutros nunca são

desligados, uma vez que sempre que os desligam têm que ir para arranjar, o que significa custos elevados e a sua inoperabilidade quando é necessário.

### Consumo off power



**Figura 5.31- Acto de desligar os equipamentos da corrente, quando não estão a ser utilizados.**



## 6 Análise do consumo de energia

### 6.1 Síntese de dados gerais

Os dados do consumo de electricidade e o resultado da estimativa do consumo de gás propano no ano de 2008 são apresentados na tabela 6.1. O consumo de gás propano nestes edifícios deve-se apenas à utilização de caldeiras o aquecimento dos mesmos.

**Tabela 6.1 – Consumo de energia nos edifícios em estudo.**

Edifícios	Electricidade (MWh/ano)	Propano (t/ano)
Edifício II	563	-
Edifício VII	471	3,1
Edifício VIII	376	5,3
Edifício IX	461	4,6
Edifício X	328	3,6

A discriminação do consumo de electricidade por tipo de equipamento, obtida através das estimativas resultantes deste trabalho, é apresentada na tabela 6.2. Na tabela 6.3 são apresentados os dados do consumo de electricidade por tipo de espaço.

**Tabela 6.2 – Consumo de electricidade por equipamento, em cada edifício estudado, no ano de 2008.**

Edifícios Electricidade (MWh/ano)	Iluminação	Equipamento de escritório	Equipamento de laboratório	Climatização
Edifício II	191	96	198	78
Edifício VII	94	127	-	249
Edifício VIII	98	47	175	57
Edifício IX	77	49	239	95
Edifício X	64	34	64	165

Tabela 6.3 - Consumo de electricidade por espaço, em cada edifício estudado.

Edifícios Electricidade (MWh/ano)	Gabinetes/ secretarias	Salas de aula e auditórios	Laboratórios de computadores	Laboratórios	Áreas comuns
Edifício II	136	9	77	201	141
Edifício VII	132	160	135	-	44
Edifício VIII	51	10	27	189	98
Edifício IX	59	26	27	276	73
Edifício X	197	-	93	-	38

Na figura 6.1 são apresentadas as áreas dos vários edifícios. Pode-se observar que o edifício VII é aquele que tem maior área, sendo também um dos maiores consumidores de energia eléctrica e o edifício X é o menor dos edifícios em estudo, sendo também o menor consumidor de electricidade.

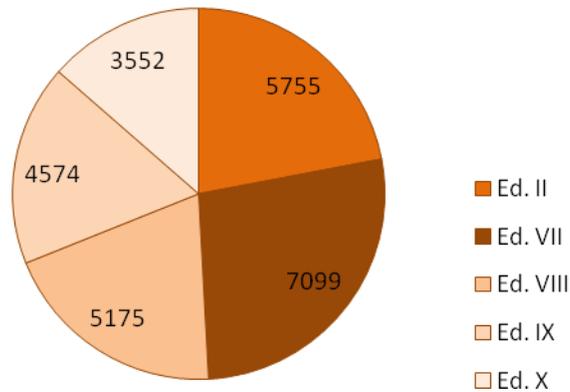
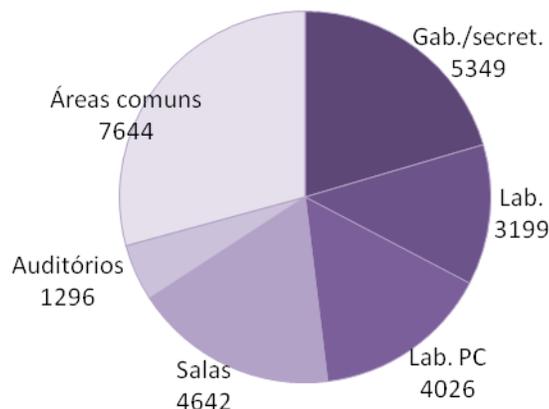


Figura 6.1 – Área (m<sup>2</sup>) dos edifícios em estudo.

A discriminação das áreas correspondentes a cada tipo de espaço pode ser observada na figura 6.2. As áreas comuns (zonas de passagem e sanitários) ocupa a maior porção dos edifícios, seguindo-se os gabinetes e secretarias.



**Figura 6.2 – Área (m<sup>2</sup>) do conjunto dos espaços dos edifícios em estudo.**

## **6.2 Análise por edifício**

### **6.2.1 Edifício II**

#### *Caracterização do edifício*

No seu conjunto, o edifício II tem 1151 ocupantes. Este foi construído em duas fases. A primeira constitui um edifício em “U”, a que se chamará ao longo do trabalho edifício II original, que acomoda no seu interior o departamento de Ciência dos Materiais (DCM) e salas de aula do departamento de Engenharia Informática (DEI). A segunda constitui um edifício que fecha o “U”, que está ligado interiormente ao edifício original, ao qual se chamará ao longo deste trabalho CITI. O Centro de Informática e Tecnologias de Informação/Centro de Inteligência Artificial (CITI/CENTRIA) encontra-se sediado neste segundo complexo e contém essencialmente os gabinetes de docentes e investigadores e a secretaria do Departamento de Informática.

O edifício possui fachadas a Noroeste, Sudoeste, Nordeste e Sudeste, sendo que a entrada principal se efectua a Sudoeste. Tanto as portas como as janelas têm vidros simples de 6mm e caixilharia de alumínio.

A iluminação nos corredores do CITI é efectuada através de lâmpadas compactas fluorescentes com reflector, enquanto no restante edifício a iluminação é efectuada por lâmpadas fluorescentes tubulares de 36W, com difusor. No entanto, devido à falta de manutenção a iluminação do edifício II original, está subaproveitada, uma vez que a falta de limpeza dos difusores e a falta de alguns deles contribuem para um baixo rendimento da iluminação em causa. A iluminação nos espaços comuns

do edifício II original está ligada 24 horas por dia, enquanto no CITI existem interruptores com temporizador nalguns pontos.

A generalidade das salas tem dois interruptores, controlando cada um 50% da iluminação do tecto e um interruptor para a iluminação do quadro, utilizando lâmpadas fluorescentes tubulares de 36 W com reflector. Nos laboratórios do Departamento de Ciências dos Materiais a iluminação é efectuada através de lâmpadas fluorescentes tubulares, com difusor.

A climatização é efectuada por meio de bombas de calor do tipo *split* nos gabinetes e nas salas do Departamento de Informática.

### ***Termografia***

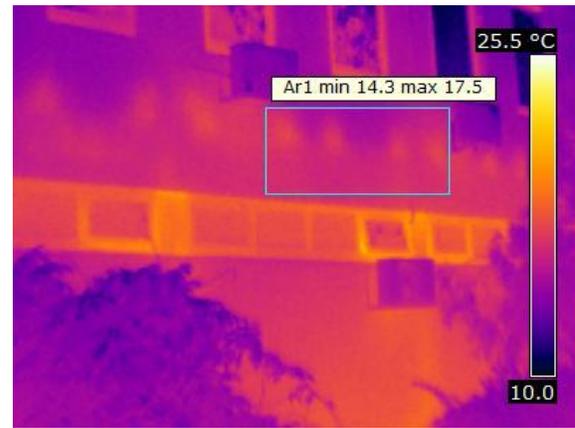
Verifica-se que as fotografias tiradas ao início da manhã permitem a visualização mais clara das diferenças de temperatura nas paredes. Este facto deve-se ao arrefecimento da temperatura exterior durante a noite, o que torna o gradiente de temperatura entre o interior e o exterior mais acentuado e a transmissão do calor do interior do edifício para o exterior.

Entre os termogramas da fachada ao amanhecer e ao fim da tarde verifica-se que a diferença entre as temperaturas mínimas é de cerca de 8 °C e entre as temperaturas máximas é cerca de 7 °C.

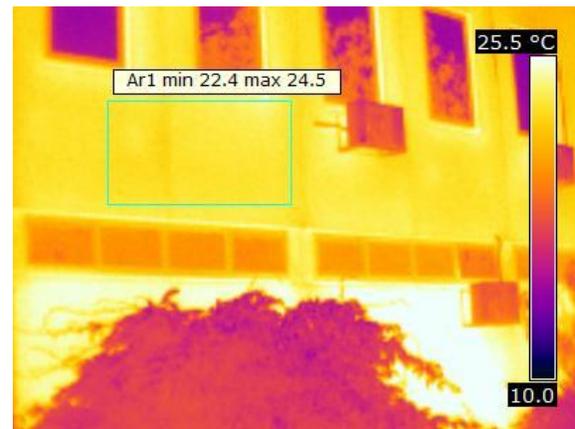
Nas figuras 6.3 b e c existem pequenas áreas circulares mais quentes na zona inferior das janelas e ar condicionado, através das quais o edifício perde calor (Ar 1). Algumas delas podem dever-se à ancoragem dos suportes de metal dos equipamentos de ar condicionado às paredes. Existem perdas de calor através dos caixilhos das janelas, denotando a inexistência de corte térmico.



(a)



Data: 07/05/09; hora: 7:06 (b)



Data: 07/05/09; hora: 20:20 (c)

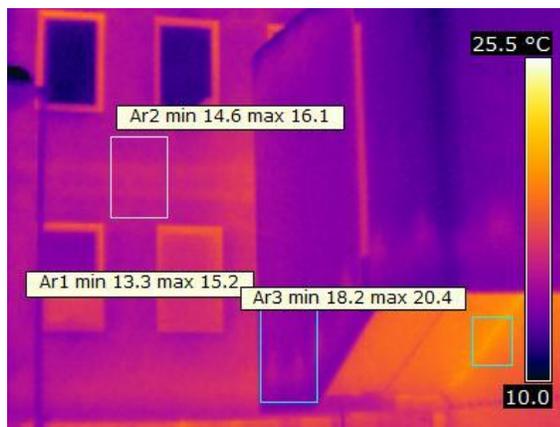
**Figura 6.3 - (a) Imagem visual da fachada a Sudoeste; (b) imagem térmica tirada ao amanhecer; (c) imagem térmica tirada ao fim da tarde.**

Na figura 6.4 b observa-se parte da estrutura horizontal do edifício (laje) entre as janelas (Ar2), sendo esta mais quente do que a restante fachada. Este facto ocorre porque durante a noite o interior do edifício é mais quente que o exterior. Assim, as paredes arrefecem, enquanto a estrutura de betão liberta o calor armazenado durante o dia. Podem ainda observar-se áreas circulares mais quentes (Ar1) e uma ponte térmica linear (Ar3), na parte exterior das escadas do edifício II, através das quais o edifício perde calor.

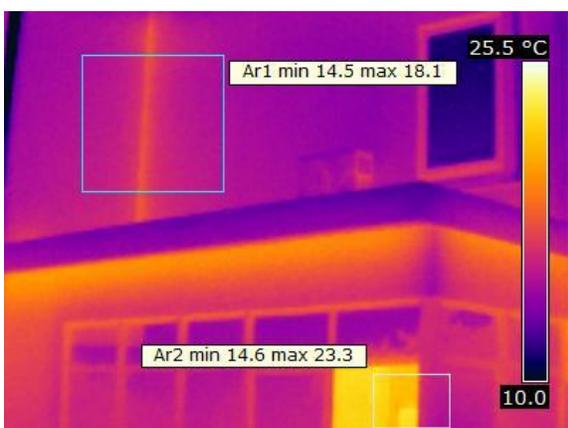
Na figura 6.4 c, verifica-se mais uma vez uma zona mais quente acima dos envidraçados, provocada pela saliência que impede o ar mais quente de subir e também a perda de calor devido à abertura da porta de vidro (Ar2). Observa-se ainda a perda de calor na zona de união das duas paredes (Ar1), constituindo uma ponte térmica linear.



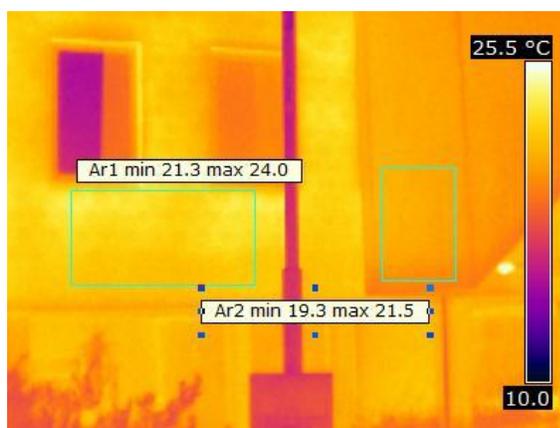
Data: 07/05/09; hora: 7:12 (a)



Data: 07/05/09; hora: 7:13 (b)



Data: 07/05/09; hora: 7:13 (c)



Data: 07/05/09; hora: 20:17 (d)

**Figura 6.4 - (a) Imagem visual da fachada a Noroeste; (b) imagem térmica tirada ao amanhecer; (c) pormenor da imagem térmica tirada ao amanhecer; (d) imagem térmica tirada ao fim da tarde.**

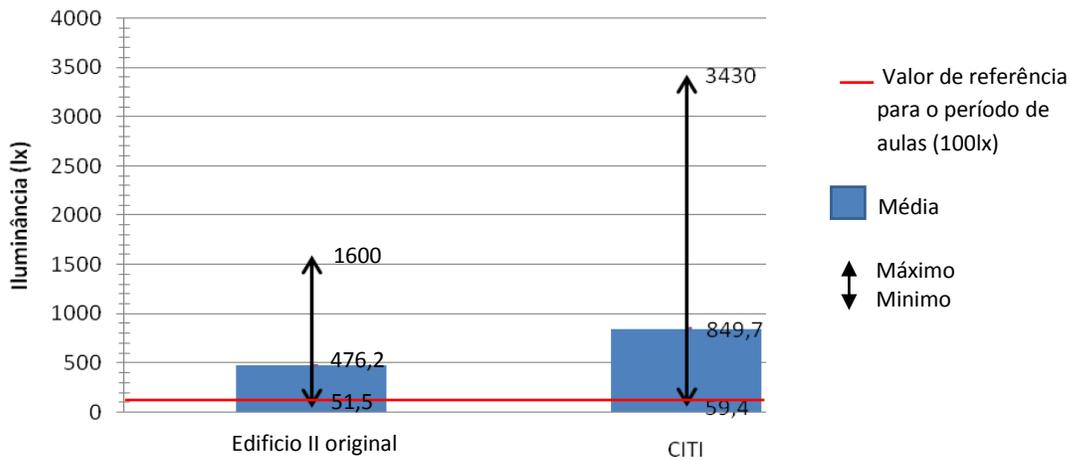
### *Iluminância*

A iluminância foi amostrada em vários pontos de circulação e salas do Edifício II e corredores do CITI. Associada a cada uma das medições, foi observado se o espaço possuía a iluminação artificial ligada ou não.

Na figura 6.5 verifica-se que os valores médios de iluminância nas zonas de passagem durante o período diurno são mais elevados no CITI do que no edifício II, existindo valores máximos muito elevados devido aos envidraçados existentes em algumas zonas.

Em vinte e seis medições efectuadas nas áreas de circulação dos edifícios II e CITI, apenas seis desses locais possuíam a iluminação desligada, ou seja 23%. Das medições efectuadas em zonas de circulação cuja iluminação estava ligada, nove das vinte amostras possuíam valores de iluminância superiores a 100 lx. Existem algumas amostras com valores inferiores a 100lx, cinco no edifício II e

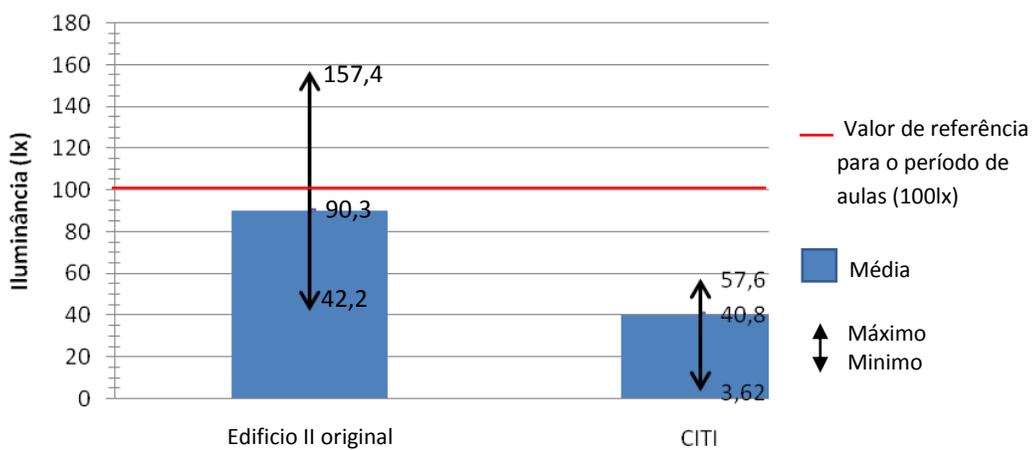
três no CITI, cujos locais de amostragem possuíam a iluminação artificial ligada, como se pode verificar na tabela em anexo.



**Figura 6.5 - Valores de iluminância amostrados em zonas de passagem no edifício II durante o dia.**

Considerando o período nocturno como a pior situação em termos de iluminação em período de aulas, verifica-se que em média os valores de iluminância são inferiores a 100 lx, apesar de no CITI essa diferença ser de 59 lx e no edifício II original 10 lx.

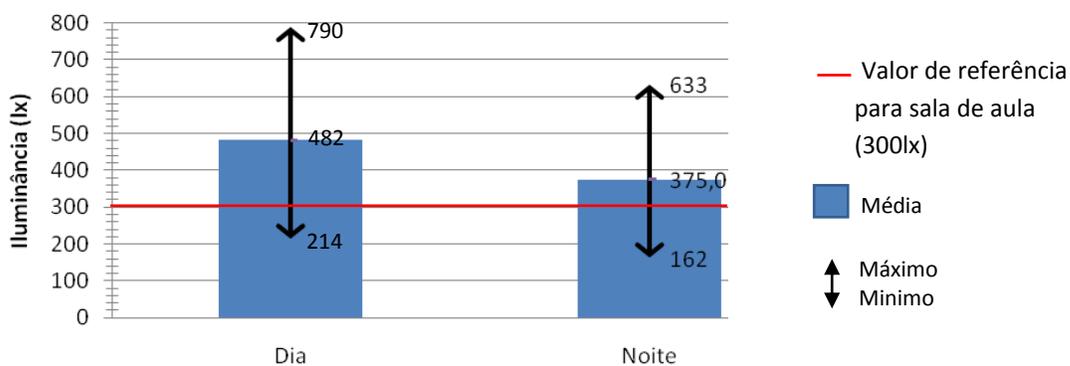
Relativamente à situação nocturna, verifica-se que os valores médios são inferiores a 100lx. No CITI, das sete medições efectuadas à noite, quatro possuem valores inferiores a 50 lx. No edifício II os valores de iluminância são mais elevados, podendo ser melhorados através da manutenção das luminárias e do funcionamento das lâmpadas.



**Figura 6.6 - Valores de iluminância amostrados em zonas de passagem do edifício II durante a noite.**

A amostragem efectuada nas salas durante o dia para as situações de iluminação ligada e desligada, demonstrou que apenas a sala 204 tem condições de luz natural suficientes para que não seja necessária a iluminação artificial. Isto deve-se ao facto de o valor de iluminância ser de 312 lx, superior a 300 lx de iluminância referido nas Normas DIN 5035 e EN 12464-1.

Segundo a Norma EN 12464-1, as salas destinadas à prática informática devem apresentar valores de 500 lx. Durante o dia, apenas as salas 231 e 229 apresentavam valores de iluminância que cumprem a norma, com valores de 671 lx e 532 lx, respectivamente, com a iluminação artificial ligada. À noite, apenas a sala 229 possui valores de iluminância superiores ou iguais a 500 lx, sendo o valor de 516 lx.



**Figura 6.7- Valores de iluminância amostrados em salas do edifício II.**

### *Distribuição de consumos*

A estimativa do consumo de electricidade no edifício II possui um erro de 2% por defeito relativamente ao valor tomado como referência.

Na figura 6.8 pode-se verificar que os equipamentos que mais electricidade consomem são a iluminação, que está ligada 24h/dia e os equipamentos de laboratório do DCM.

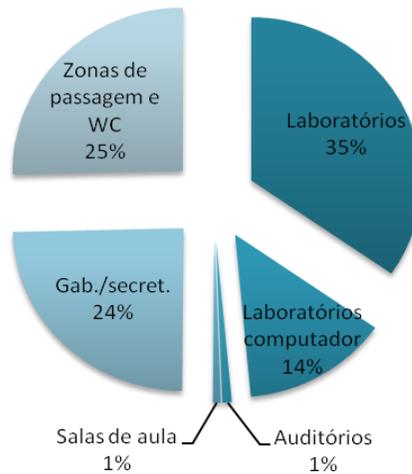
## Consumo electricidade por tipo equipamento



**Figura 6.8- Distribuição do consumo de electricidade por tipo de equipamento no edifício II.**

A distribuição do consumo de electricidade por uso mostra que os laboratórios são os que consomem mais energia eléctrica, seguindo-se os espaços comuns e os gabinetes e secretarias.

## Consumo electricidade por espaço



**Figura 6.9- Distribuição do consumo de electricidade por espaço no edifício II.**

Através da tabela 6.4 pode-se observar que o consumo dos gabinetes e secretarias se deve principalmente aos equipamentos de escritório que possui e à iluminação.

Tabela 6.4- Consumo de electricidade por espaço e tipo de equipamento no edifício II, em 2008.

MWh/ano	Iluminação	Equipamentos	Climatização	Total
Laboratórios	2,5	192,8	-	195,3
Laboratórios Computadores	4,2	29,5	44,4	78,1
Auditórios	1,6	-	3,3	5,0
Salas de aula	3,8	0,051	0,4	4,2
Gabinetes/secretarias	39,7	67,2	31,1	138,0
Zonas de passagem e WC	142,9	-	-	136,3
<b>Total</b>	<b>194,7</b>	<b>289,5</b>	<b>79,2</b>	<b>563,4</b>

A tabela 6.5 mostra a relação entre a área útil e o consumo de electricidade de cada uso. Verifica-se que os usos mais intensivos são os laboratórios do DCM, seguidos dos laboratórios de computadores do DI. Apesar dos laboratórios de computadores possuírem uma área útil superior aos laboratórios do DCM, estes consomem menos energia eléctrica.

Tabela 6.5- Área útil e indicador (kWh.m<sup>-2</sup>) por uso no edifício II em 2008.

	Área por uso (m <sup>2</sup> )	Indicador (kWh.m <sup>-2</sup> )
Laboratórios	729	268
Lab. computadores	855	91
Auditórios	290	17
Salas de aula	573	7
Gabinetes/secretarias	1712	81
Áreas comuns	1596	90

Utilizando o factor de emissão de CO<sub>2</sub>e calculado, no valor de 400,81 g CO<sub>2</sub>e/kWh, foram determinadas as emissões de CO<sub>2</sub>e devido ao consumo de electricidade para o edifício II.

Tabela 6.6- Emissões de CO<sub>2</sub> associadas ao consumo de electricidade no edifício II e CITI.

	Consumo electricidade (MWh)	GEE electricidade (t CO <sub>2</sub> e)
Edifício II	563	226

### *Potencial de poupança*

O potencial de poupança energética foi calculado para algumas medidas consideradas pertinentes para o edifício em questão.

O consumo em *stand by* e *off power* dos equipamentos de escritório representam cerca de 8% do consumo deste tipo de equipamentos. A instalação de mecanismos, como as fichas corta corrente, bem como a formação dos utilizadores, permitiriam eliminar este tipo de consumo.

A colocação de sensores de movimento nas instalações sanitárias, de balastros electrónicos nas lâmpadas fluorescentes e o funcionamento da iluminação artificial nos espaços comuns apenas quando a luz natural não é suficiente, permitiria a poupança de 41% da electricidade deste tipo de uso.

Na literatura é referido que a instalação de balastros electrónicos permite a poupança de cerca de 20% da energia gasta em iluminação e aumenta o tempo de vida das lâmpadas em 50%. Visto que a iluminação neste edifício é feita à custa de lâmpadas fluorescentes com balastros magnéticos existe um potencial de poupança elevado. É ainda referido que os sensores de ocupação em áreas comuns permitem poupanças que podem atingir os 30%.

**Tabela 6.7- Potencial de poupança de algumas medidas para o edifício II e CITI.**

<b>Medidas</b>	<b>P. Poupança (kWh/ano)</b>	<b>P. Poupança total (%)</b>	<b>Periodo de retorno(anos)</b>	<b>Custo investimento(€)</b>
Equipamentos de escritório	7773	1%	-	-
Instalação balastros electrónicos	36756	7%	2,0	14 232
Sensores de ocupação WC	1843	0%	0,8	221
Sensores corredores	48344	9%	0	388
Total	84510	15%	0,9	14 840

O conjunto destas medidas permitiriam a poupança de cerca de 34 t CO<sub>2</sub> e/ano.

## **6.2.2 Edifício VII**

### *Caracterização do edifício*

O edifício VII tem cerca de 1300 ocupantes e uma área útil de cerca de 7279m<sup>2</sup>.

Neste edifício estão localizados o Centro de Imagem, Imprensa e Difusão de Informação (CIIDI), o complexo Pedagógico, o Departamento de Matemática, o Departamento de Ciências Sociais Aplicadas, o Centro de Formação, o Gabinete de Acolhimento e Mobilidade e o Gabinete de Orientação e Informação de Emprego.

O edifício VII possui fachadas a Norte, Sul, Este e Oeste, sendo a entrada principal efectuada a Norte. O complexo pedagógico (DMat-Pedagógico) situa-se a Este e o departamento de Matemática (DMat-Departamento) a Oeste. Os vãos envidraçados possuem vidro temperado de 6mm e caixilhos de alumínio onodizado. A parede circular do auditório 1C é constituída por betão. Esta é isolada termicamente pelo exterior e interior com isolamento do tipo *Dryvit*, possuindo ainda uma camada

de impermeabilização e reboco hidrofugo. A cobertura deste anfiteatro também é isolada termicamente. As restantes paredes exteriores são duplas. O pano exterior é constituído por alvenaria de tijolo de 0,11m e o pano interior constituído por alvenaria de tijolo de 0,20m ou betão com uma espessura de 0,20m. A parede possui uma caixa-de-ar de 0,04 m e reboco de hidrofugo pintado com emulsão betominosa de 0,01 m junto ao pano interior. Existem ainda algumas paredes que possuem um revestimento em pedra Lioz molianos. As coberturas são isoladas termicamente.

Na generalidade as salas de aula possuem quatro interruptores, sendo que cada um controla 25% da iluminação do tecto, existindo ainda um interruptor para a iluminação do quadro. A iluminação das salas é efectuada através de lâmpadas fluorescentes tubulares com reflector, enquanto os corredores são iluminados por lâmpadas fluorescentes compactas com reflector e por lâmpadas de descarga (HID). A iluminação nos espaços comuns não possui períodos de funcionamento iguais. A iluminação dos sanitários e dos corredores do DMat-Pedagógico encontram-se em funcionamento 24 horas por dia, enquanto nos corredores do DMat-Departamento é ligada quando não existe iluminação natural suficiente.

A climatização nos gabinetes e salas é efectuada através de uma caldeira Roca NG 400/215 e um *chiller* Atec EAW / FSA-250. Nos anfiteatros a climatização é feita através de seis *rooftop*.

O edifício VII consumiu, no ano de 2008, 470782 kWh/ano de electricidade e cerca de 3 t de gás propano.

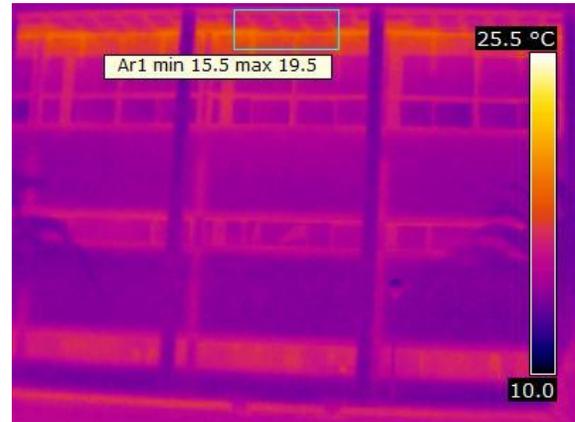
### ***Termografia***

No edifício VII, tal como no edifício II, as imagens termográficas nas quais se consegue ver melhor os contrastes do comportamento térmico dos elementos construtivos da fachada são as tiradas de manhã. A diferença entre as temperatura mínima das figuras 6.10 b e d é cerca de 8 °C e entre as temperaturas máximas é cerca de 6 °C.

Através da figura 6.10 c, na fachada a Norte revestida a pedra, distingue-se uma faixa cuja temperatura é mais elevada (Ar1). Na figura 5.12 b e d, pode-se observar uma área mais quente na ligação entre os vãos envidraçados e a pala (Ar1), constituindo uma ponte térmica linear. Também pode ser observada a estrutura vertical (pilares) do edifício, constituindo pontes térmicas com a fachada e os caixilhos das janelas que não possuem corte térmico, exibindo uma temperatura mais elevada que a restante fachada.



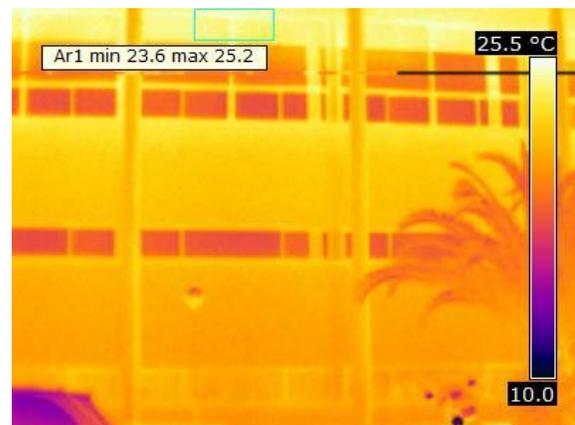
Data: 9/02/10; hora: 14:16 (a)



Data: 07/05/09; hora: 7:28 (b)



Data: 08/05/09; hora: 6:50 (c)



Data: 06/05/09; hora: 19:30 (d)

**Figura 6.10-** (a) Imagem visual da fachada a Norte; (b) imagem térmica da fachada DMat Pedagógico tirada ao amanhecer; (c) imagem térmica da fachada revestida a pedra tirada ao amanhecer; (d) imagem térmica da fachada DMat Pedagógico tirada ao fim da tarde.

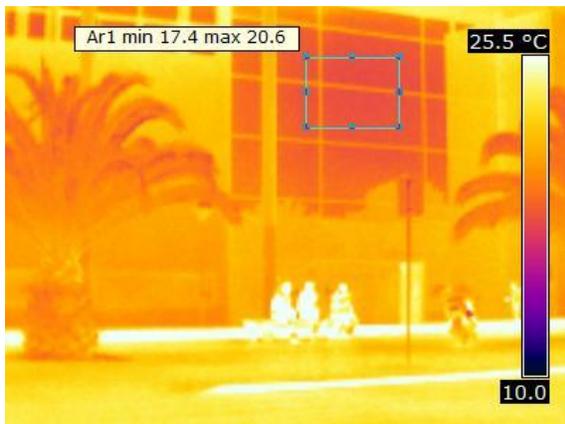
Há ainda a destacar a grande área de envidraçados que, tal como se pode ver na figura 6.15 b, permite perdas e ganhos de calor superiores às paredes de alvenaria, podendo-se verificar que apresentam uma temperatura superior de manhã e uma temperatura mais elevada ao fim da tarde (figura 6.11 c). No entanto, esta análise requer prudência, uma vez que os vidros, devido ao reflexo que produzem, podem induzir erros nas imagens térmicas.



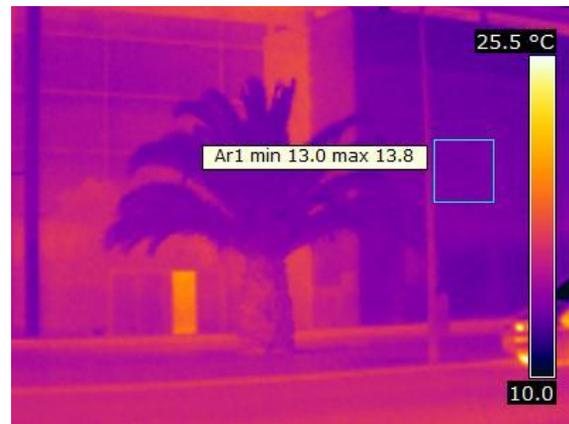
Data: 9/02/10; hora: 14:16 (a)



Data: 06/05/09; hora: 19:30 (b)



Data: 06/05/09; hora: 19:29 (c)



Data: 06/05/09; hora: 19:30 (d)

**Figura 6.11- (a) Imagem visual da fachada a Norte; (b) imagem térmica tirada ao amanhecer com área vidro; (c) imagem térmica tirada ao fim da tarde; (d) imagem térmica tirada ao amanhecer.**

Na figura 6.12 b, pode-se observar uma área mais quente, acima e ao lado da janela (Ar1). A zona quente vertical faz parte da estrutura do edifício (pilar), existindo perda de calor, uma vez que constitui uma ponte térmica linear. Consegue-se observar que a temperatura da ponte térmica diminui com a área de parede revestida com pedra (Ar2), atenuando as perdas. Pode ainda ser observada a temperatura elevada das janelas, que perdem calor para o exterior.



Data: 07/05/09; hora: 7:23 (a)



Data: 07/05/09; hora: 7:23 (b)

**Figura 6.12 - (a) Imagem visual da fachada a Este; (b) imagem térmica tirada ao amanhecer.**

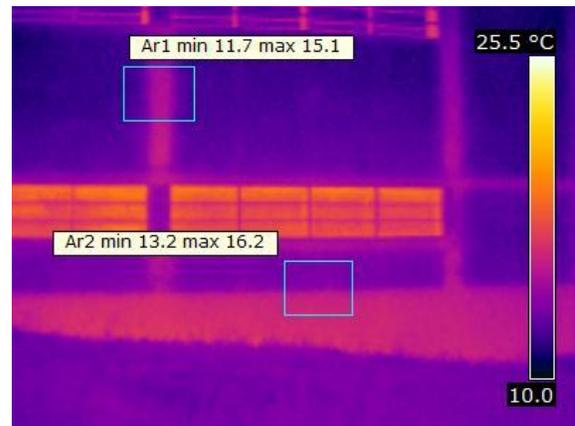
Nas figuras 6.13 b e c conseguem-se visualizar pontes térmicas de pilares inseridos na fachada (Ar1) e em torno das janelas. Na figura 6.13 c verifica-se que a parte inferior da fachada, quando começa a evidenciar-se o desnível no terreno (Ar2), perde calor.



Data: 07/05/09; hora: 7:27 (a)



Data: 07/05/09; hora: 7:29 (b)



Data: 07/05/09; hora: 7:29 (c)

**Figura 6.13- (a) Imagem visual da fachada a Oeste; (b) imagem térmica tirada ao amanhecer; (c) pormenor da janela da imagem térmica tirada ao amanhecer.**

## Iluminância

A iluminância foi amostrada em vários pontos de circulação e salas com diferentes orientações do Edifício VII. Associada a cada uma das medições, foi observado se o espaço possuía a iluminação ligada ou não e a orientação dos vãos envidraçados que o espaço possui.

Na figura 6.14, verifica-se que o valor médio de iluminância em zonas de passagem no DMat-Departamento é superior ao valor médio de iluminância no DMat-Pedagógico, devido a uma maior superfície de envidraçados. A iluminação das áreas de passagem amostradas no DMat-Departamento, não possuem a iluminação ligada durante o dia, com exceção das escadas interiores que não possuem luz natural. No entanto, apesar de os corredores não possuírem a iluminação ligada, os valores obtidos foram todos iguais ou superiores a 100 lx, valor recomendado na Norma EN 12464-1. Apenas nas escadas interiores se registou que o valor de iluminância era inferior ao valor de iluminância de referência.

No DMat- Pedagógico a iluminação nas áreas de circulação na situação diurna encontra-se ligada. Em oito valores de amostragem recolhidos, quatro valores são inferiores a 100 lx. Apesar de possuírem a iluminação artificial ligada, estes são locais com pouca ou sem luz natural.

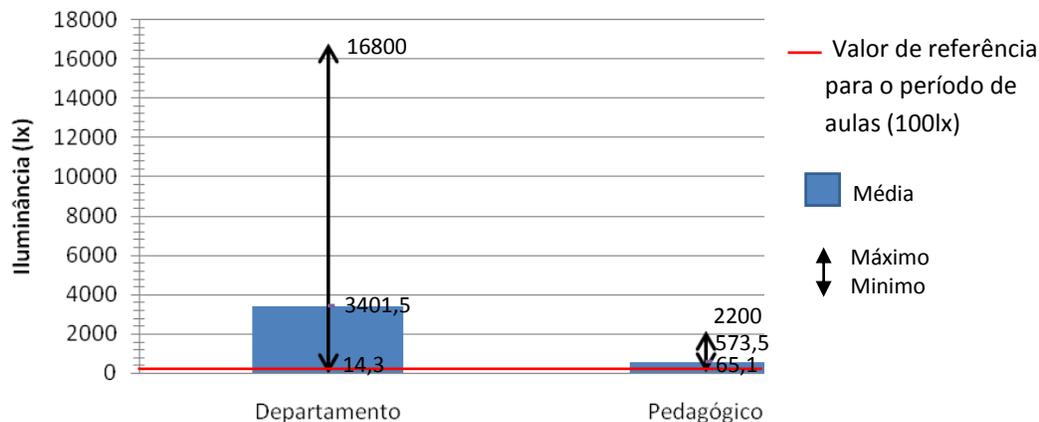
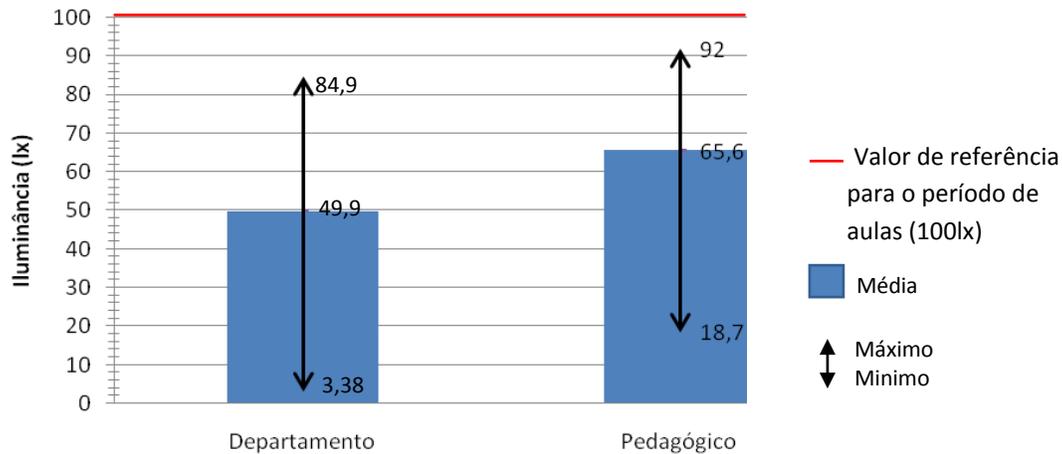


Figura 6.14 - Valores de iluminância amostrados em zonas de passagem do edifício VII, durante o dia.

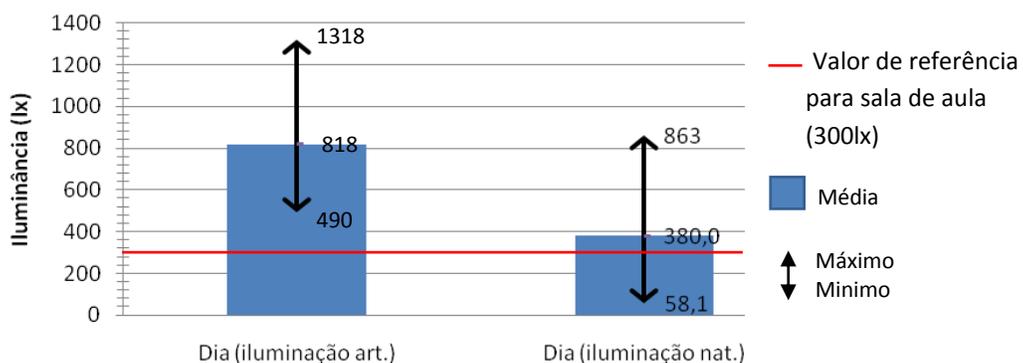
Considerando a amostragem efectuada à noite como o pior cenário em termos de iluminação que pode ocorrer no período de aulas, verifica-se que tanto os valores médios, como os valores máximos das duas alas do edifício VII são inferiores ao valor de referência previsto de 100lx. Os valores mais baixos correspondem a escadas interiores e às entradas dos anfiteatros.



**Figura 6.15 - Valores de iluminância amostrados em zonas de passagem no edifício VII, durante a noite.**

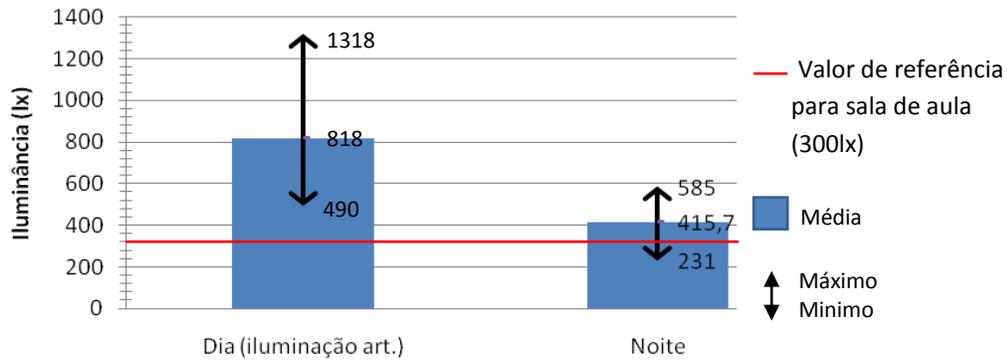
Na figura 6.16 verifica-se que as salas iluminadas artificialmente durante o dia, possuem valores sempre superiores a 490 lux.

As salas pertencentes ao DMat – Pedagógico, orientadas a Oeste, possuem valores de iluminância apenas com recurso a luz natural superiores a 300 lx, valor estabelecido nas Normas DIN 5035 e EN 12464-1.



**Figura 6.16- Valores de iluminância amostrados em salas do edifício VII, durante o dia.**

Na situação mais desfavorável, a situação nocturna, dos valores de iluminância das seis salas amostradas, apenas as salas 1.2 e 1.3 possuem valores inferiores a 300 lx. Ainda na situação nocturna, as salas 2.1, 2.4, 1.9 e 1.11 apresentam valores de iluminância superiores a 300 lx.



**Figura 6.17- Valores de iluminância amostrados em salas do edifício VII, durante o dia e noite.**

### *Distribuição de consumos*

A estimativa do consumo de electricidade no edifício VII possui um erro de 16%, por excesso do valor tomado como referência. Uma vez que apenas os edifícios em estudo que possuem *chiller*, apresentam erros por excesso e com valor semelhante, considerou-se que este é apenas devido à estimativa desses equipamentos de refrigeração. Assim, o valor correspondente ao erro foi subtraído ao valor de climatização, tendo sido obtida a distribuição do consumo de electricidade por tipo de equipamento da figura 6.18.

Pode-se observar que mais de metade do consumo do edifício VIII se deve à climatização, constituída por uma caldeira, um *chiller* e as respectivas bombas de recirculação, quatro *rooftop*.

### **Consumo electricidade por tipo equipamento**



**Figura 6.18- Distribuição do consumo de electricidade por tipo de equipamento no edifício VII.**

A distribuição do consumo de electricidade por uso mostra que os gabinetes e as secretarias são os usos que mais electricidade consomem, seguindo-se os auditórios e os laboratórios.

## Consumo Electricidade por espaço



**Figura 6.19- Distribuição do consumo de electricidade por uso no edifício VII.**

Através da tabela 6.8 pode-se observar que o maior consumo dos gabinetes e secretarias se deve principalmente aos equipamentos que possui e à climatização. No entanto é nos auditórios que a climatização tem maior expressão, uma vez que cada auditório possui um *rooftop* associado.

**Tabela 6.8- Distribuição do consumo de electricidade dos vários usos por tipo de equipamento no edifício VII.**

Electricidade (MWh/ano)	Iluminação	Equipamentos	Climatização	Total
Laboratórios computador	14	61	30	104
Gabinetes/secretarias	19	62	53	134
Salas de aula	10	3	62	76
Auditórios	7	1	103	111
Zonas de passagem e WC	44	-	-	49
<b>Total</b>	94	127	248	471

A tabela 6.9 mostra a relação entre a área útil e o consumo de electricidade de cada uso. Verifica-se que os usos mais intensivos são os laboratórios seguidos dos auditórios, uma vez que relativamente à sua área, possuem consumos mais elevados.

Tabela 6.9- Área útil e indicador (kWh.ano<sup>-1</sup>.m<sup>-2</sup>) por uso no edifício VII.

	Área por uso (m <sup>2</sup> )	Indicador (kWh.ano <sup>-1</sup> .m <sup>-2</sup> )
<b>Laboratórios PC</b>	839,92	124,9
<b>Gabinetes/secretarias</b>	1494,38	89,6
<b>Salas de aula</b>	1767,03	43,1
<b>Auditórios</b>	1006,72	111,4
<b>Zonas de passagem e WC</b>	2171,35	20,1

Utilizando o factor de emissão de CO<sub>2</sub>e calculado, no valor de 400,81 g CO<sub>2</sub>e/kWh, foram determinadas as emissões de CO<sub>2</sub>e associadas ao consumo de electricidade no edifício VII.

Tabela 6.10- Emissões de CO<sub>2</sub> associadas ao consumo de electricidade no edifício VII.

	Emissões propano (kg CO <sub>2</sub> e)	Emissões electricidade (t CO <sub>2</sub> e)
<b>Edifício VII</b>	8,4	188,7
<b>DMat – Departamento</b>	-	93,6
<b>DMat – Pedagógico</b>	-	95,1

### *Potencial de poupança*

O potencial de poupança energética foi calculado para algumas medidas consideradas pertinentes para o edifício em questão.

O consumo em *stand by* e *off power* dos equipamentos de escritório representam cerca de 9% do consumo deste tipo de equipamentos. A instalação de mecanismos, como as fichas corta corrente, permitiriam eliminar os consumos em *off power*, bem como a formação dos utilizadores.

A poupança através da instalação de balastros electrónicos e sensores de ocupação em instalações sanitárias pode significar 19% da electricidade consumida em iluminação.

Tabela 6.11- Potencial de poupança de algumas medidas para o edifício VII.

Medidas	P. Poupança (kWh/ano)	P. Poupança total (%)	Periodo de retorno (anos)	Custo investimento(€)
Equipamento de escritório	6433,4	1%	-	-
Balastros electrónicos	18824,7	4%	3,7	15 937
Sensores de ocupação WC	2151,5	0%	1,0	552
Total	24254,1	5%	1,65	16 489

O potencial de poupança de GEE que se obteria com as medidas apresentadas seria de cerca de 10 t CO<sub>2</sub> e/ano.

### 6.2.3 Edifício VIII

#### *Caracterização do edifício*

O número de ocupantes associado a este edifício é de cerca de 1250 pessoas e a sua área útil é de 6420 m<sup>2</sup>. O edifício VIII instala o Departamento de Engenharia Mecânica e Industrial (DEMI).

As fachadas principais (de maior área) situam-se a Este e Oeste (entrada principal), sendo que também possui fachadas, apesar de menores, a Sul e a Norte. As paredes exteriores são duplas. São constituídas por um pano exterior em alvenaria de tijolo de 12 furos, barro vermelho, cujas medidas são 0,23x0,11x0,065, com face a vista e um pano interior em alvenaria de tijolo de 0,11m. Possuem ainda isolamento em poliestireno expandido extrudido com uma espessura de 0,03 m junto ao pano exterior, uma caixa-de-ar com 0,03mm e não existe isolamento da laje ou dos pilares do edifício. Estes podem ser revestidos com tijoleira de revestimento barro vermelho, cujas dimensões são 0,23x0,015x0,065 m, de modo a complementar o aspecto exterior da parede, conferido pela face dos tijolos da parede de alvenaria.

No entanto, após observação de alguns danos na fachada devido à queda parcial do seu revestimento, verificou-se que não foram revestidos com tijoleira apenas os pilares, como todas as paredes exteriores que deveriam possuir à vista a face do tijolo de barro vermelho.

A caixa de estore, quando presente, possui isolamento em aglomerado negro de cortiça de 0,02 m. A cobertura do edifício é constituída por uma camada de forma, seguida telas de impermeabilização, isolamento térmico de 0,03m e por fim uma camada de seixo branco. A caixilharia é em alumínio termolacado e o vidro utilizado varia, podendo ser laminado temperado de 6mm de espessura, com 10 mm de espessura ou podendo ainda ser duplo. O vidro duplo utilizado consiste num vidro de 6mm e noutro de 5mm, sendo separados por um espaço de 12mm.

As salas têm dois ou quatro interruptores, controlando cada um 50% ou 25% da iluminação do tecto, dependendo do tamanho das salas. Possuem ainda um interruptor para a iluminação do quadro. Os estores de muitas salas estão danificados, impedindo a sua utilização na gestão da iluminação natural. A iluminação dos corredores é efectuada através de lâmpadas fluorescentes compactas com reflector, enquanto as salas de aula são iluminadas através de lâmpadas fluorescentes tubulares com reflector. Os laboratórios possuem lâmpadas fluorescentes tubulares, em régua.

O edifício está equipado com duas caldeiras Ignis NAR 200, sendo que apenas uma se encontra em funcionamento. As caldeiras climatizam todos os espaços do edifício, incluindo os espaços

comuns. No entanto, alguns docentes referiram que o funcionamento da caldeira não é adequado, uma vez aquece preferencialmente algumas divisões, enquanto as salas de aula não são convenientemente climatizados. Os gabinetes foram equipados com bombas de calor do tipo *split*.

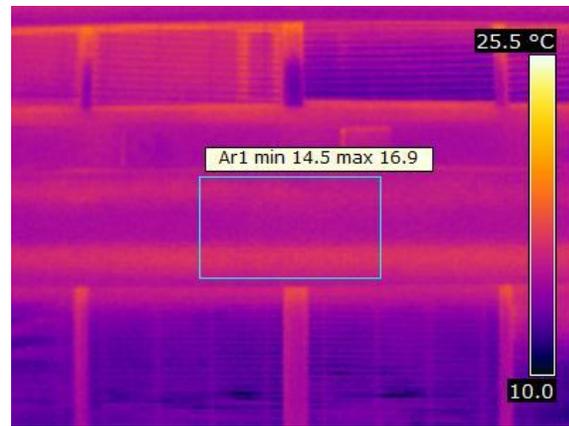
No ano de 2008, o edifício VII consumiu 376 MWh de electricidade e cerca de 5 t de gás propano.

### Termografia

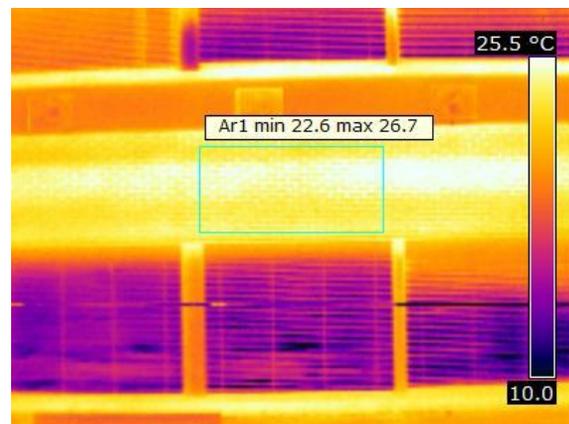
Nas figuras 6.20 b e c é possível verificar que existe variação das temperaturas na fachada. Verifica-se, na figura 6.20 b, duas faixas horizontais ao longo da área revestida a tijolo, cuja temperatura é superior. Já na figura 6.20 c, ocorre o oposto, observa-se uma faixa horizontal com uma temperatura superior à da restante área.



Data: 07/05/09; hora: 19:31 (a)



Data: 08/05/09; hora: 6:53 (b)



Data: 07/05/09; hora: 19:31 (c)

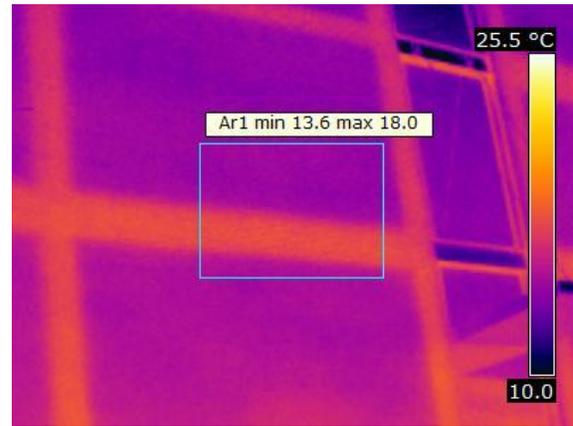
Figura 6.20 - (a) Imagem visual da fachada a Oeste; (b) imagem térmica tirada ao amanhecer; (c) imagem térmica tirada ao fim da tarde.

Nas figuras 6.21 b e c é possível observar pontes térmicas lineares resultantes da intercepção de pilares na fachada e da ligação da laje com a fachada (Ar1). Estes elementos possuem uma temperatura mais elevada de manhã e mais baixa ao fim da tarde relativamente à restante fachada, devido à sua inércia térmica superior e falta de isolamento térmico.

Comparando as temperaturas das figuras 6.21 b e c, verifica-se que a temperatura mínima da fachada aumenta cerca de 9 °C e a máxima 10 °C.



Data: 07/05/09; hora: 19:32 (a)



Data: 08/05/09; hora: 6:55 (b)

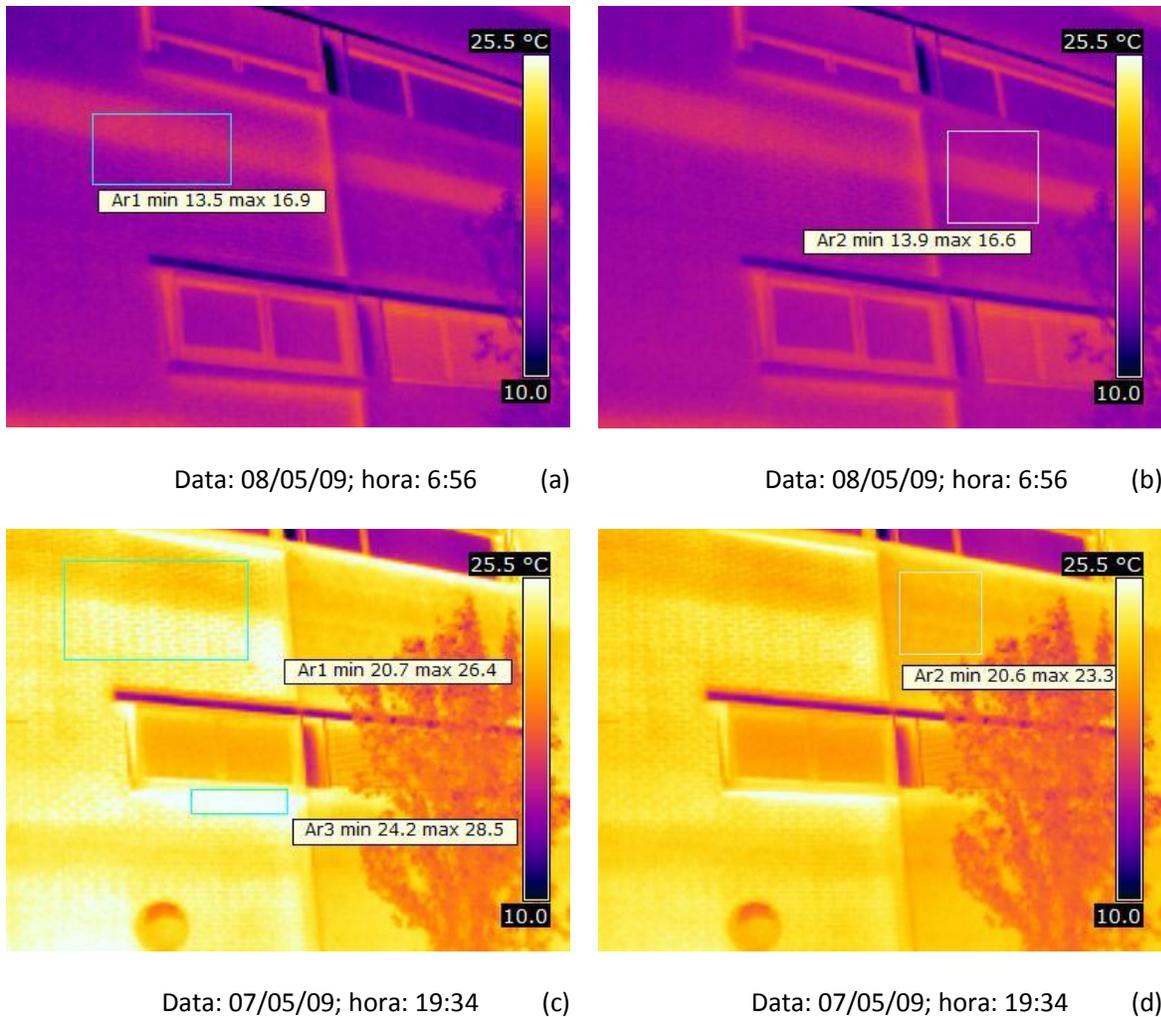


Data: 07/05/09; hora: 19:33 (c)

**Figura 6.21 - (a) Imagem visual da fachada a Oeste; (b) imagem térmica tirada ao amanhecer; (c) imagem térmica tirada ao fim da tarde.**

Observando a figura 6.22, podem-se identificar as pontes térmicas da fachada do edifício com a laje, possuindo temperaturas mais elevadas ao amanhecer e mais baixas ao fim da tarde. Comparando as figuras 6.22 a e b (Ar1 e Ar2), verifica-se que a amplitude térmica é ligeiramente menor e as temperaturas mais elevadas na fachada revestida com tijolo.

Nas figuras 6.22 c e d, pode observar-se que, devido aos ganhos solares durante o dia, houve uma homogeneização da temperatura da parede sem revestimento, enquanto na parede revestida é possível observarem-se as pontes térmicas. É ainda possível observar temperaturas mais elevadas abaixo do peitoril da janela.



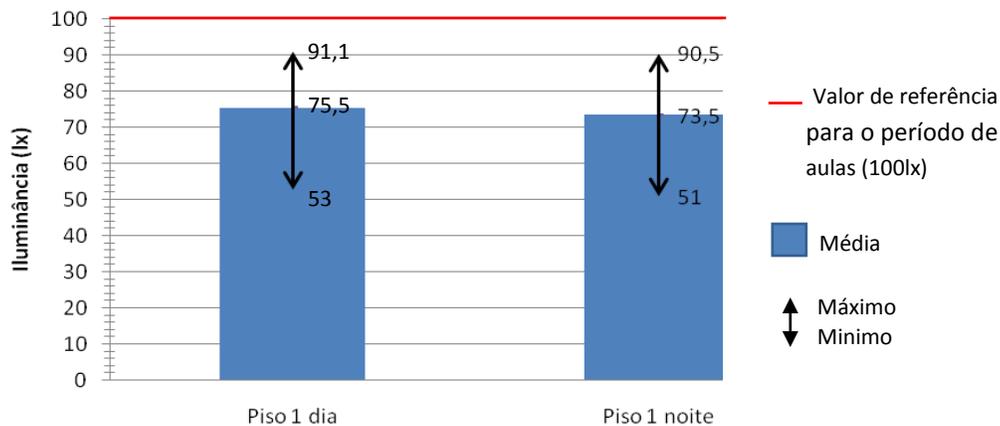
**Figura 6.22 - (a) Imagem térmica tirada ao amanhecer com valor de emissividade de 0,81; (b) imagem térmica tirada ao amanhecer com valor de emissividade de 0,95; (c) imagem térmica tirada ao fim da tarde com valor de emissividade de 0,81; (d) imagem térmica tirada ao fim da tarde com valor de emissividade de 0,95.**

### *Iluminância*

A iluminância foi amostrada em vários pontos de circulação e salas com diferentes orientações do Edifício VIII. Associada a cada uma das medições, foi observado se o espaço possuía a iluminação ligada ou não e a orientação dos vãos envidraçados que o espaço possui.

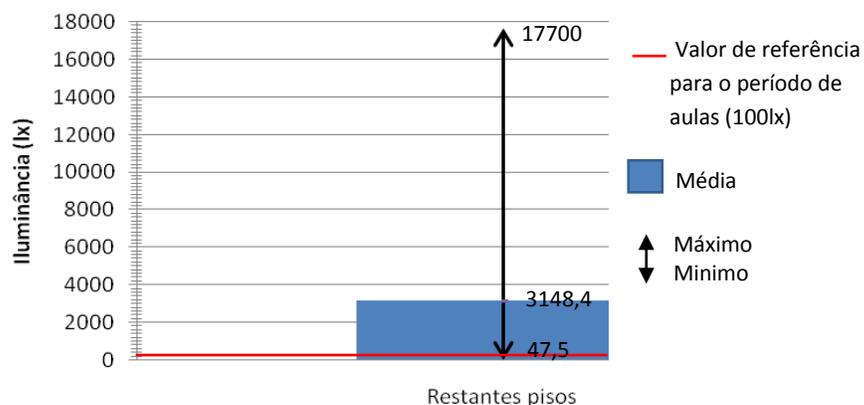
Os valores das zonas de passagem do edifício VIII podem ser divididos em dois grupos: o piso 1, que sendo cave, não possui iluminação natural e os restantes pisos que possuem algum tipo de iluminação natural.

No piso 1 verifica-se que os valores de iluminância são muito semelhante no período diurno e nocturno, sendo que o valor médio em ambas as situações se situa abaixo do valor de referência no período de aulas (100 lx).



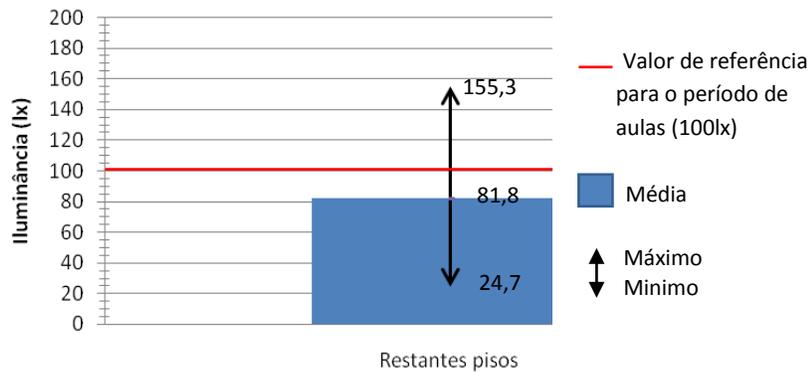
**Figura 6.23 - Valores das amostras recolhidas em zonas de passagem do piso 1, do edifício VIII.**

Durante o dia, verificou-se que os corredores e escadas do edifício VIII possuem a iluminação artificial ligada. Das 19 amostras obtidas, apenas três possuem valores de iluminância inferiores a 100 lux. O valor médio de iluminância nestes locais é superior ao valor de referência em cerca de 3100lx, sendo os valores mais altos registados em locais com envidraçados. De notar que este edifício possui um corredor de fachadas envidraçadas nos pisos dois, três e quatro, com iluminação permanentemente ligada.



**Figura 6.24 - Valores de iluminância amostrados em zonas de passagem dos pisos 2, 3 e 4 do edifício VIII, durante o dia.**

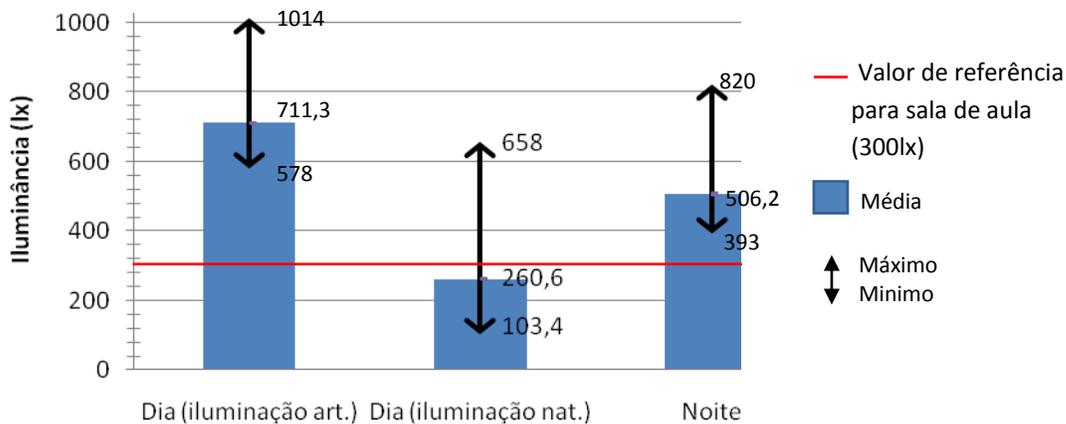
Na situação noturna, verifica-se que o valor médio de iluminância em zonas de passagem é inferior a 100lx em 18lx, ou seja, considerando a pior situação no período de aulas, a iluminância dos corredores é inferior ao valor de referência. Das 18 amostras obtidas, quinze verificam valores de iluminância superiores a 50 lux e três apresentam valores de iluminância inferiores.



**Figura 6.25 - Valores amostrados em zonas de passagem dos pisos 2, 3 e 4 do edifício VIII, durante a noite.**

Nas salas de aula, pode verificar-se que no período diurno apenas uma das salas amostradas possui valores de iluminância superiores a 300 lx sem iluminação ligada. No entanto, com a iluminação artificial ligada, os valores são sempre superiores a 578 lux.

No período noturno, verifica-se que os valores de iluminância nas salas são sempre superiores a 300 lux e são inferiores aos valores de iluminância amostrados durante o dia com as luzes acesas, como se pode verificar na figura 6.26.

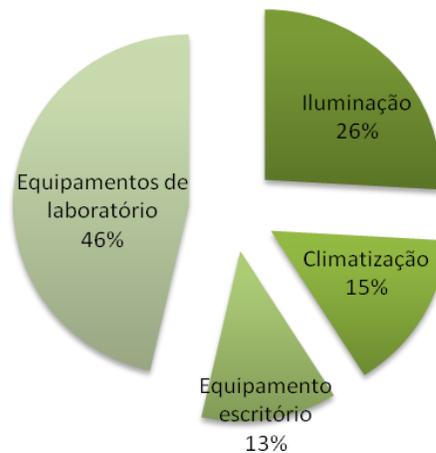


**Figura 6.26- Valores amostrados em salas do edifício VIII.**

### *Distribuição de consumos*

A estimativa do consumo de electricidade do edifício VIII, possui um erro de 0,1%, revelando que esta é uma estimativa muito próxima do valor real. Os resultados da sua distribuição por tipo de equipamento podem ser observados na figura 6.35. Verifica-se que os equipamentos de laboratórios são aqueles que mais energia eléctrica consomem, sendo constituídos por compressores, máquinas de soldar, fresadoras ou tornos.

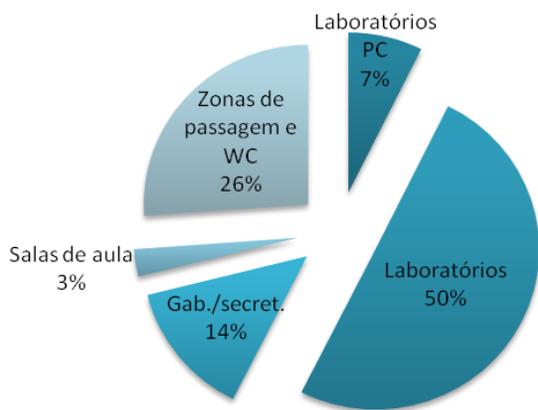
### **Consumo electricidade por tipo equipamento**



**Figura 6.27- Distribuição do consumo de electricidade por tipo de equipamento no edifício VIII.**

A distribuição por uso revela que os laboratórios consomem, sensivelmente, metade da electricidade do edifício VIII. Seguem-se as zonas de passagem e WC e os gabinetes e secretarias, como pode ser observado na figura 6.29.

## Consumo electricidade por espaço



**Figura 6.28- Distribuição do consumo de electricidade por uso no edifício VIII.**

A tabela 6.12 mostra o peso de cada equipamento no consumo dos diferentes usos. Verifica-se que os equipamentos de climatização actuam em todos os usos, uma vez que todos eles são aquecidos através de uma caldeira. Já a iluminação é mais significativa nas zonas de passagem e WC.

**Tabela 6.12- Distribuição do consumo de electricidade dos vários usos por equipamento no edifício VIII.**

Electricidade (MWh/ano)	Iluminação	Equipamentos	Climatização	Total
Laboratórios PC	3	20	4	27
Laboratórios	5	175	9	189
Gabinetes/secretarias	7	26	18	51
Salas de aula	3	0,5	7	10
Zonas de passagem e WC	80	-	19	98
<b>Total</b>	98	222	57	376

Na tabela 6.13 pode-se observar a área útil correspondente a cada uso e a sua relação entre o consumo de electricidade correspondente. Os usos mais intensivos, deste ponto de vista, são os laboratórios. As zonas de passagem, apesar de serem o segundo uso que mais electricidade consome, devido à grande área útil que possui, é o uso menos intensivo.

Tabela 6.13- Área útil e indicador (kWh.ano<sup>-1</sup>.m<sup>-2</sup>), correspondente a cada uso no edifício VIII.

	Área por uso (m <sup>2</sup> )	Indicador (kWh.ano <sup>-1</sup> .m <sup>-2</sup> )
Laboratórios PC	625,3	43,9
Laboratórios	1295,3	145,7
Gabinetes/secretarias	771,0	66,7
Salas de aula	1028,6	10,1
Zonas de passagem e WC	2700,5	36,4

Utilizando o factor de emissão de CO<sub>2</sub>e calculado, no valor de 400,81 g CO<sub>2</sub>e/kWh, foram determinadas as emissões de CO<sub>2</sub>e devido ao consumo de electricidade para o edifício VIII.

Tabela 6.14- Emissões de CO<sub>2</sub> associadas ao consumo de electricidade do edifício VIII.

	Emissões propano (kg CO <sub>2</sub> e)	Emissões electricidade (t CO <sub>2</sub> e)
Edifício VIII	14,3	150,9

### Potencial de poupança

O potencial de poupança energética foi calculado para algumas medidas consideradas pertinentes para o edifício em questão.

O consumo em *stand by* e *off power* dos equipamentos de escritório representam cerca de 7% do consumo deste tipo de equipamentos. A instalação de mecanismos, como as fichas corta corrente, permitiriam eliminar os consumos em *off power*, bem como a formação dos utilizadores.

A instalação de balastros electrónicos, de sensores de movimento e a utilização de iluminação artificial apenas quando não existe luz natural, permitiria a poupança de 31% do consumo de electricidade devida à iluminação.

Tabela 6.15- Potencial de poupança de algumas medidas para o edifício VIII.

Medidas	P. Poupança (kWh/ano)	P. Poupança total (%)	Periodo de retorno (anos)	Custo investimento(€)
Equipamento de escritório	3073	1%	-	-
Balastros electrónicos	19502	5%	3,1	13 031
Sensores de ocupação WC	5906	2%	0,5	588
Sensores corredores	25063	7%	-	547
Total	47350	13%	1,9	14 167

O potencial de poupança de GEE obtido através das medidas apresentadas seria de 13 t CO<sub>2</sub> e/ano.

### 6.3.4 Edifício IX

#### *Caracterização do edifício*

O número de docentes, funcionários e alunos associados a este edifício é de 1072 pessoas e a sua área útil é de 4573 m<sup>2</sup>. O Departamento de engenharia Civil (DEC) e o Departamento de Ciências da Terra (DCT) situam-se no edifício IX, constituindo dois corpos distintos, o de Engenharia Civil a Sul e o de Ciências da Terra a Norte.

O edifício IX possui as fachadas de maior área a Oeste e Este (por onde se faz a entrada principal do Departamento de Engenharia Civil), sendo que também possui fachadas, apesar de menores, a Sul e a Norte (entrada do Departamento de Ciências da Terra).

Os vão envidraçados são constituídos por vidro duplo reflectante no exterior, com caixilharia em alumínio termolacado. As paredes exteriores são duplas, com isolamento térmico e caixa-de-ar, no entanto as pontes térmicas não são isoladas. As paredes acima das janelas podem ser em alvenaria de tijolo com face à vista, 12 furos em barro vermelho, no pano exterior, seguido de caixa-de-ar de 0,05 m e isolamento térmico de 0,03 m junto ao pano interior de betão. As paredes podem ainda ter o pano exterior em alvenaria de tijolo de 0,07 m, com caixa-de-ar de 0,07 m e isolante térmico de 0,03 m. Abaixo do peitoril as paredes podem ter o pano exterior em alvenaria de tijolo com face à vista, 12 furos em barro vermelho, com isolante térmico de 0,03 m, caixa-de-ar de 0,06 m e o pano interior em alvenaria de tijolo de 0,11 m. As paredes podem ainda ser em alvenaria de tijolo de 0,11 m, com isolante térmico de 0,03 m e caixa-de-ar de 0,08 m, junto ao pano de alvenaria de tijolo de 0,11 m.

As salas possuem dois ou quatro interruptores, controlando cada um 50% ou 25% da iluminação do tecto, dependendo do tamanho das salas e um interruptor para a iluminação do quadro. A iluminação dos corredores é efectuada através de lâmpadas fluorescentes compactas com reflector, enquanto as salas de aula são iluminadas através de lâmpadas fluorescentes tubulares com reflector. Os laboratórios possuem lâmpadas fluorescentes tubulares, em régua. A iluminação dos espaços comuns está ligada 24 horas por dia.

O edifício possui uma caldeira Sant Andrea KB 40 G, que se encontra em funcionamento e equipamentos de ar condicionado do tipo *split* instalados em gabinetes e em alguns laboratórios do departamento de Engenharia Civil. A caldeira serve os dois departamentos, climatizando a totalidade dos espaços do edifício, incluindo os espaços comuns. No entanto, o aquecimento efectuado ao departamento de Ciências da Terra é insuficiente.

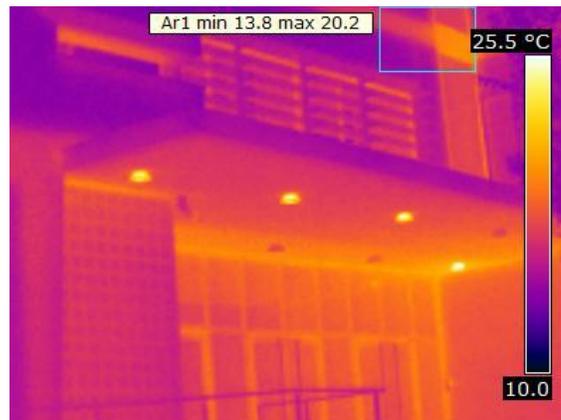
Em termos de consumo de electricidade, no ano de 2008 o edifício VIII consumiu 461 MWh e cerca de 5 t de gás propano.

### *Termografia*

Na figura 6.30 b e c, pode observar-se que existem várias áreas mais quentes, não significando que todas elas estejam associadas a perdas de calor. Assim, observam-se pequenas esferas mais quentes, correspondentes às lâmpadas que estão acesas. Observa-se ainda que a pala da entrada do edifício possui uma temperatura mais elevada, uma vez que surge como um obstáculo à subida de ar quente. No entanto, na figura 6.30 b, observam-se pontes térmicas lineares associadas à ligação entre os caixilhos dos envidraçados e a pala e a parede. Nesta figura pode-se ainda verificar, acima da pala, uma grelha com temperaturas mais elevadas, correspondendo às pontes térmicas do pilar com a fachada e à laje intermédia com a fachada do edifício (Ar1), locais estes por onde o fluxo de calor é preferencialmente transferido para o exterior.



Data: 07/05/09; hora: 19:37 (a)



Data: 08/05/09; hora: 6:59 (b)



Data: 07/05/09; hora: 19:36 (c)

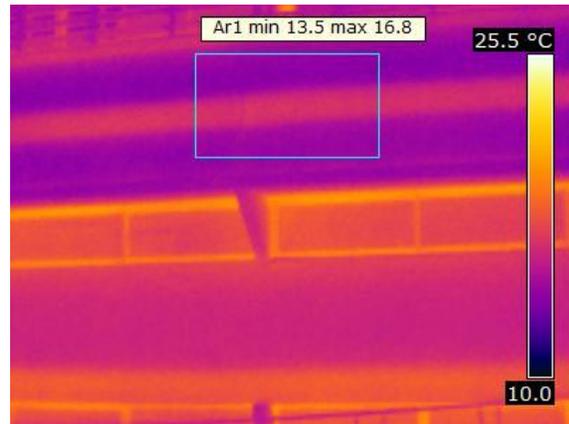
**Figura 6.29 - (a) Imagem visual da fachada a Este; (b) imagem térmica tirada ao amanhecer; (c) imagem térmica tirada ao fim da tarde.**

Nas figuras 6.31 b e c, pode-se observar que a área da parede coberta com tijolo é mais quente que a parede sem revestimento, devido à sua cor escura. Verifica-se também, na figura 6.31 b, uma faixa horizontal ao longo da parede, acima da janela, cuja temperatura é mais elevada, constituindo uma ponte térmica entre a laje e a fachada.

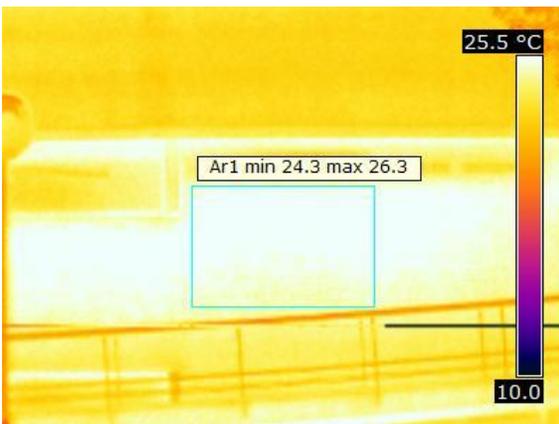
Através da comparação entre os termogramas tirados ao amanhecer e ao fim da tarde, figura 6.31 b e figuras 6.31 c e d, verifica-se que houve um aumento das temperaturas máximas e mínimas da fachada do edifício ao longo do dia. Este aumento é de cerca de 8 °C para a temperatura mínima e de 5 °C para a temperatura máxima, numa zona sem revestimento de tijolo.



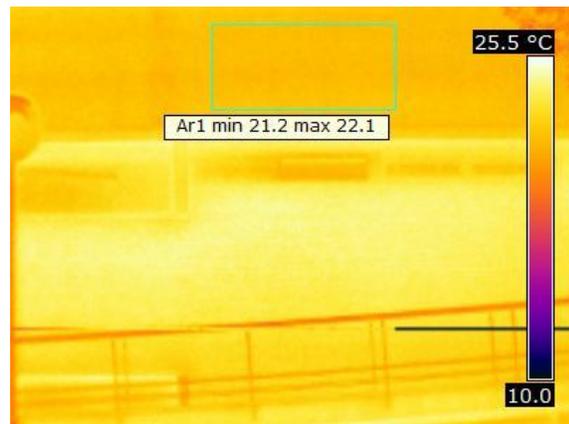
Data: 07/05/09; hora: 19:36 (a)



Data: 08/05/09; hora: 6:56 (b)



Data: 07/05/09; hora: 19:36 (c)



Data: 07/05/09; hora: 19:36 (d)

**Figura 6.30 - (a) Imagem visual da fachada a Este; (b) imagem térmica tirada ao amanhecer; (c) imagem térmica tirada ao fim da tarde com valor de emissividade de 0,81; (d) imagem térmica tirada ao fim da tarde com valor de emissividade de 0,95.**

A grelha formada pelos elementos da estrutura do edifício (Ar1), pode ser novamente observada na fachada a Norte, através da figura 6.32 b, com uma temperatura mais elevada - pontes térmicas formadas pela ligação de pilares e lajes com a fachada.

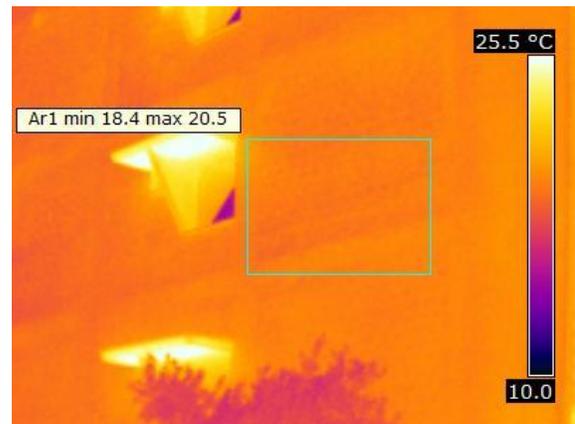
Comparando as figuras 6.32 b e c, verifica-se novamente que a parede aumenta a sua temperatura ao longo do dia. A amplitude dos valores máximos e mínimos de temperatura também diminui ao fim da tarde.



Data: 07/05/09; hora: 19:40 (a)



Data: 08/05/09; hora: 6:58 (b)



Data: 07/05/09; hora: 19:40 (c)

**Figura 6.31 - (a) Imagem visual da fachada a Sul; (b) imagem térmica tirada ao amanhecer; (c) imagem térmica tirada ao fim da tarde.**

### *Iluminância*

A iluminância foi amostrada em vários pontos de circulação e salas com diferentes orientações do Edifício IX. Associada a cada uma das medições, foi observado se o espaço possuía a iluminação ligada ou não e a orientação dos vãos envidraçados que o espaço possui.

Na figura 6.33 pode verificar-se que o valor médio de iluminância em zonas de passagem no DCT é superior ao valor médio do DEC. No entanto os dois valores médios são superiores ao valor de referência para o período de aulas, sendo que no DCT é superior em 1044lx e no DEC é de 101lx. Das oito medições efectuadas no DCT, nenhuma delas apresenta valores inferiores a 100 lx. No DEC

pode-se verificar que existem corredores com vãos envidraçados em ambas as orientações e que possuem a iluminação artificial ligada durante o dia, sendo que os valores de iluminância são superiores a 300 lx. Nos restantes locais de passagem, das 16 amostras recolhidas, seis possuem valores de iluminância inferiores a 100 lx.

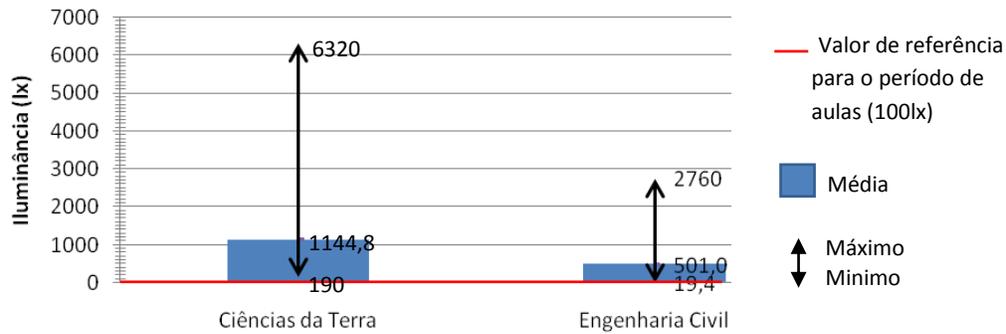


Figura 6.32 - Valores de iluminância amostrados em zonas de passagem do edifício IX, durante o dia.

Na situação nocturna, considerando que estas são as condições menos favoráveis de iluminação no período de aulas, ambas as medições dos dois departamentos são superiores a 100lx.

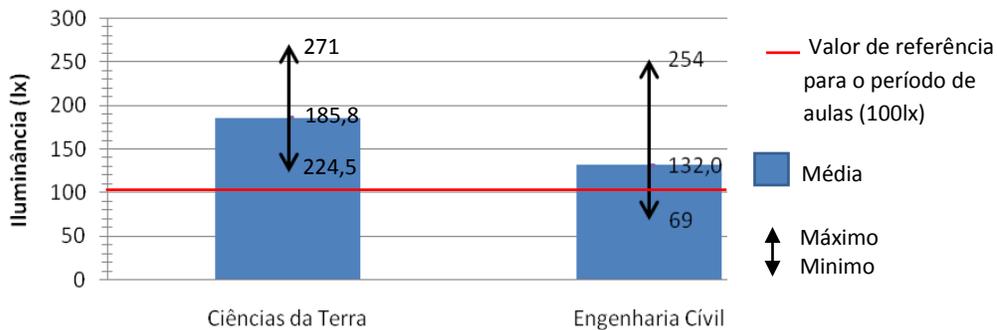
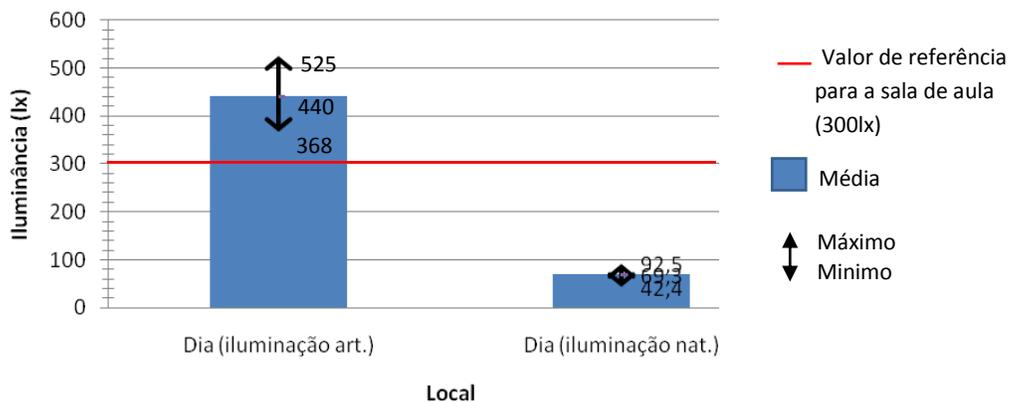


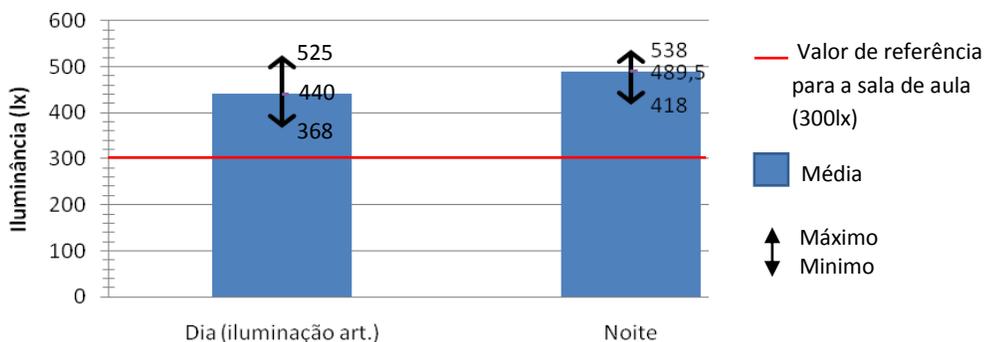
Figura 6.33 - Valores de iluminância amostrados em zonas de passagem do edifício IX, durante a noite.

Nas salas do DCT, verifica-se que durante o dia muitas possuem os estores baixos, fazendo com que os valores de iluminância, sem iluminação artificial ligada, não cheguem aos 300 lx.



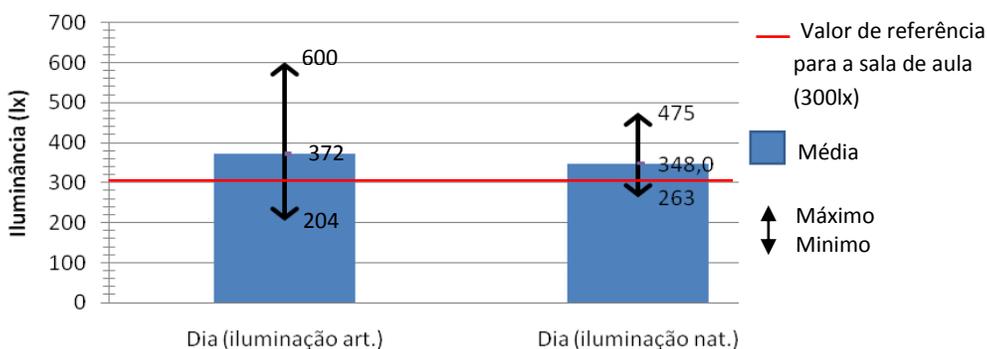
**Figura 6.34- Valores de iluminância amostrados em salas do DCT, durante o dia.**

Durante a noite, todas as amostras recolhidas em salas do DCT possuem valores superiores a 400 lx.



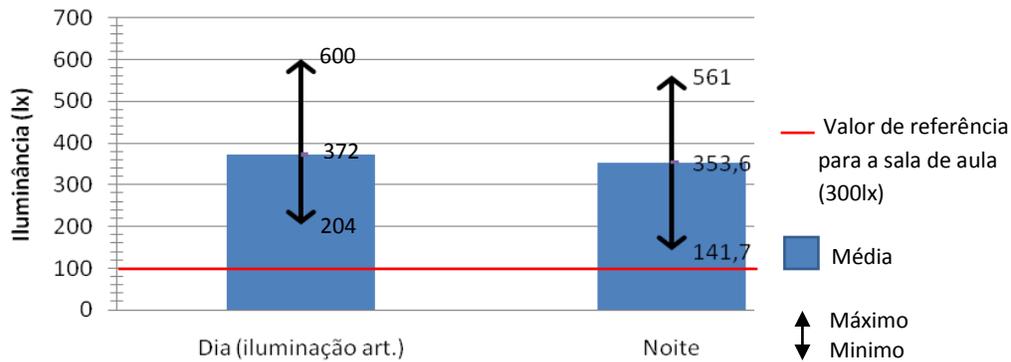
**Figura 6.35- Valores de iluminância amostrados em salas do DCT.**

Quanto às salas do DEC, verifica-se que a média dos valores de iluminância durante o dia, com ou sem iluminação artificial ligada, são superiores a 300 lx. No entanto existem salas cujos valores de iluminância são inferiores a 300 lx, mesmo com a iluminação artificial ligada, como se pode verificar pela figura 6.37.



**Figura 6.36- Valores de iluminância amostrados em salas do DEC, durante o dia.**

Durante a situação nocturna, verifica-se um comportamento muito semelhante ao observado durante o dia, embora com valores mais baixos. Também nas salas de aula deste departamento se verificou que os estores se encontram, na sua grande maioria, fechados.



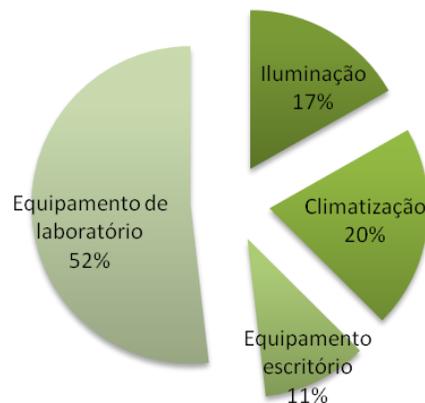
**Figura 6.37- Valores de iluminância amostrados em salas do DEC.**

### *Distribuição de consumos*

A estimativa do consumo de electricidade no edifício IX possui um erro de 2%, por defeito do valor tomado como referência.

Pode-se observar, através da figura 6.39, que mais de metade do consumo é devido aos equipamentos de laboratório, seguindo-se a climatização e a iluminação do edifício IX.

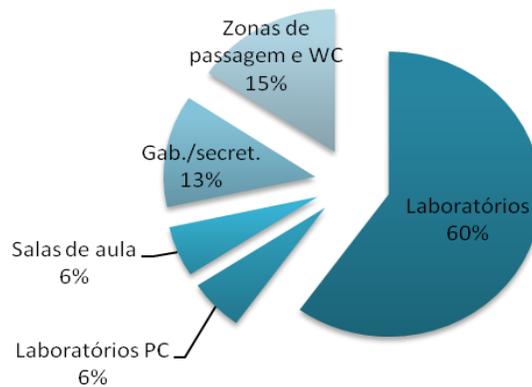
### **Consumo electricidade por tipo equipamento**



**Figura 6.38- Distribuição do consumo de electricidade por tipo de equipamento no edifício IX.**

A distribuição do consumo de electricidade por uso mostra que os laboratórios são o uso que mais electricidade consome, seguindo-se os espaços comuns e a gabinetes/secretarias.

## Consumo electricidade por espaço



**Figura 6.39- Distribuição do consumo de electricidade por uso no edifício IX.**

Através da tabela 6.16 pode-se observar que o consumo de gabinetes e secretarias se deve aos equipamentos específicos para o trabalho naquele local e à climatização. No caso dos laboratórios, os equipamentos também são os maiores responsáveis pelo elevado consumo deste uso.

**Tabela 6.16- Distribuição do consumo de electricidade dos vários usos por tipo de equipamento no edifício IX.**

Electricidade (MWh/ano)	Iluminação	Equipamentos	Climatização	Total
<b>Laboratórios</b>	5	239	32	276
<b>Laboratórios PC</b>	1	21	5	27
<b>Salas de aula</b>	4	0,97	21	26
<b>Gabinetes/secretarias</b>	8	27	24	59
<b>Zonas de passagem e WC</b>	59	-	14	73
<b>Total</b>	77	288	95	461

A tabela 6.17 mostra a relação entre a área útil e o consumo de electricidade de cada uso. Verifica-se que os usos mais intensivos são os laboratórios, seguidos pelos gabinetes e secretarias.

**Tabela 6.17- Área útil e indicador ( $\text{kWh}\cdot\text{ano}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$ ) por uso no edifício IX.**

	Área por uso ( $\text{m}^2$ )	Indicador ( $\text{kWh}\cdot\text{ano}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$ )
<b>Laboratórios</b>	1174,4	234,9
<b>Laboratórios PC</b>	382,1	70,7
<b>Salas de aula</b>	819,2	32,3
<b>Gabinetes/secretarias</b>	842,7	69,9
<b>Zonas de passagem e WC</b>	1355,2	53,7

Utilizando o factor de emissão de CO<sub>2</sub>e calculado, no valor de 400,81 g CO<sub>2</sub>e/kWh, foram determinadas as emissões de CO<sub>2</sub>e devido ao consumo de electricidade para o edifício IX.

**Tabela 6.18- Emissões de CO<sub>2</sub> associadas ao consumo de electricidade do edifício IX.**

	<b>Emissões propano (kg CO<sub>2</sub>e)</b>	<b>Emissões electricidade (t CO<sub>2</sub>e)</b>
<b>Edifício IX</b>	12,6	184,72
<b>DCT</b>	-	26,34
<b>DEC</b>	-	158,39

### *Potencial de poupança*

O potencial de poupança energética foi calculado para algumas medidas consideradas pertinentes para o edifício em questão.

O consumo em *stand by* e *off power* dos equipamentos de escritório representam cerca de 11% do consumo deste tipo de equipamentos. A instalação de mecanismos, como as fichas corta corrente, permitiriam eliminar os consumos em *off power*, bem como a formação dos utilizadores.

A electricidade consumida pela iluminação poderia ser diminuída em 48%, através da instalação de balastos electrónicos, sensores de ocupação nos sanitários e utilização da iluminação artificial quando não existe luz natural.

**Tabela 6.19- Potencial de poupança de algumas medidas para o edifício IX.**

<b>Medidas</b>	<b>P. Poupança (kWh/ano)</b>	<b>P. Poupança total (%)</b>	<b>Periodo de retorno (anos)</b>	<b>Custo investimento(€)</b>
Equipamento de escritório	5352	1%	-	-
Balastos electrónicos	15469	3%	3,7	13 795
Sensores de ocupação WC	2664	1%	1,1	368
Sensores corredor	20501	4%	-	616
<b>Total</b>	<b>41363,2</b>	<b>10%</b>	<b>2,5</b>	<b>14 778</b>

O potencial de poupança de GEE relative às medidas apresentadas é de 16,6 t CO<sub>2</sub> e/ano.

## 6.2.5 Edifício X

### *Caracterização do edifício*

O número de docentes, funcionários e alunos associados ao edifício X é de cerca de 800 pessoas e a sua área útil é de 3329 m<sup>2</sup>.

No edifício X encontra-se sediado o Departamento de Engenharia Electrotécnica (DEE). É a Este e Oeste que o edifício possui as fachadas de maior área, sendo que também possui fachadas a Sul e a Norte (entrada principal), apesar de serem menores.

Os vãos envidraçados são em vidro duplo incolor, caixilharia em alumínio e grelhas em alumínio termolacado com poliuretano que garantem o sombreamento quase completo dos envidraçados no Verão (excepto a sul, uma vez que os vãos não possuem protecção). As paredes exteriores são duplas, constituídas por um pano em alvenaria de tijolo vazado de 0,15 m e outro em betão de 0,20 m. Possuem caixa-de-ar de 0,04 m e isolamento térmico com placas de poliestireno extrudido de 0,04m. A zona de pilares está isolada termicamente por lã mineral de 0.05 m. Os pavimentos sobre espaços não aquecidos e sobre o exterior também estão isolados termicamente. Os primeiros possuem isolamento térmico em lã mineral de 0,04 m e os segundos possuem isolamento em poliestireno extrudido de 0,03 m.

A iluminação dos corredores é efectuada através de lâmpadas fluorescentes compactas com reflector, bem como nas salas, laboratórios e gabinetes. Apenas no primeiro piso existem lâmpadas fluorescentes tubulares. Não existem interruptores, a iluminação tem que ser ligada e desligada directamente no quadro. A iluminação nos espaços comuns está ligada 24 horas por dia.

O edifício está equipado com um *chiller* Lennox MCM242 e uma caldeira Roca CPA 250, sendo que a climatização apenas serve os gabinetes.

No ano de 2008, o edifício X consumiu 328 MWh de electricidade e 3,6 t de gás propano.

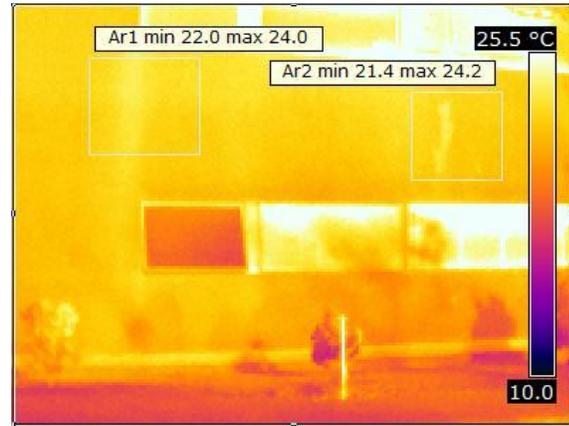
### *Termografia*

No edifício X, na fachada a Este, não se observam pontes térmicas, como se pode verificar através das figuras 6.41 b, c e d. Nas figuras 6.41 b e d, podem-se observar áreas com temperaturas mais elevadas. Esta pode ser identificada como uma infiltração ou condensação.

Através da comparação das figuras 6.41 b e c, verifica-se que a amplitude as temperaturas dos termogramas tirados ao amanhecer e ao fim da tarde não apresenta um grande variabilidade.



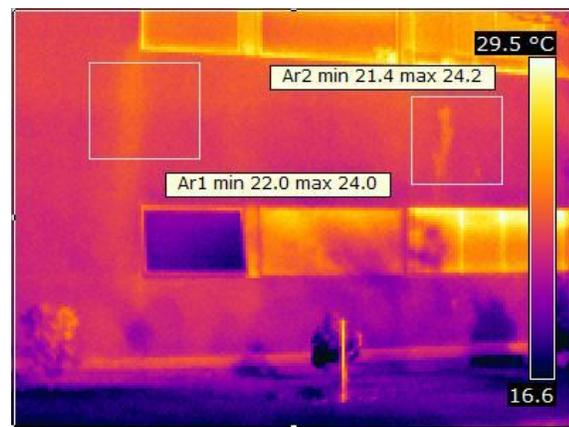
Data: 06/05/09; hora: 6:53 (a)



Data: 06/05/09; hora: 6:53 (b)



Data: 06/05/09; hora: 19:13 (c)



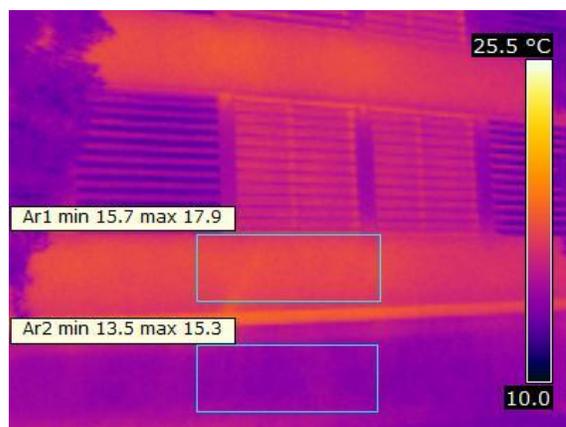
Data: 06/05/09; hora: 6:53 (d)

**Figura 6.40 - (a) Imagem visual da fachada a Este; (b) imagem térmica tirada ao amanhecer; (c) imagem térmica tirada ao fim da tarde; (d) imagem térmica tirada ao amanhecer com escala diferente.**

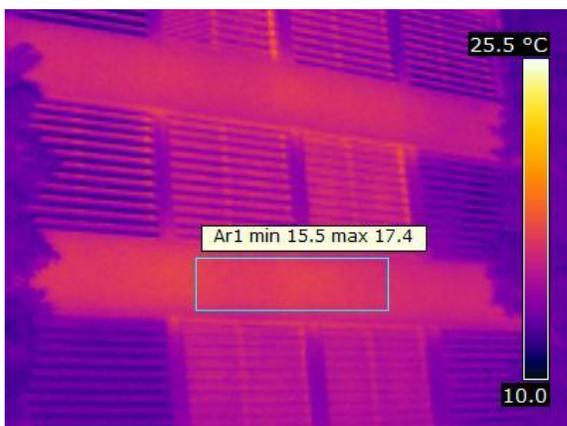
Na figura 6.42 b e d pode-se observar que a zona da parede revestida a pedra de cor clara possui temperaturas mais baixas do que a restante parede, cuja temperatura é mais elevada. Também se pode observar que as janelas cujas lâminas estão fechadas, possuem uma temperatura mais baixa, do que aquelas que possuem as laminais abertas.



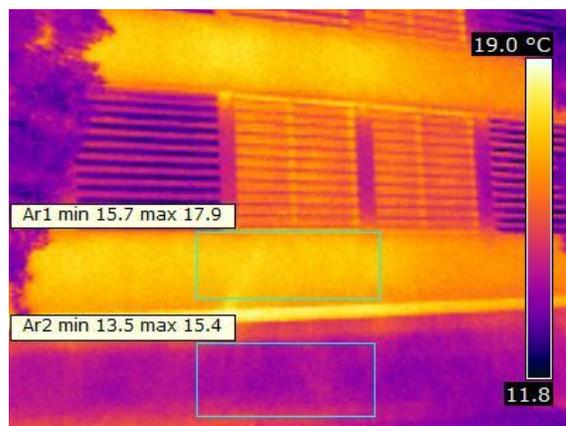
Data: 07/05/09; hora: 7:21 (a)



Data: 07/05/09; hora: 7:22 (b)



Data: 07/05/09; hora: 7:22 (c)



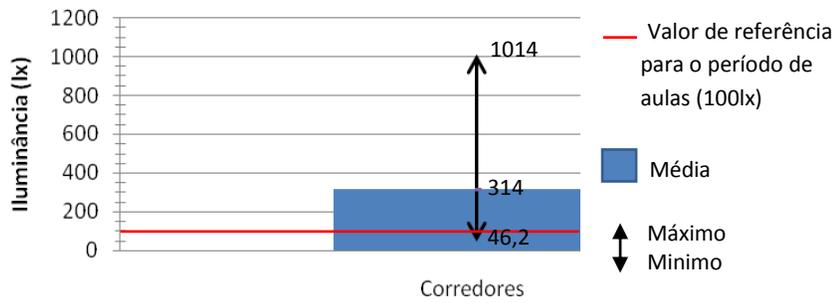
Data: 07/05/09; hora: 7:22 (d)

Figura 6.41 - (a) Imagem visual da fachada a Oeste; (b) imagem térmica da área inferior da fachada tirada ao amanhecer; (c) imagem térmica da área intermédia da fachada tirada ao amanhecer; (d) imagem térmica tirada ao amanhecer com escala diferente.

### *Iluminância*

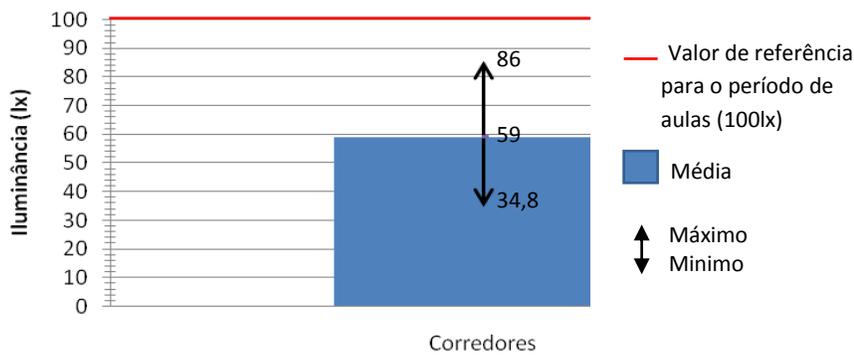
A iluminância foi amostrada em vários pontos de circulação e salas com diferentes orientações do Edifício X. Associada a cada uma das medições, foi observado se o espaço possuía a iluminação ligada ou não e a orientação dos vão envidraçados que o espaço possui.

No edifício X, verifica-se que durante o dia a maioria das áreas de circulação possui a iluminação artificial ligada. Das 10 amostras com iluminação artificial ligada, apenas três apresentam valores de iluminância inferiores a 100 lux.



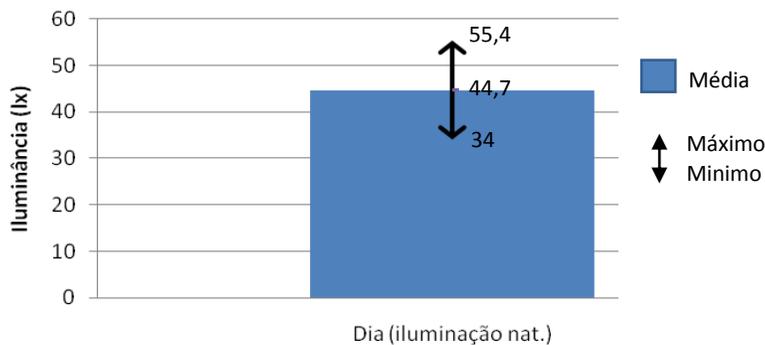
**Figura 6.42 - Valores amostrados em zonas de passagem do edifício X, durante o dia.**

Na situação nocturna, dos oito valores de iluminância nos corredores e zonas de passagem, sete são superiores a 50 lx, sendo que a média se situa nos 59 lx. No entanto, nenhum dos valores atinge os 100 lx recomendados.



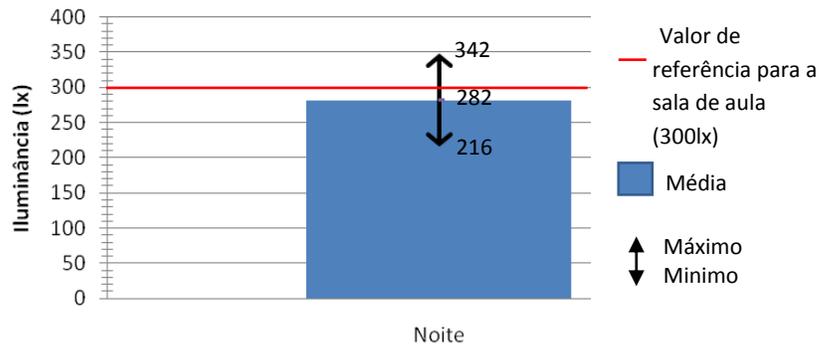
**Figura 6.43 - Valores amostrados em zonas de passagem do edifício X, durante a noite.**

Nas salas amostradas verifica-se que, de dia e sem a iluminação artificial ligada, todos os valores de iluminância são inferiores a 60 lux. Verificou-se que na maioria das salas as protecções solares estavam activas.



**Figura 6.44- Valores de iluminância amostrados em salas do edifício X, durante o dia.**

Na situação nocturna, a sala 1.1 possui a iluminância inferior a 300 lux. No entanto a média é superior ao valor recomendado.



**Figura 6.45- Valores de iluminância amostrados em salas do edifício X, durante a noite.**

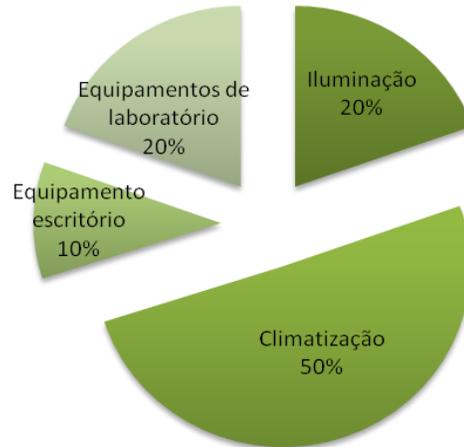
### ***Distribuição de consumos***

O resultado da estimativa do consumo de electricidade no edifício X possui um erro de 13%, sendo que o valor final da estimativa ultrapassa o valor tomado como referência.

Foi considerado que a totalidade do erro está associado à estimativa do consumo de electricidade do *chiller*, tendo sido subtraído este valor para a apresentação dos resultados da distribuição de consumos. Como já foi referido, esta abordagem foi adoptada, uma vez que se verificou que dos edifícios estudados, aqueles que possuem *chiller* possuem um erro de dimensões semelhantes, excedendo o valor de referência.

A distribuição do consumo de electricidade por tipo de equipamento é apresentada através da figura 6.47. Como se pode observar, os equipamentos de climatização detêm a maior fatia do consumo eléctrico.

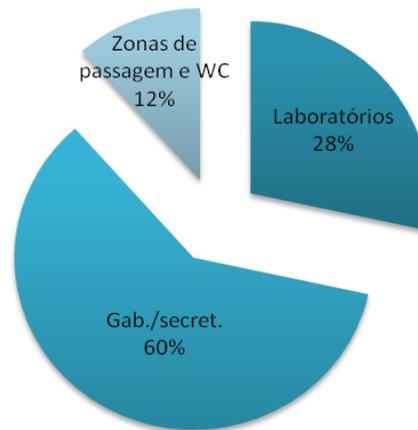
## Consumo electricidade por tipo equipamento



**Figura 6.46- Distribuição do consumo de electricidade por tipo de equipamento no edifício X.**

A distribuição do consumo de electricidade por uso, observada na figura 6.48, mostra que os gabinetes e secretarias detêm mais de metade do consumo, seguindo-se os laboratórios e por fim as zonas de passagem e WC.

## Consumo electricidade por espaço



**Figura 6.47- Distribuição do consumo de electricidade por uso no edifício X.**

Como se pode observar pela tabela 6.20, a razão pela qual os gabinetes e as secretarias são os usos que mais electricidade consomem, deve-se ao facto de a climatização existentes ser toda dirigida a estes espaços. No entanto em termos de equipamento específico, os laboratórios são aqueles que detêm um maior consumo.

**Tabela 6.20- Distribuição do consumo dos vários usos, por equipamento, no edifício X.**

<b>Electricidade (MWh/ano)</b>	<b>Iluminação</b>	<b>Equipamentos</b>	<b>Climatização</b>	<b>Total</b>
<b>Laboratórios</b>	19	74	-	93
<b>Gabinetes/secretarias</b>	7	24	165	197
<b>Zonas de passagem e WC</b>	38	-	-	38
<b>Total</b>	64	98	165	328

Na tabela 6.21 pode-se observar a área útil por uso e o respectivo indicador que relaciona o consumo de electricidade associado a cada uso e a respectiva área. Os gabinetes e as secretarias são os usos mais intensivos por área, seguindo-se as zonas de passagem. Os laboratórios são os menos intensivos, uma vez que é o uso que maior área possui.

**Tabela 6.21- Área útil e indicador (kWh.ano<sup>-1</sup>.m<sup>-2</sup>), correspondente a cada uso no edifício X.**

	<b>Área por uso (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Indicador (kWh.ano<sup>-1</sup>.m<sup>-2</sup>)</b>
<b>Laboratórios</b>	1957,3	47,6
<b>Gabinetes/secretarias</b>	529,1	372,3
<b>Zonas de passagem e WC</b>	843,1	44,7

Utilizando o factor de emissão de CO<sub>2</sub>e calculado, no valor de 400,8 g CO<sub>2</sub>e/kWh, foram determinadas as emissões de CO<sub>2</sub>e devido ao consumo de electricidade para o edifício X. As emissões associadas ao consumo de energia eléctrica e ao consumo de propano são apresentadas na figura seguinte.

**Tabela 6.22- Emissões de CO<sub>2</sub> associadas ao consumo de electricidade do edifício X, no ano de 2008.**

	<b>Emissões propano (kg CO<sub>2</sub>e)</b>	<b>Emissões electricidade (t CO<sub>2</sub>e)</b>
<b>Edifício X</b>	9,8	131,4

### **Potencial de poupança**

O potencial de poupança energética foi calculado para algumas medidas consideradas pertinentes para o edifício em questão.

O consumo em *stand by* e *off power* dos equipamentos de escritório representam cerca de 10% do consumo deste tipo de equipamentos. A instalação de mecanismos, como as fichas corta corrente e a alteração do comportamento dos utilizadores permitiria eliminar este tipo de consumo.

A instalação de balastros electrónicos, como é referido na literatura, permite a poupança de 20% da energia gasta em iluminação e o aumento em cerca de 50% do tempo de vida útil das lâmpadas fluorescentes. Visto que a iluminação neste edifício é feita à custa de lâmpadas fluorescentes com balastros magnéticos existe um potencial de poupança elevado. É ainda referido que os sensores de ocupação em áreas comuns permitem poupanças que podem atingir os 30%.

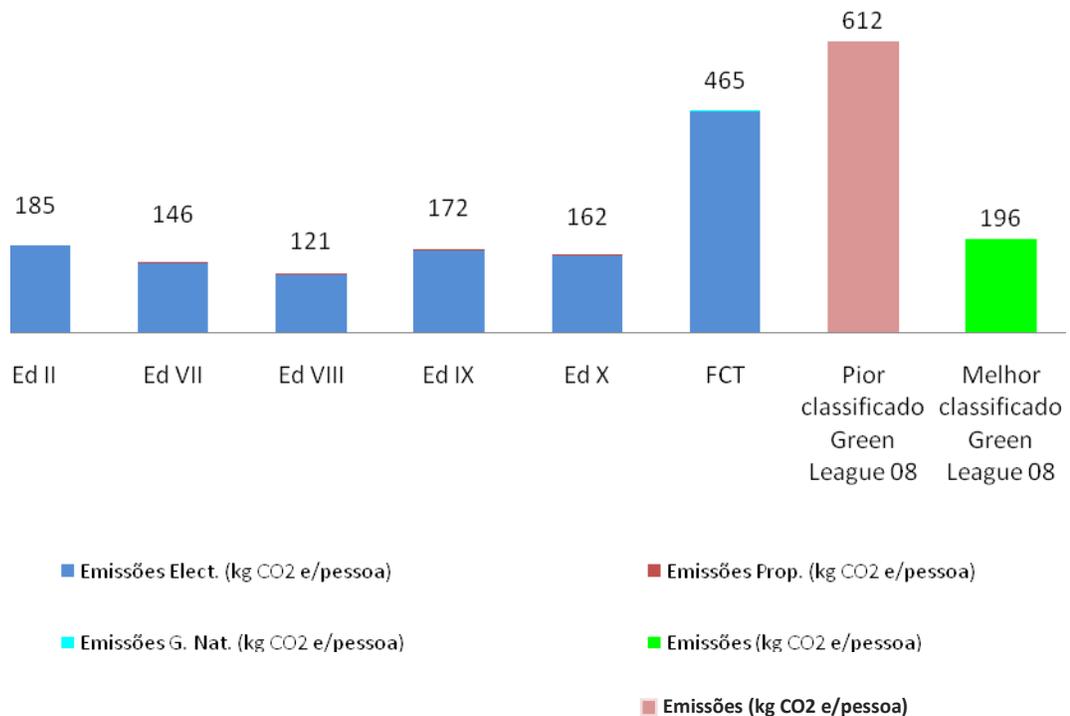
**Tabela 6.23- Potencial de poupança de algumas medidas para o edifício X.**

Medidas	P. Poupança (kWh/ano)	P. Poupança total (%)	Período de retorno (anos)	Custo investimento(€)
Equipamento de escritório	9820	3%	-	-
Balastros electrónicos	12825	4%	-	-
Sensores de ocupação WC	2172	1%	2,1	441
Sensores corredor	10161	3%	0	368
Total	32510	10%	1,9	809

### 6.3 Benchmarking

A comparação de índices de consumo energético e emissões de CO<sub>2</sub> é extremamente importante para conseguir ter a percepção real da performance do objecto em estudo.

Segundo a *Green League* 2008, a IES melhor classificada possuía um valor de 196 kg CO<sub>2</sub>e.pessoa<sup>-1</sup> e o pior classificado um valor de 612 CO<sub>2</sub>e.pessoa<sup>-1</sup>. Comparando este resultado com o resultado obtido para a FCT-UNL, verifica-se que a FCT-UNL possui um valor 2,4 vezes superior ao do melhor classificado *Green League* 2008, como pode ser observado na figura 6.48. Os vários edifícios dispostos no gráfico, possuem valores mais baixos do que o valor total da FCT, mostrando que os edifícios estudados não são aqueles que mais contribuem para o valor elevado deste índice. Os valores dos diferentes edifícios são também inferiores ao melhor classificado *Green League*, podendo dever-se a inúmeros factores, como a natureza e as actividades desenvolvidas nos edifícios, a sua idade, o valor da população universitária ou a eficiência energética. A universidade melhor classificada no ano de 2008 pela *Green League* diz respeito a várias faculdades dedicadas às ciências humanas, engenharia e medicina, podendo existir diferenças ao nível do indicador devido à natureza das suas actividades, no entanto não deixa de ser um valor comparativo, que deixa antever que ainda existe um longo caminho a percorrer no sentido de diminuir as emissões de CO<sub>2</sub>e *per capita* na instituição em estudo.



**Figura 6.48- Comparação das emissões de CO<sub>2</sub>e *per capita* por ano dos vários edifícios em estudo e da FCT, com o melhor classificado Green League 2008.**

Na figura 6.48 pode-se ainda verificar que os edifícios II e IX, como maiores consumidores de electricidade, mantêm a sua condição em relação às emissões de CO<sub>2</sub>e *per capita* por ano. No entanto, no edifício VIII e IX isso não se verifica. O edifício VIII, apesar de consumir mais energia, é utilizado por mais pessoas do que o edifício X, possuindo por isso o menor valor de CO<sub>2</sub>e *per capita* por ano, dos edifícios em estudo.

O valor do consumo de electricidade por área, quando comparado com valores relativos ao estudo de benchmarking do HEEPI e da Universidade de Bordeaux, permite verificar que os laboratórios de engenharia possuem valores mais elevados do que em qualquer um dos estudos. Quanto à administração, apenas o edifício X excede o valor mais elevado dos valores de referência. Este facto deve-se principalmente à climatização. Os valores de intensidade energética dos laboratórios de computadores encontram-se a par dos valores registados no Reino Unido, sendo o edifício VII o que possui o valor mais elevado.

**Tabela 6.24- Comparação dos valores de consumo de energia eléctrica por área por ano dos usos dos edifícios em estudo, com valores homólogos da Universidade de Bordeaux e de benchmarking das Universidades do Reino Unido.**

Uso	Consumos unitários de energia eléctrica (kWh.ano <sup>-1</sup> .m <sup>-2</sup> )								
	FCT-UNL					Uni. Bordeaux	Reino Unido		
	Ed. II	Ed. VII	Ed. VIII	Ed. IX	Ed. X		Muito bom	Bom	Típico
Laboratórios	262	-	145	223	-	117	66	93	130
Laboratórios PC	76	115	47	54	49		114	-	106
Gab. e secret./Administ.	75	92	68	69	351	45	28	46	90
Salas de aula	68	43	10	18	-	-	31	41	118
Auditórios	14	110	-	-	-	41	-	-	-
Zonas de passagem e WC	85	22	36	52	53	-	-	-	-

## 7 Discussão

### 7.1 Padrão geral

O levantamento sobre o comportamento da população da FCT, revelou que ainda existe alguma desinformação sobre as melhores práticas de eficiências energética a adoptar por parte dos alunos, funcionários e docentes que responderam ao questionário realizado no âmbito deste trabalho.

Ainda existem mitos, como pensar que é preferível deixar a iluminação ligada ou o computador porque isso aumenta o tempo de vida dos equipamentos ou diminui o consumo de energia, que fazem com que se tomem atitudes ineficientes.

O desconhecimento ou falta de sensibilização para o consumo em *stand by* ou *off-power*, leva a que a maioria dos docentes e funcionários não docentes não desligue os equipamentos de escritório, nem os desliguem da corrente, podendo atingir os 3% do consumo de electricidade de alguns dos edifícios estudados.

Quanto às respostas relativas às condições de temperatura no interior do edifícios, a confirmar-se o resultado das respostas que podem resultar de uma interpretação errada, a grande maioria das pessoas não tem a percepção da forma correcta para climatizar os espaços. A temperatura interior deve ser mais elevada no Verão e mais baixa no Inverno, uma vez que basta um pequeno acréscimo ou decréscimo de temperatura para que exista conforto em relação ao exterior, até porque o tipo de roupa utilizada também varia de estação para estação. Existem ainda algumas pessoas que deixam as janelas abertas quando o ar condicionado está em funcionamento. Este acto é contraproducente, levando a que a janela aberta funcione numa razão oposta à do ar condicionado, fazendo com que o equipamento consuma mais energia para que o espaço se mantenha nas condições desejadas.

Nos laboratórios a manutenção da totalidade dos equipamentos não configura a maioria da realidade encontrada. Muitas vezes apenas os equipamentos mais sensíveis ou mais recentes possuem manutenção regular feita pela marca. A eficiência energética não é um ponto considerado aquando da sua aquisição.

Grande parte das ineficiências verificadas poderia ser evitadas através da mudança de comportamentos, sensibilização e formação. No entanto, existem barreiras relativas à própria construção dos edifícios que não permitem que determinados comportamentos ocorram, como a iluminação ineficiente de alguns espaços e as condições de conforto térmico, muito associados à qualidade da construção do edifício e ao seu isolamento térmico.

A maioria dos edifícios possui pontes térmicas não isoladas, alguns não possuem isolamento térmico da envolvente e têm vãos envidraçados com vidros simples. Este tipo de ineficiências leva a que exista desconforto e seja consumida mais energia através da climatização para repor condições aceitáveis.

Relativamente à estimativa dos consumos de electricidade dos edifícios, os objectivos foram conseguidos. Comparando o resultado obtido para o edifício IX por Ramos (2008) com os resultados obtidos através deste trabalho, não se verificam diferenças significativas, o que reforça a validade da metodologia utilizada.

Comparando a intensidade energética dos vários usos dos edifícios em estudo com valores de *benchmarking* do Reino Unido e França, verifica-se que os laboratórios de engenharia apresentam valores superiores aos das outras instituições. Os gabinetes e secretarias do edifício X também sobressaem devido à elevada intensidade eléctrica, que advém sobretudo da climatização. Quanto às emissões de CO<sub>2</sub> *per capita*, verifica-se que a FCT apresenta um valor superior ao da instituição pior classificada pela *Green League 08*.

## 7.2 Discussão por edifício

### Edifício II e CITI

O consumo de electricidade deve-se principalmente à iluminação e aos equipamentos de laboratório. Os laboratórios do DCM e os laboratórios de computadores são os usos mais intensivos, uma vez que são os maiores consumidores por m<sup>2</sup>.

No edifício II verificou-se que existem pontes térmicas, danos no envelope exterior do edifício, caixilhos sem corte térmico e vãos com vidros simples que fazem com que o edifício seja permeável às mudanças de temperatura do meio.

Apesar das condições da envolvente, 50% dos docentes que responderam ao inquérito consideraram que a temperatura na generalidade das salas de aula é satisfatória. Isto deve-se ao facto de existirem equipamentos de climatização em *split* em funcionamento em salas e laboratórios, principalmente laboratórios do DI, melhorando assim as condições de conforto térmico existentes. Estas condições são, no entanto, alteradas à custa do consumo de energia, que poderia ser diminuído se a qualidade da construção fosse melhorada.

A iluminação no edifício é efectuada por lâmpadas fluorescentes com balastro magnético. Além disto, a falta de manutenção da iluminação dos espaços comuns do edifício II original constituem ineficiências energéticas e de qualidade da iluminação. Na maioria dos casos não existe necessidade de a iluminação artificial estar ligada durante o dia e durante a noite a média dos valores é inferior a 100 lux. A iluminação do edifício II original pode beneficiar de melhorias através de medidas de manutenção, como limpeza e reposição de difusores. A instalação de luminárias com reflector também aumentaria a eficiência das lâmpadas. Nos espaços comuns do CITI o planeamento da iluminação não foi bem conseguido, uma vez que os valores são no máximo cerca de metade do que é recomendado, apesar das luminárias possuírem reflector.

Nas várias salas do edifício II as luminárias têm reflector, aumentando a eficiência das lâmpadas fluorescentes até 25%, o que não acontece nos laboratórios do DCM. Durante a noite verifica-se que das salas amostradas destinadas à utilização de computador, apenas uma cumpria a Norma EN 12464-1. No entanto a média é superior a 300 lux.

### **Edifício VII**

Através da análise das peças desenhadas do projecto do edifício VII, verifica-se que apesar de possuírem caixa-de-ar, as paredes de alvenaria não possuem isolamento térmico e as pontes térmicas também não se encontram isoladas. Este facto é confirmado através dos termogramas, onde se podem observar pontes térmicas lineares. O facto de este edifício possuir uma área elevada de envidraçados constituída por vidro simples, contribui para perdas ou ganhos térmicos, na estação de aquecimento ou arrefecimento, respectivamente.

A generalidade das salas de aula deste edifício foram consideradas satisfatórias por apenas 17% dos docentes que responderam ao questionário, enquanto 38% consideraram que a generalidade das salas é desconfortável. Estes resultados ocorrem apesar de todas as salas serem servidas por uma caldeira e um *chiller*, ou no caso dos anfiteatros por um *rooftop*, e de os equipamentos de climatização serem aqueles que mais electricidade consomem, significando 53% do consumo total do edifício, o que reforça o papel da qualidade da envolvente do edifício para o conforto térmico dos utilizadores.

A iluminação, no edifício VII, é efectuada através de lâmpadas fluorescentes compactas com reflector. No entanto a substituição de balastros magnéticos por balastros electrónicos permitiria uma poupança de cerca de 20% de energia.

Verifica-se que a iluminação não foi bem dimensionada, uma vez que à noite os valores são sempre inferiores a 100 lux, principalmente no DMat- Departamento. Durante a noite a média dos valores de iluminância nas salas é superior ao recomendado nas normas e durante o dia, mesmo sem iluminação artificial, a média também é superior.

Os usos que mais contribuem para o consumo de electricidade são os associados a gabinetes e secretarias, principalmente devido a equipamentos específicos à actividade, como os computadores. No entanto, tendo em conta a área, este não é o uso mais intensivo, mas sim as salas de computadores, uma vez que com uma menor área, é o terceiro uso com maior consumo de electricidade.

### **Edifício VIII**

Nos termogramas do edifício VIII, é possível identificar pontes térmicas lineares, uma vez que não existe isolamento térmico destas estruturas. No entanto este edifício, sendo mais recente que os anteriormente referidos, denota já uma maior preocupação com a componente térmica do edifício, incorporando alguns vidros duplos e isolamento térmico da paredes duplas.

A maioria dos docentes que lecciona no Edifício VIII e respondeu ao questionário efectuado no âmbito deste trabalho considera as salas de aula desconfortáveis (67%). As salas deste edifício são, em teoria, climatizadas no Inverno através de uma caldeira, não existindo climatização na estação de arrefecimento. No entanto, a difusão do calor produzido através da caldeira, é considerado por alguns docentes estar a funcionar mal, não distribuindo o calor de forma uniforme por todo o edifício. A caldeira em actividade está em sobrecarga, uma vez que normalmente seriam duas a fazer o mesmo trabalho. A resolução destes problemas, aliado a manutenção anual destes equipamentos por especialistas aumentaria a eficiência e o tempo de vida das caldeiras, bem como o conforto no edifício.

Os valores de iluminância nos corredores, à noite, mostram que são inferiores aos valores de referência. No entanto, durante o dia, os valores são muito superiores. Apesar de existirem vários espaços comuns com iluminação natural suficiente, a iluminação artificial encontra-se ligada. Nas salas de aula os valores de iluminância são sempre superiores ao valor de referência, excepto quando a iluminação ocorre apenas com recurso à luz natural.

As lâmpadas fluorescentes funcionam com balastros magnéticos, podendo ser substituídos por balastros electrónicos que aumentam em cerca de 20 a 30% a eficiência das lâmpadas.

### **Edifício IX**

No edifício IX podem-se verificar, através dos termogramas, que este possui pontes térmicas lineares que não se encontram termicamente isoladas. As paredes de alvenaria são duplas, com caixa-de-ar e isolamento térmico e os envidraçados são constituídos por vidros duplos.

Para 43% dos docentes que geralmente lecciona neste edifício, as salas de aula são desconfortáveis. Estas são climatizadas através de uma caldeira, mas não existe climatização na estação de arrefecimento.

A iluminância, tanto nos corredores como em salas de aula, é sempre superior aos valores de referência, no entanto, devido à sua construção, o DCT possui valores mais baixos que o DEC.

Os usos que mais energia eléctrica consomem são os laboratórios, devido ao equipamento específico que possuem, como câmaras fitoclimas, estufas, entre outros.

A iluminação é efectuada através de lâmpadas fluorescentes com reflector, mas ainda são ligadas com recurso a balastros magnéticos, que são pouco eficientes.

### **Edifício X**

Neste edifício não se observam pontes térmicas. Isto deve-se ao facto de, tanto as paredes como as pontes térmicas possuírem isolamento térmico. Ao contrário dos restantes edifícios, não se verifica uma variação de temperatura significativa entre os termogramas tirados ao amanhecer e ao fim da tarde, a utilização de um pano de betão confere ao edifício a capacidade de variar pouco a sua temperatura. Os envidraçados são constituídos por vidros duplos.

As salas deste edifício não são climatizadas. No entanto a maioria dos docentes que lecciona no Edifício X e respondeu ao questionário efectuado no âmbito deste trabalho, considera que a temperatura na generalidade das salas de aula é satisfatória, existindo desconforto apenas nos dias mais quentes e mais frios do ano.

Os equipamentos de climatização são aqueles que consomem mais electricidade, fazendo com que os gabinetes e as secretarias sejam os usos com maior peso.

A iluminação é efectuada através de lâmpadas fluorescentes com reflector, apesar de ainda funcionarem com balastros magnéticos e de estar ligada 24 horas por dia.

Os valores de iluminância nos corredores, na situação de maior desvantagem, apresentam-se inferiores aos valores de referência. Nas salas de aula os valores de iluminância são superiores aos valores de referência, excepto durante o dia, quando a iluminação artificial não esta ligada.

### 7.3 Recomendações

Quanto a medidas que não foram estudadas no âmbito deste trabalho e que podem significar poupanças significativas listam-se as seguintes:

- o isolamento exterior dos edifícios e a substituição de vidros simples por vidros duplos, que permitiriam o aumento do conforto interior e a redução do consumo energético devido a climatização;

- utilização correcta e manutenção dos equipamentos de climatização;

- manutenção e eliminação do consumo *stand by* e *off power* de equipamentos de laboratório;

- formação e sensibilização para a eficiência energética da população da FCT-UNL;

- tornar a eficiência energética dos equipamentos, sempre que possível, uma das características diferenciadoras no acto da compra de equipamentos, seja qual for o uso;

- instalação de baterias de condensadores, que apesar de não diminuírem o consumo energético, diminuem significativamente a factura de electricidade, uma vez que permitem a diminuição da energia reactiva produzida pelos balastros de lâmpadas fluorescentes e de motores ou computadores.

A aplicação do RSECE a todos os edifícios da faculdade, uma vez que estes já se encontram em incumprimento é um facto importante quando se pretende a certificação ISO 14001 ou EMAS, visto que a instituição deve cumprir o enquadramento legal. Outro ponto importante é o facto de a climatização e envolvente dos edifícios ser estudada em mais pormenor, visto serem pontos importantes de consumo e perdas energéticas na maioria dos edifícios da FCT-UNL, podendo ter que vir a ser elaborado um plano de racionalização para os mesmos.

Outro aspecto interessante seria o estudo do seccionamento de circuitos de iluminação, para que esta possa ser adaptada às necessidades do quotidiano.

## 8 Conclusões

### 8.1 Síntese

Através da eficiência energética procura-se otimizar o uso racional de energia. Os edifícios são grandes consumidores de energia com grande potencial para diminuir o seu consumo. Nos edifícios de IES o consumo de energia eléctrica pode ser muito variável, podendo dever-se às diferentes actividades existentes.

O levantamento sobre o comportamento da população da FCT-UNL, revelou que ainda existem mitos e comportamentos que levam ao consumo desnecessário de energia. A formação e sensibilização da população da instituição permitiriam ganhos significativos.

Os edifícios da FCT-UNL estudados possuem grande variabilidade na qualidade da construção, sendo que esta aumenta com os edifícios mais recentes. O edifício X é aquele que apresenta melhor isolamento térmico, não apresentando pontes térmicas.

A iluminação dos diferentes usos nem sempre está bem dimensionada e durante o dia a iluminação artificial é utilizada, quando os níveis de iluminação natural são suficientes para cumprir as necessidades.

O consumo de energia eléctrica é também bastante variável. Nos edifícios com *chiller* e caldeira, edifícios VII e X, a climatização apresenta-se como o maior consumidor de energia eléctrica. Nos edifícios com actividade laboratorial, este apresenta-se como o uso com maior consumo de electricidade. Outra fonte de ineficiência é o consumo *off power* e *stand by* dos equipamentos de escritório, bem como a falta de conhecimento relativamente à regulação da temperatura interior.

As medidas consideradas foram a substituição de balastros magnéticos, a instalação de sensores de ocupação nas instalações sanitárias, a eliminação do consumo *stand by* e *off power* dos equipamentos de escritório e a instalação de sensores por fotocélula em corredores. A redução do consumo de electricidade pode atingir os 15%, e a redução de emissões de CO<sub>2</sub> as 34,2 toneladas.

Comparando a intensidade energética dos usos dos vários edifícios, verifica-se que os usos com maior intensidade são os laboratórios, sendo aqui que se verificam as diferenças mais significativas com os valores do Reino Unido e de França. Quanto à intensidade das emissões de CO<sub>2</sub> *per capita*, verifica-se que os valores dos edifícios estudados e do campus da FCT são superiores ao valor da IES do Reino Unido com melhor classificação *Green League* 08, existindo um elevado potencial de poupança.

## 8.2 Cumprimento de objectivo

Este trabalho tem dois objectivos principais, como já foi referido, o estudo do comportamento da população da FCT-UNL, quanto à utilização da energia no campus e a análise do uso da energia nos edifícios por espaço e equipamento.

Ambos foram concretizados, embora as estimativas do consumo dos edifícios com *chiller* possuíssem erros elevados, as estimativas obtidas para o edifício IX em 2008 são semelhantes às obtidas neste trabalho, reforçando a validade da metodologia utilizada.

O questionário on-line revelou-se um método expedito e rápido, para o estudo dos comportamentos associados ao uso da energia. Embora tenha sido respondido apenas por pessoas que dão importância à eficiência energética e por 10% da população, foi possível retirar conclusões importantes sobre o seu comportamento.

Considera-se que a metodologia utilizada neste trabalho é reproduzível e pode ser utilizada para avaliar edifícios de outras instituições com vista à melhoria e conhecimento do comportamento e consumo energético.

## 8.3 Recomendações

Considera-se que seria benéfica a aplicação das medidas estudadas, substituição de balastros magnéticos por electrónicos e a instalação de sensores de movimento e por fotocelula, por trazerem benefícios aos edifícios da FCT-UNL, em termos económicos, energéticos e de redução de GEE.

Quanto a medidas que não foram estudadas no âmbito deste trabalho destaca-se a instalação de baterias de condensadores, que permitiriam a redução de custos devido à energia reactiva.

O isolamento térmico exterior, a substituição de vidros simples por vidros duplos e a formação e sensibilização da população da FCT-UNL para questões relacionadas com a eficiência energética, contribuem para a redução de custos, para o aumento do conforto e da eficiência energética dos edifícios.

Outro ponto importante com vista ao aumento da eficiência energética da FCT-UNL e ao cumprimento do quadro legal seria a aplicação do RSECE a todos os edifícios da faculdade. A aplicação deste regulamento permitiria o estudo detalhado da climatização e envolvente dos edifícios que não foi realizado no âmbito deste trabalho.

## 8.4 Desenvolvimentos futuros

Foram identificadas possibilidades de desenvolvimentos futuros, como a investigação da viabilidade da aplicação de telhados verdes (ou fachadas verdes) nos edifícios da FCT-UNL. Esta é uma questão que já é aplicada em vários países da Europa e do Norte da América, com carácter obrigatório, devido aos benefícios que associados, entre outros, à melhoria do comportamento térmico dos edifícios, diminuição da climatização.

Outro aspecto seria a realização de uma auditoria da qualidade do ar interior dos edifícios da faculdade, algo que também está regulamentado e que já se começa a fazer no exterior, por exemplo na Grécia em escolas primárias e infantários, seria outro ponto de interesse. Este é um problema importante, visto que é neste tipo de instituições que a maior parte dos alunos e funcionários passam a maior parte do tempo.



## Bibliografia

ADENE. (2009). *Certificação Energética e Ar interior dos Edifícios: Enquadramento e Objectivos*, disponível em:

<http://www.adene.pt/ADENE/Canais/SubPortais/SCE/Introducao/Apresenta%c3%a7%c3%a3o.htm>

ADENE. (2009). *Certificação Energética e Ar Interior dos Edifícios: SCE, RCCTE e RSECE*, disponível em:

<http://www.adene.pt/ADENE/Canais/SubPortais/SCE/Apresentacao/SCERCCTEeRSECE/Legislaçãonacional.htm>

ADENE. (2004). *Eficiência energética em equipamentos e sistemas eléctricos no sector residencial*. Lisboa: DGGE / IP-3E.

Aelenei, D. (2009). Noções gerais de Comportamento Térmico. *Curso de Formação: Sistema de Certificação energética. Módulo Técnico RCCTE*.

Agencia Municipal de energia do Seixal; Câmara Municipal do Seixal. (2007). Plano Municipal de energia do Seixal. *Seminário Protocolo de Quioto: Desafios de Gestão*.

Alpalhão, F. *Relatório final global: Caracterização energética de escolas do 1º ciclo do Ensino Básico: Concelhos de Aljustrel, Grândula, Moura, Redondo, Santiago do Cacém e Sines*.

ARECBA/ADENE.

Ambiente Online (2010), disponível em:

<http://www.ambienteonline.pt/noticias/detalhes.php?id=8336>

Agencia Portuguesa do ambiente (APA) (2010), disponível em:

<http://www.apambiente.pt/Paginas/default.aspx>

Aroso, M. H. (1987). *Estudo das Pontes Térmicas na Evolvente dos Edifícios*. Porto: Faculdade de Engenharia do Porto, Departamento de Mecânica, Gabinete de Fluidos e Calor.

Bartolomeu, M. M. (2003). *Pós Graduação em Higiene e Segurança no Trabalho. Módulo VII-Higiene do Trabalho: Iluminação no Local de Trabalho*. Santarém: ISLA.

Bell, G. C., & Arch., M. (2008). Best Practice guide: Optimizing Laboratory Ventilation Rates. LABORATORIES FOR THE 21ST CENTURY.

Bonnet, J.-F., Devel, C., Fauche, P., & Roturier, J. (2003). Analysis of electricity and water end-uses in university campuses: case-study of the University of Bordeaux in the framework of the Ecocampus European Collaboration. *Journal of Cleaner Production*, 13-24.

Browne, S., & Frame, I. (2001). Green buildings need green occupants. *Eco Management and Auditin* 6, pp. 80-85.

City of Toronto. *What is a Green roof?* <http://www.toronto.ca/greenroofs/what.htm>

Decreto-Lei n.º 80/2006 de 4 de Abril, que aprova o Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE), que substitui o DL n.º 40/90, Diário da República n.º 67, 1 Série-A.

DGEG. (2009). Caracterização Energética Nacional, disponível em: <http://www.dgge.pt/>

DGEG. (2009), disponível em:

<http://www.dgge.pt/aaaDefault.aspx?back=1&f=1&lws=1&mcna=0&inc=63636448AAAAAAAAAAAA&codigono=636364487560AAAAAAAAAAAA>

Ecocasa (2010) - Quercus-Associação Nacional de Conservação da Natureza, disponível em:

[http://www.ecocasa.org/construcao\\_content.php?id=24](http://www.ecocasa.org/construcao_content.php?id=24)

EDP. (2006). *Programa ECO: A etiqueta energética*, disponível em:

<http://www.edp.pt/EDPI/Internet/PT/Group/Sustainability/EnergyEfficiency/HowToSave/Energy/etiquetaenergia.htm>

EnerBuilding.eu Energy Efficiency. (2008). *Manual do Consumidor: Eficiência Energética nos edifícios residenciais*. Lisboa: Intelligent Energy Europe.

Energie+. (2009) > *Version 6: Conception et rénovation des bâtiments tertiaires >Le projet de rénovation>Évaluer le niveau d'éclairage>Nomenclature des prescriptions relatives à l'éclairage dans les écoles*. Université Catholique de Louvain, disponível em: [http://www.energieplus-lesite.be/energieplus/page\\_10759.htm](http://www.energieplus-lesite.be/energieplus/page_10759.htm):

ENERGY STAR. *History of ENERGY STAR*, disponível em:

[http://www.energystar.gov/index.cfm?c=about.ab\\_index](http://www.energystar.gov/index.cfm?c=about.ab_index)

EU ENERGY STAR. (2009). *Razões para preferir ENERGY STAR nos organismos público*, disponível em: [http://www.eu-energystar.org/pt/pt\\_003p.shtml](http://www.eu-energystar.org/pt/pt_003p.shtml), 31 de Agosto de 2009.

Faculdade de Ciências e Tecnologia (2010), disponível em:

[http://www.fct.unl.pt/faculdade/apresentacao/index\\_html](http://www.fct.unl.pt/faculdade/apresentacao/index_html)

FEUP. (2003). Balastros Electrónicos. *Técnicas de Iluminação*. FEUP.

FEUP. (2003). Poupança de Energia. *Técnicas de Iluminação*. FEUP.

FLIR Systems (2010), disponível em: <http://www.flir.com/PT/>

Gaspar, C. (2002). *Relatório de Auditoria energética: Edifício Departamental da Faculdade de Ciências e Tecnologia Universidade Nova de Lisboa*. ADENE.

HEEPI. (2006). *Results of the HEEPI HE Building Energy Benchmarking Initiative 2003-4*. HEEPI.

Hill, M. M., & Hill, A. (2000). *Investigação por questionário*. Lisboa: Sílabo.

- Holanda, A. (Julho de 2006). Questões sobre pesquisa qualitativa e pesquisa fenomenológica. *Análise Psicológica* , pp. 363-372.
- Hopkinson, L., & James, P. (2007). *Sustainable Laboratories for Universities and Colleges - reducing Energy and Environmental Impacts*. HEEPI.
- Intelligent Metering. (2007). *Energy Savings from Intelligent Metering and Behavioural Change: Final report – Project results*.
- Intelligent Metering. (s.d.). Intelligent Metering Leaflet.
- Instituto Português de Acreditação (IPAC) (2010), disponível em: <http://www.ipac.pt/>
- James, P., Dockery, M., & Hopkinson, L. (2007). *Sustainable Laboratories for Universities and Colleges- Lessons from America and the Pharmaceutical Sector*. HEEPI.
- Keller, J. (1 de Setembro de 2009). Energy Drain by Computers Stifles Efforts at Cost Control. *Chronicle of Higher Education* , pp. A1-A11.
- Lopes, Â. M. (2006). *Estudo de uma solução energética autosustentável aplicada ao edifício de engenharia electrotécnica*. Monte de Caparica: Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova (FCT-UNL).
- Milken Institute. (2010). North America High Tech, disponível em: <http://www.milkeninstitute.org/nahightech/nahightech.taf?rankyear=2007&type=rank2007>
- Mills, E., & Borg, N. (1999). Trends in Recommended Illuminance Levels: An International Comparison. *Journal of the Illuminating engineering Society* , pp. 155-163.
- Niachou, A., Papakonstantinou, K., & Santamouris, M. (2001). Analysis of the green roof thermal properties and investigation of its energy performance. *Energy and Buildings* 33 , pp. 719-729.
- Ocaña, S. M., Guerrero, I. C., & Requena, I. G. (2004). Thermographic survey of two rural buildings in Spain. *Energy and Buildings* 36 , pp. 515–523.
- Ó Gallachóira, B., Keane, M., Morrissey, E., & O'Donnell, J. (Agosto de 2007). Using indicators to profile energy consumption and to inform energy policy in a university—A case study in Ireland. *Energy and Buildings* , pp. 913-922.
- People & Planet. (2007). *The Green League for Environmental Performance*, disponível em: <http://peopleandplanet.org/gogreen/greenleague2007/table>
- Pierce, M. A. (1992). Campus energy Management Programs. *New directions for Higher Education* .
- Ramos, C. (2008). *Potencial de poupança de energia em edifícios de habitação e serviços de Almada*. Monte de Caparica: FCT/UNL.

- Ryerson University. (2005). *Report on the Environmental Benefits and Costs of Green Roof Technology for the City of Toronto*. Ryerson University.
- Ryerson University. (2005). *Report on the Environmental Benefits and Costs of Green Roof Technology for the City of Toronto*. Toronto.
- Saiz, S., Kennedy, C., Bass, B., & Pressnail, K. (2006). Comparative Life Cycle Assessment of Standard and Green Roofs. *Environ. Sci. Technol.* 40 , pp. 4312–4316.
- Schonlau, M., Fricker, R. D., & Elliott, M. N. (2002). *Conducting Research Surveys via E-mail and the Web*. Santa Monica: RAND.
- Spalaa, A., Bagiorgasa, H., Assimakopoulosb, M., Matthopoulousa, D., Kalavrouziotisa, J., & Mihala, G. (2008). *On the green roof system. Selection, state of the art and energy potential investigation of a system installed in an office building in Athens, Greece*. *Renewable Energy* 33 ,pp. 173–177.
- Tauchen, J., & Bradli, L. L. (2006). *A gestão ambiental em instituições de ensino superior: modelo para implantação em campus universitário*. *SciELO Brasil-Gestão e Produção* , pp. 503-515.
- Técnicas de Iluminação*. (2002/2003).
- Telhados Verdes: A quinta fachada. (Maio de 2009). *National Geographic* 110 .
- Tirone, L. (2010) CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL, disponível em:  
[http://www.construcaosustentavel.pt/index.php?option=com\\_content&view=article&id=85:inercia-termica&catid=47:inercia-termica&Itemid=73](http://www.construcaosustentavel.pt/index.php?option=com_content&view=article&id=85:inercia-termica&catid=47:inercia-termica&Itemid=73)
- Turner, W. C. (2005). *Energy Management Handbook*. United States of America: The Fairmont Press.
- Valério, J. G. (2007). *Avaliação do Impacte das Pontes Térmicas no Desempenho Térmico e Energético de Edifícios Residenciais Correntes*. Lisboa: Instituto Superior Técnico - Universidade Técnica de Lisboa.
- Vastamäki, R., Sinkkonen, I., Lahti, M., & Leinonen, C. (2005). *EBOB: The Questionnaire Report*.
- Vilão, R., Venâncio, C., Sousa, A., Liberal, P., Ribeiro, R., & Ricardo, V. (2009). *Relatório do Estado do Ambiente 2008*. Amadora: Agência Portuguesa do Ambiente (APA).
- WWF. (2007). *A place for dams in the 21st century? WWF internacional discussion paper* .

# Apendices

## Apendice I

Tabela A.0.1- Valores de iluminância do edifício II.

	Orientação	Fracção	Iluminância				
			Dia (lux)	Observações	Noite (lux)	Observações	
Ed II	Sudoeste	1	1120	c/ luzes acesas	53,2	c/ luzes acesas	
	Sudoeste, Vertical	2	530	c/ luzes acesas	116,1	c/ luzes acesas	
	Sudeste	3	1000	c/ luzes acesas	-	-	
	-	4	86	c/ luzes acesas	75,9	c/ luzes acesas	
	Sudeste	5	1600	c/ luzes acesas	136	c/ luzes acesas	
	Sudeste	6	859	s/ luzes acesas	51	c/ luzes acesas	
	Sudoeste	7	700	c/ luzes acesas	121,6	c/ luzes acesas	
	-	9	876	s/ luzes acesas	42,2	c/ luzes acesas	
	-	10	108	c/ luzes acesas	67,9	c/ luzes acesas	
	-	11	95,2	c/ luzes acesas	74,4	c/ luzes acesas	
	Vertical	12	317	c/ luzes acesas	-	-	
	-	14	54,4	c/ luzes acesas	57,2	c/ luzes acesas	
	-	15	76,4	c/ luzes acesas		-	
	-	16	51,5	s/ luzes acesas	74,7	c/ luzes acesas	
	CITI	Noroeste	1	930	s/ luzes acesas	3,62	s/ luzes acesas
		-	2	59,4	c/ luzes acesas	44,1	c/ luzes acesas
-		3	87	c/ luzes acesas	53,3	c/ luzes acesas	
		4	1370	c/ luzes acesas	-	-	
-		5	62,2	s/ luzes acesas	-	-	
Sudeste		6	2300	c/ luzes acesas	51,9	c/ luzes acesas	
-		7	84	c/ luzes acesas	41,8	c/ luzes acesas	
-		8	64,1	s/ luzes acesas	-	-	
Sudeste		9	3430	c/ luzes acesas	57,6	c/ luzes acesas	
-		10	110,5	c/ luzes acesas	33,2	c/ luzes acesas	
Salas	-	Sala 121 A	379	-	379	c/ luzes acesas	
	Noroeste	Sala 114	376	c/ luzes acesas	320	c/ luzes acesas	
	Noroeste	Sala 110	224	c/ luzes acesas	263	c/ luzes acesas	
	Sudoeste	Sala 128	214	c/ luzes acesas	162	c/ luzes acesas	
	Nordeste	Sala 250	742	c/ luzes acesas	633	c/ luzes acesas	
	Sudeste	Sala 238	410	c/ luzes acesas	366	c/ luzes acesas	
	Noroeste	Sala 231 A	671	c/ luzes acesas	279	c/ luzes acesas	
			210	s/ luzes acesas			
	Noroeste	Sala 229	532	c/ luzes acesas	516	c/ luzes acesas	
			95,8	s/ luzes acesas			
	Sudoeste	Sala 204	790	c/ luzes acesas	457	c/ luzes acesas	
312			s/ luzes acesas				

Tabela A.0.2- Valores de iluminância do edifício VII.

	Orientação	Fracção	Iluminância			
			Dia (Lux)	Observações	Noite (Lux)	Observações
<b>Edifício VII</b>  <b>DMat - Departamento</b>	Norte, Sul	1	5000	s/ luzes acesas	65,6	c/ luzes acesas
	Sul	2	1040	s/ luzes acesas	66,2	c/ luzes acesas
	Este	3	475	s/ luzes acesas	31	c/ luzes acesas
	-	5	101	s/ luzes acesas	83,7	c/ luzes acesas
	Este	6	380	s/ luzes acesas	84,9	c/ luzes acesas
	Este	7	16800	s/ luzes acesas	3,38	c/ luzes acesas
	-	4	14,3	c/ luzes acesas	14,3	c/ luzes acesas
<b>Edifício VII</b>  <b>DMat - Pedagógico</b>	Sul	8	1710	c/ luzes acesas	88,7	c/ luzes acesas
	-	9	130	c/ luzes acesas	68,5	c/ luzes acesas
	Este	11	78	c/ luzes acesas	78	c/ luzes acesas
	-	12	65,1	c/ luzes acesas	47	c/ luzes acesas
	Este	14	253	c/ luzes acesas	46,3	c/ luzes acesas
	Oeste	15	2200	s/ luzes acesas	18,7	c/ luzes acesas
<b>Salas</b>	Oeste (Dmat-Dep.)	Sala 2.1	625	c/ luzes acesas	552	c/ luzes acesas
	Oeste (Dmat-Dep.)	Sala 2.4	664	c/ luzes acesas	585	c/ luzes acesas
			58,1	s/ luzes acesas		
	Este (Dmat-Ped.)	Sala 1.2	490	c/ luzes acesas	274	c/ luzes acesas
			96,7	s/ luzes acesas		
	Este (Dmat-Ped.)	Sala 1.3	573	c/ luzes acesas	231	c/ luzes acesas
			70,4	s/ luzes acesas		
	Oeste (Dmat-Ped.)	Sala 1.11	1240	c/ luzes acesas	390	c/ luzes acesas
			863	s/ luzes acesas		
	Oeste (Dmat-Ped.)	Sala 1.9	1318	c/ luzes acesas	462	c/ luzes acesas
			812	s/ luzes acesas		

Tabela A.0.3- Valores de iluminância do edifício VIII.

	Orientação	Fracção	Iluminância			
			Dia (Lux)	Observações	Noite (Lux)	Observações
Edifício VIII	-	1	88	c/luzes acesas	85	c/luzes acesas
	-	2	53	c/luzes acesas	-	-
	-	13	-	-	90,5	c/luzes acesas
	-	17	-	-	67,4	c/luzes acesas
	Oeste	3	980	c/luzes acesas	64,2	c/luzes acesas
	-	4	108	c/luzes acesas	24,7	c/luzes acesas
	Este, Oeste	5	9500	c/luzes acesas	-	c/luzes acesas
	-	6	129	c/luzes acesas	96	c/luzes acesas
	-	7	138	c/luzes acesas	142,9	c/luzes acesas
	Este, Oeste	8	13520	c/luzes acesas	49	c/luzes acesas
	Sul	9	246	c/luzes acesas	131,5	c/luzes acesas
	Oeste	10	1940	c/luzes acesas	75,4	c/luzes acesas
	-	11	202	c/luzes acesas	67,2	c/luzes acesas
	-	12	109	c/luzes acesas	62,7	c/luzes acesas
	Este, Oeste	14	15010	c/luzes acesas	49	c/luzes acesas
	Sul	15	230	c/luzes acesas	131,5	c/luzes acesas
	-	16	163	c/luzes acesas	-	-
	Oeste	Piso 4 - Entrada	2260	c/luzes acesas	42,2	c/luzes acesas
	-	Piso 4 - Hall Principal	263	c/luzes acesas	105,8	c/luzes acesas
	-	Piso 4 - Corredor Gab.	71	c/luzes acesas	35,8	c/luzes acesas
Este, Oeste	Piso 4 - Corredor Vidro	17700	-	63,6	c/luzes acesas	
Sul	Piso 4 - Corredor Salas	279	c/luzes acesas	47,6	c/luzes acesas	
Salas	???	Sala 4.07	643	c/luzes acesas	414	c/luzes acesas
			148,1	s/luzes acesas		
	???	Sala 4.08	610	c/luzes acesas	445	c/luzes acesas
			103,4	s/luzes acesas		
	Oeste	Sala 3.06	1014	c/luzes acesas	820	c/luzes acesas
			658	s/luzes acesas		
	Oeste	Sala 3.08	578	c/luzes acesas	393	c/luzes acesas
			133	s/luzes acesas		
	Este	Sala 3.05	-	-	459	c/luzes acesas
			-	-		

**Tabela A.0.4- Valores de iluminância do edifício IX- DEC.**

	Orientação	Fracção	Iluminância			
			Dia (Lux)	Observações	Noite (Lux)	Observações
<b>Edifício IX Departamento de Engenharia Civil</b>	-	9	19,4	-	-	-
	-	10	117,4	-	-	-
		20	-	-	161	c/ luzes acesas
	Este	11	550	c/ luzes acesas	114	c/ luzes acesas
	-	12	38	-	137	c/ luzes acesas
	-	13	121	-	137	c/ luzes acesas
	Este, Oeste	14	1300	c/ luzes acesas	74,7	c/ luzes acesas
	Sul	15	148	-	144	c/ luzes acesas
	Este	16	420	c/ luzes acesas	-	c/ luzes acesas
	-	17	327	-	114	c/ luzes acesas
	Oeste	18	880	-	-	c/ luzes acesas
	-	19	199	-	137	c/ luzes acesas
	Este, Oeste	21	2040	s/ luzes acesas	74,7	c/ luzes acesas
	sul	22	30,8	-	144	c/ luzes acesas
	-	23	58,5	-	254	c/ luzes acesas
	-	24	22,8	-	138	c/ luzes acesas
	-	25	178	-	138	c/ luzes acesas
		Este, Oeste	26	2760	c/ luzes acesas	69
	Sul	27	62	c/ luzes acesas	138	c/ luzes acesas
<b>Salas</b>	Oeste	Sala 3.19	365	s/ luzes acesas	341	c/ luzes acesas
	Este	Sala 4.14	289	s/ luzes acesas	338	c/ luzes acesas
	Oeste	Sala 4.15 A	312	c/ luzes acesas	141,7	c/ luzes acesas
	Oeste	Sala 4.17	204	c/ luzes acesas	440	c/ luzes acesas
	Norte	Sala 3.25	475	s/ luzes acesas	300	c/ luzes acesas
				600	c/ luzes acesas	
	Este, Norte	Sala 2.25	263	s/ luzes acesas	561	c/ luzes acesas

**Tabela A.5 - Valores de iluminância do edifício IX- DCT.**

	Orientação	Fracção	Iluminância			
			Dia (Lux)	Observações	Noite (Lux)	Observações
<b>Edifício IX Departamento de Ciências da Terra</b>	Este	1	250	-	-	-
	Norte	2	247	-	153	c/ luzes acesas
	Norte	3	643	c/ luzes acesas	271	c/ luzes acesas
	-	4	250	c/ luzes acesas	228	c/ luzes acesas
	-	5	190	-	-	-
	Este	6	623	-	124,5	c/ luzes acesas
	Este, Norte	7	6320	-	165	c/ luzes acesas
	-	8	635	-	173	c/ luzes acesas
<b>Salas</b>			418	c/ luzes acesas		
	Este	Sala 3.30	92,5	s/ luzes acesas	368	c/ luzes acesas
	Norte	Sala 3.28	42,4	s/ luzes acesas	519	c/ luzes acesas
			525	c/ luzes acesas		
	Sul	Sala 3.32	61,7	s/ luzes acesas	483	c/ luzes acesas
			427	c/ luzes acesas		
	Oeste	Sala 3.36	80,5	s/ luzes acesas	538	c/ luzes acesas

**Tabela A.0.6- Valores de iluminância do edifício X.**

	Orientação	Fracção	Iluminância			
			Dia (Lux)	Observações	Noite (Lux)	Observações
<b>Edifício X</b>	Sul	1	60,4	s/ luz acesa	86	c/ luz acesa
		2	60	c/ luz acesa	-	-
		3	46,2	c/ luz acesa	-	-
		4	1014	c/ luz acesa	-	-
	Norte	5	220	c/ luz acesa	59,6	c/ luz acesa
	-	6	70	c/ luz acesa	54,1	c/ luz acesa
	Sul	7	920	c/ luz acesa	53,5	c/ luz acesa
	-	8	308	c/ luz acesa	50,8	c/ luz acesa
	-	9	141	-	70,6	c/ luz acesa
	-	10	380	c/ luz acesa	62,5	c/ luz acesa
	-	11	230	c/ luz acesa	34,8	c/ luz acesa
<b>Salas</b>	Oeste	Sala 1.1	55,3	s/ luz acesa	216	c/ luz acesa
	Oeste	Sala 1.5	34	s/ luz acesa	348	c/ luz acesa
		561	c/ luz acesa			

## Apêndice II

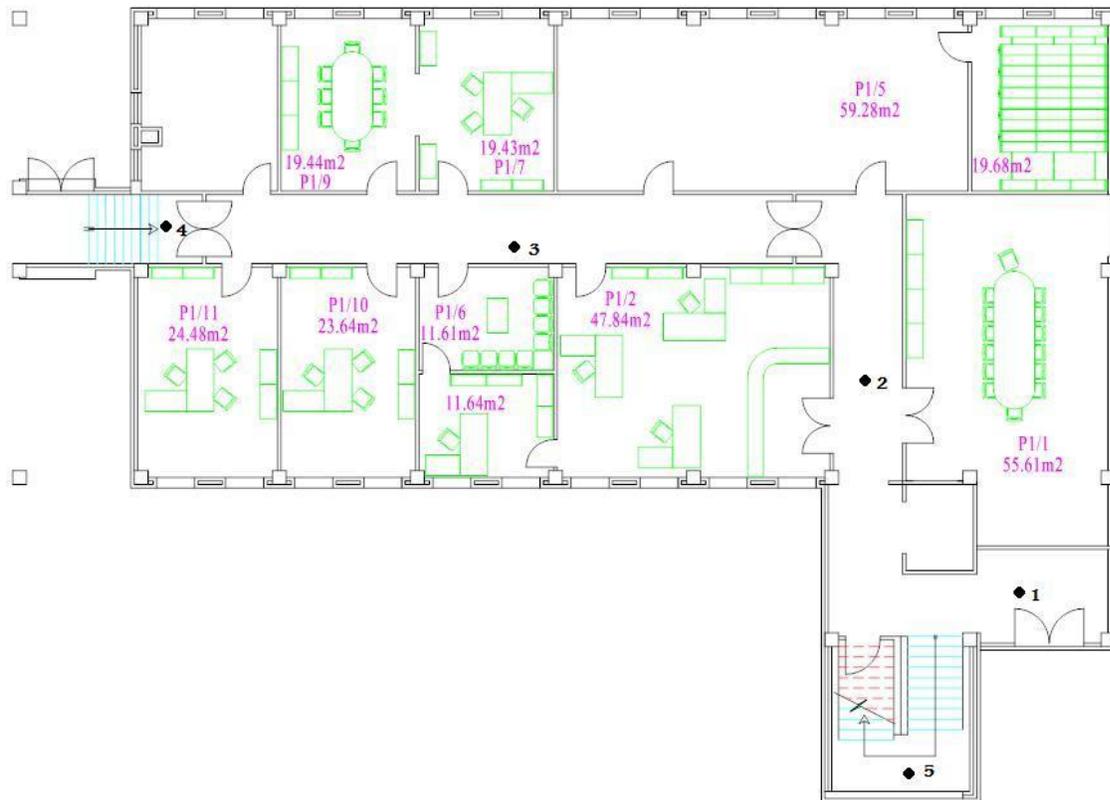


Figura 0.1- Local amostragem valores de iluminância no piso 1 CITI.

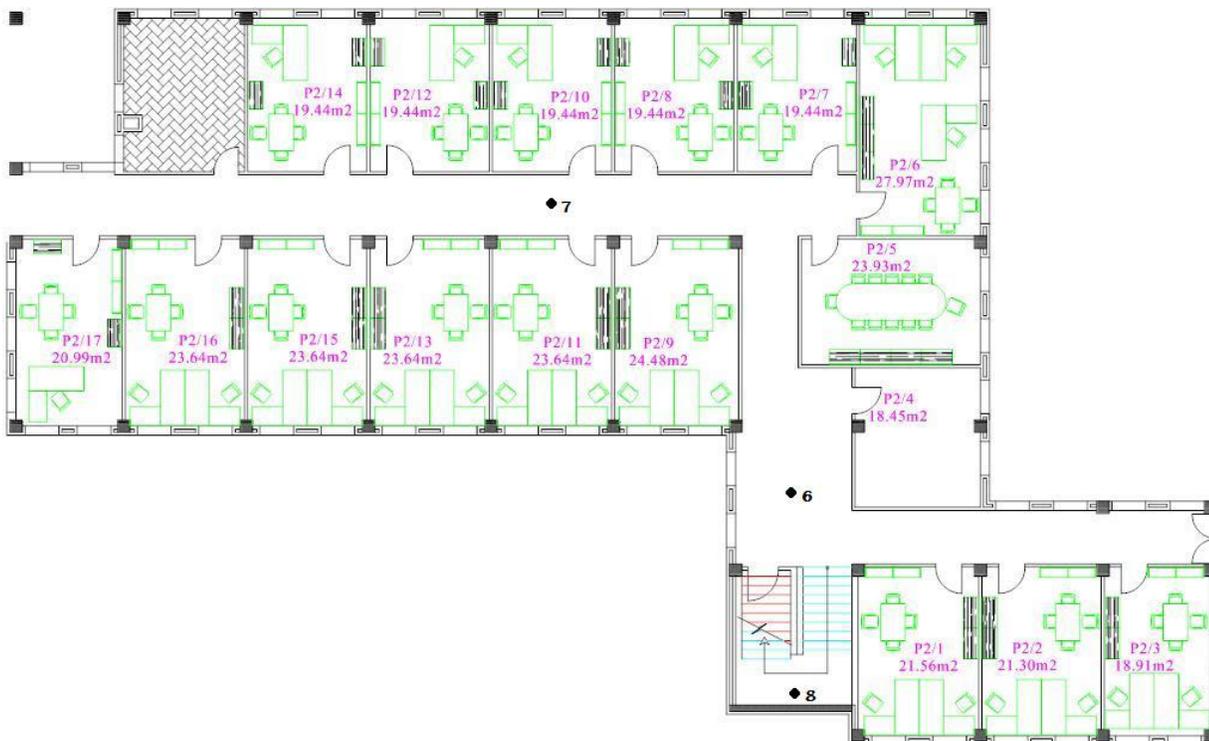


Figura 0.2- Local amostragem valores de iluminância no piso 2 CITI.

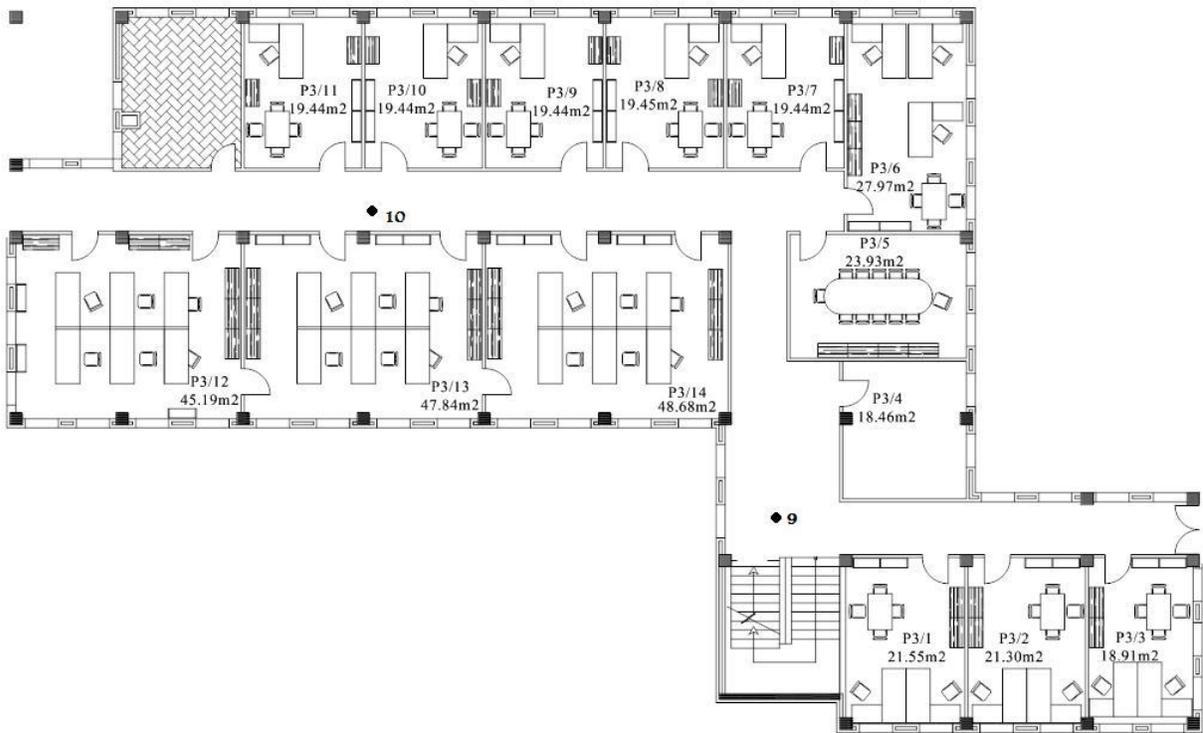


Figura 0.3- Local amostragem valores de iluminância no piso 3 CITI.

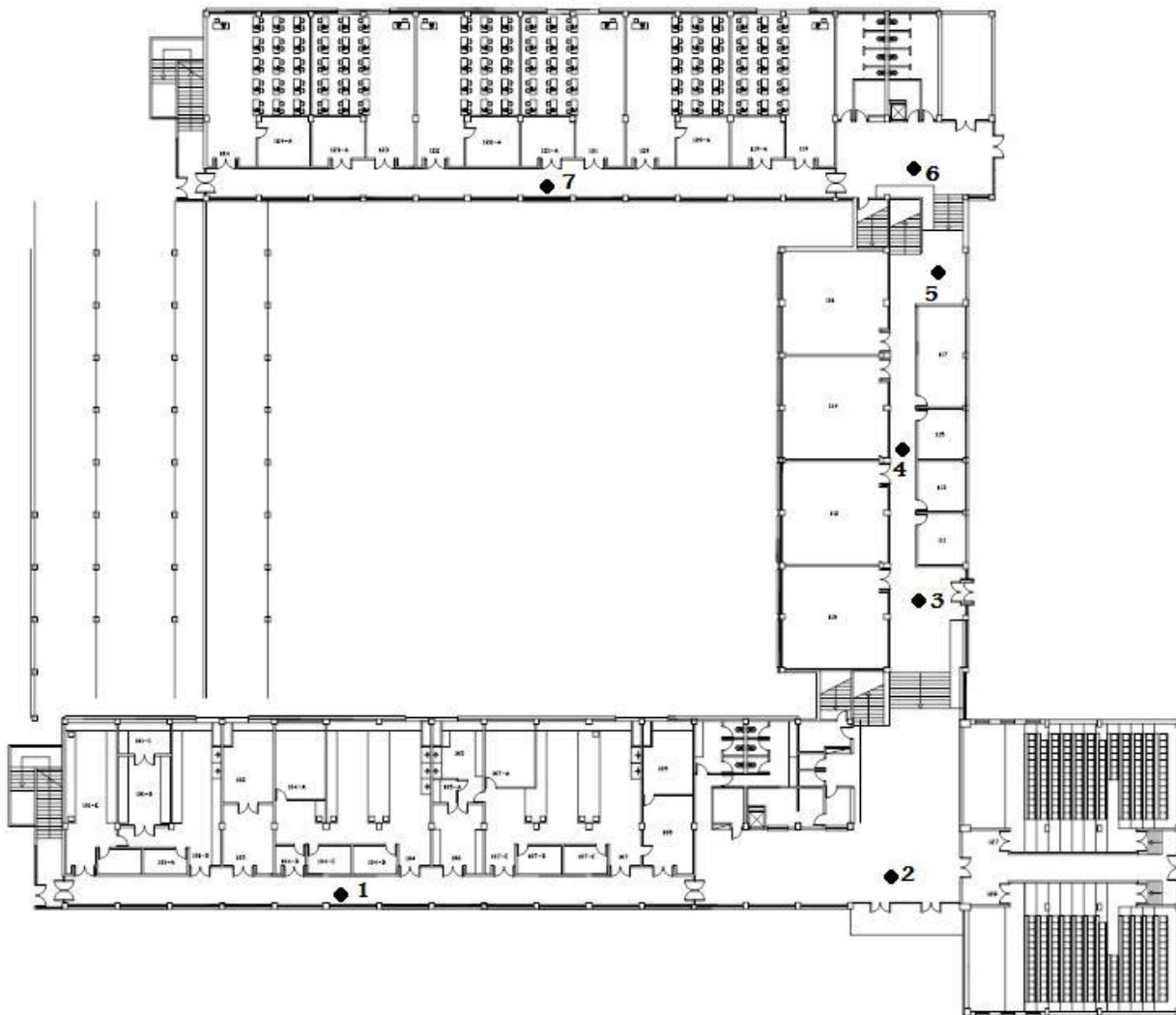


Figura 0.4- Local amostragem valores de iluminância no piso 1 edifício II.

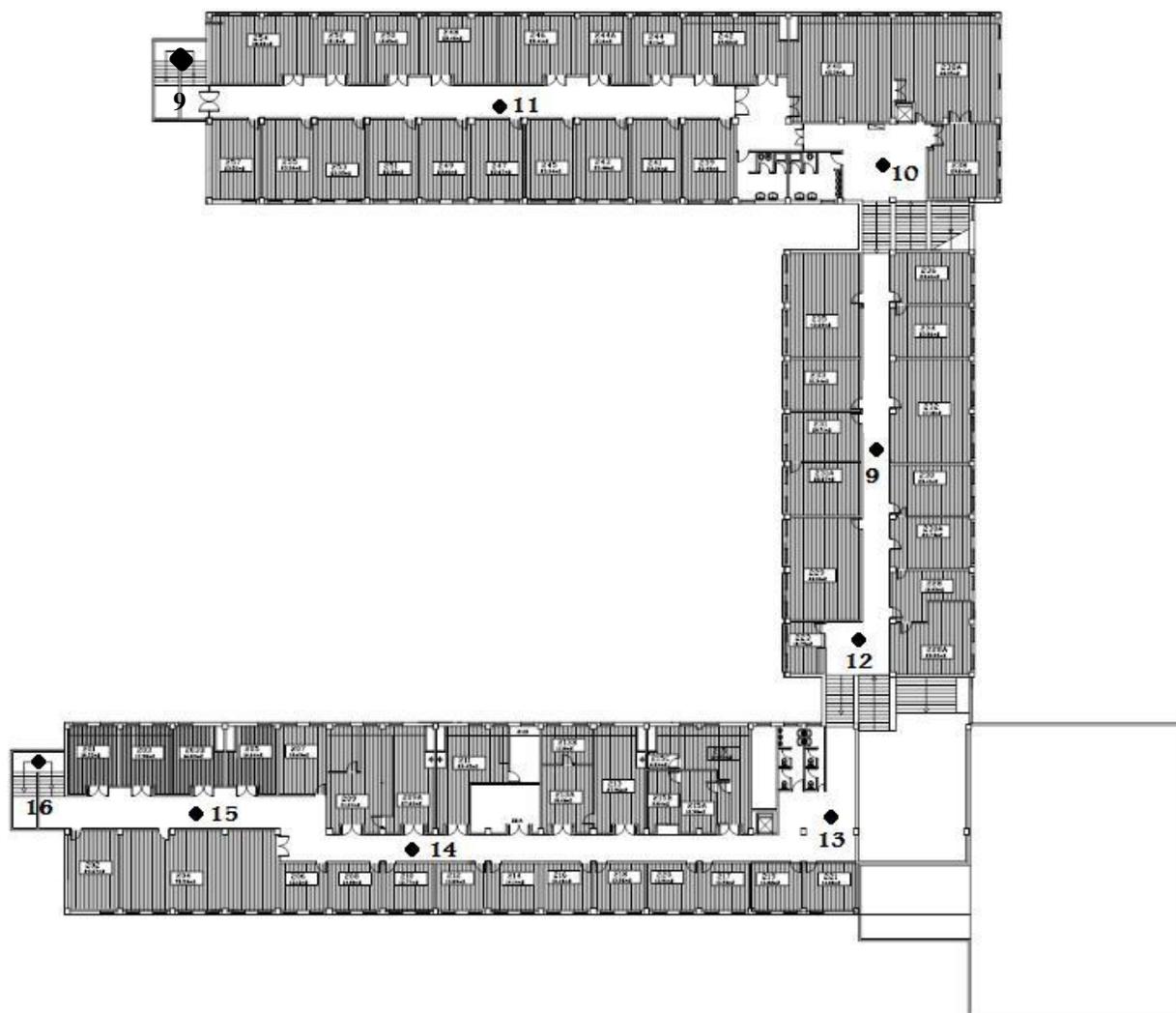


Figura 0.5- Local amostragem valores de iluminância no piso 2 edifício II.



Figura 0.6- Local amostragem valores de iluminância no piso 1 edifício VII.

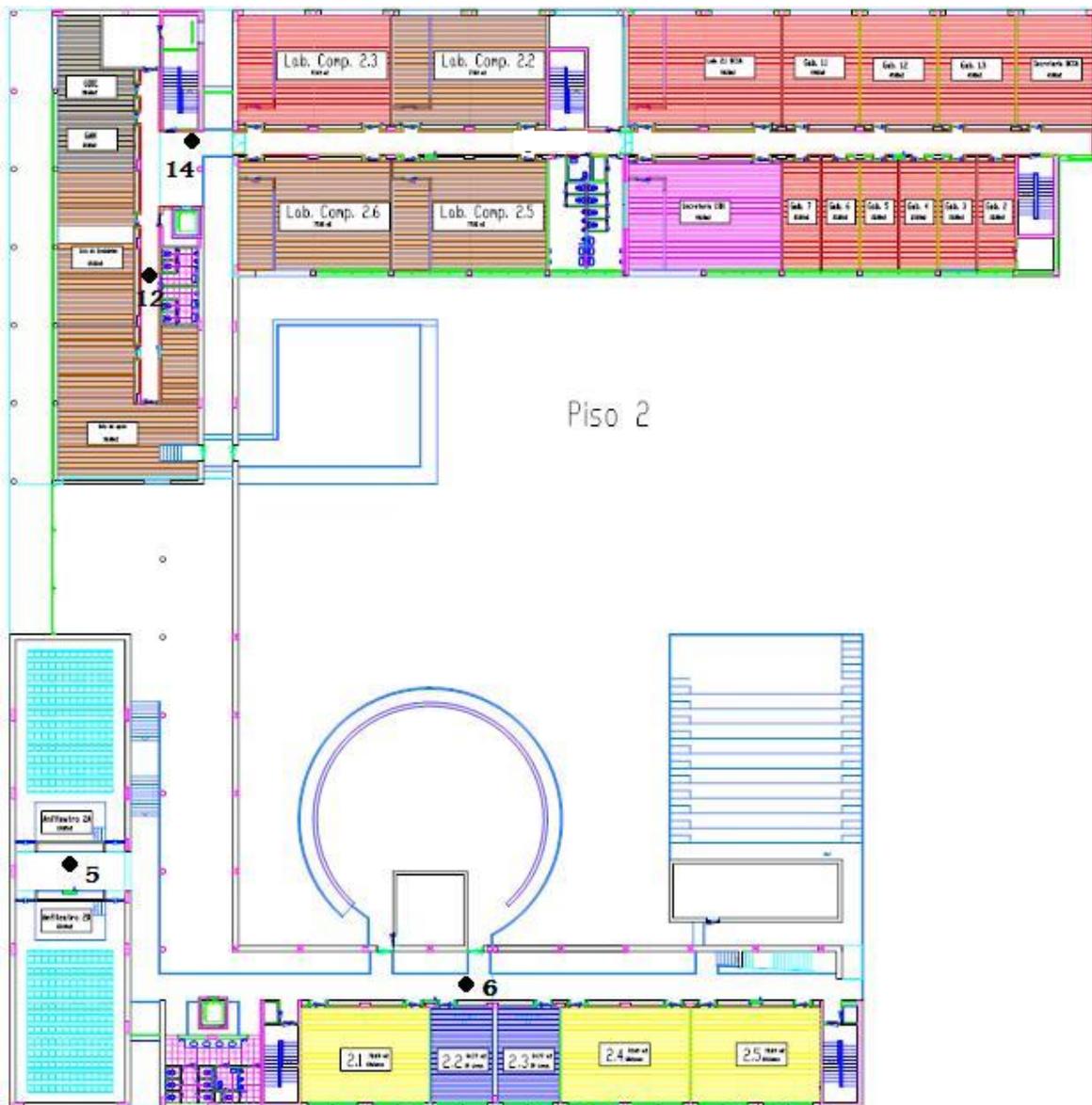


Figura 0.7- Local amostragem valores de iluminância no piso 2 edifício VII.

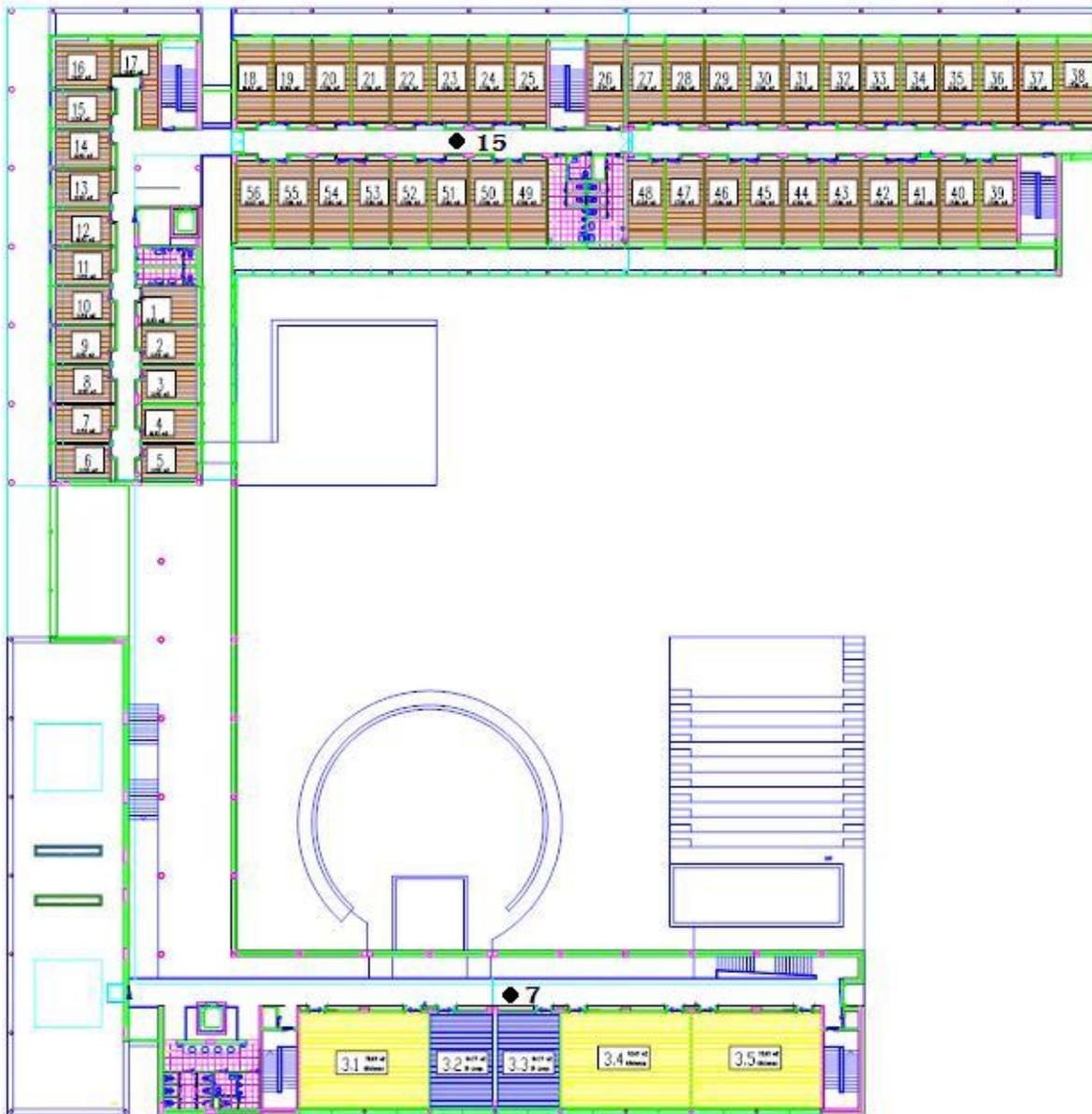


Figura 0.8- Local amostragem valores de iluminância no piso 3 edifício II.

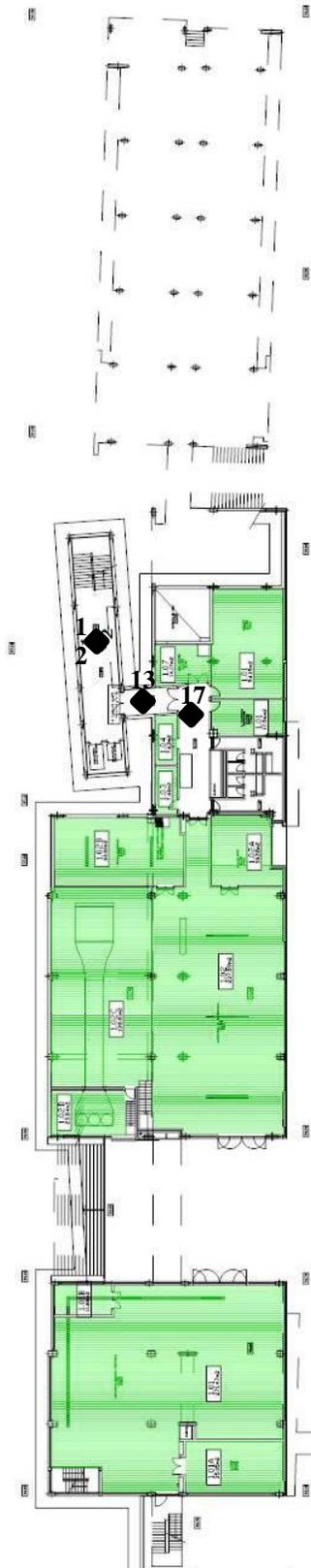


Figura 0.9- Local amostragem valores de iluminância no piso 1 edifício VIII.

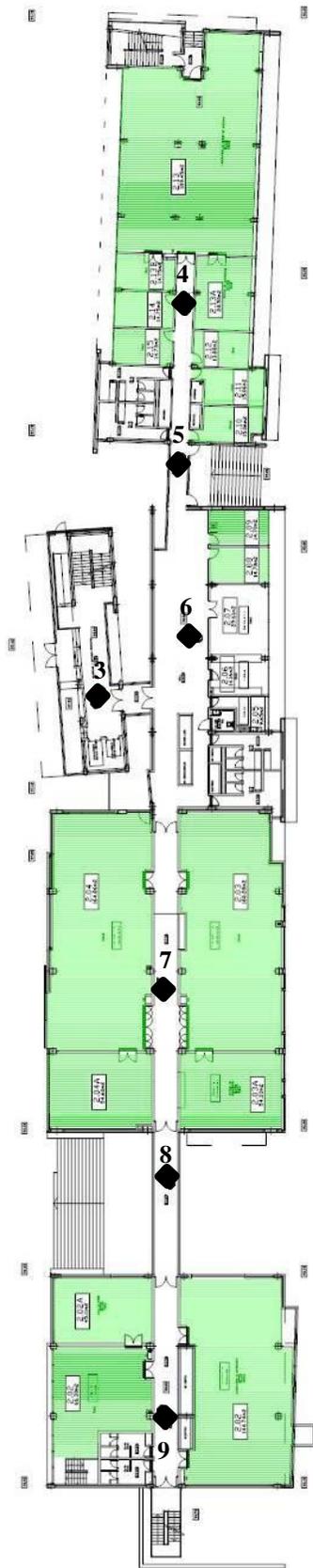


Figura 0.10- Local amostragem valores de iluminância no piso 2 edifício VIII.

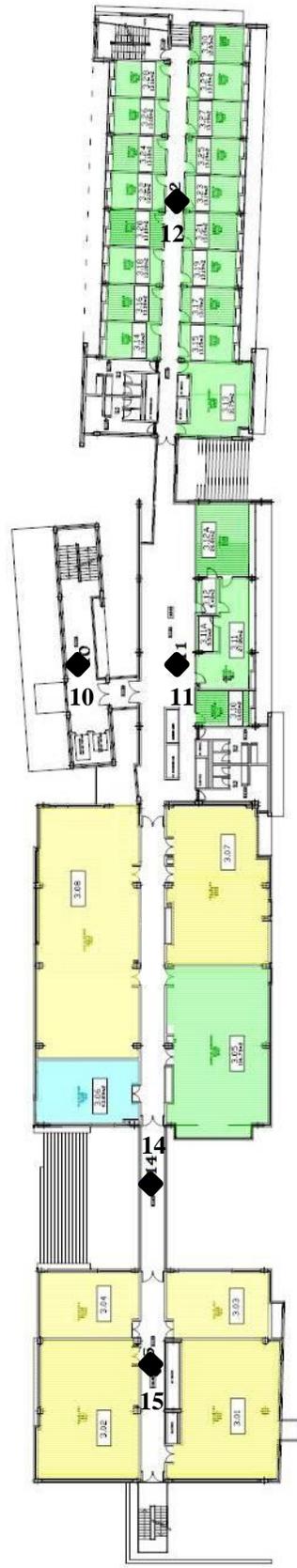


Figura 0.11- Local amostragem valores de iluminância no piso 3 edifício VIII.



Figura 0.12- Local amostragem valores de iluminância no piso 1 edifício IX.

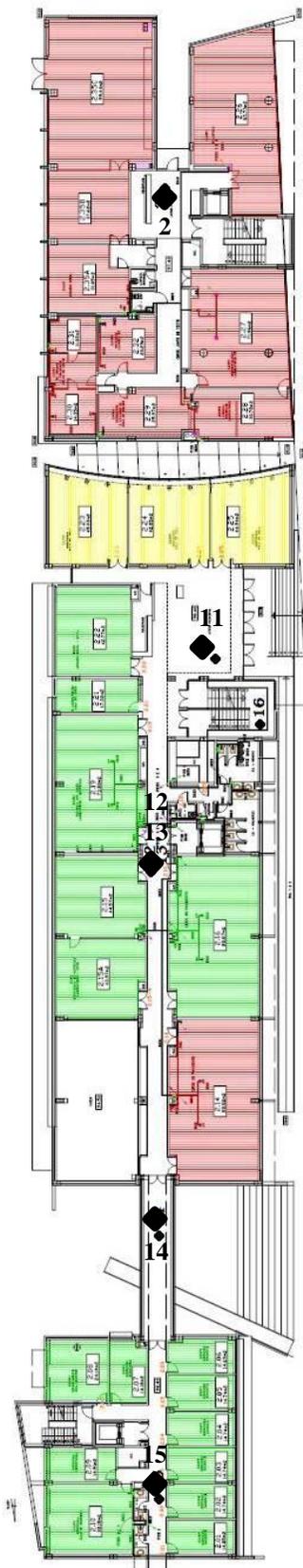


Figura 0.13- Local amostragem valores de iluminância no piso 2 edifício IX.

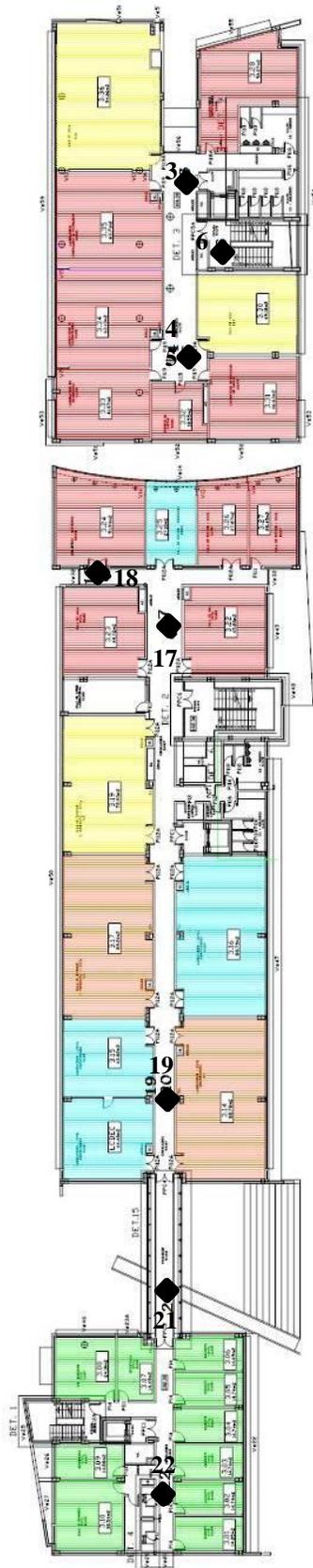


Figura 0.14- Local amostragem valores de iluminância no piso 3 edifício IX.

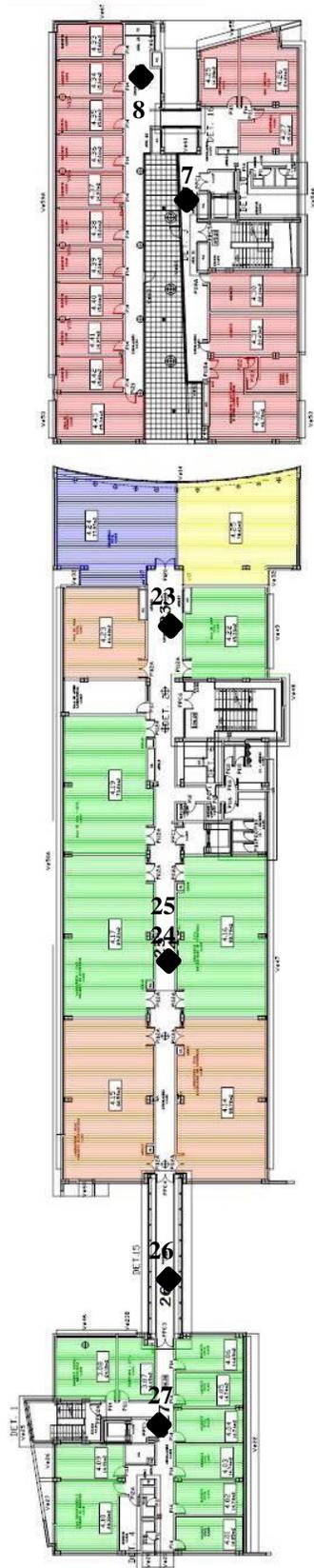


Figura 0.15- Local amostragem valores de iluminância no piso 4 edifício IX.

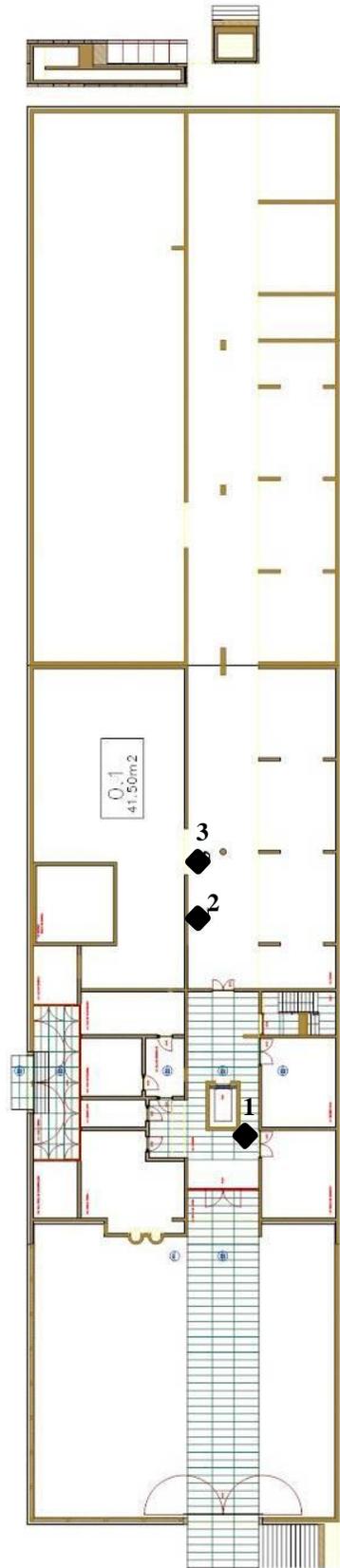


Figura 0.16- Local amostragem valores de iluminância no piso 1 edifício X.

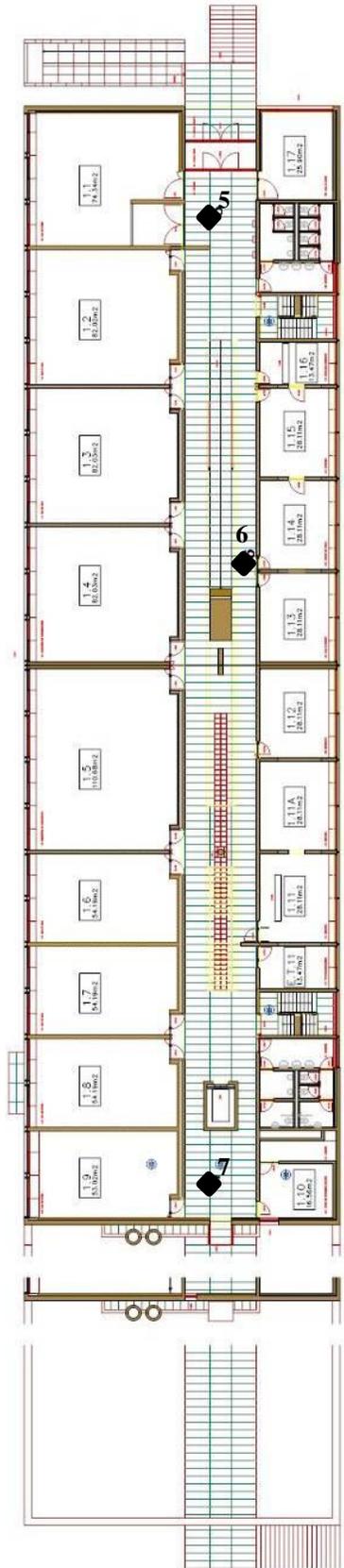


Figura 0.17- Local amostragem valores de iluminância no piso 2 edifício X.

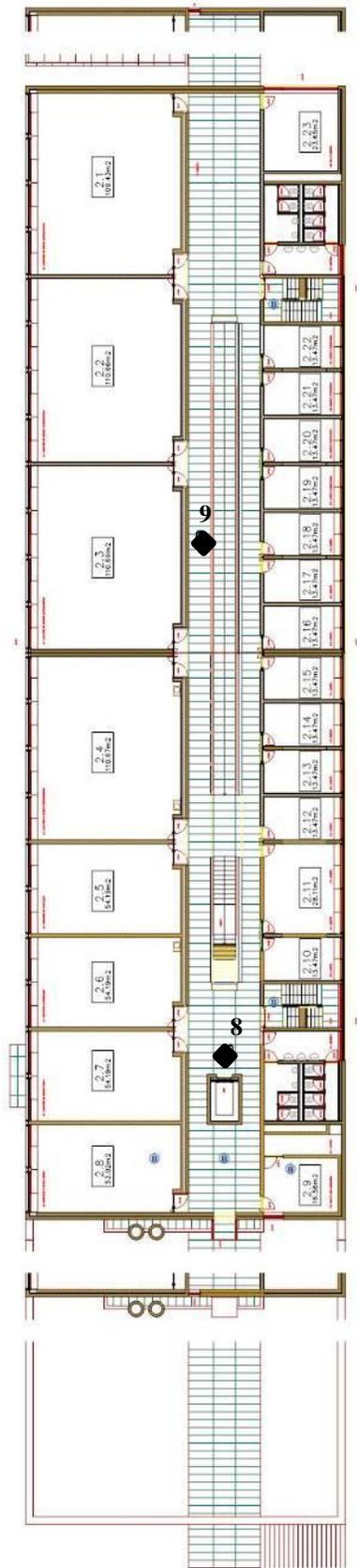


Figura 0.18- Local amostragem valores de iluminância no piso 3 edifício X.

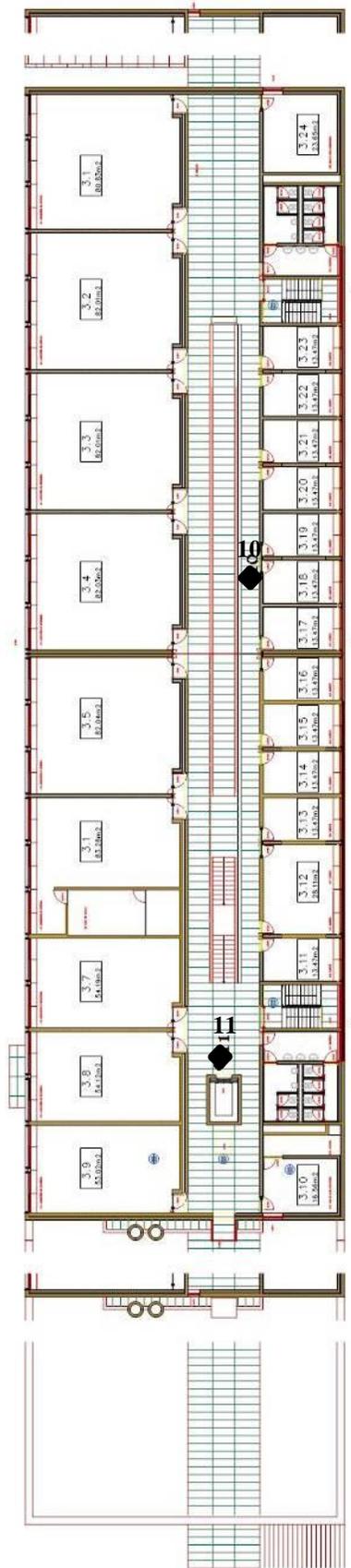


Figura 0.19- Local amostragem valores de iluminância no piso 4 edifício X.

## Apendice III

### Questionário realizado aos funcionários não docentes da FCT-UNL

#### Comportamentos energéticos no Campus da FCT-UNL: Não Docentes

Este questionário é anónimo e não demorará mais de 10 minutos a ser respondido. É importante que as respostas assinaladas sejam o mais próximo da realidade possível. Obrigado por ajudar a FCT a ficar cada vez mais Verde!

Em caso de sugestões ou informações adicionais contactar: [sara.diana@hotmail.com](mailto:sara.diana@hotmail.com)

\* Required

1. Qual a orientação da sua sala de trabalho/gabinete? \*

Norte

Sul

Este

Oeste

Noroeste

Nordeste

Sudeste

Sudoeste

2. Quantas horas por dia, tem a iluminação artificial ligada na sua sala de trabalho/gabinete...no Verão?

\* Escreva o número de horas que acha mais representativo.

...no Inverno? \* Escreva o número de horas que acha mais representativo.

...na Meia Estação? \* Escreva o número de horas que acha mais representativo.

3. Costuma utilizar a iluminação artificial, mesmo quando existe luz natural na sua sala de trabalho/gabinete? \*

Sim

Não

Às vezes

4. Porque razão utiliza a iluminação artificial quando existe luz natural?

- Porque a iluminação natural não é suficiente.
- Porque preciso de iluminação localizada para realizar o meu trabalho.
- Porque me esqueço.
- Porque os estores não facilitam a regulação da luminosidade.
- Other:

5. Costuma desligar as luzes quando se ausenta do seu local de trabalho? \*

- Sim, sempre.
- Apenas quando me ausento por períodos longos (Ex: almoço, aulas, fim-do-dia).
- Não.

6. Porque razão não desliga a iluminação cada vez que sai do gabinete/sala de trabalho?

- Porque desligar as luzes muitas vezes reduz o tempo de vida das lâmpadas.
- Porque consome mais energia desligar as luzes muitas vezes.
- Porque me esqueço.
- Para assinalar aos outros que estou no edifício.
- Other:

7. Está satisfeito com a iluminação natural da sua sala de trabalho/gabinete? \*

- Sim, estou satisfeito.
- A iluminação natural é satisfatória, recorro à iluminação artificial ocasionalmente.
- É insuficiente.

8. Quantos e que tipo de computador possui? (ex.1 computador de secretária, 1 portátil, ...) \*

9. Quantas horas por dia, em média, tem o(s) computador(es) ligado(s)? \*

10. Quando não está a utilizar o computador costuma... (escolha as várias opções): \*

- Desligar o monitor.
- Desligar o computador.
- Activar o modo de poupança de energia.
- Apenas desligo o computador quando saio da faculdade.
- Nunca o desligo.
- O computador encontra-se em modo de poupança de energia automático.
- Other:

11. No caso de deixar o computador ligado, porque o faz?

- Porque me esqueço de desligar o computador.
- Porque tenho programas a correr.
- Porque consome mais energia desligar o computador a toda a hora do que tê-lo ligado.
- Porque desligar o computador diminui o tempo de vida do computador.
- Porque o computador demora muito tempo a reiniciar.
- Porque normalmente utilizo definições de poupança de energia.
- Other:

12. Possui algum destes equipamentos? \* Escolha as várias opções.

- Fax
- Impressora
- Scanner
- Multifunções
- Nenhum dos equipamentos anteriores.

13. Costuma desligar o(s) equipamento(s) que assinalou anteriormente quando não os está a utilizar?

- Sim
- Não
- Às vezes

14. Desliga os equipamentos da tomada ou possui um corta corrente? \*

- Sim.
- Não, os equipamentos estão permanentemente ligados à corrente.

15. Considera que as condições de conforto térmico na sua sala de trabalho/gabinete são... \*
- Boas, a temperatura na generalidade é satisfatória durante todo o ano.
  - Satisfatórias, apenas existe desconforto nos dias mais frios e nos dias mais quentes do ano.
  - Na generalidade é desconfortável, principalmente no Inverno e no Verão.
  - Other:
16. Qual o seu método preferido para gerir as situações de desconforto térmico? \*
- Uso o ar condicionado.
  - Faço uma gestão activa das janelas e estores.
  - No Inverno uso um modo de aquecimento alternativo.
  - No Inverno uso roupa muito quente e uso roupa fresca no Verão.
  - Other:
17. Porque usa outros métodos de aquecimento?
- Porque o ar condicionado não funciona.
  - Porque não gosto de utilizar o ar condicionado.
  - Other:
18. No caso de utilizar o ar condicionado para regular a temperatura, fá-lo de modo que:
- ...a temperatura seja constante independentemente da estação do ano.
  - ...a temperatura interior seja mais baixa no Verão e mais elevada no Inverno.
  - ... a temperatura interior seja mais elevada no Verão e mais baixa no Inverno.
19. Quando utiliza o ar condicionado, em média, quanto tempo está ligado por dia... ..no Verão?
- 
- ...no Inverno?
- ...na Meia estação?
20. Quando tem o ar condicionado a funcionar, deixa alguma janela aberta?
- Sim.
  - Não.
  - Às vezes.

21. Acha que a eficiência energética e a poupança de energia são importantes? \*

- Sim.
- Não.

22. Tenta poupar energia no seu dia-a-dia, através dos seus comportamentos? \*

- Sim, e percebo que posso fazer a diferença
- Sim, mas é muito difícil
- Não, acho que não é um assunto muito importante.
- Não, as minhas atitudes não vão contribuir para que alguma coisa mude.
- Other:

23. Gostaria de ter mais informação sobre a poupança energética? \*

- Sim.
- Não.

#### Questionário realizado aos funcionários docentes da FCT-UNL

##### Comportamentos energéticos no Campus da FCT-UNL: Docentes

Este questionário é anónimo e não demorará mais de 10 minutos a ser respondido. É importante que as respostas assinaladas sejam o mais próximo da realidade possível. Obrigado por ajudar a FCT a ficar cada vez mais Verde!

Em caso de sugestões ou informações adicionais contactar: [sara.diana@hotmail.com](mailto:sara.diana@hotmail.com)

\* Required

1. Qual a orientação do seu gabinete? \*

- Norte
- Sul
- Este
- Oeste
- Noroeste
- Nordeste
- Sudeste
- Sudoeste

2. Quantas horas por dia, tem a iluminação artificial ligada no gabinete.....no Verão? \*

Escreva o número de horas que acha mais representativo.

...no Inverno? \*

Escreva o número de horas que acha mais representativo.

...na Meia Estação? \*

Escreva o número de horas que acha mais representativo.

3. Costuma utilizar a iluminação artificial, mesmo quando existe luz natural no gabinete? \*

Sim

Não

Às vezes

4. Porque razão utiliza a iluminação artificial quando existe luz natural?

Porque a iluminação natural não é suficiente.

Porque preciso de iluminação localizada para realizar o meu trabalho.

Porque me esqueço.

Porque os estores não facilitam a regulação da luminosidade.

Other:

5. Costuma desligar as luzes quando se ausenta do gabinete? \*

Sim, sempre.

Apenas quando me ausento por períodos longos (Ex: almoço, aulas, fim-do-dia).

Não.

6. Porque razão não desliga a iluminação cada vez que sai do gabinete?

Porque desligar as luzes muitas vezes reduz o tempo de vida das lâmpadas.

Porque consome mais energia desligar as luzes muitas vezes.

Porque me esqueço.

Para assinalar aos outros que estou no edifício.

Other:

7. Está satisfeito com a iluminação natural do seu gabinete? \*

Sim, estou satisfeito.

A iluminação natural é satisfatória, recorro à iluminação artificial ocasionalmente.

É insuficiente.

8. Quantos e que tipo de computador possui? \*

Ex.:1 computador de secretária, 1 portátil, etc.

9. Quantas horas por dia, em média, tem o(s) computador(es) ligado(s)? \*

Se tiver mais do que um computador, some as horas em que possui os computadores ligados.

10. Quando não está a utilizar o computador costuma... \*

Escolha as várias opções.

Desligar o monitor.

Desligar o computador.

Activar o modo de poupança de energia.

Apenas desligo o computador quando saio da faculdade.

Nunca o desligo.

O computador encontra-se em modo de poupança de energia automático.

Other:

11. No caso de deixar o computador ligado, porque o faz?

Porque me esqueço de desligar o computador.

Porque tenho programas a correr.

Porque consome mais energia desligar o computador a toda a hora do que tê-lo ligado.

Porque desligar o computador diminui o tempo de vida do computador.

Porque o computador demora muito tempo a reiniciar.

Porque normalmente utilizo definições de poupança de energia.

Other:

12. Possui algum destes equipamentos? \*

Escolha as várias opções.

Fax

Impressora

Scanner

Multifunções

Nenhum dos equipamentos anteriores.

13. Costuma desligar o(s) equipamento(s) que assinalou anteriormente quando não os está a utilizar?

Sim

Não

Às vezes

14. Desliga os equipamentos da tomada ou possui um corta corrente? \*

Sim.

Não, os equipamentos estão permanentemente ligados à corrente.

15. Considera que as condições de conforto térmico no gabinete são... \*

Boas, a temperatura na generalidade é satisfatória durante todo o ano.

Satisfatórias, apenas existe desconforto nos dias mais frios e nos dias mais quentes do ano.

Na generalidade é desconfortável, principalmente no Inverno e no Verão.

Other:

16. Qual o seu método preferido para gerir as situações de desconforto térmico? \*

Escolha as várias opções.

Uso o ar condicionado.

Faço uma gestão activa das janelas e estores.

No Inverno uso um modo de aquecimento alternativo.

No Inverno uso roupa muito quente e uso roupa fresca no Verão.

Other:

17. Porque usa outros métodos de aquecimento?

Porque o ar condicionado não funciona.

Porque não gosto de utilizar o ar condicionado.

Other:

18. No caso de utilizar o ar condicionado para regular a temperatura, fá-lo de modo que:

...a temperatura seja constante independentemente da estação do ano.

...a temperatura interior seja mais baixa no Verão e mais elevada no Inverno.

... a temperatura interior seja mais elevada no Verão e mais baixa no Inverno.

19. Quando utiliza o ar condicionado, em média, quanto tempo está ligado por dia .. ...no Verão?

...no Inverno?

...na Meia estação?

20. Quando tem o ar condicionado a funcionar, deixa alguma janela aberta?

Sim.

Não.

Às vezes.

21. Quando existe luz natural numa sala de aula, costuma utilizar a iluminação artificial? \*

Sim.

Não.

Às vezes.

22. Porque razão utiliza a iluminação artificial quando existe luz natural?

Porque a iluminação natural não é suficiente.

Porque não me lembro de abrir os estores/cortinas.

Porque gosto mais da iluminação artificial.

Porque dá muito trabalho.

Porque não tenho esse hábito.

Other:

23. Costuma desligar as luzes sempre que sai de uma sala de aula? \*

Sempre.

Nunca.

Às vezes.

24. Porque razão não desliga a iluminação quando sai de uma sala de aula?

Porque desligar as luzes muitas vezes reduz o tempo de vida das lâmpadas.

Porque consome mais energia desligar as luzes muitas vezes.

Porque me esqueço.

Porque dá muito trabalho.

Porque não acho importante.

Other:

25. Está satisfeito com a iluminação natural na generalidade das salas? \*

Sim, na maioria das salas.

Algumas das salas possuem iluminação natural adequada.

Não, a maioria das salas a iluminação natural não é adequada.

26. Numa sala de aula, no espaço de uma hora, em média, qual a percentagem de tempo que tem as luzes acesas? \*

100%

75%

50%

25%

0%

27. Nos casos em que utiliza a iluminação artificial numa sala de aula, qual a quantidade de luzes que acende?

Escolha as várias opções.

Todas as luzes do tecto da sala.

50% das luzes do tecto da sala.

25% das luzes do tecto da sala.

As luzes que iluminam o quadro

28. Considera que o conforto térmico, na generalidade das salas de aula, é adequado? \*

Escolha as várias opções.

1. Sim, a temperatura na generalidade das salas é satisfatória durante todo o ano.
2. A temperatura na generalidade das salas de aula é satisfatória, apenas existe desconforto nos dias mais frios e nos dias mais quentes do ano.
3. A generalidade das salas é desconfortável, principalmente no Inverno e no Verão.
4. As salas são confortáveis no Inverno, mas demasiado quentes no Verão.

Other:

29. Especifique o edifício no qual dá aulas mais frequentemente, ou no caso de ter escolhido várias opções, indique o número da resposta e a que edifícios correspondem. \*

ex.: 1. Ed. X, 4. Ed. III, etc.

30. De que modo regula a temperatura nas salas de aula? \*

Costumo abrir as janelas

Controlo a temperatura do ar através do ar condicionado.

Abro as janelas e ligo o ar condicionado.

Não sinto necessidade de regular a temperatura.

Other:

31. Regula a temperatura nas salas de aula de modo que:

...a temperatura seja constante independentemente da estação do ano.

...a temperatura interior seja mais baixa no Verão e mais elevada no Inverno.

... a temperatura interior seja mais elevada no Verão e mais baixa no Inverno.

32. Caso a sala de aula possua projector, qual a percentagem de vezes que o utiliza? \*

100% das vezes que dou aulas.

75% das vezes que dou aulas.

50% das vezes que dou aulas

25% das vezes que dou aulas.

0% das vezes que dou aulas.

33. Acha que a eficiência energética e a poupança de energia são importantes? \*

Sim.

Não.

Other:

34. Tenta poupar energia no seu dia-a-dia, através dos seus comportamentos? \*

Sim, e percebo que posso fazer a diferença.

Sim, mas é muito difícil.

Não, acho que não é um assunto muito importante.

Não, as minhas atitudes não vão contribuir para que alguma coisa mude.

Other:

35. Gostaria de ter mais informação sobre a poupança energética? \*

Sim.

Não.

#### **Questionário realizado aos alunos docentes da FCT-UNL**

##### **Comportamentos energéticos no Campus da FCT-UNL: Alunos**

Este questionário é anónimo e não demorará mais de 10 minutos a ser respondido. É importante que as respostas assinaladas sejam o mais próximo da realidade possível. Obrigado por ajudar a FCT a ficar cada vez mais Verde!

Em caso de sugestões ou informações adicionais contactar: [sara.diana@hotmail.com](mailto:sara.diana@hotmail.com)

\* Required

1. Se for o primeiro a entrar numa sala de aula ou estiver numa sala de estudo, costuma utilizar a iluminação artificial? \*

Sim.

Não.

Às vezes.

2. Porque razão utiliza a iluminação artificial quando existe luz natural?

Porque a iluminação natural não é suficiente.

Porque não me lembro de abrir os estores/cortinas.

Porque gosto mais da iluminação artificial.

Porque dá muito trabalho.

Porque não tenho esse hábito.

Other:

3. Se for o último a sair de uma sala costuma desligar as luzes? \*

Sempre.

Nunca.

Às vezes.

4. Porque razão não desliga a iluminação quando sai de uma sala?

Porque desligar as luzes muitas vezes reduz o tempo de vida das lâmpadas.

Porque consome mais energia desligar as luzes muitas vezes.

Porque me esqueço.

Porque dá muito trabalho.

Porque não acho importante.

Other:

5. Está satisfeito com a iluminação natural na generalidade das salas? \*

Sim, na maioria das salas.

Algumas das salas possuem iluminação natural adequada.

Não, a maioria das salas a iluminação natural não é adequada.

6. Considera que o conforto térmico, na generalidade das salas, é adequado? \*

Escolha as várias opções.

Sim, a temperatura na generalidade das salas é satisfatória durante todo o ano.

A temperatura na generalidade das salas é satisfatória, apenas existe desconforto nos dias mais frios e nos dias mais quentes do ano.

A generalidade das salas é desconfortável, principalmente no Inverno e no Verão.

As salas são confortáveis no Inverno, mas demasiado quentes no Verão.

Other:

7. De que modo regula a temperatura nas salas de estudo? \*

Costumo abrir as janelas

Controlo a temperatura do ar através do ar condicionado.

Abro as janelas e ligo o ar condicionado.

Não sinto necessidade de regular a temperatura.

Não consigo regular a temperatura nas salas.

Other:

8. Regula a temperatura nas salas de modo que:

...a temperatura seja constante independentemente da estação do ano.

...a temperatura interior seja mais baixa no Verão e mais elevada no Inverno.

... a temperatura interior seja mais elevada no Verão e mais baixa no Inverno.

Other:

9. Quando precisa de trabalhar com recurso ao computador no campus da FCT, fora do horário das aulas... \*

...Trabalho sempre no meu portátil.

...Às vezes trabalho no portátil, outras vezes uso os computadores disponíveis na faculdade.

...Uso sempre os computadores disponíveis na faculdade.

Other:

10. Quantas horas, em média, por semana, costuma trabalhar na faculdade recorrendo a computadores?

\*

Tenha em conta os computadores portáteis, quando utilizados na faculdade e os computadores da própria faculdade.

11. Tendo em conta a resposta anterior, em que percentagem utiliza o computador portátil e os computadores da faculdade? \*

0% portátil, 100% computadores FCT.

25% portátil, 75% computadores FCT.

50% portátil, 50% computadores FCT.

75% portátil, 25% computadores FCT.

100% portátil, 0% computadores FCT.

12. No caso de utilizar o computador portátil para trabalhar na faculdade, em que local costuma ligar o computador?

Escolha os locais mais frequentados.

Biblioteca

Edifício I - Física

Edifício II- Informática e Materiais

Edifício III

Edifício IV

Edifício VII - Matemática

Edifício VIII - Mecânica

Edifício IX – Civil e Geológica

Edifício X – Electrotécnica

Edifício Departamental

Other:

13. No caso de utilizar os computadores da faculdade para trabalhar, para que local costuma ir?

Escolha os locais mais frequentados.

Biblioteca

Edifício I - Física

Edifício II- Informática e Materiais

Edifício III

Edifício IV

Edifício VII - Matemática

Edifício VIII - Mecânica

Edifício IX – Civil e Geológica

Edifício X – Electrotécnica

Edifício Departamental

Other:

14. Quando não está a utilizar o computador costuma... \*

Escolha as várias opções.

Desligar o monitor.

Desligar o computador.

Activar o modo de poupança de energia.

Apenas desligo o computador quando saio da faculdade.

Nunca o desligo.

O computador encontra-se em modo de poupança de energia automático.

Other:

15. No caso de deixar o computador ligado, porque o faz?

Porque me esqueço de desligar o computador.

Porque tenho programas a correr.

Porque consome mais energia desligar o computador a toda a hora do que tê-lo ligado.

Porque desligar o computador diminui o tempo de vida do computador.

Porque o computador demora muito tempo a reiniciar.

Porque normalmente utilizo definições de poupança de energia.

Other:

16. Acha que a eficiência energética e a poupança de energia são importantes? \*

Sim.

Não.

Other:

17. Tenta poupar energia no seu dia-a-dia, através dos seus comportamentos? \*

Sim, e percebo que posso fazer a diferença.

Sim, mas é muito difícil.

Não, acho que não é um assunto muito importante.

Não, as minhas atitudes não vão contribuir para que alguma coisa mude.

Other:

18. Gostaria de ter mais informação sobre a poupança energética? \*

Sim.

Não.

## Apendice IV

### Resultados do inquérito efectuado aos alunos da FCT-UNL

O inquérito foi respondido por um total de 750 alunos.

1. Se for o primeiro a entrar numa sala de aula ou estiver numa sala de estudo, costuma utilizar a iluminação artificial?

Resposta	Número de respostas
Sim.	119
Não.	193
Às vezes.	438

2. Porque razão utiliza a iluminação artificial quando existe luz natural?

Resposta	Número de respostas
Porque a iluminação natural não é suficiente.	584
Porque não me lembro de abrir os estores/cortinas.	17
Porque gosto mais da iluminação artificial.	2
Porque dá muito trabalho.	2
Porque não tenho esse hábito.	29
Outro	8

3. Se for o último a sair de uma sala costuma desligar as luzes?

Resposta	Número de respostas
Sempre.	384
Nunca.	67
Às vezes.	299

4. Porque razão não desliga a iluminação quando sai de uma sala?

Resposta	Número de respostas
Porque desligar as luzes muitas vezes reduz o tempo de vida das lâmpadas.	16
Porque consome mais energia desligar as luzes muitas vezes.	52
Porque me esqueço.	343
Porque dá muito trabalho.	1
Porque não acho importante.	6
Outro	30

5. Está satisfeito com a iluminação natural na generalidade das salas?

Resposta	Número de respostas
Sim, na maioria das salas.	342
Algumas das salas possuem iluminação natural adequada.	290
Não, a maioria das salas a iluminação natural não é adequada.	118

6. Considera que o conforto térmico, na generalidade das salas, é adequado? (várias respostas)

Resposta	Número de respostas
Sim, a temperatura na generalidade das salas é satisfatória durante todo o ano.	119
A temperatura na generalidade das salas é satisfatória, apenas existe desconforto nos dias mais frios e nos dias mais quentes do ano.	361
A generalidade das salas é desconfortável, principalmente no Inverno e no Verão.	123
As salas são confortáveis no Inverno, mas demasiado quentes no Verão.	192
Outro.	20

7. De que modo regula a temperatura nas salas de estudo?

Resposta	Número de respostas
Costumo abrir as janelas	491
Controlo a temperatura do ar através do ar condicionado.	76
Abro as janelas e ligo o ar condicionado.	25
Não sinto necessidade de regular a temperatura.	51
Não consigo regular a temperatura nas salas.	86
Outro.	21

8. Regula a temperatura nas salas de modo que:

Resposta	Número de respostas
...a temperatura seja constante independentemente da estação do ano.	161
...a temperatura interior seja mais baixa no Verão e mais elevada no Inverno.	447
... a temperatura interior seja mais elevada no Verão e mais baixa no Inverno.	13
Outro.	18

9. Quando precisa de trabalhar com recurso ao computador no campus da FCT, fora do horário das aulas...

Resposta	Número de respostas
...Trabalho sempre no meu portátil.	351
...Às vezes trabalho no portátil, outras vezes uso os computadores disponíveis na faculdade.	291
...Uso sempre os computadores disponíveis na faculdade.	102
Outro.	6

10. Quantas horas, em média, por semana, costuma trabalhar na faculdade recorrendo a computadores?

Média (horas/semana)	Desvio padrão
11,6	11,4

11. Tendo em conta a resposta anterior, em que percentagem utiliza o computador portátil e os computadores da faculdade?

Resposta	Número de respostas
0% portátil, 100% computadores FCT.	84
25% portátil, 75% computadores FCT.	98
50% portátil, 50% computadores FCT.	57
75% portátil, 25% computadores FCT.	252
100% portátil, 0% computadores FCT.	259

12. No caso de utilizar o computador portátil para trabalhar na faculdade, em que local costuma ligar o computador? (várias respostas)

Resposta	Número de respostas
Biblioteca	417
Edifício VII - Matemática	393
Edifício Departamental	237
Edifício II- Informática e Materiais	119
Edifício X – Electrotécnica	88
Edifício IX – Civil e Ciências da Terra	86
Edifício VIII - Mecânica	58
Edifício IV	22
Edifício I - Física	10
Sala de Convívio	9
Cantina	4
AEFCT	3
Edifício III	2
Hangar IV	1
Bares	1
Gabinete	1
Hangar I	1
Cenimat	1
Rua	1

13. No caso de utilizar os computadores da faculdade para trabalhar, para que local costuma ir? (várias respostas)

Resposta	Número de respostas
Biblioteca	380
Edifício VII - Matemática	242
Edifício Departamental	135
Edifício II- Informática e Materiais	97
Edifício IX – Civil e Ciências da Terra	73
Edifício X – Electrotécnica	55
Edifício VIII - Mecânica	44
Edifício III	16
Edifício IV	7
Edifício I - Física	3
Outro.	19

14. Quando não está a utilizar o computador costuma... (várias respostas)

Resposta	Número de respostas
O computador encontra-se em modo de poupança de energia automático	291
Desligar o computador.	283
Desligar o monitor.	177
Activar o modo de poupança de energia.	161
Apenas desligo o computador quando saio da faculdade.	87
Nunca o desligo.	43
Outro.	16

15. No caso de deixar o computador ligado, porque o faz?

Resposta	Número de respostas
Porque me esqueço de desligar o computador.	45
Porque tenho programas a correr.	287
Porque consome mais energia desligar o computador a toda a hora do que tê-lo ligado.	24
Porque desligar o computador diminui o tempo de vida do computador.	5
Porque o computador demora muito tempo a reiniciar.	83
Porque normalmente utilizo definições de poupança de energia.	129
Outro.	31

16. Acha que a eficiência energética e a poupança de energia são importantes?

Resposta	Número de respostas
Sim.	743
Não.	5
Outro.	2

17. Tenta poupar energia no seu dia-a-dia, através dos seus comportamentos?

Resposta	Número de respostas
Sim, e percebo que posso fazer a diferença.	516
Sim, mas é muito difícil.	207
Não, acho que não é um assunto muito importante.	5
Não, as minhas atitudes não vão contribuir para que alguma coisa mude.	4
Outro.	18

18. Gostaria de ter mais informação sobre a poupança energética?

Resposta	Número de respostas
Sim.	649
Não.	101

### Resultados do inquérito efectuado aos funcionários não docentes da FCT-UNL

O inquérito foi respondido por um total de 23 funcionários não docentes.

1. Qual a orientação da sua sala de trabalho/gabinete?

Resposta	Número de respostas
Norte	6
Sul	4
Este	6
Oeste	4
Noroeste	3
Nordeste	0
Sudeste	0
Sudoeste	0

2. Quantas horas por dia, tem a iluminação artificial ligada na sua sala de trabalho/gabinete...no Verão?

Média (horas/dia)	Desvio Padrão
5,5	3,8

...no Inverno?

Média (horas/dia)	Desvio Padrão
7,0	2,5

...na Meia Estação?

Média (horas/dia)	Desvio Padrão
6,2	3,0

3. Costuma utilizar a iluminação artificial, mesmo quando existe luz natural na sua sala de trabalho/gabinete?

Resposta	Número de respostas
Sim.	13
Não.	4
Às vezes.	6

4. Porque razão utiliza a iluminação artificial quando existe luz natural?

Resposta	Número de respostas
Porque a iluminação natural não é suficiente.	14
Porque preciso de iluminação localizada para realizar o meu trabalho.	2
Outro.	3

5. Costuma desligar as luzes quando se ausenta do seu local de trabalho?

Resposta	Número de respostas
Sim, sempre.	6
Apenas quando me ausento por períodos longos (Ex: almoço, aulas, fim-do-dia).	14
Não.	3

6. Porque razão não desliga a iluminação cada vez que sai do gabinete/sala de trabalho?

Resposta	Número de respostas
Porque consome mais energia desligar as luzes muitas vezes.	5
Porque me esqueço.	5
Para assinalar aos outros que estou no edifício.	3
Outro.	7

7. Está satisfeito com a iluminação natural da sua sala de trabalho/gabinete?

Resposta	Número de respostas
Sim, estou satisfeito.	5
A iluminação natural é satisfatória, recorro à iluminação artificial ocasionalmente.	3
É insuficiente.	15

8. Quantos e que tipo de computador possui? (ex.1 computador de secretária, 1 portátil, ...)

Respostas	Número de respostas
1 PC	22
2 iMac, 1 PC	1

9. Quantas horas por dia, em média, tem o(s) computador(es) ligado(s)?

Média (horas/dia)	Desvio padrão
8,9	3,9

10. Quando não está a utilizar o computador costuma... (escolha as várias opções):

Resposta	Número de respostas
Desligar o monitor.	2
Activar o modo de poupança de energia.	3
Apenas desligo o computador quando saio da faculdade.	7
O computador encontra-se em modo de poupança de energia automático.	14
Outro.	1

11. No caso de deixar o computador ligado, porque o faz?

Resposta	Número de respostas
Porque me esqueço de desligar o computador.	2
Porque tenho programas a correr.	2
Porque consome mais energia desligar o computador a toda a hora do que tê-lo ligado.	1
Porque o computador demora muito tempo a reiniciar.	1
Porque normalmente utilizo definições de poupança de energia.	8
Outro.	2

12. Possui algum destes equipamentos? (várias respostas)

Resposta	Número de respostas
Fax, Impressora, Scanner, Multifunções	1
Fax, Impressora, Multifunções	1
Impressora, Scanner	2
Fax, Impressora, Scanner	5
Scanner, Multifunções	1
Impressora, Multifunções	1
Multifunções	6
Impressora	4
Nenhum dos equipamentos anteriores.	2

13. Costuma desligar o(s) equipamento(s) que assinalou anteriormente quando não os está a utilizar?

Resposta	Número de respostas
Sim.	8
Não.	10
Às vezes.	4

14. Desliga os equipamentos da tomada ou possui um corta corrente?

Resposta	Número de respostas
Sim.	2
Não, os equipamentos estão permanentemente ligados à corrente.	21

15. Considera que as condições de conforto térmico na sua sala de trabalho/gabinete são...

Resposta	Número de respostas
Boas, a temperatura na generalidade é satisfatória durante todo o ano.	1
Satisfatórias, apenas existe desconforto nos dias mais frios e nos dias mais quentes do ano.	9
Na generalidade é desconfortável, principalmente no Inverno e no Verão.	12
Outros.	1

16. Qual o seu método preferido para gerir as situações de desconforto térmico?

Resposta	Número de respostas
Uso o ar condicionado.	7
Faço uma gestão activa das janelas e estores.	6
No Inverno uso um modo de aquecimento alternativo.	4
No Inverno uso roupa muito quente e uso roupa fresca no Verão.	3
Outro.	3

17. Porque usa outros métodos de aquecimento?

Resposta	Número de respostas
Porque não gosto de utilizar o ar condicionado.	3
Porque o ar condicionado não funciona.	5
Não tenho ar condicionado.	2
Porque o ar condicionado da sala ao lado é suficiente para equilibrar a temperatura da minha sala.	1
Porque o ar condicionado está colocado junto ao tecto e não aquece a parte inferior do gabinete.	1
Porque o filtro do aparelho está muito sujo.	1

18. No caso de utilizar o ar condicionado para regular a temperatura, fá-lo de modo que:

Resposta	Número de respostas
...a temperatura seja constante independentemente da estação do ano.	6
...a temperatura interior seja mais baixa no Verão e mais elevada no Inverno.	8

19. Quando utiliza o ar condicionado, em média, quanto tempo está ligado por dia... ..no Verão?

Média (horas/dia)	Desvio Padrão
4,5	2,1

...no Inverno?

Média (horas/dia)	Desvio Padrão
3,0	3,0

...na Meia estação?

Média (horas/dia)	Desvio Padrão
1,0	1,7

20. Quando tem o ar condicionado a funcionar, deixa alguma janela aberta?

Resposta	Número de respostas
Sim.	2
Não.	13
Às vezes.	2

21. Acha que a eficiência energética e a poupança de energia são importantes?

Resposta	Número de respostas
Sim.	22
Não.	1

22. Tenta poupar energia no seu dia-a-dia, através dos seus comportamentos?

Resposta	Número de respostas
Sim, e percebo que posso fazer a diferença	16
Sim, mas é muito difícil	6
Outro.	1

23. Gostaria de ter mais informação sobre a poupança energética?

Resposta	Número de respostas
Sim.	23

## Resultados do inquérito efectuado aos funcionários docentes da FCT-UNL

O inquérito foi respondido por um total de 61 funcionários docentes.

1. Qual a orientação do seu gabinete?

Resposta	Número de respostas
Norte	7
Sul	6
Este	25
Oeste	16
Noroeste	1
Nordeste	2
Sudeste	2
Sudoeste	2

2. Quantas horas por dia, tem a iluminação artificial ligada no gabinete...no Verão?

Média (horas/dia)	Desvio Padrão
3,3	3,9

...no Inverno?

Média (horas/dia)	Desvio Padrão
6,1	2,9

...na Meia Estação?

Média (horas/dia)	Desvio Padrão
4,5	3,3

3. Costuma utilizar a iluminação artificial, mesmo quando existe luz natural no gabinete?

Resposta	Número de respostas
Sim.	22
Não.	21
Às vezes.	18

4. Porque razão utiliza a iluminação artificial quando existe luz natural?

Resposta	Número de respostas
Porque a iluminação natural não é suficiente.	28
Porque preciso de iluminação localizada para realizar o meu trabalho.	4
Porque os estores não facilitam a regulação da luminosidade.	8
Outro.	5

5. Costuma desligar as luzes quando se ausenta do gabinete?

Resposta	Número de respostas
Sim, sempre.	28
Apenas quando me ausento por períodos longos (Ex: almoço, aulas, fim do dia).	32
Não.	1

6. Porque razão não desliga a iluminação cada vez que sai do gabinete?

Resposta	Número de respostas
Porque desligar as luzes muitas vezes reduz o tempo de vida das lâmpadas.	5
Porque consome mais energia desligar as luzes muitas vezes.	7
Porque me esqueço.	13
Para assinalar aos outros que estou no edifício.	7
Outro.	6

7. Está satisfeito com a iluminação natural do seu gabinete?

Resposta	Número de respostas
Sim, estou satisfeito.	33
A iluminação natural é satisfatória, recorro à iluminação artificial ocasionalmente.	11
É insuficiente.	17

8. Quantos e que tipo de computador possui?

Resposta	Número de respostas
1 computador de secretária	21
1 portátil	18
1 computador de secretária, 1 portátil	15
2 computador de secretária, 1 portátil	2
2 computador de secretária, 2 portátil	1

9. Quantas horas por dia, em média, tem o(s) computador(es) ligado(s)?

Média (horas/dia)	Desvio Padrão
12,1	7,7

10. Quando não está a utilizar o computador costuma... (várias respostas)

Resposta	Número de respostas
Desligar o monitor.	12
Desligar o computador.	5
Activar o modo de poupança de energia.	12
Apenas desligo o computador quando saio da faculdade.	14
Nunca o desligo.	5
O computador encontra-se em modo de poupança de energia automático.	37
Outro.	1

11. No caso de deixar o computador ligado, porque o faz?

Resposta	Número de respostas
Porque me esqueço de desligar o computador.	3
Porque tenho programas a correr.	12
Porque desligar o computador diminui o tempo de vida do computador.	1
Porque o computador demora muito tempo a reiniciar.	5
Porque normalmente utilizo definições de poupança de energia.	22
Outro.	2

12. Possui algum destes equipamentos? (várias respostas)

Resposta	Número de respostas
Fax	3
Impressora	37
Scanner	11
Multifunções	11
Nenhum dos equipamentos anteriores.	13

13. Costuma desligar o(s) equipamento(s) que assinalou anteriormente quando não os está a utilizar?

Resposta	Número de respostas
Sim	21
Não	22
Às vezes	6

14. Desliga os equipamentos da tomada ou possui um corta corrente?

Resposta	Número de respostas
Sim.	14
Não, os equipamentos estão permanentemente ligados à corrente	47

15. Considera que as condições de conforto térmico no gabinete são...

Resposta	Número de respostas
Boas, a temperatura na generalidade é satisfatória durante todo o ano.	8
Satisfatórias, apenas existe desconforto nos dias mais frios e nos dias mais quentes do ano.	28
Na generalidade é desconfortável, principalmente no Inverno e no Verão.	22
Outro.	3

16. Qual o seu método preferido para gerir as situações de desconforto térmico?(várias respostas)

Resposta	Número de respostas
Uso o ar condicionado.	42
Faço uma gestão activa das janelas e estores.	23
No Inverno uso um modo de aquecimento alternativo	15
No Inverno uso roupa muito quente e uso roupa fresca no Verão.	18
Outro.	3

17. Porque usa outros métodos de aquecimento?

Resposta	Número de respostas
Porque o ar condicionado não funciona.	9
Porque não gosto de utilizar o ar condicionado.	13
Outro	3

18. No caso de utilizar o ar condicionado para regular a temperatura, fá-lo de modo que:

Resposta	Número de respostas
...a temperatura seja constante independentemente da estação do ano.	14
...a temperatura interior seja mais baixa no Verão e mais elevada no Inverno.	23
...a temperatura interior seja mais elevada no Verão e mais baixa no Inverno.	12

19. Quando utiliza o ar condicionado, em média, quanto tempo está ligado por dia .. ...no Verão?

Média (horas/dia)	Desvio Padrão
4,7	2,9

...no Inverno?

Média (horas/dia)	Desvio Padrão
4,0	3,2

...na Meia estação?

Média (horas/dia)	Desvio Padrão
0,8	2,0

20. Quando tem o ar condicionado a funcionar, deixa alguma janela aberta?

Resposta	Número de respostas
Sim.	2
Não.	50
Às vezes.	5

21. Quando existe luz natural numa sala de aula, costuma utilizar a iluminação artificial?

Resposta	Número de respostas
Sim.	16
Não.	16
Às vezes.	29

22. Porque razão utiliza a iluminação artificial quando existe luz natural?

Resposta	Número de respostas
Porque a iluminação natural não é suficiente.	45
Outro.	5

23. Costuma desligar as luzes sempre que sai de uma sala de aula?

Resposta	Número de respostas
Sempre.	57
Nunca.	1
Às vezes.	3

24. Porque razão não desliga a iluminação quando sai de uma sala de aula?

Resposta	Número de respostas
Porque desligar as luzes muitas vezes reduz o tempo de vida das lâmpadas.	1
Porque consome mais energia desligar as luzes muitas vezes.	2
Porque me esqueço.	5
Porque dá muito trabalho.	1
Outro.	3

25. Está satisfeito com a iluminação natural na generalidade das salas?

Resposta	Número de respostas
Sim, na maioria das salas.	17
Algumas das salas possuem iluminação natural adequada	22
Não, a maioria das salas a iluminação natural não é adequada.	22

26. Numa sala de aula, no espaço de uma hora, em média, qual a percentagem de tempo que tem as luzes acesas?

Resposta	Número de respostas
100%	31
75%	11
50%	10
25%	9
0%	0

27. Nos casos em que utiliza a iluminação artificial numa sala de aula, qual a quantidade de luzes que acende? (várias respostas)

Resposta	Número de respostas
Todas as luzes do tecto da sala.	19
50% das luzes do tecto da sala.	31
25% das luzes do tecto da sala.	7
As luzes que iluminam o quadro.	16

28. Considera que o conforto térmico, na generalidade das salas de aula, é adequado? (várias respostas)

Resposta	Número de respostas
1. Sim, a temperatura na generalidade das salas é satisfatória durante todo o ano.	7
2. A temperatura na generalidade das salas de aula é satisfatória, apenas existe desconforto nos dias mais frios e nos dias mais quentes do ano.	24
3. A generalidade das salas é desconfortável, principalmente no Inverno e no Verão.	26
4. As salas são confortáveis no Inverno, mas demasiado quentes no Verão.	5
Outros.	2

29. Especifique o edifício no qual dá aulas mais frequentemente, ou no caso de ter escolhido várias opções, indique o número da resposta e a que edifícios correspondem.

Resposta	Número de respostas
Ed. I	3
Ed. II	6
Ed. IV	6
Ed. VII	25
Ed. VIII	4
Ed. IX	6
Ed. X	7
Ed. Departamental	12

30. De que modo regula a temperatura nas salas de aula?

Resposta	Número de respostas
Costumo abrir as janelas.	25
Controlo a temperatura do ar através do ar condicionado.	12
Abro as janelas e ligo o ar condicionado	2
Não sinto necessidade de regular a temperatura	8
Não consigo controlar.	6
Depende da sala e da estação do ano.	2
Outro.	6

31. Regula a temperatura nas salas de aula de modo que:

Resposta	Número de respostas
...a temperatura seja constante independentemente da estação do ano.	14
...a temperatura interior seja mais baixa no Verão e mais elevada no Inverno.	19
...a temperatura interior seja mais elevada no Verão e mais baixa no Inverno.	13

32. Caso a sala de aula possua projector, qual a percentagem de vezes que o utiliza?

Resposta	Número de respostas
100% das vezes que dou aulas	21
75% das vezes que dou aulas	16
50% das vezes que dou aulas	14
25% das vezes que dou aulas	7
0% das vezes que dou aulas	3

33. Acha que a eficiência energética e a poupança de energia são importantes?

Resposta	Número de respostas
Sim.	61

34. Tenta poupar energia no seu dia-a-dia, através dos seus comportamentos?

Resposta	Número de respostas
Sim, e percebo que posso fazer a diferença.	45
Sim, mas é muito difícil.	13
Outro.	3

35. Gostaria de ter mais informação sobre a poupança energética?

Resposta	Número de respostas
Sim.	41
Não.	20

## Resultados do inquérito efectuado aos docentes da FCT-UNL sobre os laboratórios

Tabela 0.7 – Respondentes do questionário relative aos laboratórios

Edifício VIII		Prof. Alberto Martinho Prof. Cabeças Prof. Alexandra Terena Prof. Rogério Magalhães Prof. Lopes de Carvalho Prof. Urgueira Prof. Rosa Miranda
Edifício IX	DCT	Prof. Manuela Simões Prof. João Pais Prof. Joaquim Simões Prof. Carlos Galhano
	DEC	Prof. Teresa Santana Prof. António Ramos Eng. Ana Brás
Edifício II-DCM		Prof. Teresa Cidade Prof. Isabel Ferreira Prof. Regina Monteiro

1. Costuma utilizar a iluminação artificial quando existe luz natural?

Resposta	Número de respostas
Sim.	15
Não.	1
Às vezes.	1

3. Se sim porquê?

Resposta	Número de respostas
Porque o laboratório não tem boa iluminação.	10
Porque o laboratório tem zonas sem iluminação natural suficiente.	1
Porque utilizo o projector.	1
Devido ao reflexo provocado pela iluminação natural.	2
Porque não abro os estores, são muitos e de funcionamento manual.	1

4. Costuma desligar as luzes sempre que sai do laboratório?

Resposta	Número de respostas
Sim.	16

5. Os equipamentos presentes no laboratório são alvo de acções de manutenção regulares?

Resposta	Número de respostas
Sim, todos.	3
Sim, alguns.	5
Não, apenas quando é preciso.	4

6. A eficiência energética é um dos pontos considerados na escolha de equipamentos a ser adquiridos?

Resposta	Número de respostas
Não.	12
Sim.	3

7. E nos equipamentos existentes, foi um ponto considerado?

Resposta	Número de respostas
Não.	14
Sim.	1

8. Os equipamentos são desligados da corrente quando não estão a ser utilizados?

Resposta	Número de respostas
Sim.	6
Não.	5
Alguns.	4