



FCTUC FACULDADE DE CIÊNCIAS
E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

DEPARTAMENTO DE
ENGENHARIA MECÂNICA



Análise do Desempenho Energético de Cozinhas Industriais

Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia
Mecânica na Especialidade de Energia e Ambiente

Autor

Alexandra Filipa Parente Sousa

Orientadores

António Manuel Mendes Raimundo

Adélio Manuel Rodrigues Gaspar

Júri

Presidente **Pedro de Figueiredo Vieira Carvalheira**
Professor Auxiliar da Universidade de Coimbra

Vogal **José Manuel Baranda Moreira da Silva Ribeiro**
Professor Auxiliar da Universidade de Coimbra

Coimbra, Setembro, 2011

Aos meus pais António e Prazeres, pelo apoio e oportunidade.

À minha irmã Carla, por me fazer acreditar.

Ao meu sobrinho Gustavo, por ter preenchido ainda mais a minha vida.

Ao Carlitos pela paciência...

Agradecimentos

Dedico esta página, demonstrando o meu reconhecimento e agradecimento, a todos que, de uma forma ou de outra, contribuíram para a realização deste trabalho.

Em primeiro lugar gostaria de agradecer, aos meus orientadores, Prof. Doutor António Raimundo e Prof. Doutor Adélio Gaspar, pela orientação, discussão de ideias e disponibilidade demonstrada ao longo deste trabalho.

Ao Eng. Nilton Oliveira da ADAI pelo apoio, discussão de ideias, encorajamento e disponibilidade.

Ao Eng. Francisco Lamas pelo esclarecimento de dúvidas sobre o programa de simulação HAP.

Ao Eng. Rui Prata Ribeiro, pelo interesse que demonstrou por este trabalho, e por ter facultado as plantas de arquitectura, AVAC e instalações eléctricas, que de outra forma não seria possível obtê-las. Ao Eng. Ricardo Caldeira pelo apoio, interesse e disponibilidade de informação necessária para a realização do presente trabalho.

O meu agradecimento aos Serviços de Acção Social da Universidade de Coimbra por autorizar o estudo deste edifício. Ao Sr. Vítor Pedro, encarregado do edifício em estudo, pela ajuda e disponibilidade de informação necessárias. Agradeço igualmente, ao Sr. Vítor Raimundo e restantes funcionários da Cantina Pólo III que mesmo envolvidos em trabalho demonstraram sempre simpatia e disponibilidade para algumas questões.

Manifesto aqui a minha admiração pela colega Rosário Fino, em primeiro lugar, pelo companheirismo nestes dois últimos anos, por me ensinar que por vezes temos de ser “duros”, e por ter tido a paciência e disponibilidade de fazer a primeira leitura deste trabalho. Obrigada ao colega Nuno Silva pela sua ajuda no tema de Iluminação.

Um agradecimento bem especial, aos meus pais António e Prazeres, por quem nutro uma infinita admiração, à minha irmã Carla, ao meu cunhado Miguel e ao meu sobrinho Gustavo, pois são eles que nos momentos mais difíceis estão presentes com o seu carinho, compreensão e motivação.

O meu agradecimento especial ao Carlitos por ter o lugar que tem na minha vida e por me ouvir sempre que preciso de falar.

Obrigada a todos os familiares e amigos, em especial ao Licínio, pelo apoio e preocupação.

Resumo

A presente dissertação resume os procedimentos utilizados para a caracterização energética de uma cantina universitária existente. Nesse sentido, realizou-se uma auditoria energética ao edifício, fazendo um levantamento e análise crítica da utilização de energia, tendo em vista a identificação de oportunidades de racionalização de consumos.

Foi realizada a simulação energética do edifício, recorrendo ao programa HAP, para estimar o consumo de energia dos equipamentos de climatização, e ao programa Solterm para avaliar a produção de energia do sistema solar térmico instalado no edifício. Realizada a simulação do sistema solar e de apoio no programa Solterm verificou-se que a fracção solar é de somente 26%.

Da análise dos resultados conseguidos com as diversas abordagens concluiu-se que o grande consumidor de energia eléctrica é o sector dos equipamentos de cozinha, responsável por 42,5% do consumo total do edifício. Verificou-se também que 65% do gás natural é consumido por queima directa para preparação de AQS e aquecimento. Os restantes 35% são consumidos pela cozinha e afins.

Por cada refeição servida, determinou-se que é consumida 1,28 kWh de energia eléctrica, 1,67 kWh de gás natural e 19 litros de água, resultando num custo total de 0,39 €.

Os encargos com a electricidade correspondem a aproximadamente 63% dos encargos globais do edifício, o gás natural 23% e a água 13%.

De forma a tornar o edifício mais eficiente são enumeradas medidas de racionalização energética tais como: a implementação de um sistema de gestão de consumos; realização de acções de sensibilização sobre utilização racional de energia; aquisição de bateria de condensadores; aumento da área de colectores do sistema solar existente; substituição de lâmpadas e balastros mais eficientes.

Palavras-chave: Caracterização energética, Eficiência energética, Auditoria energética, Simulação energética de edifícios.

Abstract

The present dissertation summarizes the procedures used to characterize the energy consumption of an existing universitaire canteen. An energy audit of the building was done, and an assessment and a critical analysis were carried out about the use of energy. Several opportunities energy reduction are identified and discussed.

An energetic simulation of the building was performed, using the HAP program in order to estimate the consumption of energy by the air conditioning equipments. The Solterm program was also used to evaluate the production of energy by the thermal solar system installed in the building. The results show that the installed solar system has a contribution (solar fraction) of only of 26%.

After analyzing the results obtained with the various approaches, it was concluded that the higher consumer of electrical energy is the sector of the kitchen equipments, being responsible for 42,5% of the total consumption of the building. It was also verified that 65% of the natural gas was consumed by direct burning for the preparation of domestic hot water (DHW) and ambient heating. The remaining 35% are used by the kitchen and others appliances.

For each meal served, it was determined that 1,28 kWh of electrical energy, 1,67 kWh of natural gas and 19 litres of water were consumed, resulting in a total cost of 0,39 €.

The responsibilities with electricity correspond approximately to 63% of the total responsibilities of the building, 23% to natural gas and 13% to water.

In order to make the building more efficient, some measures of energy reduction are listed, such as: the implementation of a energy system management, the implementation of training courses about the rational usage of energy, installation of power capacitors, increase of the collector areas of the existent solar system, use of more efficient lighting solutions.

Keywords Energy characterisation, energy efficiency, energy audit, energy simulation of buildings.

Índice

Índice de Figuras	vi
Índice de Tabelas	ix
Simbologia, Siglas e índices inferiores	xii
Simbologia.....	xii
Siglas	xiii
Índices inferiores	xiii
1. Introdução.....	1
1.1. Generalidades.....	1
1.2. Motivação e Objectivos	4
1.3. Estudos Anteriores	4
1.4. Estrutura da tese.....	7
2. Apresentação do caso de estudo	8
2.1. Descrição Geral do Edifício.....	8
2.2. Análise global de recursos	9
2.3. Sistemas energéticos	10
2.4. Descrição da cozinha	12
2.4.1. Funcionamento da cozinha	12
2.4.2. Equipamentos de cozinha	13
2.5. Disponibilização de dados	15
3. Simulação Energética	17
3.1. Simulação dinâmica do edifício.....	17
3.1.1. Parametrização do modelo de edifício.....	17
3.1.2. Resultados da simulação dinâmica.....	21
3.2. Contribuição do sistema solar térmico.....	22
4. Recolha, processamento de dados e consumo de recursos.....	24
4.1. Recolha e processamento de dados.....	24
4.1.1. Sistemas de iluminação	24
4.1.2. Monitorização de consumos de energia dos equipamentos da cozinha.....	27
4.1.3. Ventiladores, circuladores e elevadores	32
4.2. Consumo de recursos	32
4.2.1. Energia Eléctrica.....	33
4.2.2. Gás Natural.....	33
4.2.3. Água	34
5. Apresentação e discussão de resultados e medidas de optimização energética e económica.....	35
5.1. Desagregação de consumos por utilização final	35
5.1.1. Energia eléctrica	35
5.1.2. Gás natural.....	36
5.1.3. Água	37
5.2. Consumo e encargo global de recursos.....	37
5.3. Medidas de optimização energética e económica.....	39
5.3.1. Edifício global	39
5.3.2. Equipamentos de cozinha	42

5.3.3. Iluminação	43
5.3.4. Climatização e Ventilação	44
6. Conclusão	46
Referências bibliográficas	48
ANEXO A. Levantamento de dados	50
ANEXO B. Equipamentos de cozinha	54
ANEXO C. Sistemas de iluminação	58
ANEXO D. Simulação Energética	62
ANEXO E. Consumo de energia	72

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Consumo médio anual de energia eléctrica por refeição (Saraiva, 2010).....	6
Figura 2 – Consumo médio anual de gás por refeição (Saraiva, 2010).....	6
Figura 3 – Localização da Cantina Pólo III (Google Earth em 26/06/2007).....	8
Figura 4 – Entrada do edifício virada a sudoeste.....	9
Figura 5 – Fachada lateral do edifício virada a noroeste.....	9
Figura 6 – Resumo de equipamentos e sectores consumidores de Energia eléctrica.....	9
Figura 7 – Resumo de sectores consumidores de Gás natural.....	10
Figura 8 – Esquema ilustrativo de que forma é consumida a água.....	10
Figura 9 – Sala de refeições 01.....	11
Figura 10 – <i>Free-flow</i>	11
Figura 11 – <i>Rooftop</i> 1 instalada na zona técnica.....	11
Figura 12 – <i>Hotte</i> 2 da zona de confecção.....	11
Figura 13 – Pormenor de montagem dos painéis.....	11
Figura 14 – Painéis CPC ao sol.....	11
Figura 15 – Caldeiras a gás e vasos de expansão.....	12
Figura 16 – Depósitos de acumulação de AQS.....	12
Figura 17 – Diagrama de funcionamento da cozinha e circulação de alimentos.....	13
Figura 18 – Descascadora de batatas.....	14
Figura 19 – Fogões com e sem forno.....	14
Figura 20 – Marmitas.....	14
Figura 21 – Fritadeira Mergulhante.....	14
Figura 22 – Bancada Refrigerada.....	14
Figura 23 – Elemento Refrigerado com Vitrine.....	14
Figura 24 – Armário frigorífico.....	14

Figura 25 – Elemento Banho-maria com Estufa	15
Figura 26 – Máquina de lavar loiça	15
Figura 27 – Apresentação de algumas soluções construtivas introduzidas no HAP	18
Figura 28 – Fotografia da entrada da Cantina Pólo III	20
Figura 29 – Separador para introduzir dados específicos às paredes, janelas e portas.....	20
Figura 30 – Perfil de utilização “Ocupação Restaurante”	21
Figura 31 – Resultados da simulação da energia mensal fornecida pelo Sistema solar e Sistema de apoio.....	23
Figura 32 – Aparelho de iluminação equipado com lâmpadas fluorescentes lineares	24
Figura 33 – Aparelho de iluminação equipado com lâmpadas fluorescentes compactas....	24
Figura 34 – Aparelho de iluminação do tipo projector.....	24
Figura 35 – Aparelho de iluminação do <i>spot</i>	24
Figura 36 – Aparelho de iluminação do tipo aplique	24
Figura 37 – Diagrama de carga da iluminação piso -1	25
Figura 38 – Equipamentos de medição no quadro eléctrico QP-1N/E.....	27
Figura 39 – Equipamentos de medição no quadro eléctrico QP-1.1N/E.....	27
Figura 40 – Diagrama de carga da fritadeira mergulhante 82	28
Figura 41 – Diagrama de carga da fritadeira basculante 83	28
Figura 42 – Diagrama de carga do banho-maria 72	29
Figura 43 – Diagrama de carga da marmita 78	29
Figura 44 – Diagrama de carga da fritadeira mergulhante 81	29
Figura 45 – Diagrama de carga do forno 65.....	30
Figura 46 – Diagrama de carga do armário frigorífico 96.....	30
Figura 47 – Diagrama de carga da bancada refrigerada 86	30
Figura 48 – Diagrama de carga do banho-maria 116	31
Figura 49 – Diagrama de carga do elemento frio com vitrine 121	31
Figura 50 – Consumo mensal de electricidade e gás natural no ano 2010.....	34

Figura 51 – Estimativa do consumo mensal de água no ano 2010.....	34
Figura 52 - Gráfico com percentagens de consumo de energia eléctrica por sector	35
Figura 53 – Consumo mensal de gás natural para AQS, aquecimento e cozinha	37
Figura 54 - Encargos totais com recursos por refeição	39
Figura D. 1 – Projecto em Auto Cad, que identifica as hottes e ventilador de ar novo existentes na zona de confecção, copa de Apoio ao Free-Flow e sala de lavagens.....	62
Figura D. 2 – Valor das Resistências térmicas superficiais exterior e interior (Santos & Matias, 2006).....	64
Figura D. 3 – Simplificação do sombreamento no Envidraçado V4	64
Figura D. 4 – Espaços climatizados pela <i>rooftop</i> 2 no piso 0	68
Figura D. 5 – Espaços climatizados pelas <i>rooftop</i> 1 e 2 e espaços ventilados pela ventilação da cozinha na piso -1	69
Figura D. 6 – Certificado do painel solar “CPC ao Sol”	71

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Consumo de energia eléctrica e gás natural da Cantina 3 do Instituto Politécnico de Leiria (Bernardo, 2010)	5
Tabela 2 – Capacidade de lugares sentados e horário de funcionamento de cada Cantina da UP	5
Tabela 3 - Uso de energia em restaurantes (Thumann & Younger, 2007).....	6
Tabela 4 - Consumo de água na restauração (FCTL) (Jesus, 2008).....	7
Tabela 5 – Capacidade de lugares sentados, e horário de funcionamento do Complexo alimentar Pólo III.....	8
Tabela 6 – Classificação dos equipamentos eléctricos de cozinha por famílias.	15
Tabela 7 – Coeficientes de transmissão térmica dos envidraçados e clarabóia.....	20
Tabela 8 – Designação de luminária, quantidade de lâmpadas por luminária e respectiva potência da lâmpada e balastro	25
Tabela 9 – Densidade de iluminação de alguns espaços do edifício	26
Tabela 10 – Consumo Anual global de energia eléctrica e gás natural	37
Tabela 11 - Consumo de Energia eléctrica e gás natural por refeição na Cantina 3 do IPL e Cantina Pólo III da UC	38
Tabela 12 – Consumo de Energia eléctrica e Gás natural por refeição servida na UP e UC	38
Tabela 13 – Encargos totais com energia eléctrica, gás natural e água.....	39
Tabela 14 – Listagem de equipamentos para substituição	42
Tabela 15 – Potência de lâmpadas da proposta de melhoria e respectivo valor de acréscimo de potência com balastro electrónico.....	43
Tabela A. 1 – Código, área útil e pé-direito de cada espaço do piso 0.....	50
Tabela A. 2 – Código, área útil e pé-direito de cada espaço do piso -1	50
Tabela A. 3 – Código, área útil e pé-direito de cada espaço do piso -2	51
Tabela A. 4 – Número de dias de funcionamento no ano 2010.....	52
Tabela A. 5 – Número de refeições para funcionários e alunos no ano 2010	52

Tabela A. 6 – Levantamento de energia consumida nos contadores do edifício.....	53
Tabela B. 1 – Equipamentos eléctricos e respectivo valor da potência.....	54
Tabela B. 2 – Equipamentos a gás e respectivo valor da potência	55
Tabela B. 3 – Equipamentos a electricidade e a gás com respectivo valor da potência.....	55
Tabela B. 4 – Equipamentos monitorizados.....	55
Tabela B. 5 – Consumo de energia média diária dos equipamentos eléctricos.....	56
Tabela B. 6 – Consumo de energia média diária dos equipamentos a electricidade e gás..	57
Tabela C. 1 – Cálculo da potência total (lâmpada + balastro) e energia consumida para cada espaço do piso 0	58
Tabela C. 2 – Cálculo da potência total (lâmpada + balastro) e energia consumida para cada espaço do piso -1	58
Tabela C. 3 – Cálculo da potência total (lâmpada + balastro) e energia consumida para cada espaço do piso -2	59
Tabela C. 4 – Densidade de iluminação nos espaços do piso 0	60
Tabela C. 5 – Densidade de iluminação dos espaços do piso -1	60
Tabela C. 6 – Densidade de iluminação dos espaços do piso -2	61
Tabela D. 1 – Coeficientes de transmissão térmica das soluções construtivas	63
Tabela D. 2 – Caudais de ar insuflados em cada espaço	64
Tabela D. 3 – Áreas dos envidraçados, PTP's, cega, efectiva e bruta das paredes exteriores	64
Tabela D. 4 – Área e coeficiente U da envolvente interior	65
Tabela D. 5 – Temperatura máxima dos espaços não úteis em contacto com envolvente interior	66
Tabela D. 6 – Temperatura mínima dos espaços não úteis em contacto com envolvente interior	66
Tabela D. 7 – Temperatura máxima dos espaços não úteis em contacto com pavimentos .	67
Tabela D. 8 – Temperatura mínima dos espaços não úteis em contacto com pavimentos..	67
Tabela D. 9 – Potência das <i>rooftop</i> 1 e 2, ventilador de ar novo e ventiladores de extracção	70

Tabela E. 1 – Potência e estimativa de consumo de energia para os ventiladores do piso -2	72
Tabela E. 2 – Elevadores existentes no edifício e estimativa de consumo diário	72
Tabela E. 3 – Estudo comparativo entre equipamentos a electricidade e gás natural	72

SIMBOLOGIA, SIGLAS E ÍNDICES INFERIORES

Simbologia

- θ_i – Temperatura do ar interior [$^{\circ}\text{C}$]
 θ_{atm} – Temperatura do ar exterior [$^{\circ}\text{C}$]
 θ_a – Temperatura do espaço não aquecido [$^{\circ}\text{C}$]
 τ - Coeficiente de redução de perdas [-]
 λ – Condutibilidade térmica [$\text{W}/\text{m}^{\circ}\text{C}$]
 A – Área [m^2]
 A_i – Área do elemento que separa o espaço útil interior do espaço não útil [m^2]
 A_u – Área do elemento que separa o espaço não útil do ambiente exterior [m^2]
Esp – Espaço
 E – Energia consumida [kWh]
 e – Espessura de material [m]
 L – Designação de luminária
 P – Potência [kW]
 $P_{B/L}$ – Potência do balastro por luminária [W]
 P_{Lp} – Potência de cada lâmpada [W]
 P_{tB} – Potência total dos balastros [W]
 P_{tLp} – Potência total das lâmpadas [W]
 $P_{t(Lp+B)}$ – Potência total do conjunto lâmpadas e balastros [kW]
 Q – Caudal de ar [m^3/h]
 Q_{tL} – Quantidade de luminárias
 $Q_{tLp/L}$ – Quantidade de lâmpadas por luminária
 R_i – Resistência térmica do elemento i [$\text{m}^2\text{C}/\text{W}$]
 R_{si} – Resistência térmica superficial interior [$\text{m}^2\text{C}/\text{W}$]
 R_{se} – Resistência térmica superficial exterior [$\text{m}^2\text{C}/\text{W}$]
 R – Resistência térmica [$\text{m}^2\text{C}/\text{W}$]
 t – Tempo de utilização diário [h]
 U – Coeficiente de transmissão térmica superficial [$\text{W}/\text{m}^2\text{C}$]

Siglas

ADAI – Associação para o desenvolvimento da aerodinâmica industrial

AVAC – Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado

AQS – Água Quente Sanitária

ASHRAE – *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning*

Engineers

CPC – Concentrador Parabólico Composto

FADEUP- Faculdade de Desporto da Universidade do Porto

FBAUP – Faculdade de Belas Artes da Universidade do Porto

FCTL – Faculdade de Ciências e Tecnologia de Lisboa

FEP – Faculdade de Economia da Universidade do Porto

FEUP – Faculdade de Engenharia do Porto

FFUP – Faculdade de Farmácia da Universidade do Porto

FMUP – Faculdade de Medicina da Universidade do Porto

HAP – *Hourly Analysis Program*

ICBAS – Instituto de Ciências Biomédicas Abel Salazar

IPL – Instituto Politécnico de Leiria

LED – *Light Emitting Diode*

PTP – Ponte térmica plana

SGA – Sistema de Gestão Ambiental

TFM – *Transfer Function Methodology*

UC – Universidade de Coimbra

UP – Universidade do Porto

Índices inferiores

p – porta

pa – parede

part – partição

1. INTRODUÇÃO

1.1. Generalidades

A energia desempenha um papel fundamental em todas as actividades, nomeadamente nas económicas, e no seu desenvolvimento (Roriz, 2007). Ainda há pouco tempo pensava-se que o crescimento, progresso e desenvolvimento sócio-económico não podiam ser conseguidos sem um elevado crescimento do consumo de energia. No entanto, e muito por consequência das preocupações com as alterações climáticas, foi-se aprendendo a olhar para a energia como um factor de produção, que, sendo bem gerido, permite, consumindo menos, produzir o mesmo. Gerir a energia é igualmente tão importante como gerir recursos humanos ou financeiros. Esta gestão deve começar logo na fase de projecto das instalações e na escolha dos equipamentos, com a opção racional sobre a forma de energia a consumir e a selecção dos meios de produção que apresentem a maior eficácia energética (Roriz, 2007).

Os edifícios representam 40% do consumo de energia total na União Europeia. O sector está em expansão, pelo que será de esperar um aumento do seu consumo de energia (Directiva 2010/31/UE, 2010). Na última década o sector dos edifícios de serviços foi um dos que mais cresceu em consumos energéticos, cerca de 7,1%. Este sector é um dos principais responsáveis pelo acentuado crescimento do consumo em energia eléctrica (Direcção Geral de Energia, 2002).

A redução do consumo de energia e o aumento da utilização de energia proveniente de fontes renováveis têm igualmente um importante papel a desempenhar na promoção da segurança do aprovisionamento energético, na promoção dos avanços tecnológicos e na criação de oportunidades de emprego e desenvolvimento regional, especialmente nas zonas rurais (Directiva 2010/31/UE, 2010).

A realização de auditorias periódicas ao consumo dos edifícios, com prioridade para os edifícios públicos, permite detectar as áreas mais relevantes de consumo e delinear possíveis estratégias de optimização. Dada a sua complexidade, é essencial que a gestão energética dos edifícios seja da responsabilidade de pessoas com competências e experiência relevantes. Para conseguir gerir é indispensável conhecer bem o objecto de gestão. É assim

fundamental começar por fazer o levantamento energético do edifício, de maneira a conhecer, de modo tão detalhado quanto possível, os sistemas consumidores de energia, quanta energia é consumida, onde e sob que forma.

As instalações de climatização não devem ser entendidas como um processo que apenas prevê a existência dum sistema que remove as cargas térmicas, garantindo apenas as condições para as quais foi efectuado o dimensionamento da instalação. Existem diversos conceitos base que devem estar presentes quando se está a decidir a concepção dum sistema e a efectuar a escolha de equipamentos que constituem a instalação de climatização. Estes conceitos são: a qualidade das condições interiores, a interacção entre a envolvente, a rede energética e o espaço interior, os problemas energéticos e ambientais resultantes duma instalação de climatização (sistema energético) bem como as limitações, vantagens e inconvenientes dos diferentes tipos de instalações, e ainda a regulamentação existente, em particular no que respeita às restrições que impõe (Roriz, 2007).

As necessidades nominais de climatização de um edifício resultam num balanço de parâmetros térmicos, que não são mais do que os ganhos gerados internamente (equipamentos, iluminação, ocupação), e perdas térmicas pelos elementos da envolvente, assim como as perdas relacionadas com a renovação do ar interior. Uma envolvente com má qualidade térmica, entre outros factores, contribuirá para um consumo excessivo e injustificado de energia. Antes de quantificar a energia gasta para garantir o conforto dos ocupantes de um edifício, é necessário conhecer quais os equipamentos que nele se encontram instalados. Num edifício para manter as condições interiores constantes é necessário remover as cargas térmicas. Devido à ocupação, existe a produção de CO₂, a libertação de vapor de água e a possibilidade de formação de odores. Para garantir o ambiente mais agradável e eficiente na zona de trabalho (na cozinha) é necessário: remover o excesso de calor; os odores; partículas de gordura e a humidade, substituindo o ar de exaustão por ar novo (Halton, 2011).

A iluminação, para além do consumo directo de energia eléctrica, é responsável por parte das cargas térmicas que é necessário remover pelos equipamentos de climatização, o que corresponde, geralmente, a uma parte bastante significativa do consumo energético total de um edifício. Estima-se que o consumo eléctrico para iluminação pode atingir 30% da energia eléctrica total consumida, sendo crítica nos edifícios de serviços, comerciais e edifícios similares a estes (Roriz, 2007). A carga térmica introduzida pela iluminação até poderá ser benéfica no Inverno, mas, durante o Verão, é um acréscimo de carga, sendo

sempre conveniente ter em conta a sua existência aquando da realização de simulações de consumo energético e dimensionamento das potências a instalar. Existem factores que influenciam bastante a eficiência de iluminação, tais como, a má escolha do tipo de luminárias (armaduras de iluminação), que muitas das vezes é seleccionado somente por questões estéticas; a instalação de lâmpadas de baixa eficiência e a má utilização por parte dos utilizadores, ou seja, quando não é aproveitada a luz natural e a iluminação não é desligada quando os espaços deixam de ser ocupados. Resumindo, deve-se procurar projectar sistemas de iluminação que, embora não descurando os aspectos estéticos, tenham em consideração os aspectos técnicos e regulamentares, assim como a eficiência energética.

Relativamente aos equipamentos de cozinha, é importante a aquisição de equipamentos mais eficientes, consumidores da fonte de energia mais vantajosa, assim como uma utilização mais responsável.

O consumo de água dos edifícios é muitas das vezes desvalorizado face ao consumo eléctrico e gás natural. Será muito importante, para os edifícios de tipologias que consomem quantidades elevadas de água, uma boa utilização deste recurso. Nos edifícios de tipologia “Restaurantes”, os requisitos de água quente são principalmente para a máquina de lavar loiça, limpeza de panelas e frigideiras, e para uso de clientes e funcionários. Uma má utilização aumentará os encargos económicos, não só pelo aumento de consumo de água mas principalmente devido à energia despendida no seu processo de aquecimento. É portanto, vantajoso o aquecimento de AQS por energia solar, em alternativa ao gás ou à electricidade.

Em Portugal a instalação de um sistema solar térmico é naturalmente vantajoso, visto que possui excelentes condições para o aproveitamento da radiação solar para fins energéticos, possuindo, em média, entre 2 200 e 3 000 horas de sol por ano, enquanto que, na Europa Central, os valores se situam tipicamente entre 1 500 e 1 700 horas por ano. A quantidade de energia recebida por um painel solar depende das condições climáticas, condições estas, que o utilizador não tem controlo. Para aproveitar a energia proveniente da radiação solar o dispositivo que faz a captação de energia (o colector solar) deve possuir uma superfície com elevada absorvidade para maximizar a captação de energia radiante incidente.

Os colectores solares mais utilizados são: os colectores planos e os colectores CPC (Concentrador Parabólico Composto). Os colectores planos com ou sem acumulação, com ou sem cobertura de vidro ou material sintético, são os mais utilizados para o

aquecimento de AQS que se pretende atingir temperaturas próximas de 60°C. O colector solar CPC concentra a radiação sobre um absorvedor em forma de acento circunflexo (^), através de um conjunto de espelhos de alumínio, cuja geometria é tecnologia de ponta à escala mundial (Manual colector CPC ao sol, 2006).

1.2. Motivação e Objectivos

Este trabalho pretende dar a sua contribuição para estudos que visem a racionalização do uso de recursos energéticos nos edifícios. A metodologia utilizada poderá ser aplicada em estudos semelhantes, permitindo aos gestores e técnicos de energia, assim como aos utilizadores, adoptarem soluções e procedimentos que melhorem o desempenho dos edifícios, conseguindo assim, aumentar a eficiência dos edifícios, tornando-os ecologicamente mais limpos.

A presente dissertação tem como objectivo, através da realização de uma auditoria energética, a caracterização e quantificação de recursos utilizados numa cantina universitária para o seu bom funcionamento, tais como, electricidade, gás natural e água. E, dessa análise, sugerir várias propostas de redução dos consumos de energia, factura energética e, conseqüente, redução nas emissões de gases de efeito de estufa.

A implementação de medidas de utilização eficiente da energia em edifícios é difícil porque implica, por vezes, alterações nos hábitos. É necessário um equilíbrio entre as soluções técnicas e humanas, o que nem sempre é fácil, visto que, ainda existe uma certa falta de flexibilidade ou até falta de conhecimento por parte dos intervenientes.

1.3. Estudos Anteriores

Como suporte à realização do presente estudo, foi efectuada uma pesquisa direccionada para a análise de estudos anteriores, relacionados com análise energética de cantinas e cozinhas industriais para, assim, poder-se chegar a resultados sobre principais padrões ou disparidades de consumo.

Foi analisado um estudo de uma Cantina 3 do Instituto Politécnico de Leiria (IPL), construída no ano de 2005. Este é um edifício da mesma tipologia, e que servirá como referência, apesar das condições meteorológicas serem um pouco diferentes (o que

influência o consumo de energia), assim como também pelo facto de terem horários de funcionamento diferentes.

Na Tabela 1, apresenta-se a repartição dos consumos energéticos do edifício por forma de energia, durante o período de referência (12 meses, de Junho de 2007 a Maio de 2008) na qual foram servidas 130 229 refeições. Em termos de energia primária, a energia eléctrica corresponde a cerca de 71% da energia consumida, o que, em termos de custo corresponde a cerca de 58% da factura energética. O gás natural corresponde a 29% da energia primária consumida e a 42% da factura energética anual (Bernardo, 2010).

Tabela 1 - Consumo de energia eléctrica e gás natural da Cantina 3 do Instituto Politécnico de Leiria (Bernardo, 2010)

Forma de energia	Consumo	
	[kWh]	[kgep]
Energia eléctrica	199 937	57 982
Gás natural	269 826	23 205
Total	469 763	81 187

Saraiva (2010), num estudo realizado na Universidade do Porto (UP), apresenta o consumo médio por refeição servida, para o caso das cantinas, Bares e Unidades Alimentares da UP. Analisadas as capacidades, horários de funcionamento e serviços prestados, apresentam-se na Tabela 2 os resultados para as Cantinas que mais se assemelham ao edifício que será estudado nesta dissertação.

Tabela 2 – Capacidade de lugares sentados e horário de funcionamento de cada Cantina da UP

		Capacidade lugares sentados	Funcionamento	Horário
FADEUP	Cantina FADEUP	138	Dias úteis (almoço)	12h00-14h00
	Bar FADEUP		Dias úteis	08h00-17h30
S. João	Un. Alimentar S. João	166	Dias úteis (almoço)	11h30-14h00
	Restaurante Un. Al. S. João	56	Dias úteis (almoço)	12h00-14h00
	Un. Alimentar de Engenharia	400	Dias úteis (almoço)	11h30-14h00
FEUP	Restaurante Un. Al. de Engenharia	38	Dias úteis (almoço)	12h00-14h00
	Grill Un. Al. de Engenharia	180	Dias úteis (almoço)	12h00-14h00

Através de contacto telefónico com os responsáveis das respectivas Unidades Alimentares, foram feitas algumas perguntas de forma a perceber que equipamentos consumidores de energia estariam instalados nos edifícios. Verificando-se que, aquando do estudo Saraiva (2010), estas cantinas não possuíam sistema solar térmico, estando o aquecimento das AQS assegurado por caldeiras a gás natural; os equipamentos de cozinha

são alimentados por energia eléctrica e gás natural e os espaços possuem sistema de ventilação.

Os resultados da auditoria energética realizada por Saraiva (2010) apresentam-se na Figura 1 e Figura 2.

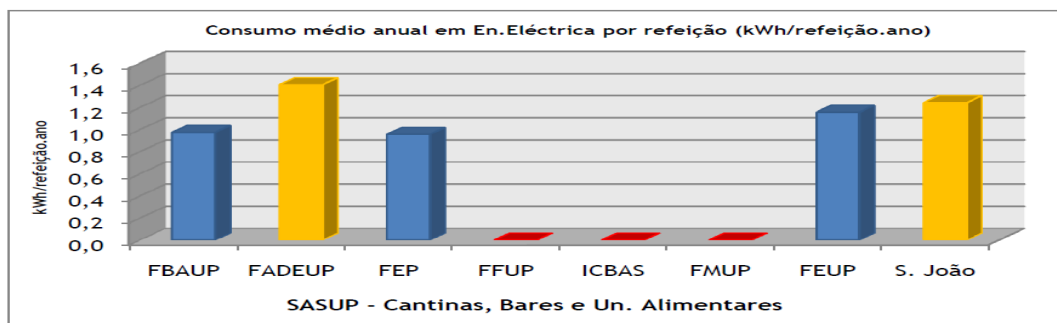


Figura 1 – Consumo médio anual de energia eléctrica por refeição (Saraiva, 2010)

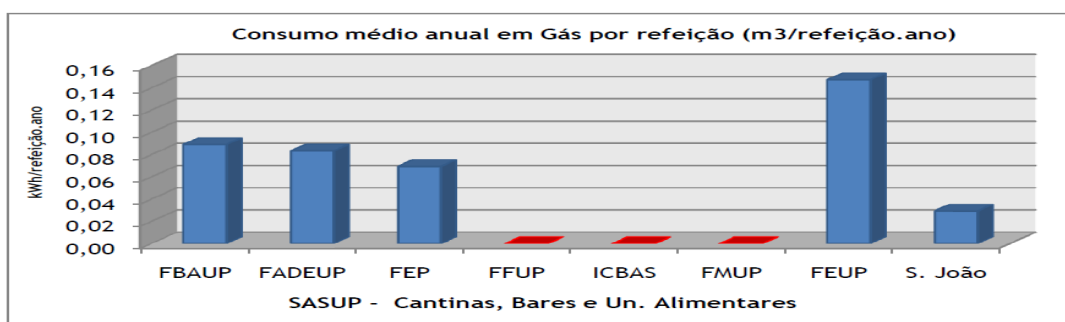


Figura 2 – Consumo médio anual de gás por refeição (Saraiva, 2010)

Analisando a Figura 1, as Cantinas que mais se assemelham ao edifício estudado nesta dissertação são as maiores consumidoras de energia por refeição. A Figura 2 ilustra que a cantina da FEUP possui um consumo de gás natural muito superior relativamente às restantes cantinas.

Em Thumann & Younger (2007) é ilustrado a variação de energia (em %) para vários tipos de edifícios comerciais. Estes edifícios serviram de referência, facilitando a identificar os sistemas de energia de maior consumo para cada tipologia. Tendo em conta que a tipologia “Restaurantes” é a que mais se aproxima à estudada neste trabalho é esta a considerada e apresentada na Tabela 3.

Tabela 3 - Uso de energia em restaurantes (Thumann & Younger, 2007)

Energy Use in Restaurants	Table
HVAC	32
Lighting	8
Food Preparation	45
Refrigeration	2
Sanitation	12
Other	1

Como se verifica pela análise da Tabela 3, o sistema maior consumidor de energia é a preparação de alimentos que representam 45% do consumo total de energia.

Num estudo realizado na Faculdade de Ciências e Tecnologia de Lisboa (FCTL), por Jesus (2008), com o objectivo principal de fornecer orientação para Instituições de Ensino Superior que pretendam gerir o consumo de água, no âmbito da implementação de um SGA é apresentado o consumo de água na restauração da universidade, cujos resultados se mostram na Tabela 4.

Tabela 4 - Consumo de água na restauração (FCTL) (Jesus, 2008)

Refeições servidas no campus [nº/dia]	Consumo unitário [m ³ /refeição]	Dias de serviço	Consumo anual [m ³ /ano]
2450	0,025	213	13046,3

Verifica-se, pela análise da Tabela 4, que são consumidos 25 litros de água por cada refeição servida.

1.4. Estrutura da tese

Esta dissertação encontra-se dividida em 6 capítulos. O segundo capítulo é dedicado à apresentação do caso de estudo. Neste capítulo é realizada a descrição geral do edifício, a análise global de recursos, descrição de sistemas energéticos e cozinha.

No terceiro capítulo são apresentadas as simulações energéticas: simulação dinâmica do edifício, e simulação do sistema solar térmico.

No quarto capítulo é apresentado a recolha e processamento de dados, assim como o consumo de recursos.

No quinto capítulo é descrito a apresentação e discussão de resultados e apresentadas as medidas de optimização energética.

No sexto capítulo são apresentadas as conclusões retiradas deste trabalho.

2. APRESENTAÇÃO DO CASO DE ESTUDO

2.1. Descrição Geral do Edifício

O edifício objecto de estudo é uma cantina universitária, no Complexo Alimentar do Pólo III da Universidade de Coimbra, com o nome “Restaurante Luzio Vaz”, tendo iniciado a sua actividade regular em 4 de Janeiro de 2007. A sua localização é apresentada na Figura 3. Construído no ano de 2005, dispõe de 376 lugares sentados, um serviço de refeição-tipo, uma larga variedade de pratos alternativos em regime de *Free-flow* e um serviço de *Sandwich-Bar* / Cafeteria (S.A.S.U.C., 2009). Na Tabela 5 apresentam-se os horários de funcionamento. No ano 2010, foram servidas 4 172 refeições aos funcionários e 102 661 refeições para alunos, totalizando-se 106 833 refeições servidas.

Tabela 5 – Capacidade de lugares sentados, e horário de funcionamento do Complexo alimentar Pólo III

		Capacidade lugares sentados	Funcionamento	Horário
Complexo alimentar Pólo III	Bar	376	Dias úteis	8h30-19h00
	Refeição-tipo		Dias úteis (almoço)	12h00-14h30
	Free-Flow		Dias úteis (almoço)	12h00-14h30



Figura 3 – Localização da Cantina Pólo III (Google Earth em 26/06/2007)

Parte do edifício encontra-se enterrado, como se pode ver na Figura 5, e é composto por 3 pisos: no piso 0 (piso superior) encontra-se a entrada do edifício e a zona de bar, predominantemente a sudoeste (Figura 4), assim como instalações sanitárias; o piso -1

destina-se às zonas de confecção e salas de refeições; no piso -2 encontram-se os armazéns e zona técnica.



Figura 4 – Entrada do edifício virada a sudoeste



Figura 5 – Fachada lateral do edifício virada a noroeste

Devido ao facto de não ter sido possível obter as plantas do edifício em tempo útil, para a caracterização de cada espaço quanto à sua utilização foi efectuada uma visita e medição de todos os espaços. A informação recolhida lista-se no ANEXO A.

2.2. Análise global de recursos

Nesta secção é apresentada uma análise global do funcionamento do edifício, tendo como objectivo determinar, onde e que recursos são consumidos, como apresentado na Figura 6, referente ao consumo de energia eléctrica, Figura 7, referente ao consumo de gás natural e Figura 8, referente ao consumo de água.

A energia eléctrica alimenta os equipamentos de climatização, ventilação, bombas de circulação, iluminação, elevadores e equipamentos da cozinha, bar, lavandaria e gabinete de controlo.

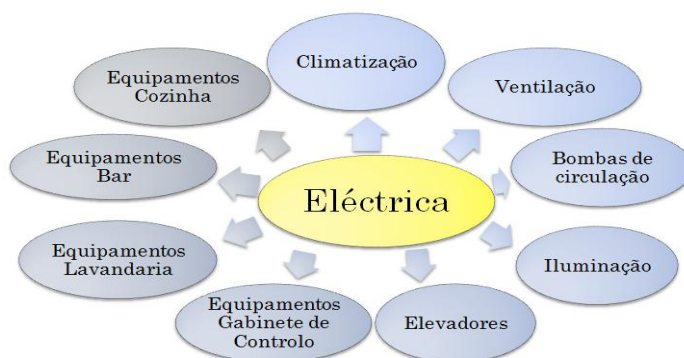


Figura 6 – Resumo de equipamentos e sectores consumidores de Energia eléctrica

O gás natural é consumido pelas caldeiras para aquecimento de AQS e aquecimento, e pelos equipamentos de cozinha. A água é consumida fria, ou aquecida (AQS).

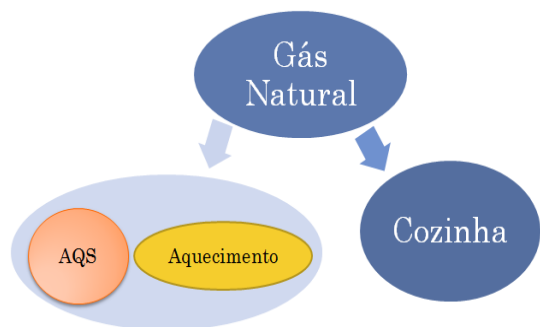


Figura 7 – Resumo de sectores consumidores de Gás natural

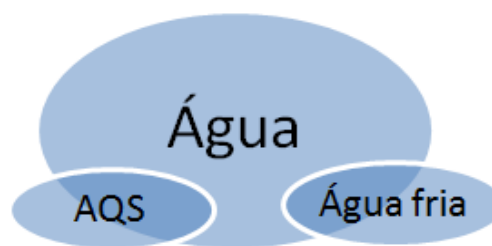


Figura 8 – Esquema ilustrativo de que forma é consumida a água

2.3. Sistemas energéticos

O ar é condicionado nas salas de refeições 01 (Figura 9) e 02, *Free-flow* (Figura 10), átrio principal e zona de estar/bar, zonas estas que são ocupadas permanentemente pelos utilizadores. O ar tratado (filtrado e aquecido/arrefecido), de caudal constante, provém de 2 unidades *Rooftop* (Figura 11), sendo estas unidades compactas com permuta ar-ar. Este ar é encaminhado para os diversos espaços através de uma rede de condutas. Quando na sala de refeições 01 este sistema não é suficiente para atingir condições de conforto, existem 4 radiadores com 23 elementos cada. Tal situação acontece esporadicamente, visto que só pontualmente as unidades *Rooftop* não são suficientes para suprir as necessidades térmicas e garantir o conforto térmico.

De forma a garantir a renovação do ar interior, estão instaladas duas *hottes* centrais com compensação frontal, *hotte 1* e *hotte 2* (Figura 12). O caudal de insuflação de cada *hotte* é de 8 000 m³/h e o caudal de extracção é de 9 850 m³/h, de modo a que o local fique em subpressão, evitando assim o arrastamento de odores para espaços adjacentes. As *hottes 3* e *5* têm somente exaustão, com um caudal de 2 000 m³/h e de 5 400 m³/h, respectivamente. Existe ainda a *hotte 4*, que se situa na sala de lavagens, servindo para exaustão do ar quente e vapor resultantes da pré-lavagem, lavagem e enxaguamento da loiça. Na Figura D. 1, pode ver-se a localização das *hottes* anteriormente referidas. Nos restantes espaços, considerados sujos, estão instaladas condutas de extracção de ar, que obrigam a que o ar, proveniente das zonas limpas, circule nestes espaços.

O espaço “Restaurante” é condicionado por uma unidade interior de expansão directa, sendo esta ligada muito esporadicamente. Como tal, não teremos em conta o seu consumo de energia, visto que este será muito reduzido em relação aos restantes.

**Figura 9** – Sala de refeições 01**Figura 10** – *Free-flow***Figura 11** – *Rooftop* 1 instalada na zona técnica**Figura 12** – *Hotte* 2 da zona de confeção

Para o aquecimento de águas quentes sanitárias, está instalado na cobertura um sistema solar térmico, composto por 12 painéis solares “CPC Ao Sol”, correspondendo a uma área total de 23.88 m², virados a Sul com inclinação de $\pm 45^\circ$ (Figura 13 e Figura 14) e especificações apresentadas na Figura D. 6.

**Figura 13** – Pormenor de montagem dos painéis**Figura 14** – Painéis CPC ao sol

De forma a absorver as dilatações de água quente, estão instalados na rede hidráulica vários vasos de expansão. A AQS é acumulada em dois depósitos em aço inoxidável de 1 000 litros cada (Figura 16), e num termoacumulador de 500 litros ligado ao sistema solar.

Quando este sistema não é suficiente para responder às necessidades de AQS, existe um sistema de energia de apoio composto por duas caldeiras a gás com potência útil de 253 kW e rendimento de combustão de 93,8% (Figura 15).



Figura 15 – Caldeiras a gás e vasos de expansão



Figura 16 – Depósitos de acumulação de AQS

2.4. Descrição da cozinha

2.4.1. Funcionamento da cozinha

O horário de funcionamento da cozinha tem início às 8:00 horas e termina às 15:00 horas. Uma cozinha profissional é um espaço onde os alimentos são armazenados, preparados e cozinhados. Os alimentos são recebidos nos armazéns e levados pelo montacargas para os locais de conservação, isto é, os alimentos perecíveis são encaminhados para as câmaras frigoríficas e os restantes para a despensa do dia. Dependendo da ementa diária, os alimentos necessários são posteriormente encaminhados para os respectivos espaços de preparação (tubérculos, legumes e saladas, carne e peixe), onde, como o nome indica, é feita a preparação destes alimentos, para de seguida serem levados para a zona de confeção, onde são cozinhados (cozidos, guisados, grelhados, fritos e assados). Terminada a confeção, os alimentos são distribuídos pelas copas, onde são armazenados nos equipamentos banho-maria e de refrigeração, até serem servidos nas zonas de *Self service* e *Free-flow*.

Nas zonas de *Self service* e *Free-flow* são servidas as refeições. No final da refeição os tabuleiros com a loiça suja são recolhidos para a sala de lavagens. Na sala de lavagens é feita a recepção dos tabuleiros com auxílio de tapetes rolantes, de forma a dirigir a loiça suja até à máquina de lavar loiça.

Por razões de segurança e higiene, a circulação dos alimentos é efectuada de modo a que não haja cruzamento entre alimentos por confeccionar e cozinhados, de forma a evitar a contaminação destes.

Na Figura 17 encontra-se o diagrama de funcionamento de forma a exemplificar a circulação dos alimentos, inerente às principais tarefas na cozinha principal e distribuição dos alimentos já cozinhados para a linha de *Self-service* e *Free-flow*.

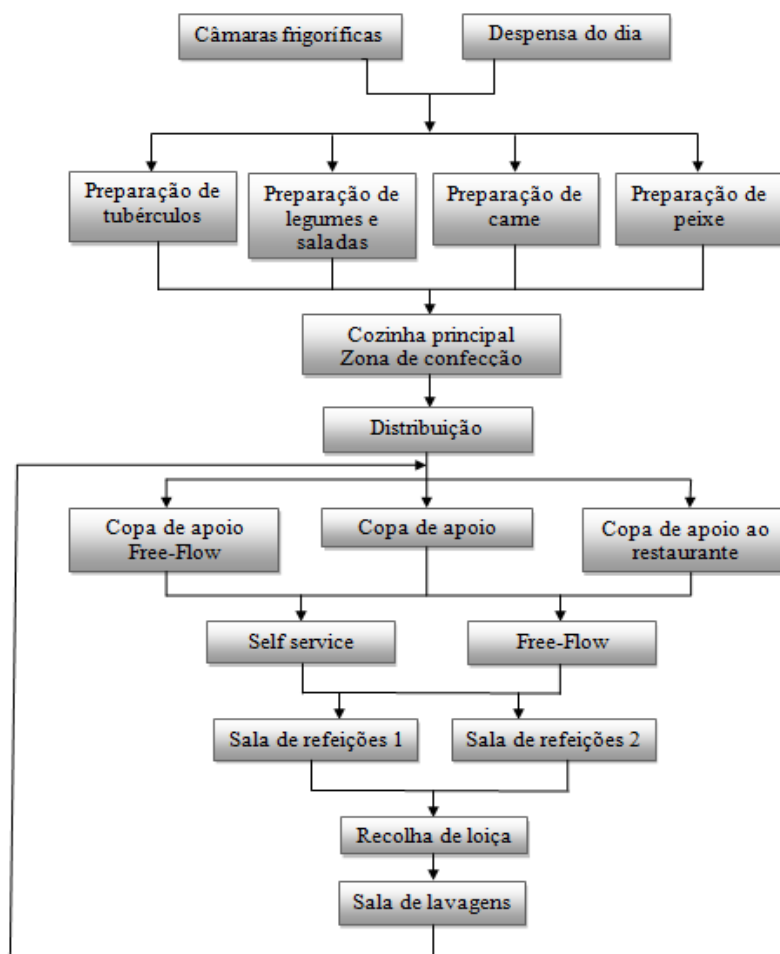


Figura 17 – Diagrama de funcionamento da cozinha e circulação de alimentos

2.4.2. Equipamentos de cozinha

Para a realização de todos os procedimentos necessários para o bom funcionamento da cozinha, são utilizados equipamentos específicos, que são indispensáveis numa cozinha profissional, alimentados por corrente eléctrica e gás natural. Foi efectuado o levantamento dos equipamentos consumidores de energia, utilização e respectiva potência, como apresentado no ANEXO B. Cada equipamento tem uma função específica. Para proceder à preparação dos alimentos são utilizados Cortadores de Carne, Cortadores de batatas, Descascadora de batatas (Figura 18), Cortador de Carnes Frias e para desinfecção das facas são utilizados Armários de descontaminação. Na fase de confeção dos alimentos, são necessárias Fritadeiras Mergulhante (Figura 21) e Basculante, Fornos, Fogões (Figura 19), Marmitas (Figura 20) e *Fry-Top*.



Figura 18 – Descascadora de batatas



Figura 19 – Fogões com e sem forno



Figura 20 – Marmitas



Figura 21 – Fritadeira Mergulhante

Os equipamentos de refrigeração para conservar os alimentos a baixas temperaturas são: Bancadas Refrigeradas (Figura 22), Armários Frigoríficos (Figura 24), Elementos Refrigerados com Vitrine (Figura 23) e sem Vitrine e Câmaras Frigoríficas.



Figura 22 – Bancada Refrigerada



Figura 23 – Elemento Refrigerado com Vitrine



Figura 24 – Armário frigorífico

Outros equipamentos são utilizados para manter os alimentos quentes desde que estes são confeccionados até serem servidos: Elementos Banho-maria com (Figura 25) ou sem estufa.

Na fase de limpeza é feita uma pré- lavagem, só com água fria (chuveiro), e é colocada a loiça correctamente nos tabuleiros para evitar o encravamento destes na máquina de lavar loiça (Figura 26). Os tabuleiros entram na máquina onde é feita a lavagem da loiça

passando pelas seguintes fases: pré-lavagem a 30°C, lavagem a 60°C terminando com o enxaguamento a 90°C.



Figura 25 – Elemento Banho-maria com Estufa



Figura 26 – Máquina de lavar loiça

Ao sector dos equipamentos de cozinha é feita a seguinte desagregação, por várias famílias de equipamentos, apresentada na Tabela 6:

Tabela 6 – Classificação dos equipamentos eléctricos de cozinha por famílias.

Confecção	<ul style="list-style-type: none"> •Fritadeiras Mergulhantes •Fritadeira Basculante •Forno 2 andares •Trituradora
Refrigeração	<ul style="list-style-type: none"> •Elementos frios com e sem vitrine •Armários frigoríficos •Bancada Refrigerada •Câmaras frigoríficas
Preparação alimentos	<ul style="list-style-type: none"> •Máquina descascar batatas •Máquina cortar batatas •Máquina de picar carne • Cortador de carnes frias
Limpeza loiça e utensílios	<ul style="list-style-type: none"> •Máquina de lavar loiça •Tapete rolante •Curva •Armários descontaminação
Banho-Maria	<ul style="list-style-type: none"> •Banhos Maria com e sem estufa

2.5. Disponibilização de dados

Nesta secção é apresentada a informação disponibilizada pelos responsáveis do edifício:

- Disponibilização de catálogos dos equipamentos existentes;
- Registo de consumos a partir de contadores de electricidade, entálpicos, água e gás existentes no edifício;

- Fornecimento de consumos de electricidade do ano 2010;
- Fornecimento do número de refeições servidas no ano 2010;
- Fornecimento do consumo de gás natural no ano 2010;
- Plantas de arquitectura, instalações eléctricas e AVAC;

É importante referir que a estimativa de consumo anual deste edifício foi realizada tendo em conta os dias de funcionamento, Tabela A. 4, e refeições servidas no ano 2010, Tabela A. 5, sendo este considerado o ano de referência. Neste ano, a cantina laborou todos os dias, excepto feriados, fins-de-semana e mês de Agosto.

3. SIMULAÇÃO ENERGÉTICA

3.1. Simulação dinâmica do edifício

De forma a avaliar o desempenho energético do edifício, obtendo as cargas térmicas de aquecimento e arrefecimento e correspondentes consumos de energia, foi utilizado o programa HAP – *Hourly Analysis Program*, desenvolvido pela CARRIER, para simular os pisos 0 e -1. Este programa permite efectuar o dimensionamento e análise de energia de projectos AVAC para edifícios (Carrier, 2011). O software utilizado no cálculo das cargas térmicas apresenta, como principais características, o facto de utilizar procedimentos definidos pela ASHRAE para cálculo do fluxo de calor do edifício, calculando as cargas térmicas e o consumo de energia, por espaço e por zona (24 horas/dia, 12 meses/ano). Permite definir horários de ocupação, cargas internas, funcionamento de ventiladores, termóstatos, etc. Está implementado no HAP o método de cálculo TFM-*Transfer Function Methodology*, que é um método dinâmico para o cálculo das transferências de calor.

3.1.1. Parametrização do modelo de edifício

Para simular o edifício é necessário introduzir as características físicas do edifício, os materiais envolvidos, caracterizar a envolvente, a sua orientação, assim como a iluminação e ocupação, ou seja, os parâmetros que determinam as cargas térmicas do edifício, apresentados nas secções seguintes.

Foram considerados os dados climáticos de Coimbra disponíveis no programa HAP, que utiliza a base de dados meteorológicos da ASHRAE. Para as condições interiores foi considerado uma temperatura de 20°C para o Inverno e de 25°C para o Verão com humidade relativa de 50%.

3.1.1.1. Coeficiente global de transmissão de calor das envolventes interior e exterior, pavimentos e coberturas

O coeficiente de transmissão térmica superficial de um elemento, U , é a quantidade de calor por unidade de tempo que atravessa uma superfície de área unitária

desse elemento da envolvente, por unidade de diferença de temperatura entre os ambientes que ele atravessa (Decreto-Lei n.º 80/2006, 2006).

O coeficiente U é o inverso da soma das resistências térmicas, R , tendo em conta, não só a resistência térmica de cada elemento (R_i), como também, as resistências térmicas superficiais interior (R_{si}) e exterior (R_{se}), sendo determinado pela aplicação da equação (1).

$$U = \frac{1}{R_{si} + \sum R_i + R_{se}} \text{ [W/m}^2\text{°C]} \quad (1)$$

No caso de materiais homogéneos, a resistência térmica de cada elemento é calculada pela equação (2), sendo necessário conhecer a condutibilidade térmica do material, λ [W/m°C], e a espessura e [m] dos materiais que compõem cada solução construtiva.

$$R = \frac{e}{\lambda} \text{ [m}^2\text{°C/W]} \quad (2)$$

Os valores das resistências térmicas superficiais interiores e exteriores consideradas estão de acordo com o quadro I.3 do Santos & Matias (2006), que se apresenta na Figura D. 2.

Para o cálculo do coeficiente global de transmissão de calor de cada uma das soluções construtivas da zona corrente, pontes térmicas planas e portas do edifício, foi utilizado o programa “Calproterm_v26”, da autoria do professor António Raimundo. Este programa calcula o coeficiente U conforme descrito no início da presente secção. Para tal foi necessário recorrer às plantas do edifício, de onde foram retiradas todas as soluções construtivas utilizadas. Os resultados são apresentados na Tabela D. 1. Foram introduzidos no HAP os valores de U de todas as paredes, pontes térmicas planas (pilares e vigas) e coberturas, de que a Figura 27 é um exemplo.

Wall	Overall U-value	Overall Weight
<New default Wall>		
PE1	0.546	126.7
PE2	0.515	126.7
PE3	0.546	126.7
PI RR	1.789	126.7
PIAA	1.810	126.7

Figura 27 – Apresentação de algumas soluções construtivas introduzidas no HAP

A envolvente interior é definida introduzindo o valor do coeficiente U e as temperaturas máxima e mínima dos espaços não aquecidos. A envolvente interior são

soluções construtivas que separam espaços não climatizados de outros espaços climatizados. O cálculo do coeficiente U é realizado conforme o descrito no início desta secção. Quando a envolvente interior é composta por parede e porta, ou PTP, é calculada a ponderação entre os respectivos valores do coeficiente U .

A temperatura do ar do local não aquecido toma um valor intermédio entre a temperatura atmosférica exterior e a zona aquecida. O cálculo da temperatura do espaço não aquecido (θ_a), é efectuado utilizando a equação (3), segundo o (Decreto-Lei n.º 80/2006 (2006)). Para este cálculo é necessário conhecer: a temperatura interior (θ_i); a temperatura do ar exterior (θ_{atm}) e o coeficiente (τ).

$$\tau = \frac{\theta_i - \theta_a}{\theta_i - \theta_{atm}} \quad (3)$$

O coeficiente (τ) varia em função do tipo de espaço não útil e da relação A_i/A_u , sendo que A_i corresponde à área do elemento que separa o espaço útil interior do espaço não útil, e A_u corresponde à área do elemento que separa o espaço não útil do ambiente exterior.

São apresentados na Tabela D. 4, Tabela D. 5 e Tabela D. 6, os valores do coeficiente U da envolvente interior e as temperaturas máxima e mínima dos espaços não aquecidos, respectivamente.

Relativamente aos pavimentos e coberturas são introduzidos os valores das áreas e coeficiente U das respectivas soluções construtivas. Para pavimentos que separam espaços úteis com outros não úteis, é necessário calcular as temperaturas máximas e mínimas dos espaços não úteis, seguindo o mesmo método de cálculo descrito quando referida a envolvente interior, como resume a Tabela D. 7 e Tabela D. 8.

3.1.1.2. Vãos envidraçados, sombreamentos, paredes e portas

Existem quatro tipos de envidraçados e um tipo de clarabóia, que são mencionados na Tabela 7, onde é apresentado o respectivo valor do coeficiente de transmissão térmica.

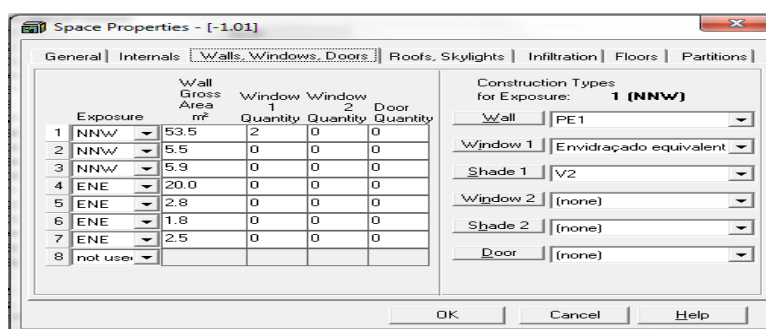
Tabela 7 – Coeficientes de transmissão térmica dos envidraçados e clarabóia

Solução construtiva	Coefficiente U [W/m ² °C]
Envidraçado V1	3,54
Envidraçado V2	5,40
Envidraçado V3	5,40
Envidraçado V4	3,60
Clarabóia	6,89

Os envidraçados não têm qualquer tipo de dispositivos de protecção (interior e exterior), nem implementação de sombreamento por palas. Somente o envidraçado V4 possui uma estrutura que irá provocar sombreamento sobre este, como mostra a Figura 28. Para introduzir este sombreamento no HAP foi necessário fazer uma simplificação desta estrutura, como mostrado na Figura D. 3.

**Figura 28** – Fotografia da entrada da Cantina Pólo III

De forma a caracterizar a envolvente exterior, são introduzidas, espaço a espaço, as soluções construtivas que compõem a envolvente e respectivas áreas e orientação, retiradas das plantas do edifício, como mostra a Figura 29. Na Tabela D. 3 apresentam-se todos os dados anteriormente descritos.

**Figura 29** – Separador para introduzir dados específicos às paredes, janelas e portas

3.1.1.3. Perfis de utilização, ganhos internos e caudais de ar

Para os diversos espaços, é necessário definir: os perfis de iluminação e ocupação humana; o valor da densidade de iluminação [W/m²], apresentadas, por piso, na Tabela C. 4 e Tabela C. 5 e a ocupação máxima, que corresponderá a 100% nos perfis de

utilização. Estes perfis foram concebidos tendo em conta o calendário escolar do ano 2010, visto que, em tempo de exames o fluxo à cantina será menor e em tempo de férias não são servidas refeições. A título de exemplo, é apresentada na Figura 30, o perfil de utilização que define a ocupação dos espaços das salas de refeições 01 e 02. O perfil 1 define a época de aulas, o perfil 2 define o período de férias e o perfil 3 refere-se à época de exames.

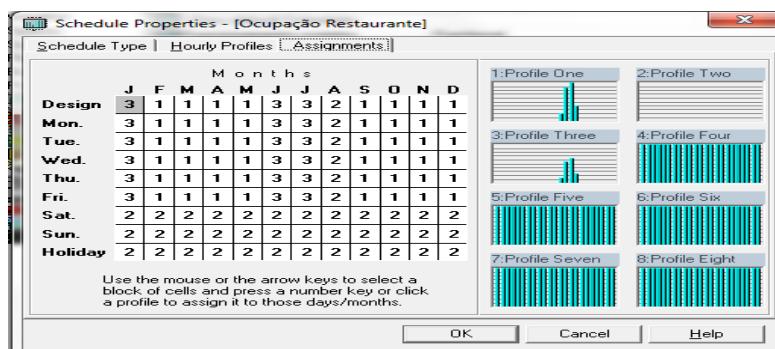


Figura 30 – Perfil de utilização “Ocupação Restaurante”

Para os espaços onde existe insuflação de ar, é necessário introduzir o valor do seu caudal, como apresentado na Tabela D. 2.

3.1.1.4. Definir os equipamentos

Caracterizados todos os espaços, pretende-se agora definir os equipamentos que os climatizam e ventitam. Para tal, o edifício foi dividido em 3 zonas, onde, em cada uma, foi seleccionado: o tipo de equipamento; potências de aquecimento e arrefecimento; as temperaturas de entrada do ar aquecido ou arrefecido; potências dos ventiladores de insuflação e extracção e os *setpoints* dos termóstatos. Os espaços que compõem as 3 zonas consideradas no programa HAP estão apresentados na Figura D. 4 e Figura D. 5. As potências dos equipamentos instalados encontram-se na Tabela D. 9.

3.1.2. Resultados da simulação dinâmica

De acordo com as perguntas e respostas referentes ao Decreto-Lei n.º 79/2006 (2006), o modelo de simulação considera-se calibrado quando a diferença entre os consumos calculados e os facturados e/ou medidos por auditoria energética não apresentam um desvio superior a 10%.

Extrapolando os valores medidos pelos contadores, apresentados na Tabela A. 6, o valor de energia obtida seria de 8 085 kWh, que relativamente aos resultados obtidos no programa HAP de 89 450 kWh é muito díspar. Os factores que certamente

influenciaram os resultados obtidos dos contadores foi o facto do período de medida ser demasiado curto, e também porque no período de medições os equipamentos nem sempre estarem ligados. Em relação ao programa HAP esta discrepância pode ser justificada pelas limitações do próprio programa, visto que impõe algumas simplificações nos dados introduzidos, assim como pela incerteza dos perfis de utilização dos equipamentos.

Desta forma seria conveniente alterar os perfis de utilização até conseguir calibrar o modelo. Este processo não foi realizado, devido à escassez de tempo, considerando-se assim, uma percentagem de 29% dos valores obtidos na simulação dinâmica.

Da mesma forma que para os equipamentos de cozinha, foi instalado equipamento para monitorização e registo de dados. Ao analisar os resultados obtidos, foi possível verificar que estes não são conclusivos, e, portanto, na impossibilidade de utilização destes valores, são considerados os valores retirados da simulação dinâmica do edifício.

3.2. Contribuição do sistema solar térmico

De forma a quantificar a contribuição dos ganhos solares obtidos com o sistema solar descrito na secção 2.3, foi utilizado o programa “Solterm versão 5.0”.

O SolTerm é um programa de análise de desempenho de sistemas solares (v5.0: térmicos e fotovoltaicos), especialmente ajustado às condições climáticas e técnicas de Portugal. A análise de desempenho de um sistema solar é feita no programa SolTerm via simulação energética sob condições quasi-estacionárias, isto é, são simulados os balanços energéticos no sistema em intervalos curtos (10 minutos), durante os quais se considera constante o estado do ambiente e do sistema.

São introduzidos os seguintes dados no programa:

- Localidade para dados climáticos - Coimbra
- Tipo de sistema - depósito pressurizado
- Painel Solar – CPC ao sol
- Configuração – 12 colectores; inclinação 45°
- Sistema auxiliar – Gás natural
- Consumo especificado – perfil de consumo

Os resultados obtidos estão apresentados na Figura 31.

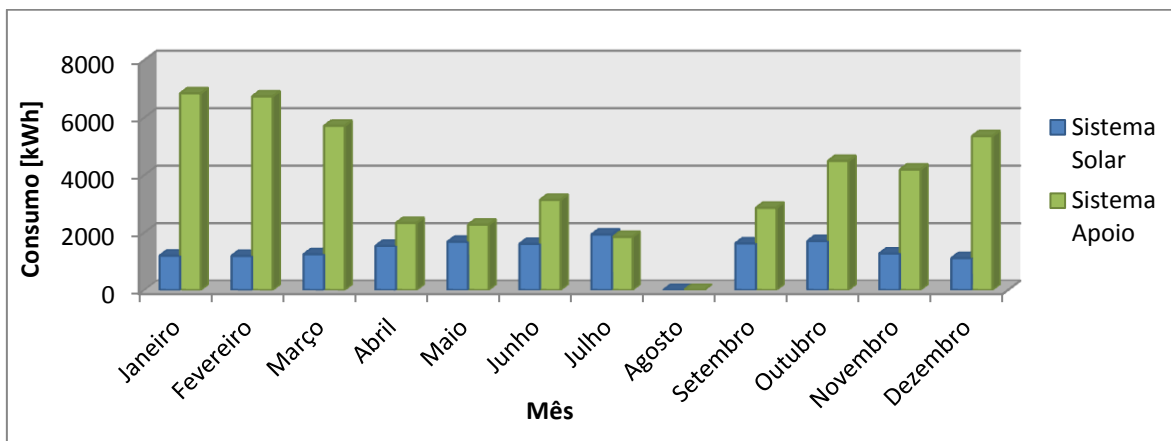


Figura 31 – Resultados da simulação da energia mensal fornecida pelo Sistema solar e Sistema de apoio

Verificou-se que a fracção solar do sistema de fornecimento de energia solar anual é baixa, sendo somente de 26%.

Tendo em conta os valores dos contadores da Tabela A. 6, verifica-se novamente discrepância entre os valores. A fracção solar obtida a partir dos valores dos contadores é de 40%, superior ao obtido no programa Solterm. Parte desta diferença pode dever-se ao facto dos dados climáticos do programa serem diferentes à radiação solar do período de contagem.

4. RECOLHA, PROCESSAMENTO DE DADOS E CONSUMO DE RECURSOS

4.1. Recolha e processamento de dados

4.1.1. Sistemas de iluminação

Ao mesmo tempo que é elaborado o levantamento do tipo de lâmpadas, é realizado o registo fotográfico das diferentes luminárias existentes: aparelho de iluminação equipado com lâmpadas fluorescentes lineares, como se mostra na Figura 32; aparelho de iluminação equipado com lâmpadas fluorescentes compactas, Figura 33; aparelho de iluminação do tipo projector, Figura 34; aparelho de iluminação do tipo *spot*, Figura 35; aparelho de iluminação do tipo aplique como na Figura 36.



Figura 32 – Aparelho de iluminação equipado com lâmpadas fluorescentes lineares

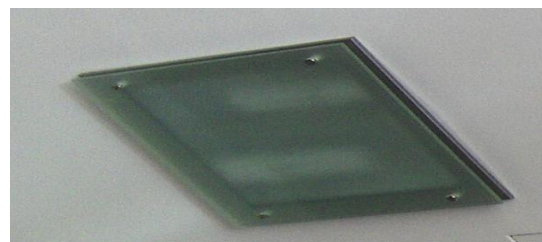


Figura 33 – Aparelho de iluminação equipado com lâmpadas fluorescentes compactas



Figura 34 – Aparelho de iluminação do tipo projector

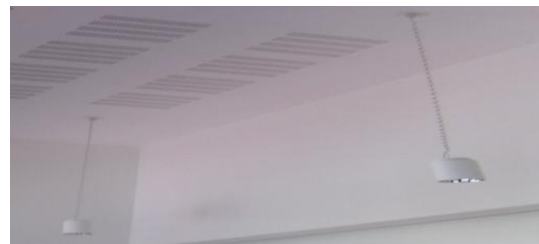


Figura 35 – Aparelho de iluminação do *spot*



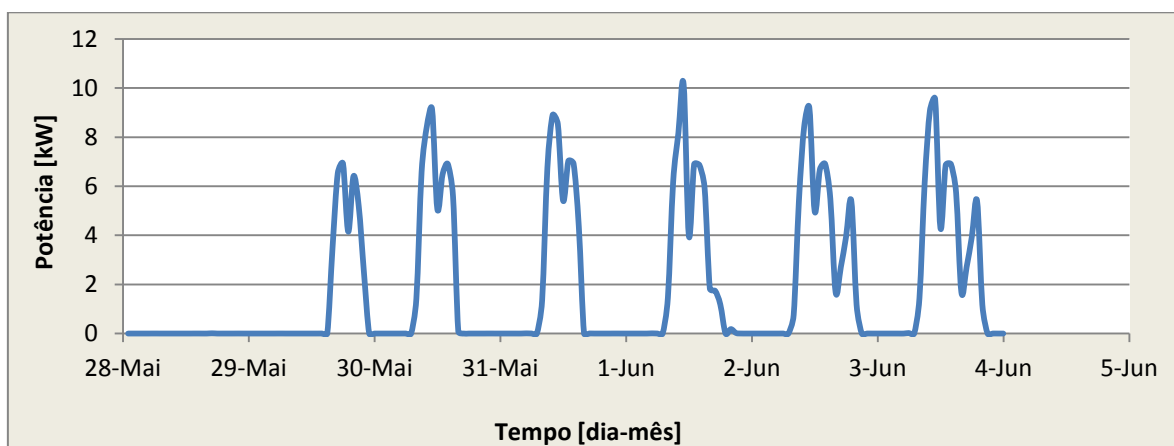
Figura 36 – Aparelho de iluminação do tipo aplique

O presente estudo não tem como objectivo a análise de aspectos luminotécnicos. Assim são somente apresentados na Tabela 8 o tipo de lâmpadas existentes no edifício.

Tabela 8 – Designação de luminária, quantidade de lâmpadas por luminária e respectiva potência da lâmpada e balastro

Luminária	Aparelho de iluminação:	Qt Lp /L	Potência lâmpada [W]	Potência balastro [W]
F1	Equipado com lâmpada fluorescente linear	1	58	9
F2	Equipado com lâmpada fluorescente linear	2	58	9
F4	Equipado com lâmpada fluorescente compacta	1	18	8
F5	Equipado com lâmpada fluorescente compacta	1	18	8
F6	Equipado com lâmpada fluorescente linear	1	58	9
F7	Equipado com lâmpada fluorescente compacta	2	36	7
F8	Tipo <i>Spot</i> com lâmpada fluorescente compacta integrada	1	13	
F9	Equipado com lâmpada fluorescente linear	1	36	7
F11	Tipo Projector com lâmpada de halogéneo linear 220V	1	150	
F12	Equipado com lâmpada fluorescente linear	1	58	9
F13	Tipo <i>Spot</i> com lâmpada fluorescente compacta não integrada	1	32	7
F16	Tipo <i>Spot</i> com lâmpada incandescente reflectora	1	70	
F18	Tipo Aplique com lâmpada fluorescente linear	1	13	6

O consumo de energia na iluminação não é mais do que a multiplicação da potência total instalada pelas horas de utilização diária. A estimativa da utilização média diária para cada lâmpada, tem como base: a análise feita nas diversas visitas ao local; o diálogo com os responsáveis do edifício e funcionários que ali laboram diariamente; assim como, no caso do piso -1 pela análise do diagrama de carga apresentado na Figura 37.

**Figura 37** – Diagrama de carga da iluminação piso -1

Como se demonstra na Figura 37, o perfil de utilização da iluminação do piso - 1 é idêntico todos os dias. A iluminação é ligada normalmente das 8:00 às 14h30, verificando-se um decréscimo de potência entre as 11:00 e as 12:00. Esta situação pode ser justificada, por este, ser o período de almoço dos funcionários.

Além da potência da própria lâmpada, é necessário considerar a potência do balastro quando estas não possuem balastro integrado. São considerados que estão implementados balastros magnéticos de perdas reduzidas designados por B2. O acréscimo do valor de potência das lâmpadas, originado pelo balastro, varia com a potência e tipo de lâmpada como se mostra na Tabela 8. Os valores apresentados na Tabela 8 foram retirados de Teixeira (2003a). No caso das lâmpadas integradas, estas já têm balastro incorporado.

As potências de iluminação (lâmpada + balastro), e respectiva energia consumida, estão representadas, por piso, na Tabela C. 1, Tabela C. 2 e Tabela C. 3. A partir das tabelas anteriores é obtido o consumo médio diário, e feita uma extrapolação para um ano de utilização. Não é contabilizada a iluminação nocturna, visto que esta não é ligada.

No piso 0 a potência total instalada é de 2,165 kW, no piso -1 é de 5,942 kW e no piso -2 de 2,044 kW. A potência máxima da iluminação do piso -1 apresentada na Figura 37 é aproximadamente o dobro da potência instalada calculada. A razão pela qual os valores da Figura 37 estão majorados, deve-se ao facto de só ter sido possível medir 1/3 da iluminação do piso -1. Desta forma, a solução foi multiplicar os valores medidos por 3.

Analisando a Tabela C. 4, Tabela C. 5 e Tabela C. 6, resume-se na Tabela 9 que, a zona de estar/bar do piso 0, restaurante e instalações sanitárias no piso -1, e antecâmara e sanitários no piso -2 são espaços com densidades de iluminação muito elevadas. Esta situação é consequência da falta de iluminação natural e/ou falta de eficiência de iluminação.

Tabela 9 – Densidade de iluminação de alguns espaços do edifício

Espaço	W/m ²
Zona de Estar/Bar	31,92
Restaurante	24,47
Instalações Sanitárias Restaurante	35,16
Antecâmara Sanitários	20,00

4.1.2. Monitorização de consumos de energia dos equipamentos da cozinha

De forma a quantificar o consumo dos equipamentos da cozinha foram instalados equipamentos adequados para o efeito, isto é, são colocadas pinças amperimétricas nos cabos eléctricos, onde de seguida um transmissor recolhe o sinal da pinça amperimétrica e envia esta informação via *wireless* para um *data logger*. Este equipamento possibilita conhecer o consumo instantâneo de energia eléctrica, em [kWh] e em euros. É possível ainda descarregar os dados armazenados nesta unidade para o computador, através de um cabo USB, de forma a identificar e analisar as variações de consumo registadas ao longo do tempo.

Para a obtenção de resultados o mais credível possível, foram realizadas medições durante 9 dias completos. Na Tabela B. 4, estão descritos os equipamentos monitorizados (*data logger* 1 e 2), visto que, devido a motivos de ordem técnica, não houve possibilidade de medir todos os equipamentos. A instalação dos equipamentos pode ser vista na Figura 38 e Figura 39.



Figura 38 – Equipamentos de medição no quadro eléctrico QP-1N/E



Figura 39 – Equipamentos de medição no quadro eléctrico QP-1.1N/E

No *data logger* 1 foram obtidos valores de energia de 2 em 2 horas. Para obter a potência média [kW], os valores obtidos foram divididos por dois. No *data logger* 2 foram obtidas potências de segundo a segundo. Neste caso, foi calculada a média das potências de 10 em 10 minutos e, de seguida, calculada a média das potências em cada hora, obtendo-se assim a potência média [kW]. Os resultados obtidos estão representados nos diagramas de carga de cada equipamento medido, apresentados desde a Figura 40 até à Figura 49.

Analisando os diagramas de carga, concluí-se que os equipamentos medidos estão normalmente ligados das 8:30 às 14:00 e apresentam um perfil de utilização diário muito semelhante ao longo da semana.

Os equipamentos Marmita 78 e Elemento frio com vitrine 121, apresentam um pico injustificável de potência.

A Fritadeira mergulhante 82 é mais utilizada que a Fritadeira mergulhante 83, verificando-se que ambas não foram ligadas no dia 3 de Junho (6ª feira).

O Armário frigorífico 96 e Bancada refrigerada 86 estão sempre ligados, com potências a rondar os 0,5 kW e 0,15 kW, respectivamente.

Alguns equipamentos apresentam consumo no dia 29 de Maio (domingo), devido à alteração de horário de funcionamento no presente ano, o que não acontecia no período de referência.

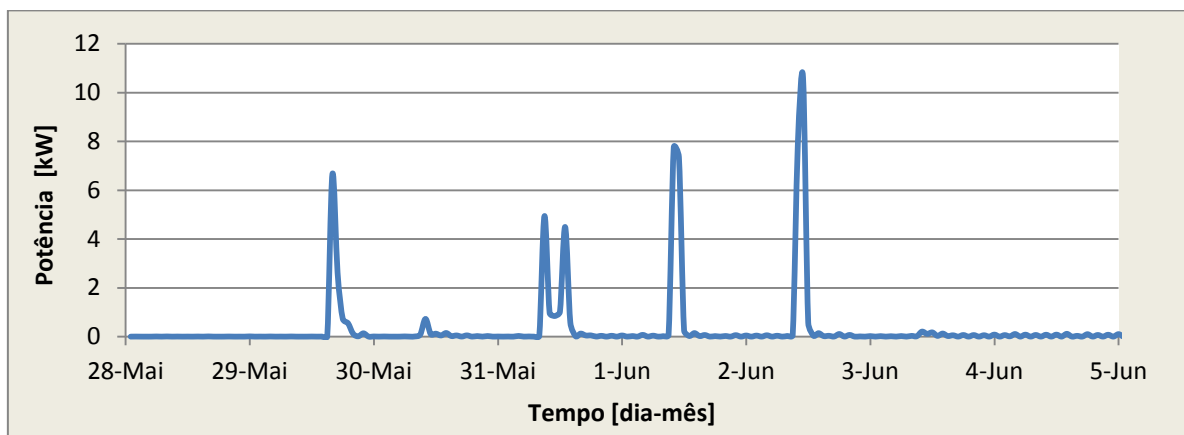


Figura 40 – Diagrama de carga da fritadeira mergulhante 82

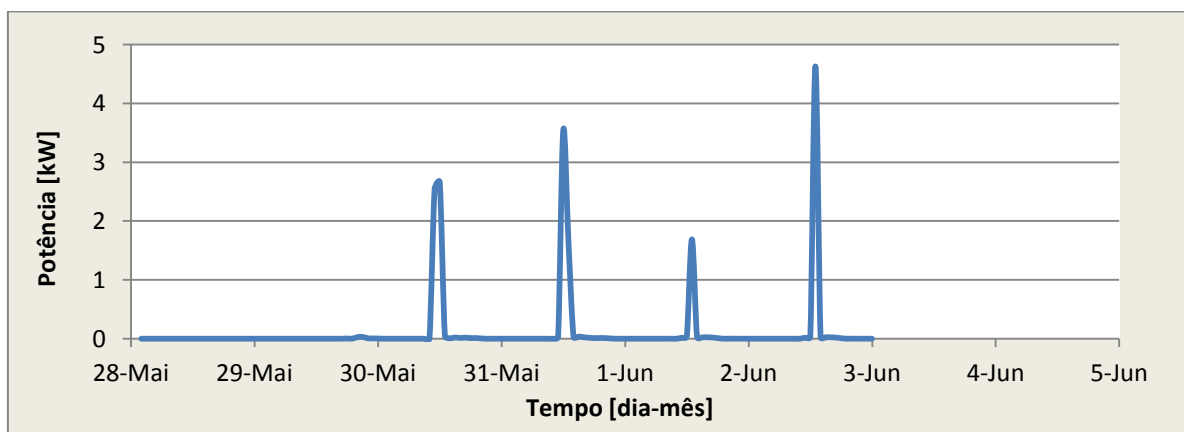


Figura 41 – Diagrama de carga da fritadeira basculante 83

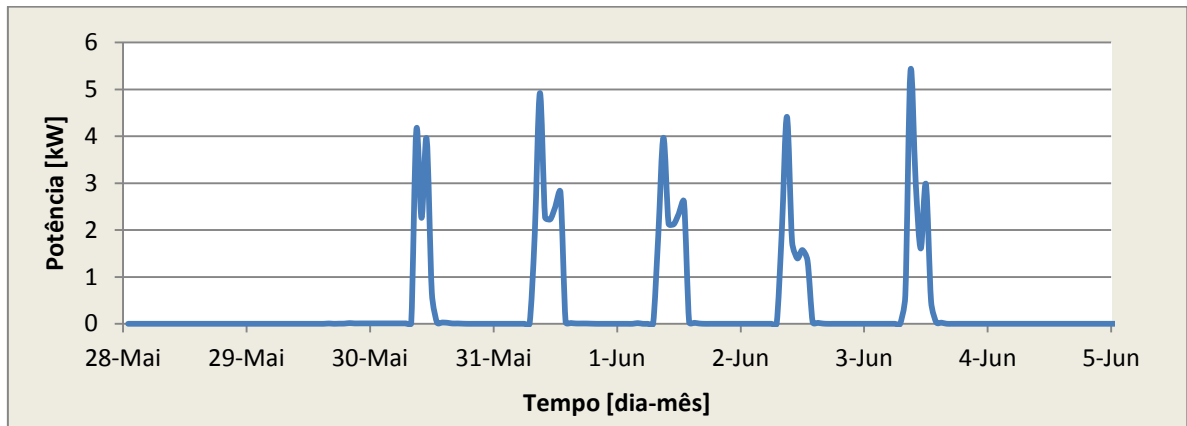


Figura 42 – Diagrama de carga do banho-maria 72

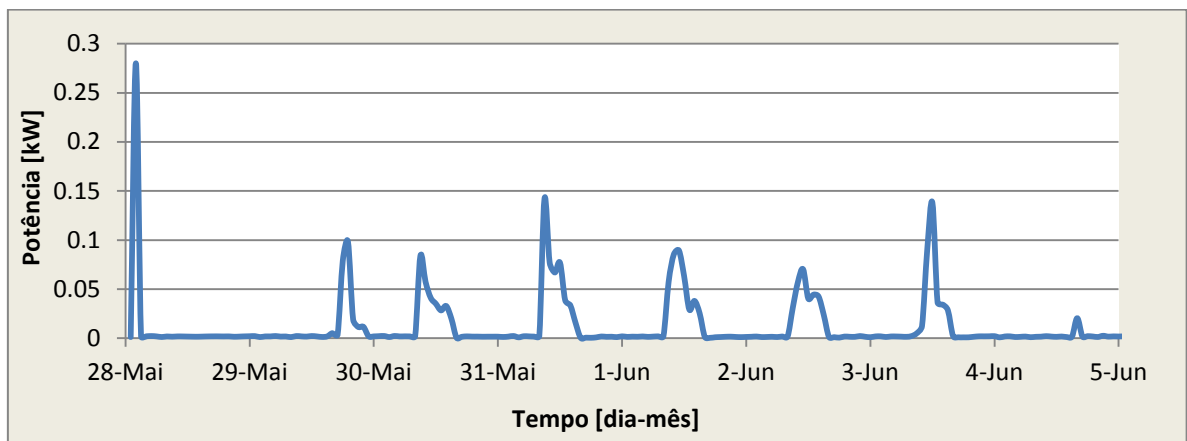


Figura 43 – Diagrama de carga da marmitta 78

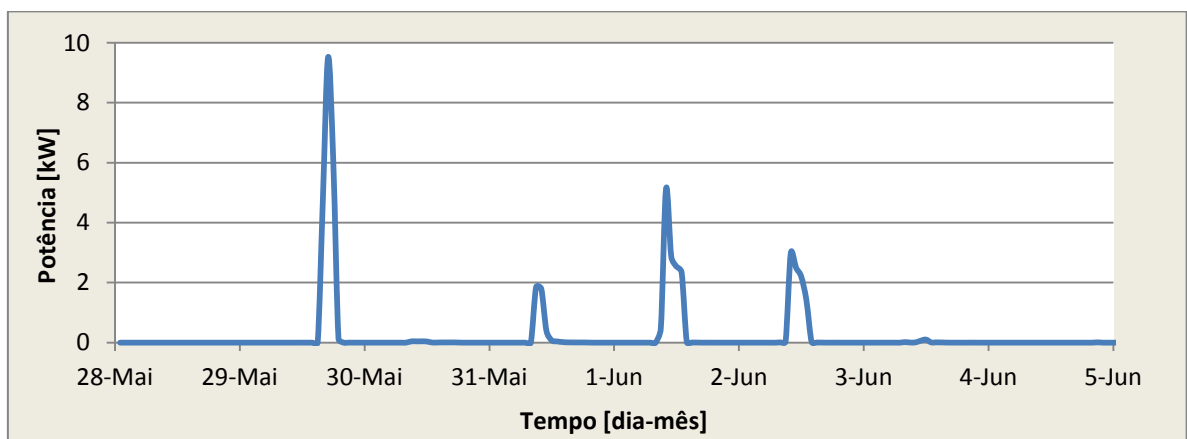


Figura 44 – Diagrama de carga da fritadeira mergulhante 81

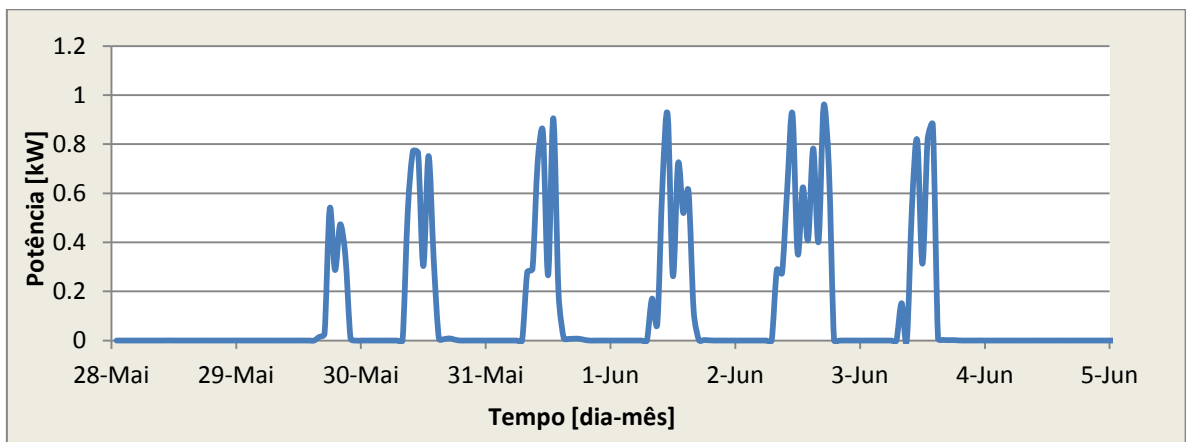


Figura 45 – Diagrama de carga do forno 65

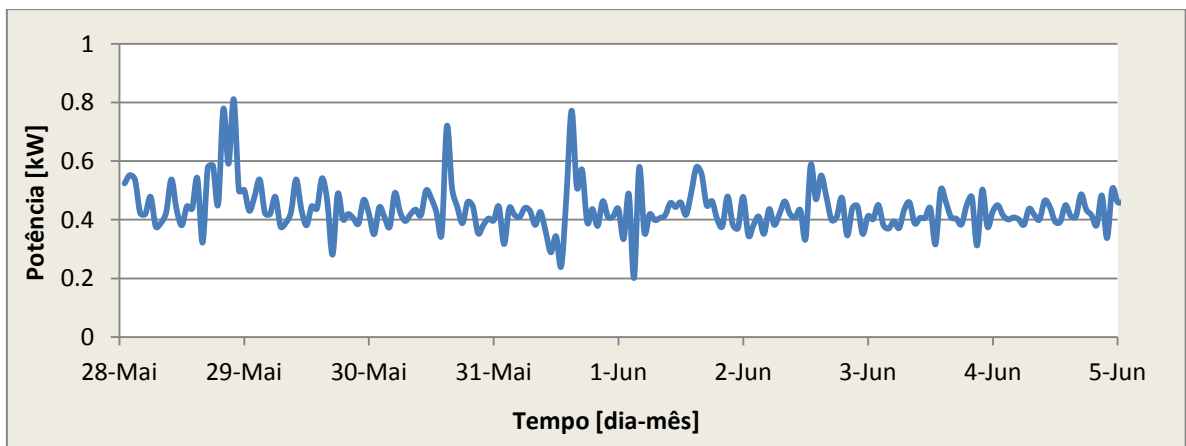


Figura 46 – Diagrama de carga do armário frigorífico 96

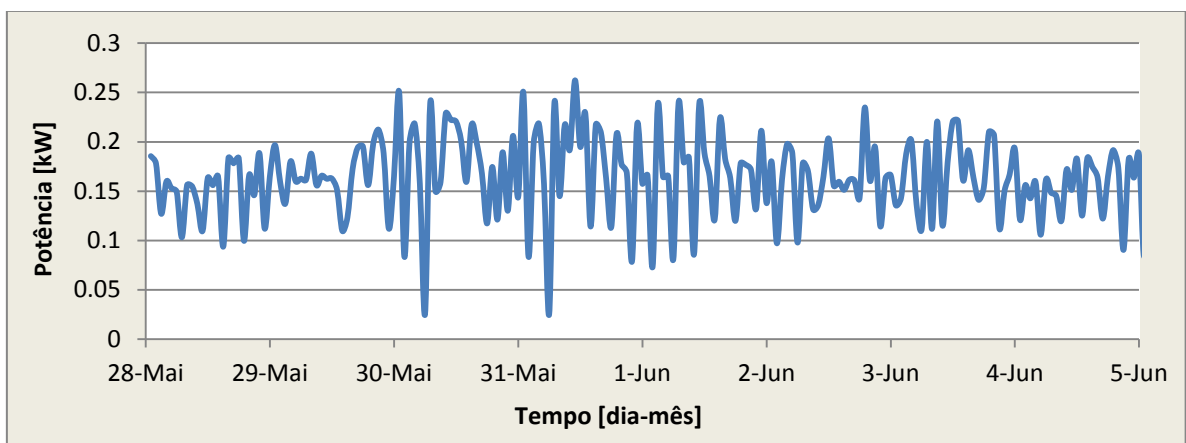


Figura 47 – Diagrama de carga da bancada refrigerada 86

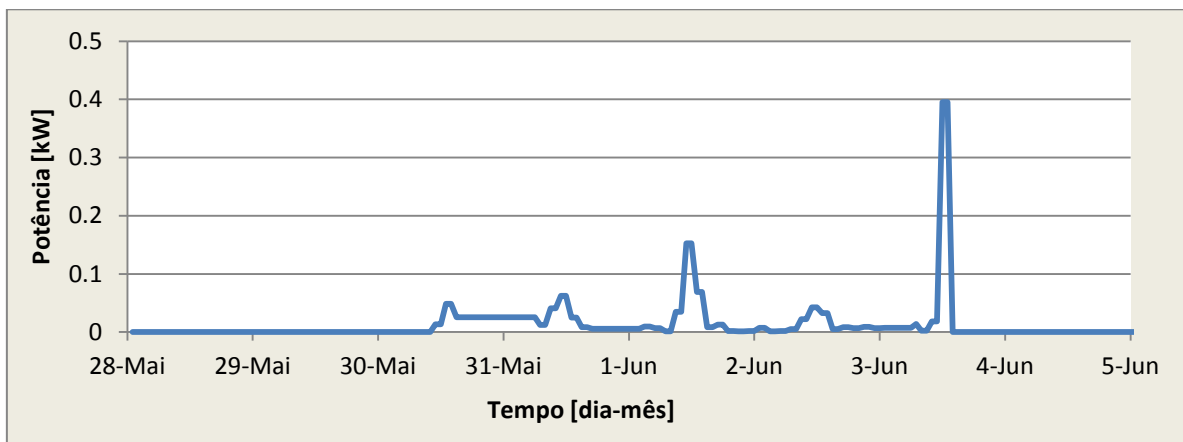


Figura 48 – Diagrama de carga do banho-maria 116

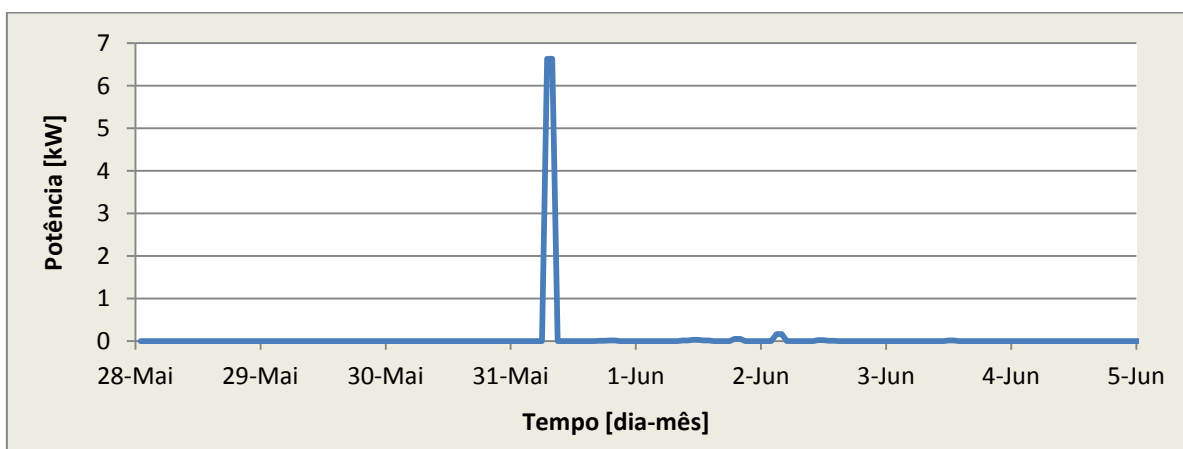


Figura 49 – Diagrama de carga do elemento frio com vitrine 121

Um estudo realizado pela ADAI concluiu que os equipamentos de medida utilizados fornecem valores com um erro de 20% abaixo do real; consequentemente os valores de consumo médio diário de cada equipamento foram majorados em 20%.

A energia consumida em equipamentos similares é obtida por regra de 3 simples, visto que o seu consumo será muito semelhante ao dos equipamentos medidos. Os resultados obtidos são apresentados na Tabela B. 5 e Tabela B. 6. Nas mesmas tabelas estão apresentados os restantes equipamentos que não houve possibilidade de medir. Neste caso, é apresentada a estimativa do tempo de utilização de cada equipamento que multiplicada pela respectiva potência resulta a energia consumida.

Para a estimativa da energia consumida pelas câmaras frigoríficas são considerados os valores do contador de energia das mesmas (Tabela A. 6), tendo sido efectuada uma estimativa de consumo médio diário. Verificou-se que os valores retirados eram demasiado pequenos, o que leva a concluir que, este contador, não estará a medir o

consumo dos compressores das câmaras frigoríficas, e poderá estar somente a medir a iluminação destes espaços ou estar a funcionar mal.

4.1.3. Ventiladores, circuladores e elevadores

Os ventiladores do piso -2 funcionam a caudal de ar constante, não possuindo variador de velocidade. É assim possível, sabendo a sua potência, e estimando o tempo de utilização dos mesmos, calcular a energia que consomem, como mostra a Tabela E. 1.

A estimativa do consumo anual dos elevadores é conseguida multiplicando o consumo diário pelo número de dias de funcionamento de cada mês em 2010. Sabendo a potência de cada elevador, é feita uma estimativa de utilização diária, como se apresenta na Tabela E. 2, obtêm-se assim o seu consumo diário. É considerado que existe distinção do tempo de utilização no período de aulas e exames.

Para a estimativa de consumo anual de energia das bombas de circulação, é calculada a média diária de consumo dos valores obtidos no contador que se destina à contagem de energia destes componentes, apresentados na Tabela A. 6, extrapolando-os para um ano.

4.2. Consumo de recursos

Nesta secção são quantificados os recursos consumidos pelos equipamentos consumidores de energia.

Com base no Decreto-Lei n.º 80/2006 (2006), os factores de conversão das fontes de energia utilizadas para energia primária, são: 0,290 kgep/kWh para a electricidade; 0,086 kgep/kWh para o Gás Natural.

A energia primária é o recurso que se encontra disponível na natureza (petróleo, hídrica, eólica, biomassa, solar). Exprime-se, normalmente, em termos da massa equivalente de petróleo (quilograma equivalente de petróleo – kgep – ou tonelada equivalente de petróleo – tep) (Decreto-Lei n.º 79/2006, 2006). A tonelada equivalente de petróleo, tep, é a unidade de energia primária consagrada mundialmente. A tep corresponde a um hipotético petróleo que liberta na sua combustão uma energia correspondente a 10 Gcal/ton.

Os factores de conversão entre energia útil e energia primária são definidos em função do mix energético nacional na produção de electricidade (Decreto-Lei n.o 80/2006, 2006). De acordo com o Despacho no 17313/2008 (2008), considera-se para efeitos de contabilização de intensidade carbónica por emissão de gases de estufa [kgCO₂e], o factor associado ao consumo de electricidade é igual a 0,47 kgCO₂e/kWh e para o gás natural igual a 2683,7 kgCO₂e/tep.

4.2.1. Energia Eléctrica

A alimentação de energia eléctrica ao edifício da Cantina Pólo III é realizada a partir de um posto de transformação que alimenta os quadros eléctricos do edifício. O contrato de fornecimento de energia é: Média Tensão, Longas Utilizações, opção tetra-horária e ciclo diário. Para o período de referência (ano 2010), verificou-se um consumo total de 136 678 kWh de energia eléctrica (Figura 50), que corresponde a 39 637 kgep, e a 64 239 kgCO₂ de emissões de CO₂ para a atmosfera.

Analisando a Figura 50, conclui-se que somente nos meses de Julho e Agosto o consumo de electricidade é um pouco díspar dos restantes meses. Em Julho verifica-se um aumento de consumo talvez pela maior necessidade de arrefecimento, e em Agosto o consumo de electricidade é muito inferior aos restantes meses, facto justificado pelo encerramento da Cantina.

4.2.2. Gás Natural

O abastecimento de gás natural ao edifício é efectuado através da rede de distribuição de gás natural. A contagem do consumo de gás é realizada por um contador instalado à entrada do edifício. O edifício está enquadrado no escalão de consumos 10 000 – 20 000 m³/ano. Para o período de referência (ano 2010), registou-se um consumo total de 15 412 m³ de gás natural, como se pode ver na Figura 50, o que corresponde a 178 779 kWh, 15 375 kgep, e a 41 262 kgCO₂ de emissões de CO₂ para a atmosfera.

Pela análise da Figura 50, conclui-se que o consumo de gás varia ao longo do ano, consequência da necessidade da maior utilização de sistema de apoio (caldeiras a gás) quando a produção do sistema solar é mais reduzida e não é suficiente para suprir as necessidades, como se pode concluir pela análise da Figura 31 e Figura 50.

O factor de conversão de unidades do gás natural de m^3 para kWh considerado nesta dissertação é de 11,6. Este valor foi recomendado pela empresa Galp Energia.

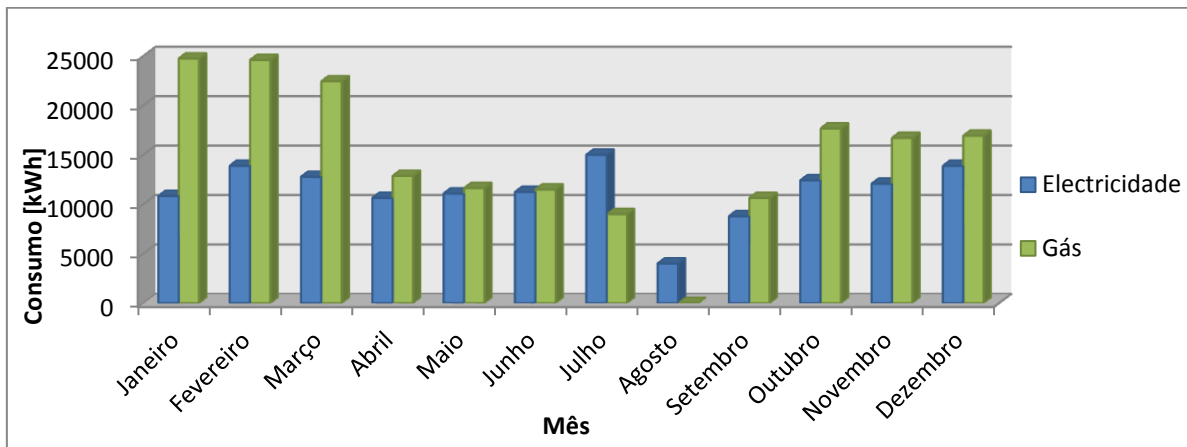


Figura 50 – Consumo mensal de electricidade e gás natural no ano 2010

4.2.3. Água

Este edifício está inserido no tarifário de consumos não familiares, Escolas públicas. A contagem da água é efectuada a partir de um contador situado à entrada do edifício. Partindo dos valores das contagens e número de refeições servidas no período de medições, apresentados na Tabela A. 6, é possível saber o consumo de água por refeição neste período, e fazer a extrapolação para o ano de referência, como mostra a Figura 51.

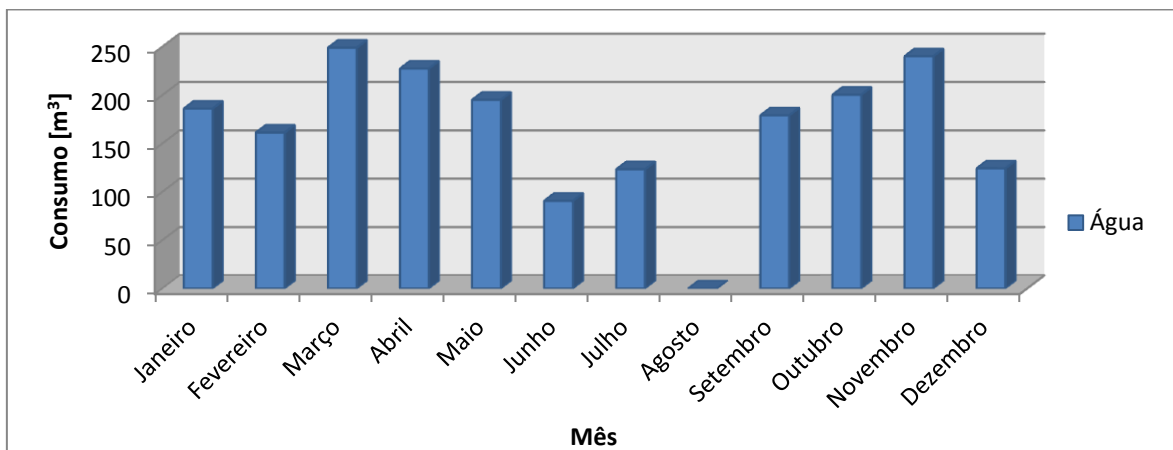


Figura 51 – Estimativa do consumo mensal de água no ano 2010

O consumo mensal de água varia muito ao longo do ano na mesma proporção que o número de refeições servidas.

5. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS E MEDIDAS DE OPTIMIZAÇÃO ENERGÉTICA E ECONÓMICA

5.1. Desagregação de consumos por utilização final

5.1.1. Energia eléctrica

Tendo em conta os resultados da simulação energética apresentados no capítulo 3 e recolha e processamento de dados apresentados no capítulo 4, foi possível estimar o consumo de energia por sector. A Figura 52 representa percentualmente os sectores consumidores de energia.

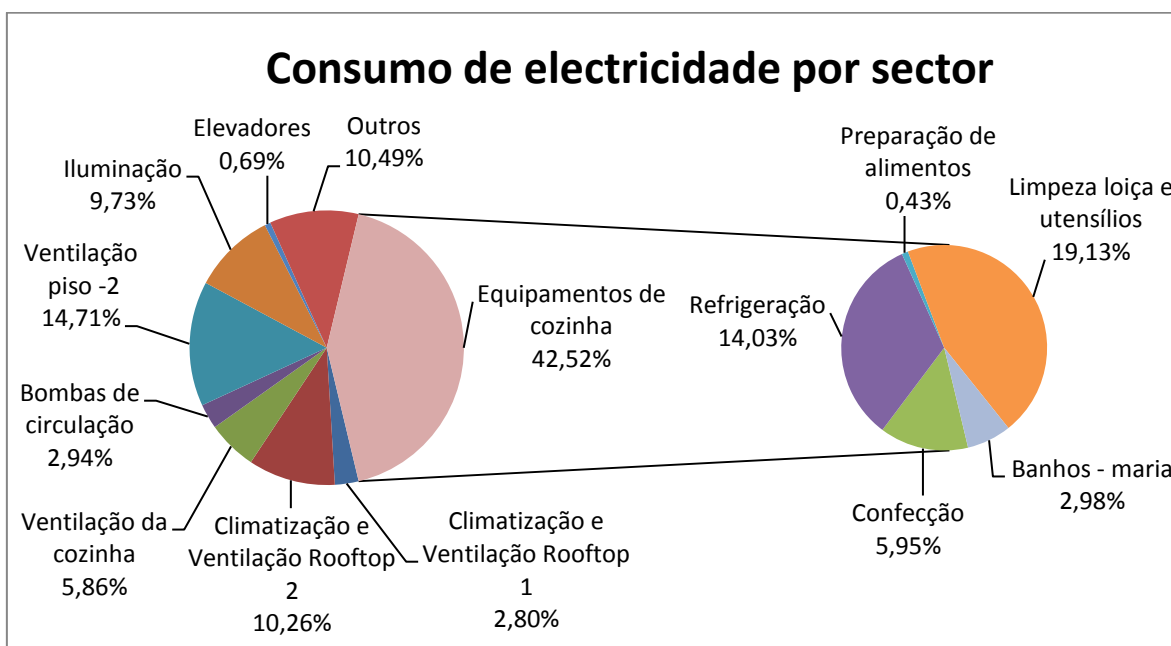


Figura 52 - Gráfico com percentagens de consumo de energia eléctrica por sector

Pela análise da Figura 52 verifica-se que os equipamentos de cozinha são o sector de maior consumo de energia, sendo responsável por 42,5% do consumo total do edifício. Neste sector, em específico, é visível que os grandes consumidores são a refrigeração, e limpeza de loiça e utensílios.

A parcela “Outros” refere-se aos consumos dos equipamentos do bar, da lavandaria, gabinete de controlo e restantes ventiladores do piso -2 que não foram contabilizados.

Os sectores que merecem um estudo de melhoria da eficiência energética são os equipamentos de cozinha, dando maior importância à máquina de lavar loiça e aos equipamentos de climatização.

Em Thumann & Younger (2007), descrito no capítulo 1 é ilustrado a variação de energia (em %) para vários tipos de edifícios comerciais, facilitando a identificar os sistemas de energia de maior consumo. Para a tipologia “Restaurantes”, os sectores de maior consumo são os equipamentos de cozinha e o AVAC que representam 45% e 32% do consumo total, respectivamente. Pela análise da Figura 52, verifica-se que no edifício em estudo os sectores de maior consumo são os mesmos, diferindo pouco dos valores apresentados em Thumann & Younger (2007). Os equipamentos de cozinha representam 42,5% do consumo de energia eléctrica e o AVAC é responsável por 33,6% do consumo total.

5.1.2. Gás natural

O consumo global de gás natural é apresentado na Figura 50. No período de medições foi feito o registo diário de consumo de gás geral e gás da caldeira, como apresentado na Tabela A. 6. A diferença destes valores quantifica o consumo de gás na cozinha. Assim, sabendo o número de refeições servidas nos dias de medições (Tabela A. 6), foi calculado o consumo médio de gás na cozinha, por refeição, fazendo com este valor a extrapolação para o ano de 2010, pois é conhecido o número de refeições do ano de referência (Tabela A. 5). O consumo de gás de AQS e aquecimento é a subtracção do consumo de gás geral desse ano, com os valores de consumo de gás da cozinha estimados. Os resultados obtidos encontram-se ilustrados na Figura 53.

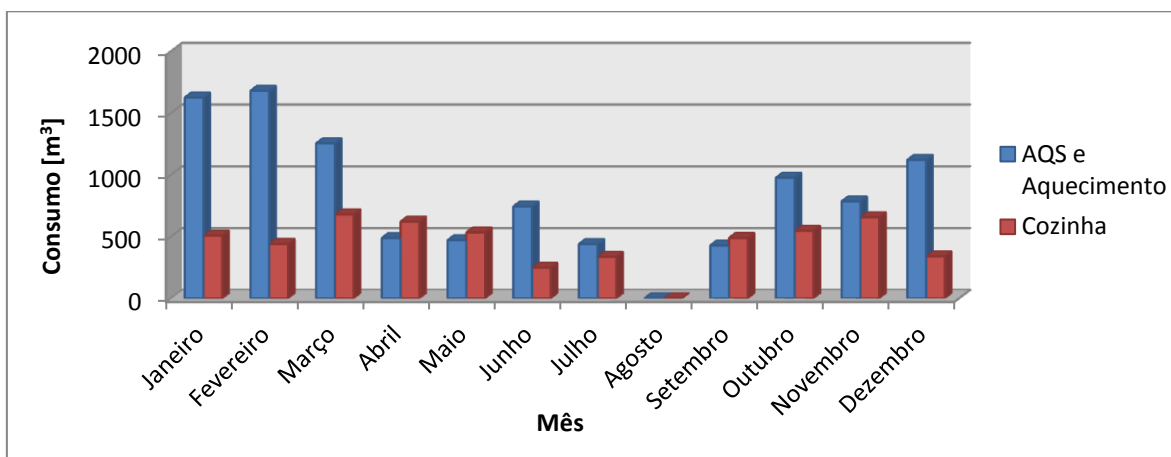


Figura 53 – Consumo mensal de gás natural para AQS, aquecimento e cozinha

Concluí-se, portanto, que o maior consumidor de gás natural é o sector de AQS e aquecimento, verificando-se que 65% do gás natural são consumidos pelas caldeiras, e os restantes 35% alimentam a cozinha e afins.

5.1.3. Água

O edifício possui somente um contador de água geral, o que impossibilita fazer a repartição deste consumo global, pelo consumo de água para AQS e água fria.

5.2. Consumo e encargo global de recursos

Fazendo uma análise global do edifício, conclui-se que, como mostra a Tabela 10, a energia eléctrica corresponde a 43% da energia consumida. Em contrapartida o gás natural corresponde a 57%. Fazendo a correspondência destes valores para energia primária, verifica-se que a energia eléctrica é responsável por 72% do consumo, e o gás natural responsável somente por 28%. A electricidade é responsável por 61% das emissões de gases com efeito de estufa, enquanto o gás natural corresponde a 39% das emissões totais.

Tabela 10 – Consumo Anual global de energia eléctrica e gás natural

Energia	kWh	kgep	kgCO ₂ e	Percentagem		
				kWh	kgep	kgCO ₂ e
Energia Eléctrica	136 678	39 637	64 239	43%	72%	61%
Gás Natural	178 779	15 375	41 262	57%	28%	39%
Total	315 457	55 012	105 501			

Comparando com o estudo de Bernardo (2010), verifica-se que o consumo de electricidade e gás natural é superior ao edifício em estudo, verificando-se uma diferença de 0,26 kWh para a electricidade e de 0,40 kWh para o gás natural por cada refeição servida como apresentado na Tabela 11. A diferença de consumo de gás natural entre os edifícios, pode ser justificado pelo facto de, no período de medições, a Cantina 3 do IPL não possuía um sistema solar instalado, havendo necessidade de uma maior utilização das caldeiras a gás. No caso da electricidade, a diferença pode ser reflexo da comparação de instalações diferentes, situadas em cidades diferentes (com condições meteorológicas diferenciadas), com área e número de refeições servidas diferentes.

Tabela 11 - Consumo de Energia eléctrica e gás natural por refeição na Cantina 3 do IPL e Cantina Pólo III da UC

Forma de energia	Cantina 3 do IPL	Cantina Pólo III da UC
Energia eléctrica [kWh]/refeição	1,54	1,28
Gás natural [kWh]/refeição	2,07	1,67

Saraiva (2010), estima o consumo de Energia eléctrica e Gás natural por cada refeição servida. Na Tabela 12 estão resumidos os resultados obtidos nas cantinas da UP e edifício em estudo, verificando-se que a energia eléctrica consumida pelas referidas cantinas não é muito díspar. A FADEUP consome mais 0,22 kWh por refeição, enquanto que a FEUP consome menos 0,18 kWh e a Unidade de S. João também consome menos 0,13 kWh por refeição. Relativamente ao Gás natural, verifica-se que, o consumo na FEUP é muito semelhante ao do edifício em estudo. O consumo de Gás natural na FADEUP e S. João é muito díspar, com uma diferença de 0,86 kWh e 1,44 kWh por refeição, respectivamente. Não é possível justificar os resultados obtidos, por falta de informação, mas desta forma concluí-se que a FEUP é a cantina que se assemelha mais do edifício em estudo.

Tabela 12 – Consumo de Energia eléctrica e Gás natural por refeição servida na UP e UC

Forma de energia	Universidade do Porto			Universidade de Coimbra
	FADEUP	FEUP	S. João	Pólo III
Energia eléctrica [kWh]/refeição	1,50	1,10	1,15	1,28
Gás natural [kWh]/refeição	0,81	1,62	0,23	1,67

Estimou-se um consumo global anual de água de 1 977 m³, consumindo portanto 19 l/refeição. Em Jesus (2008) é apresentado o consumo de água por cada refeição servida. As unidades de restauração consideradas neste estudo consomem 25 l/refeição, reflectindo que o edifício objecto de estudo neste trabalho não desperdiça este recurso.

Como resumido na Tabela 13, os encargos com a electricidade correspondem a aproximadamente 63% dos encargos globais do edifício, o gás natural 23% e a água somente 13%.

Tabela 13 – Encargos totais com energia eléctrica, gás natural e água

	Custo [€/ano]	Percentagem	Custo [€/kWh]	Custo [€/m ³]
Electricidade	26 189	63,2%	0,19	
Gás natural	9 698	23,4%	0,05	
Água	5 583	13,4%		2,82

O encargo total por cada refeição servida, está ilustrado na Figura 54.

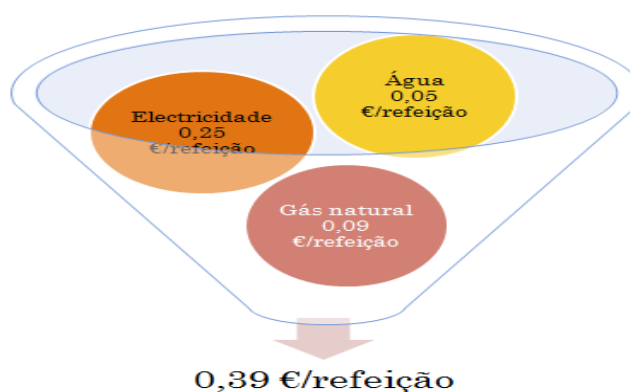


Figura 54 - Encargos totais com recursos por refeição

Concluí-se portanto, que relativamente a outros edifícios da mesma tipologia não se verificam disparidades. Contudo, existem medidas de racionalização que podem ser implementadas como se apresenta de seguida.

5.3. Medidas de optimização energética e económica

5.3.1. Edifício global

5.3.1.1. Sistema de gestão de consumos

É proposta a implementação de um sistema de contagem de energia eléctrica acompanhado on-line. Com este sistema é possível verificar qualquer desvio ao consumo

padrão, e acompanhar de forma pormenorizada os consumos dos diversos sectores e/ou equipamentos energeticamente mais representativos.

5.3.1.2. Acção de sensibilização sobre utilização racional de energia

A tomada de consciência sobre a importância da preservação do meio ambiente, através da modificação de posturas e comportamentos ao utilizar a energia, torna-se cada vez mais importante para conseguir atingir os objectivos respeitantes à gestão de energia, como também, na diminuição da factura energética.

Com o objectivo de sensibilizar e informar os funcionários e utilizadores da cantina é proposta a afixação de algumas mensagens e dicas ambientais para adoptarem comportamentos que evitem o desperdício de energia. Outra iniciativa, agora direccionada para os funcionários, será a realização de palestras sobre energia, sustentabilidade, alterações climáticas e conceitos de utilização racional de energia.

Esta medida seria importante para evitar situações verificadas nas diversas visitas ao local, tais como: a iluminação nem sempre é desligada quando os espaços deixam de ser ocupados; os equipamentos de climatização nem sempre são desligados, ficando em funcionamento durante a noite; aquando a confecção dos cozinhados os equipamentos de confecção nem sempre são desligados quando são retirados os alimentos já confeccionados e se espera por outros alimentos, o que por vezes demora algum tempo, desperdiçando-se assim energia.

5.3.1.3. Aquisição de bateria de condensadores

São consumidas dois tipos de energia: activa e reactiva. A activa realiza trabalho, a reactiva não, servindo só para alimentar os circuitos magnéticos dos dispositivos eléctricos. Anular a potência reactiva não é possível, sendo a solução a instalação de uma fonte de potência reactiva. Assim, com recurso a baterias de condensadores com compensação global é possível realizar a compensação de energia reactiva do edifício.

Tendo como base o valor dado da potência contratada, e a tabela de consumos do ano 2010 fornecidos pelos responsáveis do edifício, consultando a empresa Schneider electric é recomendado uma bateria com um custo de aproximadamente 2 940 €, poupando-se mensalmente 100 € com a energia reactiva. O período de retorno previsto é de 2 anos e 5 meses.

5.3.1.4. Sistema fotovoltaico

A nível europeu Portugal é um dos países com maior exposição solar. Desta forma, pensa-se que a instalação de fontes renováveis será uma mais-valia. Devido ao seu elevado investimento inicial é aconselhável uma análise de viabilidade económica cuidada. Normalmente, a venda da energia produzida permite um retorno do investimento a médio prazo. Por outro lado, o elevado investimento e baixa utilização anual da potência instalada são as razões para a fraca adesão a estes sistemas (Castro, 2002).

Propõe-se a instalação de um sistema de Minigeração Fotovoltaica, com potência de ligação de 50% da potência contratada. A energia injectada na rede tem como limite o dobro da energia consumida na instalação de utilização.

Com um investimento inicial de 41 000 €, a tarifa é de 0,25 €/kWh, resultando num período de retorno de 5 anos. A instalação deste sistema é vantajosa, sendo necessário verificar se haverá área disponível para a sua instalação, visto que na cobertura já se encontram instalados os painéis solares e ventiladores.

5.3.1.5. Sistema Solar

Como referido na secção 3.2, resultado da simulação realizada, a fracção solar do sistema solar instalado no edifício é de 26%. Este valor é baixo, aconselhando-se a aumentar a área de colectores. Com 35 colectores (área total de 69,65 m²) instalados no edifício, a fracção solar passaria a ser de 53,9%, levando a uma redução de consumo de 1 489 m³ de gás, o que corresponde a uma poupança anual de aproximadamente 933 €. É estimado um investimento de 600 € por colector.

5.3.1.6. Contadores de água

O edifício possui somente um contador de água geral, o que impossibilita fazer a repartição deste consumo global, pelo consumo de água para AQS e água fria. Seria importante implementar um sistema de contagem da água para quantificar a água consumida na produção de AQS e água fria. Este sistema serviria para análise dos consumos ajudando na gestão dos mesmos.

5.3.2. Equipamentos de cozinha

5.3.2.1. Redução dos consumos residuais

Quando analisados os diagrama de carga resultantes da monitorização de consumos de energia dos equipamentos da cozinha, verificou-se a existência de consumos de “*stand by*”. Estes consumos verificam-se quando os equipamentos ficam aparentemente desligados mas que continuam em “*stand-by*” e a gastar energia.

Recomenda-se que os equipamentos, como por exemplo, os equipamentos de cozinha, do bar, da lavandaria, que não estejam a ser utilizados devam permanecer totalmente desligados, evitando assim consumos residuais (consumos de “*stand by*”). Relativamente aos equipamentos da cozinha em que foram efectuadas medições é estimada que haja uma redução de consumo de energia de 4 274 kWh/ano o que corresponde a uma redução de 820 €/ano.

5.3.2.2. Substituição de alguns equipamentos eléctricos para gás natural

Calculado o custo de [kWh] para a electricidade e gás natural, verificámos que o seu valor no caso do gás natural é muito inferior. Desta forma, pensou-se que seria positivo a substituição de equipamentos eléctricos por equipamentos a gás natural. Feita uma pesquisa verificámos que existem equipamentos da mesma marca que substituem os existentes (Tabela 14). Consultando os respectivos catálogos em Catálogo Fagor (2011), é dado o valor do consumo horário de gás natural. Assim, admitindo que estes equipamentos funcionam o mesmo tempo que os eléctricos, verificou-se que consomem muito mais energia, fazendo com que o consumo diário aumente de 48,30 kWh para 388,95 kWh, assim como o custo diário com estes equipamentos passando de 9,25 € para 21,10 €. Conclui-se, portanto que não será uma boa medida de optimização, como se prova na Tabela E. 3.

Tabela 14 – Listagem de equipamentos para substituição

nº	Equipamento	Eléctrico	Gás natural
72	Banho Maria	BME9-10	BMG9-10
81	Fritadeira Mergulhante	FE9-05	FG9-05
82	Fritadeira Mergulhante	FE9-10	FG9-10
83	Fritadeira Basculante	SBE9-15M1	SBG9-15M1
127 e 128	Fritadeira Mergulhante	FE-720	FG7-05

5.3.2.3. Máquina de lavar loiça

A máquina de lavar loiça é o maior consumidor no sector dos equipamentos, desta forma merece alguma atenção. Sem certezas se a máquina de lavar é alimentada ou não pela rede de AQS, é importante verificar esta situação, e, no caso de não ser, é recomendado que seja feita a ligação de AQS a este equipamento. Com esta medida, e tendo em conta a contribuição do sistema solar obteríamos uma significativa poupança energética.

5.3.3. Iluminação

Para racionalização de energia eléctrica no sector da iluminação, é sugerida a substituição de lâmpadas T8 existentes no edifício, por lâmpadas *GreenTubes* Eco-Balastro suporte T8-T5 com balastro electrónico incluído, visto que, permite facilmente actualizar qualquer luminária com lâmpadas T8 para lâmpadas mais eficientes T5. A instalação é simples, bastando remover a lâmpada antiga com o respectivo arrancador e aplicar directamente a lâmpada *GreenTubes*. Não é necessário desactivar o balastro electromagnético. É ainda sugerida a substituição de lâmpadas de halogéneo e incandescente por LED (*Light Emitting Diode*). Não é sugerida a alteração das lâmpadas fluorescentes compactas, pois ainda não existe uma alternativa que justifique o investimento. Está apresentado na Tabela 15, a potência das lâmpadas sugeridas e o acréscimo de potência para o conjunto lâmpada e balastro electrónico. O acréscimo de potência para o conjunto lâmpada e balastro electrónico está conforme Teixeira (2003b).

Tabela 15 – Potência de lâmpadas da proposta de melhoria e respectivo valor de acréscimo de potência com balastro electrónico

Luminária	Aparelho de iluminação:	Qt Lp/L	Potência lâmpada [W]	Potência balastro [W]
F1	Equipado com lâmpada fluorescente linear	1	35	3
F2	Equipado com lâmpada fluorescente linear	2	35	3
F4	Equipado com lâmpada fluorescente compacta	1	18	1
F5	Equipado com lâmpada fluorescente compacta	1	18	1
F6	Equipado com lâmpada fluorescente linear	1	35	3
F7	Equipado com lâmpada fluorescente compacta	2	36	0
F8	Tipo Spot com lâmpada fluorescente compacta integrada	1	13	
F9	Equipado com lâmpada fluorescente linear	1	22	0

Luminária	Aparelho de iluminação:	Qt Lp/L	Potência lâmpada [W]	Potência balastro [W]
F11	Lâmpada MASTER LED GU4	1	4	
F12	Equipado com lâmpada fluorescente linear	1	35	3
F13	Tipo Spot com lâmpada fluorescente compacta não integrada	1	32	0
F16	Lâmpada MASTERLED A60	1	12	
F18	Tipo Aplique com lâmpada fluorescente linear	1	13	1

Para evitar que a iluminação das instalações sanitárias femininas e masculinas do piso 0 esteja sempre ligada (em média 9 horas por dia), recomenda-se que seja instalado um detector de movimento 360° semi-encastado no tecto de cada espaço, reduzindo assim significativamente o tempo de utilização das lâmpadas destes espaços.

As salas de refeições 01 e 02, possuem grandes áreas de envidraçado, assim de forma a aproveitar a luz natural é proposta a instalação de 1 sensor de luminosidade em cada sala, e um relógio digital, sendo este utilizado para ligar os sensores somente à hora em que as salas estão ocupadas. Quando ligados, os sensores regulam o funcionamento da iluminação consoante a quantidade de luz irradiada no ambiente.

Implementada esta medida de optimização a potência de iluminação instalada seria inferior, a iluminação das instalações sanitárias não estariam sempre ligadas e haveria um aproveitamento da luz natural nas salas de refeições 01 e 02, o que levaria a uma diminuição do consumo de energia. O consumo de energia foi calculado pelo mesmo método utilizado para o sistema de iluminação actual, sendo as potências das lâmpadas e balastos alterados, e o tempo de utilização das lâmpadas das instalações sanitárias e salas de refeições reduzidos, verificando-se uma redução de 6 285 kWh e uma poupança de 1 204 € por ano. O investimento será de aproximadamente 6 205 €, com um período de retorno de 5 anos.

5.3.4. Climatização e Ventilação

Devido à inexistência de sistema de gestão técnica propõe-se a instalação de relógios digitais com programação anual que permitam regular os horários semanais, desligando aos fins-de-semana, feriados e férias. Também é recomendado a instalação de variadores de frequência para os ventiladores, controlados em função de sensores de CO₂

nas condutas de retorno das *Rooftop* 1 e 2, variando o caudal de ar em função da ocupação dos espaços.

Este trabalho não teve como objectivo a análise do estado da instalação e equipamentos, mas é recomendável que seja analisado o estado dos filtros de admissão de ar, e também o estado do isolamento das tubagens, pois estes factores influenciam na eficiência dos equipamentos e rede de tubagens.

6. CONCLUSÃO

O presente estudo teve como objectivo a caracterização energética de um edifício já existente, no sector da restauração, mais conhecida por cantina universitária. Esta caracterização foi conseguida fazendo uma auditoria ao local, o mais detalhada possível, tendo em conta algumas condicionantes características de um edifício já existente e em funcionamento.

Na recolha e processamento de dados foram instalados equipamentos de medida para a monitorização e registo do consumo dos equipamentos de cozinha; consulta de catálogos de equipamentos; estimativa do tempo de utilização dos respectivos equipamentos, tendo-se ainda recorrido à simulação dinâmica do edifício.

Os resultados obtidos permitem verificar que o grande consumidor de energia eléctrica é o sector dos equipamentos de cozinha, sendo a refrigeração e a máquina para lavagem da loiça responsáveis por aproximadamente 80% deste consumo. Relativamente ao gás natural, 65% são consumidos pelas caldeiras e os restantes 35% na cozinha e afins. É estimado o consumo global de água de 1 977 m³ por ano, consumindo portanto, 19 l/refeição. Verificou-se também que o sistema solar tem uma fracção solar de somente 26%.

Conclui-se também que o consumo de energia eléctrica corresponde a 43% da energia consumida. Em contrapartida o gás natural corresponde a 57%. A correspondência destes valores para energia primária, reflecte que a energia eléctrica é responsável por 72% do consumo, e o gás natural responsável por 28%. A electricidade é responsável por 61% das emissões de gases com efeito de estufa, enquanto o gás natural corresponde a 39% das emissões totais.

Por refeição é consumida 1,28 kWh de energia eléctrica, 1,67 kWh de gás natural e 19 litros de água.

Os encargos globais do edifício em estudo são: a electricidade correspondente a 63% do custo total, o gás natural 23% e a água 13%, o que corresponde, por refeição, um custo de 0,25 € com energia eléctrica, 0,09 € com gás natural e 0,05 € com a água, perfazendo um encargo total de 0,39 €.

Analisando comparativamente o edifício em estudo com outros da mesma tipologia, verificou-se que este edifício não se afasta aos valores comparados, sendo, no caso da água, o edifício que utiliza este bem de forma mais racional.

Conclui-se portanto que este edifício não desperdiça os recursos utilizados, mas não deixa de ser importante tomar algumas medidas de racionalização tornando o edifício mais eficiente. Para isso, foram descritas medidas que permitam reduzir não só o consumo energético, mas também a factura energética.

É importante referir que este trabalho pretende constituir um passo adicional para estudos futuros que visem a racionalização do uso de recursos energéticos nos edifícios. A metodologia utilizada poderá ser aplicada em estudos semelhantes, permitindo aos gestores e técnicos de energia, assim como aos utilizadores, adoptarem soluções e procedimentos que melhorem o desempenho dos edifícios, conseguindo assim, aumentar a eficiência dos edifícios, tornando-os ecologicamente mais limpos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bernardo, H. (2010). *Avaliação do desempenho energético de um edifício de serviços*. (INESC, Ed.).
- Carrier. (2011). Hourly Analysis Program (HAP) 8760 Hour Load & Energy Analysis. doi:http://www.commercial.carrier.com/commercial/hvac/general/0,,CL11_DIV12_ETI496_MID4355,00.html
- Castro, R. M. G. (2002). Introdução à energia fotovoltaica, 2002(edição 0). doi:http://inerte.horabsurda.org/wp-content/uploads/Introducao_a_Energia_Fotovoltaica.pdf
- Catálogo Fagor. (2011). *Cozinhas Industriais* (Fagor, Ed.).
- Decreto-Lei n.º 79/2006. (2006). Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios, 2-6.
- Decreto-Lei n.º 80/2006. (2006). *Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios* (pp. 2468-2513).
- Despacho n.º 17313/2008. (2008). Direcção-Geral de Energia e Geologia, 27912-27913. doi:<http://dre.pt/pdf2sdip/2008/06/122000000/2791227913.pdf>
- Directiva 2010/31/UE. (2010). *Directiva 2010/31/UE do parlamento europeu e do conselho de 19 de Maio de 2010 relativa ao desempenho energético dos edifícios* (pp. 13-35). doi:<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:153:0013:0035:PT:PDF>
- Direcção Geral de Energia. (2002). Eficiência Energética nos Edifícios. doi:<http://www.adene.pt/NR/rdonlyres/00000092/zaxpmqlrayniuusffzenbctcmilxaxam/Efici%C3%AanciaEnerg%C3%A9ticaNosEdif%C3%ADcios.pdf>
- Halton. (2011). Halton. doi:http://www.halton.com/halton/cms.nsf/www/Kitchen_Ventilation
- Jesus, V. A. F. (2008). Gestão de consumos de água em campi universitários. doi:http://run.unl.pt/bitstream/10362/1401/1/Jesus_2008.pdf
- Manual colector CPC ao sol. (2006). Manual colector CPC ao sol. doi:http://www.azorpower.com/servicos/MIN-720.07.DD-Manual_Collector_CPC_Ao_Sol.pdf
- Roriz, L. (2007). *Climatização - Concepção, instalação e condução de sistemas* (Orion, Ed.).

-
- S.A.S.U.C. (2009). Serviços de Acção Social da Universidade de Coimbra.
doi:<http://www.uc.pt/sasuc/ServicosApoioEstudantes/Alimentacao/UnidadesAlimentares>
- Santos, C. A. P., & Matias, L. (2006). *ITE 50 - Coeficientes de transmissão térmica de elementos da envolvente dos edifícios* (LNEC, Ed.). Lisboa.
- Saraiva, P. R. M. (2010). Estudo de potencial de melhoria da eficiência energética nos edifícios da Universidade do Porto. *Buildings*.
doi:http://paginas.fe.up.pt/~ee03176/links/images/Dissertacao_VProvisoria.pdf
- Teixeira, A. (2003a). Iluminação fluorescente - Balastros, 1-20.
doi:<http://paginas.fe.up.pt/~arminio/teci/BalElec.pdf>
- Teixeira, A. (2003b). Circuitos de iluminação, 1-27.
doi:<http://paginas.fe.up.pt/~arminio/lumiind/CircIllum.pdf>
- Thumann, A. P. E., & Younger, W. J. (2007). *Hanbook of energy audits*. (T. Fairmont Press, Inc, Ed.) (7th ed.).

ANEXO A. LEVANTAMENTO DE DADOS

Tabela A. 1 – Código, área útil e pé-direito de cada espaço do piso 0

Piso 0				
Espaço	Designação	A [m ²]	Pé-direito [m]	Espaço
0.01	Átrio Principal	78,25	3,20	útil
0.02	Zona de Estar/Bar	71,25	3,20	útil
0.03	Instalações Sanitárias Femininas	10,50	3,00	não útil
0.04	Instalações Sanitárias Masculinas	10,65	3,00	não útil
0.05	Instalações Sanitárias Deficientes	4,85	3,00	não útil
0.06	Bar	12,95	2,70	útil
0.07	Dispensa do Bar	5,60	2,70	não útil
0.08	Antecâmara de Elevador	2,40	3,20	não útil
0.09	Antecâmara de Acesso ao Restaurante	3,65	3,20	não útil
0.10	Armário Técnico	2,15		não útil
0.11	Arrumo	1,10		não útil
0.12	Contagem de Água	4,40		não útil
0.13	Chaminé	29,10		não útil
0.14	Zona Técnica AVAC	1,50		não útil
0.15	Contagem de Gás			não útil
E1	Escada Principal			não útil
E2	Escada de Acesso ao Restaurante			não útil

Tabela A. 2 – Código, área útil e pé-direito de cada espaço do piso -1

Piso -1				
Espaço	Designação	A [m ²]	Pé-direito [m]	Espaço
-1.01	Restaurante	52,75	5,50	útil
-1.02	Sala de refeições 01	196,15	6,90	útil
-1.03	Sala de refeições 02	152,55	3,30	útil
-1.04	Linha de Self-Service	30,25	3,30	útil
-1.05	Free-Flow	70,70	3,00	útil
-1.06	Copa de Apoio ao Free-Flow	27,70	3,30	útil
-1.07	Sala de Lavagens	31,20	3,20	útil
-1.08	Instalação Sanitária de Serviço	3,00	2,54	não útil
-1.09	Copa	25,75	4,00	útil
-1.10	Copa de Apoio ao Restaurante	7,45	4,00	útil

Piso -1				
Espaço	Designação	A [m ²]	Pé-direito [m]	Espaço
-1.11	Acesso de Serviço ao Restaurante	6,10	4,00	não útil
-1.12	Instalações Sanitárias Restaurante	6,40	3,00	não útil
-1.13	Instalações Sanitárias Masculinas	1,35	2,50	não útil
-1.14	Instalações Sanitárias Femininas	1,35	2,50	não útil
-1.15	Circulação de Serviço	25,10	4,00	não útil
-1.16	Câmaras Frigoríficas	61,65	3,70	não útil
-1.17	Despensa do Dia	15,20	3,70	não útil
-1.18	Zona de Abatimento de Temperatura	9,40	4,00	não útil
-1.19	Preparação Batatas	10,35	4,00	útil
-1.20	Preparação de Legumes e Saladas	8,15	3,70	útil
-1.21	Preparação de Carne	8,10	3,70	útil
-1.22	Preparação de Peixe	8,15	3,70	útil
-1.23	Lavegem do Trem	8,10	3,70	útil
-1.24	Laboratório	8,15	3,70	útil
-1.25	Gabinete do Chefe de Cozinha	8,00	3,70	útil
-1.26	Zona de Confeção	45,30	4,00	útil
-1.27	Circulação (Cozinha)	35,60	3,70	não útil
E3	Escada de ligação à cozinha			não útil

Tabela A. 3 – Código, área útil e pé-direito de cada espaço do piso -2

Piso -2				
Espaço	Designação	A [m ²]	Pé-direito [m]	Espaço
-2.01	Átrio de Serviço	26,30	5,25	não útil
-2.02	Átrio da Zona Técnica	11,75	5,25	não útil
-2.03a	Redes Eléctricas/Grupo de Emergência	22,15	5,25	não útil
-2.03b	Redes Eléctricas/PT	7,50	5,25	não útil
-2.04	Zona Técnica (caldeiras)	28,20	5,25	não útil
-2.05	Zona Técnica (Telecomunicações)	2,45	5,25	não útil
-2.06	Zona de Lavagem de Contentores	25,45	5,25	não útil
-2.07	Recolha e Armazenamento de Lixos	14,80	4,30	não útil
-2.08	Gabinete de Controlo	10,50	6,20	não útil
-2.09	Circulação de Serviço (Abastecimentos)	38,95	4,30	não útil
-2.10	Antecâmara Sanitários	3,35	4,30	não útil
-2.11	Circulação de Serviço (Reservado)	36,90	4,30	não útil
-2.12	Balneário Feminino	32,55	4,30	não útil
-2.13	Balneário Masculino	20,45	4,30	não útil
-2.14	Armazém de Ensacados	18,95	4,30	não útil

Piso -2				
Espaço	Designação	A [m ²]	Pé-direito [m]	Espaço
-2.15	Armazém de Enlatados	15,85	4,30	não útil
-2.16	Armazém de Lacticínios	9,80	4,30	não útil
-2.17	Armazém de Legumes	15,85	4,30	não útil
-2.18	Arrumo de Produtos de Limpeza	6,05	4,30	não útil
-2.19	Lavandaria	13,40	4,30	não útil
-2.20	Circulação de Serviço	10,15	4,30	não útil
-2.21	Caminho de Fuga de Emergência	21,30	5,25	não útil
-2.22	Caminho de Fuga de Emergência	58,30	5,25	não útil
-2.23	Acesso ao Estacionamento (Exterior)	10,25	5,25	não útil
-2.24	Estacionamento4	232,35	5,25	não útil
E3	Escada de ligação à cozinha			não útil

Tabela A. 4 – Número de dias de funcionamento no ano 2010

Ano 2010		
	Nº de dias de funcionamento	Época
Janeiro	20	Exames
Fevereiro	19	Aulas
Março	20	Aulas
Abril	18	Aulas
Maiο	16	Aulas
Junho	20	Exames
Julho	17	Exames
Agosto		
Setembro	19	Aulas
Outubro	20	Aulas
Novembro	21	Aulas
Dezembro	11	Aulas

Tabela A. 5 – Número de refeições para funcionários e alunos no ano 2010

Ano 2010		
	Nº refeições funcionários	Nº refeições alunos
Janeiro	441	9614
Fevereiro	227	8488
Março	496	12961
Abril	442	11851
Maiο	409	10138
Junho	414	4487
Julho	203	6459
Agosto		
Setembro	404	9274
Outubro	398	10432
Novembro	400	12581
Dezembro	338	6376

Tabela A. 6 – Levantamento de energia consumida nos contadores do edifício

Data	Número de refeições servidas		Contador Câmaras frigoríficas [kWh]	Contador água	Contadores Gás			Contadores entápicos			Contadores Climatização e Ventilação	
	Funcionários	Alunos			Gás cozinha [m ³]	Gás caldeira [m ³]	Gás geral [m ³]	Caldeira [kWh]	Solar [kWh]	Piso 0 e piso -1 [kWh]	Na Central [kWh]	
Fev-08					17171,00	9084,00	26255,00	34719,00	9488,00			
Mar-10					28894,00	24118,00	53012,00	106669,00	49777,00			
Mar-11					37052,00	31388,00	68440,00	141175,00	74999,00			
30-Mar-11	492	10274	51288,00	8708,03	37326,32	31734,98	69061,30	143231,00	76104,00			5688,00
29-Abr-11			52601,00	8921,30	37893,50	32464,12	70357,62	147313,00	79135,00			6010,00
04-Mai-11	78	1803									40090,00	
19-Mai-11			53564,00									
27-Mai-11	16	340	53987,00	9171,60	71584,29		71584,29				40656,00	
29-Mai-11	10	150										
30-Mai-11	25	662	54125,00	9186,84	38556,93	33125,62	71682,55	150799,00	81416,00		40671,00	6299,00
31-Mai-11	25	560	54185,00	9198,36	38584,25	33152,79	71737,04	150959,00	81417,00		40698,00	6309,00
01-Jun-11	24	609	54238,00	9208,55	38613,61	33177,33	71790,94	151096,00	81443,00			6320,00
02-Jun-11	24	591	54292,00	9217,95	38648,13	33201,62	71849,75	151234,00	81478,00		40828,00	6330,00
03-Jun-11	24	588	54351,00	9228,06	38679,19	33226,40	71905,59	151375,00	81505,00			6341,00
06-Jun-11	24	521	54483,00	9240,93	38717,05	33281,05	71998,10	151630,00	81614,00		40983,00	6369,00
07-Jun-11	23	570										

ANEXO B. EQUIPAMENTOS DE COZINHA

Tabela B. 1 – Equipamentos eléctricos e respectivo valor da potência

Equipamento				Dados técnicos
nº	Descrição	Marca	Modelo	Potência [kW]
7	Armário frigorífico	centauro	16/6860	1,000
8	Armário frigorífico	centauro	TALE-91	0,690
11	Máquina de descascar batatas	Macindal	DEC 25 kg	0,750
20	Máquina de cortar batatas	Robot Coupe	CL 55 version D	0,750
21	Armário de descontaminação	Bourgeat		0,025
36	Armário de descontaminação	Bourgeat		0,025
41	Máquina de picar carne	Omega	TE22 nº 24207	1,100
50	Armário de descontaminação	Bourgeat		0,025
59	Cortador de Carnes Frias	Zanussi		0,001
72	Banho Maria Eléctrico	Fagor	BME9-10	6,000
81	Fritadeira Mergulhante	Fagor	FE9-05	18,000
82	Fritadeira Mergulhante	Fagor	FE9-10	36,000
83	Fritadeira Basculante Eléctrica	Fagor	SBE9-15M1	18,000
86	Bancada Refrigerada (3 portas)	Fagor		0,414
95	Banho Maria Eléctrico com estufa	Fagor	SEBE - 1450	4,645
96	Armário frigorífico	centauro	16/6861	1,000
103	Elemento Banho-maria com Estufa	Tecnozim	BM-2007590CE	6,000
104	Elemento Refrigerado com vitrine	Tecnozim	ER 200 VT	0,276
116	Elemento Banho-maria sem Estufa	Tecnozim	BM-1507590SE	3,000
116	Elemento Banho-maria sem Estufa	Tecnozim	BM-1507590SE	3,000
117	Elemento Refrigerado	Tecnozim	ER 1507590VE	0,276
119	Elemento Refrigerado com vitrine	Tecnozim	ER 1507590VE	0,276
121	Elemento Frio com vitrine	Tecnozim	ER 200 VT	0,276
122	Elemento central saladas/doces	Tecnozim	ER-2007590	0,245
123 e 124	Forno com 2 andares com estufa	Tecnozim	PA-3307	13,900
127 e 128	Fritadeira com 2 partes distintas com divisória para as secar	Tecnozim	FE-720	24,650
131	Armário Frigorífico	Fagor	AP 701	0,300
134	Elemento Banho-maria com Estufa	Tecnozim	BM150 7590C	4,500
144	Máquina de lavar loiça túnel	Comenda	ACS161	43,510
145	Tapete rolante	Comenda	NTP	0,440
	Curva 180°	Comenda	curva 180°	0,150
	Trituradora	Robot Coupe	MP550	0,550

Tabela B. 2 – Equipamentos a gás e respectivo valor da potência

Equipamentos a gás				Dados técnicos	
nº	Descrição	Marca	Modelo	Potência [kcal/h]	Potência [kW]
70	Fry-Top a gás (grelhador canelado)	Fagor	FT G9-10VRGN	18000,00	20,95
71	Fry-Top a gás (grelhador liso)	Fagor	FT G9-10VLGN	18000,00	20,95
73	Fogão (2 queimadores + placa ardente com forno)	Fagor	CGF9-121I	32700,00	38,06
74	Fogão a gás (6 queimadores)	Fagor	CG9-60GN SM	50200,00	58,43
80	Marmita a gás	Fagor	MG9-15BMBP	19780,00	23,00
125	Fry-Top a gás (Grelhador liso)	Fagor	FTG-710VPLGN	12005,60	13,97
126	Fry- Top (Grelhador canelado)	Fagor	FTG-710VPRGN	12005,60	13,97

Tabela B. 3 – Equipamentos a electricidade e a gás com respectivo valor da potência

Equipamentos a electricidade e a gás				
nº	Descrição	Marca	Modelo	Potência [kW]
78	Marmita	Firex	M91G270	44,00
65	Forno Misto	Fagor	HGP Combi evolution	49,02

Tabela B. 4 – Equipamentos monitorizados

Equipamento
Fritadeira Mergulhante 82
Fritadeira Basculante 83
Banho Maria 72
Marmita 78
Fritadeira Mergulhante 81
Forno 65
Armário Frigorífico 96
Bancada refrigerada 86
Banho Maria 116
Elemento Frio com vitrine 121
Iluminação piso -1

Tabela B. 5 – Consumo de energia média diária dos equipamentos eléctricos

Equipamento		Dados técnicos		
nº	Descrição	Potência [kW]	Tempo de utilização diária [h]	Energia diária consumida [kWh]
7	Armário frigorífico	1,000		12,22
8	Armário frigorífico	0,690		8,43
11	Máquina de descascar batatas	0,750	1,50	1,13
20	Máquina de cortar batatas	0,750	1,00	0,75
21	Armário de descontaminação	0,025	1,50	0,04
36	Armário de descontaminação	0,025	1,50	0,04
41	Máquina de picar carne	1,100	0,17	0,19
50	Armário de descontaminação	0,025	1,50	0,04
59	Cortador de Carnes Frias	0,001	0,17	0,0001
72	Banho Maria Eléctrico	6,000		16,72
81	Fritadeira Mergulhante	18,000		6,53
82	Fritadeira Mergulhante	36,000		12,39
83	Fritadeira Basculante Eléctrica	18,000		4,18
86	Bancada Refrigerada (3 portas)	0,414		4,88
95	Banho Maria Eléctrico com estufa	4,645		0,85
96	Armário frigorífico	1,000		12,22
103	Elemento Banho Maria com Estufa	6,000		1,28
104	Elemento Refrigerado com vitrine	0,276		3,38
116	Elemento Banho Maria sem Estufa	3,000		0,64
116	Elemento Banho Maria sem Estufa	3,000		0,64
117	Elemento Refrigerado	0,276		3,38
119	Elemento Refrigerado com vitrine	0,276		3,38
121	Elemento Frio com vitrine	0,276		3,38
122	Elemento central saladas/doces	0,245		3,00
123 e 124	Forno com 2 andares com estufa	13,900	0,20	2,78
127 e 128	Fritadeira com 2 partes distintas com divisória para as secar	24,650		8,48
131	Armário Frigorífico	0,300		3,67
134	Elemento Banho Maria com Estufa	4,500		0,96
144	Máquina de lavar loiça túnel	31,500	4,14	130,53
145	Tapete rolante	0,440	1,00	0,44
	Curva 180°	0,150	1,00	0,15
	Trituradora	0,550	0,30	0,17
Energia total diária[kWh]=				246,84

Tabela B. 6 – Consumo de energia média diária dos equipamentos a electricidade e gás

Equipamentos a electricidade e a gás		
nº	Descrição	Energia diária consumida [kWh]
78	Marmita	0,46
65	Forno Misto	5,03
	Energia total diária [kWh]=	5,49

ANEXO C. SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO

Tabela C. 1 – Cálculo da potência total (lâmpada + balastro) e energia consumida para cada espaço do piso 0

Esp.	A [m ²]	L	Qt L	Qt Lp/L	P Lp [W]	Pt Lp [W]	P B [W]/L	Pt B [W]	Pt (Lp+B) [kW]	t[h]	E [kW.h]
0.01	78,25	F5	22	1	18	396	8	176	0,572	9,00	5,148
0.02	71,25	F6	32	1	58	1856	9	288	2,144	9,00	19,296
		F5	5	1	18	90	8	40	0,130	9,00	1,170
0.03	10,50	F18	3	1	13	39	6	18	0,057	9,00	0,513
		F8	4	1	13	52			0,052	9,00	0,468
0.04	10,65	F18	3	1	13	39	6	18	0,057	9,00	0,513
		F8	4	1	13	52			0,052	9,00	0,468
0.05	4,85	F4	1	1	18	18	8	8	0,026	0,17	0,004
0.06	12,95	F7	2	2	36	144	7	14	0,158	9,50	1,501
0.07	5,60	F7	1	2	36	72	7	7	0,079	9,50	0,751
0.08	2,40	F5	1	1	18	18	8	8	0,026	0,17	0,004

Tabela C. 2 – Cálculo da potência total (lâmpada + balastro) e energia consumida para cada espaço do piso -1

Esp.	A [m ²]	L	Qt L	Qt Lp/L	P Lp [W]	Pt Lp [W]	P B [W]/L	Pt B [W]	Pt (Lp+B) [kW]	t[h]	E [kW.h]
-1.01	52,75	F4	2	1	18	36	8	16	0,052	0,05	0,003
		F12	15	1	58	870	9	135	1,005	0,05	0,050
		F13	6	1	32	192	7	42	0,234	0,05	0,012
-1.02	196,2	F11	4	1	150	600			0,600	3,00	1,800
		F16	4	1	70	280			0,280	3,00	0,840
		F12	13	1	58	754	9	117	0,871	3,00	2,613
-1.03	152,6	F7	20	2	36	1440	7	140	1,580	3,00	4,740
-1.04	30,25	F12	6	1	58	348	9	54	0,402	6,00	2,412
		F5	1	1	18	18	8	8	0,026	6,00	0,156
-1.05	70,70	F6	20	1	58	1160	9	180	1,340	5,00	6,700
-1.06	27,70	F1	4	1	58	232	9	36	0,268	6,00	1,608
		F5	3	1	18	54	8	24	0,078	6,00	0,468
-1.07	31,20	F2	3	2	58	348	9	27	0,375	3,00	1,125
-1.08	3,00	F18	1	1	13	13	6	6	0,019	0,17	0,003
-1.09	25,75	F2	2	2	58	232	9	18	0,250	6,00	1,500
-1.1	7,45	F1	1	1	58	58	9	9	0,067	6,00	0,402
-1.11	6,10	F1	1	1	58	58	9	9	0,067	0,30	0,020
-1.12	6,40	F7	2	2	36	144	7	14	0,158	0,05	0,008
		F12	1	1	58	58	9	9	0,067	0,05	0,003
-1.13	1,35	F8	1	1	13	13		0	0,013	0,05	0,001

Esp.	A [m ²]	L	Qt L	Qt Lp/L	P Lp [W]	Pt Lp [W]	P B [W]/L	Pt B [W]	Pt (Lp+B) [kW]	t[h]	E [kW.h]
-1.14	1,35	F8	1	1	13	13		0	0,013	0,05	0,001
-1.15	25,10	F1	3	1	58	174	9	27	0,201	1,00	0,201
-1.16	61,65	F1	1	1	58	58	9	9	0,067	1,00	0,067
-1.17	15,20	F2	1	2	58	116	9	9	0,125	1,00	0,125
-1.18	9,40	F2	1	2	58	116	9	9	0,125	1,00	0,125
-1.19	10,35	F2	1	2	58	116	9	9	0,125	6,00	0,750
-1.2	8,15	F2	1	2	58	116	9	9	0,125	6,00	0,750
-1.21	8,10	F2	1	2	58	116	9	9	0,125	6,00	0,750
-1.22	8,15	F2	1	2	58	116	9	9	0,125	6,00	0,750
-1.23	8,10	F2	1	2	58	116	9	9	0,125	6,50	0,813
-1.24	8,15	F2	1	2	58	116	9	9	0,125	4,00	0,500
-1.25	8,00	F2	1	2	58	116	9	9	0,125	0,50	0,063
-1.26	66,00	F1	4	1	58	232	9	36	0,268	6,50	1,742
		F1	6	1	58	348	9	54	0,402	6,50	2,613
-1.27	13,00	F1	2	1	58	116	9	18	0,134	6,50	0,871

Tabela C. 3 – Cálculo da potência total (lâmpada + balastro) e energia consumida para cada espaço do piso -2

Esp.	A [m ²]	L	Qt L	Qt Lp/L	P Lp [W]	Pt Lp [W]	P B [W]/L	Pt B [W]	Pt (Lp+B) [kW]	t[h]	E [kW.h]
-2.01	26,3	F2	2	2	58	232	9	18	0,25	3,00	0,750
-2.04	28,2	F1	4	1	58	232	9	36	0,268	0,00	0,000
-2.05	2,45	F9	1	1	36	36	7	7	0,043	0,00	0,000
-2.06	25,45	F1	3	1	58	174	9	27	0,201	0,00	0,000
-2.07	14,8	F2	1	2	58	116	9	9	0,125	0,10	0,013
-2.08	10,5	F1	1	1	58	58	9	9	0,067	4,50	0,302
-2.09	38,95	F1	2	1	58	116	9	18	0,134	0,00	0,000
		F2	2	2	58	232	9	18	0,25	1,00	0,250
-2.10	3,35	F1	1	1	58	58	9	9	0,067	0,00	0,000
-2.11	36,9	F1	5	1	58	290	9	45	0,335	0,00	0,000
-2.12	32,55	F1	5	1	58	290	9	45	0,335	0,50	0,168
-2.13	20,45	F1	4	1	58	232	9	36	0,268	0,50	0,134
-2.14	18,95	F2	2	2	58	232	9	18	0,25	0,08	0,020
-2.15	15,85	F2	2	2	58	232	9	18	0,25	0,08	0,020
-2.16	9,8	F1	1	1	58	58	9	9	0,067	0,08	0,005
-2.17	15,85	F2	1	2	58	116	9	9	0,125	0,08	0,010
-2.18	6,05	F1	1	1	58	58	9	9	0,067	0,08	0,005
-2.19	13,4	F1	2	1	58	116	9	18	0,134	0,50	0,067
-2.20	10,15	F1	1	1	58	58	9	9	0,067	0,00	0,000
-2.21	21,3	F1	3	1	58	174	9	27	0,201	0,00	0,000
-2.23	10,25	F1	1	1	58	58	9	9	0,067	0,00	0,000

Tabela C. 4 – Densidade de iluminação nos espaços do piso 0

Designação	Esp.	A [m ²]	Pt (Lp+B) [W]	W/m ²
Piso 0				
Átrio Principal	0.01	78,25	572	7,31
Zona de Estar/Bar	0.02	71,25	2144	31,92
			130	
Instalações Sanitárias Femininas	0.03	10,50	57	10,38
			52	
Instalações Sanitárias Masculinas	0.04	10,65	57	10,23
			52	
Instalações Sanitárias Deficientes	0.05	4,85	26	5,36
Bar	0.06	12,95	158	12,20
Despensa do Bar	0.07	5,60	79	14,11
Antecâmara de Elevador	0.08	2,40	26	10,83

Tabela C. 5 – Densidade de iluminação dos espaços do piso -1

Designação	Esp.	A [m ²]	Pt (Lp+B) [W]	W/m ²
Piso -1				
Restaurante	-1.01	52,75	52	24,47
			1005	
			234	
Sala de refeições 01	-1.02	196,15	600	8,93
			280	
			871	
Sala de refeições 02	-1.03	152,55	1580	10,36
Linha de Self-Service	-1.04	30,25	402	14,15
			26	
Free-Flow	-1.05	70,70	1340	18,95
Copa de Apoio ao Free-Flow	-1.06	27,70	268	12,49
			78	
Sala de Lavagens	-1.07	31,20	375	12,02
Instalação Sanitária de Serviço	-1.08	3,00	19	6,33
Copa	-1.09	25,75	250	9,71
Copa de Apoio ao Restaurante	-1.10	7,45	67	8,99
Acesso de Serviço ao Restaurante	-1.11	6,10	67	10,98
Instalações Sanitárias Restaurante	-1.12	6,40	158	35,16
			67	
Instalações Sanitárias Masculinas	-1.13	1,35	13	9,63
Instalações Sanitárias Femininas	-1.14	1,35	13	9,63
Circulação de Serviço	-1.15	25,10	201	8,01

Designação	Esp.	A [m ²]	Pt (Lp+B) [W]	W/m ²
Piso -1				
Câmaras Frigoríficas	-1.16	61,65	67	1,09
Despensa do Dia	-1.17	15,20	125	8,22
Zona de Abatimento de Temperatura	-1.18	9,40	125	13,30
Preparação Batatas	-1.19	10,35	125	12,08
Preparação de Legumes e Saladas	-1.20	8,15	125	15,34
Preparação de Carne	-1.21	8,10	125	15,43
Preparação de Peixe	-1.22	8,15	125	15,34
Lavagem do Trem	-1.23	8,10	125	15,43
Laboratório	-1.24	8,15	125	15,34
Gabinete do Chefe de Cozinha	-1.25	8,00	125	15,63
Zona de Confeção	-1.26	66,00	268	10,15
			402	
Circulação (Cozinha)	-1.27	13,00	134	10,31

Tabela C. 6 – Densidade de iluminação dos espaços do piso -2

Designação	Esp.	A [m ²]	Pt (Lp+B) [W]	W/m ²
Piso -2				
Átrio de Serviço	-2.01	26,3	250	9,51
Zona Técnica (caldeiras)	-2.04	28,2	268	9,50
Zona Técnica (Telecomunicações)	-2.05	2,45	43	17,55
Zona de Lavagem de Contentores	-2.06	25,45	201	7,90
Recolha e Armazenamento de Lixos	-2.07	14,8	125	8,45
Gabinete de Controlo	-2.08	10,5	67	6,38
Circulação de Serviço (Abastecimentos)	-2.09	38,95	134	9,86
			250	
Antecâmara Sanitários	-2.10	3,35	67	20,00
Circulação de Serviço (Reservado)	-2.11	36,9	335	9,08
Balneário Feminino	-2.12	32,55	335	10,29
Balneário Masculino	-2.13	20,45	268	13,11
Armazem de Ensacados	-2.14	18,95	250	13,19
Armazem de Enlatados	-2.15	15,85	250	15,77
Armazem de Lactínios	-2.16	9,8	67	6,84
Armazem de Legumes	-2.17	15,85	125	7,89
Arrumo de Produtos de Limpeza	-2.18	6,05	67	11,07
Lavandaria	-2.19	13,4	134	10,00
Circulação de Serviço	-2.20	10,15	67	6,60
Caminho de Fuga de Emergência	-2.21	21,3	201	9,44
Acesso ao Estacionamento (Exterior)	-2.23	10,25	67	6,54

ANEXO D. SIMULAÇÃO ENERGÉTICA

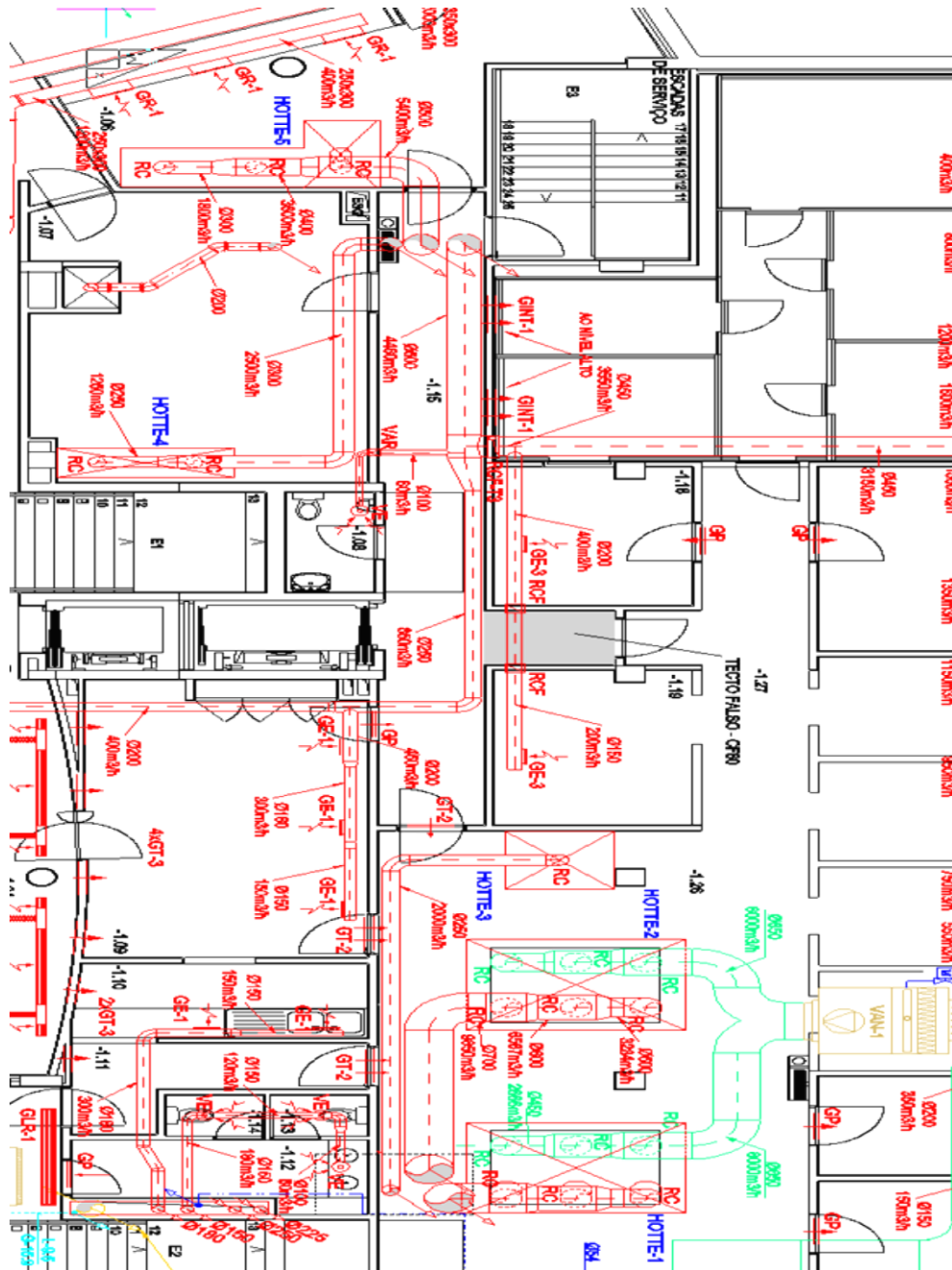


Figura D. 1 – Projecto em Auto Cad, que identifica as hottes e ventilador de ar novo existentes na zona de confeção, copa de Apoio ao Free-Flow e sala de lavagens

Tabela D. 1 – Coeficientes de transmissão térmica das soluções construtivas

Solução construtiva	Separação de espaço útil com zona			
	útil	não útil	exterior	terreno
	Coeficiente U [W/m ² C]			
PE1	0,521	0,521	0,546	0,559
PE2	0,492	0,492	0,515	0,525
PE3	0,521	0,521	0,546	0,558
PI RR	1,789	1,789	2,132	2,331
PI MR	1,478	1,478	1,704	1,829
PI AR	1,775	1,775	2,112	2,307
PI AA	1,810	1,810	2,162	2,366
Viga PE 1	0,753	0,753	0,808	0,834
Viga PE 2	0,694	0,694	0,740	0,762
Viga PE 3	0,752	0,752	0,807	0,834
Pilar PE1	0,717	0,717	0,767	0,791
Pilar PE2	0,664	0,664	0,706	0,726
Pilar PE3	0,717	0,717	0,766	0,791
Pav Mosaico	1,626	1,626	2,062	2,247
Pav Reboco	1,606	1,606	2,030	2,209
Pav Madeira	1,350	1,350	1,638	1,752
Pav Terreno	1,038	1,038	1,200	1,260
Cob Pav. Entrada	1,147	1,147	1,232	
Cob Piso intermédio	1,621	1,621	1,796	
Cob seixo	0,890	0,890	0,940	
Cob zinco	0,606	0,606	0,629	
Cob Ajardinada	1,156	1,156	1,242	
PT coz.	0,709	0,709	0,757	0,780
PT PE3	0,713	0,713	0,762	0,786
Porta 1	2,074	2,074	2,550	
Porta PCF1	3,997	3,997	5,969	
Envidraçado V1			3,540	
Envidraçado V2			5,400	
Envidraçado V3			5,400	
Envidraçado V4			3,600	
Clarabóias			6,890	

QUADRO I.3 RESISTÊNCIAS TÉRMICAS SUPERFICIAIS
 $R_{se}, R_{si} [(m^2 \cdot ^\circ C)/W]$

Sentido do fluxo de calor	Resistência térmica superficial [[m ² .°C)/W]	
	exterior R_{se}	interior R_{si}
Horizontal ⁽¹⁾	0,04	0,13
Vertical ⁽²⁾	ascendente	0,10
	descendente	0,17

1 – Paredes (até +/- 30° com a vertical)
 2 – Coberturas e pavimentos (até +/- 60° com a horizontal)

Figura D. 2 – Valor das Resistências térmicas superficiais exterior e interior (Santos & Matias, 2006)

Tabela D. 2 – Caudais de ar insuflados em cada espaço

Espaço	A [m ²]	Q [m ³ /h]	Q [l/s]
0.01	70,00	1275,00	354,17
0.02	71,25	3275,00	909,72
-1.01	52,75	810,00	225,00
-1.02	196,15	7740,00	2150,00
-1.03	152,55	6800,00	1888,89
-1.05	70,70	2550,00	708,33
-1.26	45,30	16000,00	4444,44

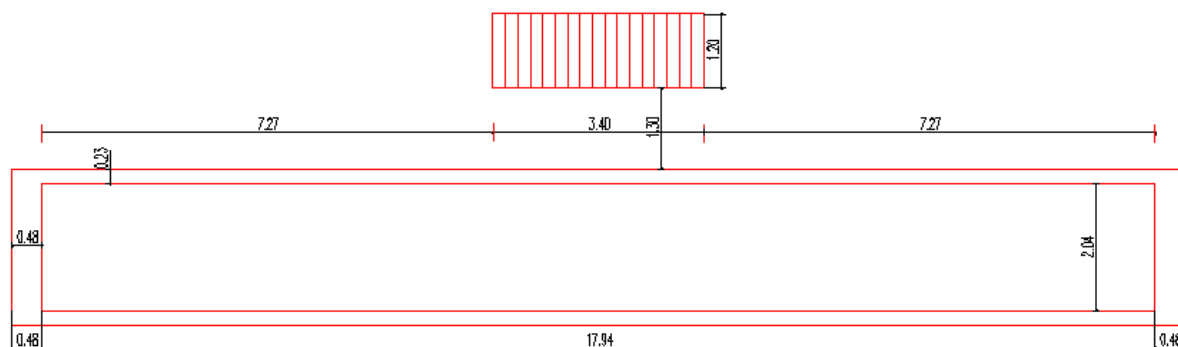


Figura D. 3 – Simplificação do sombreamento no Envidraçado V4

Tabela D. 3 – Áreas dos envidraçados, PTP's, cega, efectiva e bruta das paredes exteriores

PISO -1								
Espaço	Código Parede	Tipo de Parede	Orientação	Área Cega [m ²]	Área Envidraçados [m ²]	A _{ptp} [m ²]	Área Efectiva [m ²]	Área Bruta [m ²]
-1.01	PE2-1.01_NNW	PE1	NNW	64,90	15,33	11,40	38,17	53,50
-1.01	PE2-1.01_ENE	PE2	ENE	26,95	0,00	6,96	19,99	19,99
-1.02	PE3-1.02_ENE	PE3	ENE	137,31	42,95	31,16	63,20	106,16
-1.03	PE3-1.03_NE	PE3	NE	33,66	7,84	9,13	16,69	24,53
-1.03	PT-1.03_SE	PT PE3	SE	40,92	0,00	0,00	40,92	40,92
-1.05	PT-1.05_SWS	PT coz	SWS	24,96	0,00	0,00	24,96	24,96
-1.06	PT-1.06_SWS	PT coz	SWS	8,98	0,00	0,00	8,98	8,98
-1.20	PT-1.20_WWS	PT coz	WWS	8,88	0,00	0,00	8,88	8,88
-1.21	PT-1.21_WWS	PT coz	WWS	8,88	0,00	0,00	8,88	8,88

PISO -1								
Espaço	Código Parede	Tipo de Parede	Orientação	Área Cega [m ²]	Área Envidraçados [m ²]	A _{ptp} [m ²]	Área Efectiva [m ²]	Área Bruta [m ²]
-1.22	PT-1.22_WWS	PT coz	WWS	8,88	0,00	0,00	8,88	8,88
-1.23	PT-1.23_WWS	PT coz	WWS	8,88	0,00	0,00	8,88	8,88
-1.24	PT-1.24_WWS	PT coz	WWS	8,88	0,00	0,00	8,88	8,88
-1.25	PT-1.25_WWS	PT coz	WWS	8,70	0,00	0,00	8,70	8,70
-1.25	PT-1.25_NNW	PT coz	NNW	12,58	0,00	0,00	12,58	12,58
-1.26	PE1-1.26_NNW	PE1	NNW	24,40	9,79	6,36	8,25	18,04
PISO 0								
Espaço		Tipo de Parede	Orientação	Área Cega [m ²]	Área Envidraçados [m ²]	A _{ptp} [m ²]	Área Efectiva [m ²]	Área Bruta [m ²]
0.01	PE3-0.01_WWS	PE3	WWS	73,28	36,64	12,73	23,91	60,55

Tabela D. 4 – Área e coeficiente U da envolvente interior

Cálculo de U _{part}								
Espaço	A _{part} [m ²]	A _{pa} [m ²]	U _p [W/m ² °C]	A _p / A _{ptp}	U _p / U _{ptp}	A _p / A _{ptp}	U _p / U _{ptp}	U _{part} [W/m ² °C]
0.01	32,192	23,242	0,521	3,920	0,767	5,030	0,808	0,596
0.01	5,920	4,030	1,789	1,890	3,997			2,494
0.02	20,800	8,707	1,789	12,093	2,074			1,955
0.02	13,440	11,634	1,789	1,806	2,074			1,827
0.06	21,380	21,380	1,789	0,000	0,000			1,789
-1.01	21,860	20,012	1,478	1,848	2,074			1,528
-1.01	6,435	4,377	1,478	2,058	2,074			1,669
-1.03	7,161	3,150	1,789	4,011	3,997			3,026
-1.04	2,475	2,475	1,789					1,789
-1.05	25,500	24,120	1,789	1,380	2,147			1,808
-1.06	23,430	21,540	1,789	1,890	3,997			1,967
-1.07	18,240	18,240	1,626	0,000	0,000			1,626
-1.07	39,200	37,226	1,789	1,974	2,074			1,803
-1.09	12,000	8,136	1,810	1,974	2,074	1,890	3,797	2,166
-1.09	16,080	12,180	1,775	3,900	2,074			1,848
-1.10	12,000	12,000	1,810	0,000	0,000			1,810
-1.19	12,000	10,200	1,810	1,800	2,147			1,861
-1.19	15,000	15,000	1,810	0,000	0,000			1,810
-1.20	12,580	12,580	1,775	0,000	0,000			1,775
-1.26	22,800	20,910	1,810	1,890	3,997			1,991
-1.26	6,000	4,110	1,810	1,890	3,997			2,499

Tabela D. 5 – Temperatura máxima dos espaços não úteis em contacto com envolvente interior

Temperatura máxima dos espaços não útil								
Espaço	Tipo espaço não útil	A_i [m ²]	A_u [m ²]	A_i/A_u	τ	Θ_i [°C]	Θ_{atm} [°C]	Θ_a [°C]
0.01	Armazéns	32,19	37,76	0,85	0,95	25,00	33,90	33,46
0.01	Circulação comum	5,92	40,00	0,15	0,60	25,00	33,90	30,34
0.02	Circulação comum	20,80	0,00	>10	0,00	25,00	33,90	25,00
0.02	Circulação comum	13,44	0,00	>10	0,00	25,00	33,90	25,00
0.06	Circulação comum	21,38	0,00	>10	0,00	25,00	33,90	25,00
-1.01	Circulação comum	21,86	0,00	>10	0,00	25,00	33,90	25,00
-1.01	Circulação comum	6,44	0,00	>10	0,00	25,00	33,90	25,00
-1.03	Circulação comum	7,16	0,00	>10	0,00	25,00	33,90	25,00
-1.04	Circulação comum	2,48	0,00	>10	0,00	25,00	33,90	25,00
-1.05	Circulação comum	25,50	0,00	>10	0,00	25,00	33,90	25,00
-1.06	Circulação comum	23,43	0,00	>10	0,00	25,00	33,90	25,00
-1.07	Circulação comum	18,24	18,24	1,00	0,30	25,00	33,90	27,67
-1.07	Circulação comum	39,20	0,00	>10	0,00	25,00	33,90	25,00
-1.09	Circulação comum	12,00	0,00	>10	0,00	25,00	33,90	25,00
-1.09	Circulação comum	16,08	0,00	>10	0,00	25,00	33,90	25,00
-1.10	Circulação comum	12,00	0,00	>10	0,00	25,00	33,90	25,00
-1.19	Circulação comum	12,00	0,00	>10	0,00	25,00	33,90	25,00
-1.19	Circulação comum	15,00	0,00	>10	0,00	25,00	33,90	25,00
-1.20	Circulação comum	12,58	0,00	>10	0,00	25,00	33,90	25,00
-1.26	Circulação comum	22,80	20,00	1,14	0,30	25,00	33,90	27,67
-1.26	Circulação comum	6,00	0,00	>10	0,00	25,00	33,90	25,00

Tabela D. 6 – Temperatura mínima dos espaços não úteis em contacto com envolvente interior

Temperatura mínima dos espaços não útil								
Espaço	Tipo espaço não útil	A_i [m ²]	A_u [m ²]	A_i/A_u	τ	Θ_i [°C]	Θ_{atm} [°C]	Θ_a [°C]
0.01	Armazéns	32,19	37,76	0,85	0,95	20,00	1,70	2,62
0.01	Circulação comum	5,92	40,00	0,15	0,60	20,00	1,70	9,02
0.02	Circulação comum	20,80	0,00	>10	0,00	20,00	1,70	20,00
0.02	Circulação comum	13,44	0,00	>10	0,00	20,00	1,70	20,00
0.06	Circulação comum	21,38	0,00	>10	0,00	20,00	1,70	20,00
-1.01	Circulação comum	21,86	0,00	>10	0,00	20,00	1,70	20,00
-1.01	Circulação comum	6,44	0,00	>10	0,00	20,00	1,70	20,00
-1.03	Circulação comum	7,16	0,00	>10	0,00	20,00	1,70	20,00
-1.04	Circulação comum	2,48	0,00	>10	0,00	20,00	1,70	20,00
-1.05	Circulação comum	25,50	0,00	>10	0,00	20,00	1,70	20,00
-1.06	Circulação comum	23,43	0,00	>10	0,00	20,00	1,70	20,00
-1.07	Circulação comum	18,24	18,24	1,00	0,30	20,00	1,70	14,51
-1.07	Circulação comum	39,20	0,00	>10	0,00	20,00	1,70	20,00
-1.09	Circulação comum	12,00	0,00	>10	0,00	20,00	1,70	20,00
-1.09	Circulação comum	16,08	0,00	>10	0,00	20,00	1,70	20,00
-1.10	Circulação comum	12,00	0,00	>10	0,00	20,00	1,70	20,00
-1.19	Circulação comum	12,00	0,00	>10	0,00	20,00	1,70	20,00
-1.19	Circulação comum	15,00	0,00	>10	0,00	20,00	1,70	20,00

Temperatura mínima dos espaços não útil								
Espaço	Tipo espaço não útil	A_i [m ²]	A_u [m ²]	A_i/A_u	τ	Θ_i [°C]	Θ_{atm} [°C]	Θ_a [°C]
-1.20	Circulação comum	12,58	0,00	>10	0,00	20,00	1,70	20,00
-1.26	Circulação comum	22,80	20,00	1,14	0,30	20,00	1,70	14,51
-1.26	Circulação comum	6,00	0,00	>10	0,00	20,00	1,70	20,00

Tabela D. 7 – Temperatura máxima dos espaços não úteis em contacto com pavimentos

Temperatura máxima dos espaços não úteis - Pavimentos								
Espaço	Tipo espaço não útil	A_i [m ²]	A_u [m ²]	A_i/A_u	τ	Θ_i [°C]	Θ_{atm} [°C]	Θ_a [°C]
0.06	Circulação comum	12,95	0	>10	0,00	25,00	33,90	25,00
-1.01	Armazéns	52,75	86,36	0,61	0,95	25,00	33,90	33,46
-1.02	Armazéns	196,15	103,95	1,89	0,70	25,00	33,90	31,23
-1.03	Armazéns	152,55	54,08	2,82	0,70	25,00	33,90	31,23
-1.04	Armazéns	30,25	0	>10	0,30	25,00	33,90	27,67
-1.05	Armazéns	70,70	0	>10	0,30	25,00	33,90	27,67
-1.06	Armazéns	27,70	0	>10	0,30	25,00	33,90	27,67
-1.07	Circulação comum	31,20	0	>10	0,00	25,00	33,90	25,00
-1.09	Armazéns	25,75	0	>10	0,30	25,00	33,90	27,67
-1.10	Armazéns	7,45	0	>10	0,30	25,00	33,90	27,67

Tabela D. 8 – Temperatura mínima dos espaços não úteis em contacto com pavimentos

Temperatura mínima dos espaços não úteis - Pavimentos								
Espaço	Tipo espaço não útil	A_i [m ²]	A_u [m ²]	A_i/A_u	τ	Θ_i [°C]	Θ_{atm} [°C]	Θ_a [°C]
0.06	Circulação comum	12,95	0,00	>10	0,00	20,00	1,70	20,00
-1.01	Armazéns	52,75	86,36	0,61	0,95	20,00	1,70	2,62
-1.02	Armazéns	196,15	103,95	1,89	0,70	20,00	1,70	7,19
-1.03	Armazéns	152,55	54,08	2,82	0,70	20,00	1,70	7,19
-1.04	Armazéns	30,25	0,00	>10	0,30	20,00	1,70	14,51
-1.05	Armazéns	70,70	0,00	>10	0,30	20,00	1,70	14,51
-1.06	Armazéns	27,70	0,00	>10	0,30	20,00	1,70	14,51
-1.07	Circulação comum	31,20	0,00	>10	0,00	20,00	1,70	20,00
-1.09	Armazéns	25,75	0,00	>10	0,30	20,00	1,70	14,51
-1.10	Armazéns	7,45	0,00	>10	0,30	20,00	1,70	14,51

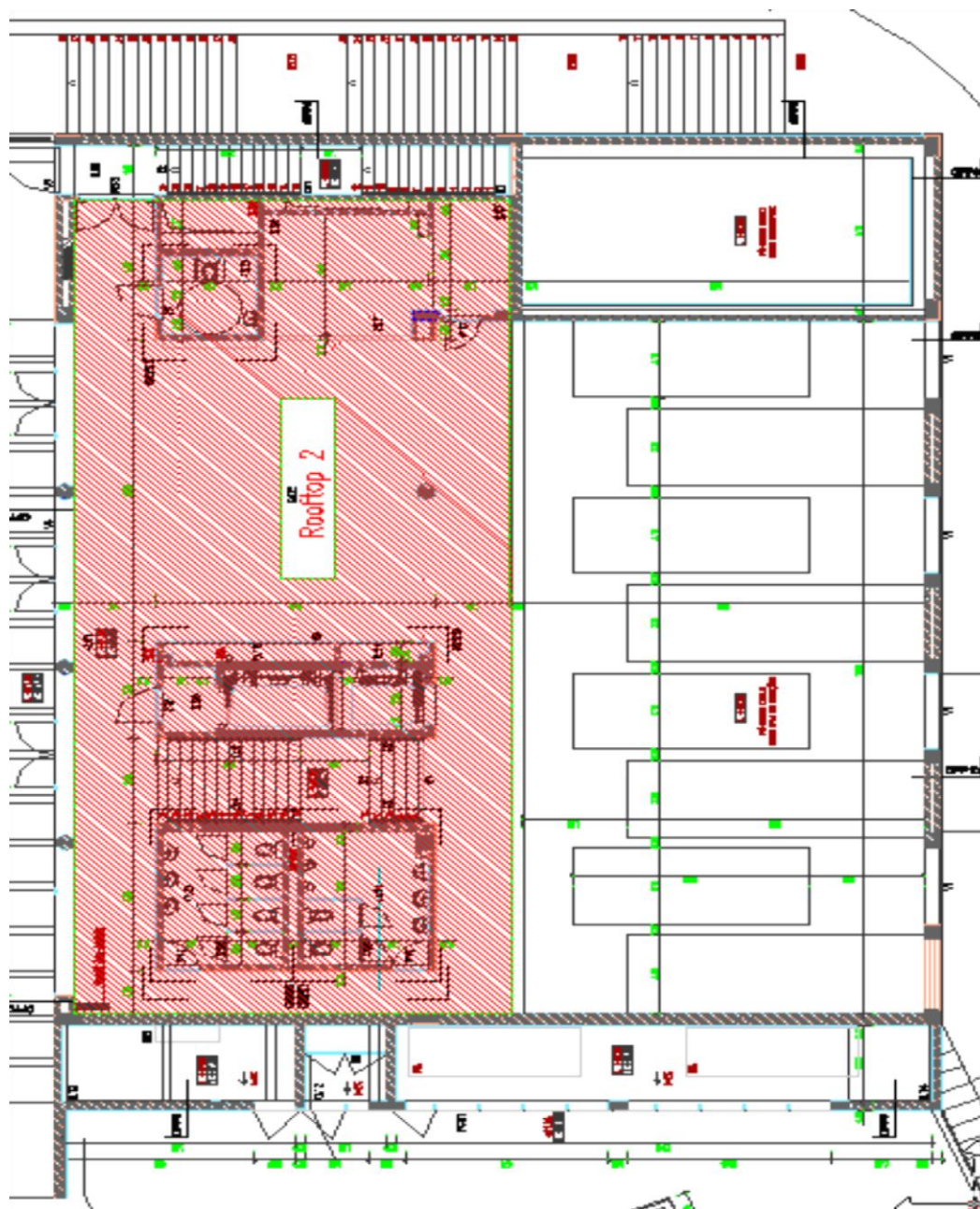


Figura D. 4 – Espaços climatizados pela *rooftop* 2 no piso 0

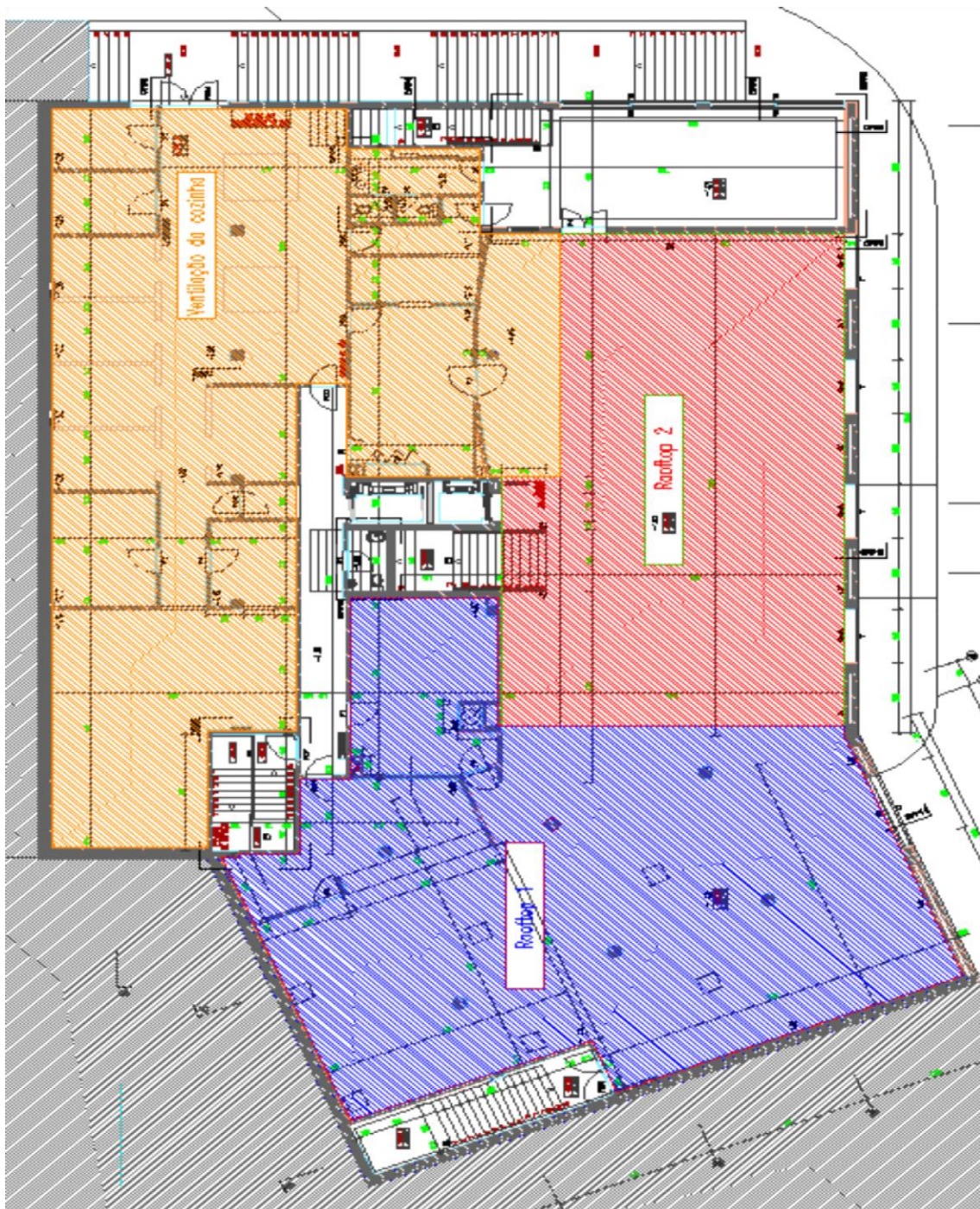


Figura D. 5 – Espaços climatizados pelas *rooftop* 1 e 2 e espaços ventilados pela ventilação da cozinha na piso -1

Tabela D. 9 – Potência das *rooftop* 1 e 2, ventilador de ar novo e ventiladores de extracção

		P [kW]			P [kW]		P [kW]	
Rooftop 1	Compressor	22,3	Rooftop 2	Compressor	31,1	Ventilador	VAN -1	1,9
	Ventilador exterior	4,4		Ventilador exterior	5,6		VEX-IS2	4
	Ventilador interior	3		Ventilador interior	4		VEX-2	2
Ventilador	VEX-LX2	0,09	Ventilador	VEX-IS4	0,013		VEX-3	2
	VEX H4	0,55		VEX-B1	2		VEX H1	3
	VEX H5	0,55		VEX-IS3	2		VEX H2	3
							VEX H3	0,55



Certificado

Annex to the certificate no. **PSK – 013/2008**
 Anexo ao certificado nº.




Technical characteristics / Características Técnicas:

Type reference / Referência	CPC 3E+		
Collector type / Tipo de coletor	CPC collector/ Coletor CPC		
Absorber area / Área do absorvedor (m ²)	1,96		
Aperture area / Área de Abertura (m ²)	1,96		
Dimensions / Dimensões (mm x mm x mm)	2006 x 1105 x 106		
Gross area / Área total (m ²)	2,22		
Maximum working pressure / Pressão máxima de funcionamento (kPa)	600 (6 bar)		
Stagnation temperature / Temperatura de estagnação (°C)	179		
Time constant / Constante de tempo (s)	72		
Thermal capacity / Capacidade térmica (kJ / K)	31,6		
Incidence angle modifier (incidence angle) / Modificador de ângulo (ângulo de incidência)	K _T (β= 20°) = 1,00	K _T (β= 40°) = 0,96	K _T (β= 60°) = 0,72
	K _t (β= 50°) = 0,93		
Instantaneous efficiency / Rendimento instantâneo	Based on aperture area / Baseado na área de abertura		
	Orientação EW do coletor Collector EW orientation	Orientação NS do coletor Collector NS orientation	
	η_p	0,726	0,730
	a_1 (W m ⁻² K ⁻²)	3,7	4,3
	a_2 (W m ⁻² K ⁻²)	0,014	0,005
Peak Power / Pico de potência (W)	1444	1454	

Note 1 / Nota 1: The manufacturer declares that certified solar collector used with frost protection mixture can be used in frost exposed areas. The freeze resistance test (clause 5.8 of EN 12975-2) was not carried out. / O fabricante declara que o coletor solar térmico certificado, quando utilizado com mistura de fluido anti-congelante pode ser utilizado em ambientes com gelo. O ensaio de resistência ao congelamento (secção 5.8 da EN 12975-2) não foi efectuado.

Note 2 / Nota 2: The impact resistance test (clause 5.10 of EN 12975-2) was not carried out. Optional test. / O ensaio de resistência ao impacto (secção 5.10 da EN 12975-2) não foi efectuado. Ensaio Opcional.

Date of issue: **2008-04-14**
 Data de emissão:



Francisco Barroca
 General Manager / Director Geral



Página/Page 1 de/1

Certif – Associação para a Certificação de Produtos
 Rua José Afonso, 9 E – 2810-257 Alameda – Portugal – Tel: 351. 21 258 69 40 – Fax: 351. 21 258 69 59

Figura D. 6 – Certificado do painel solar “CPC ao Sol”

ANEXO E. CONSUMO DE ENERGIA

Tabela E. 1 – Potência e estimativa de consumo de energia para os ventiladores do piso -2

Ventilador	P [kW]	Tempo utilização diário [h]	Energia consumida [kWh]
VEX L	2	10	20
VEX-IS1	2	10	20
VEX-1	2	10	20
VEX-CM	2	10	20
VEX LX1	2	10	20

Tabela E. 2 – Elevadores existentes no edifício e estimativa de consumo diário

	Marca	Modelo	Potência [kW]	Aulas t [h]	Exames t [h]	Aulas Energia [kWh]	Exames Energia [kWh]
Ascensor eléctrico 1000 kg (Monta cargas)	Schindler	Smart	7,50	0,50	0,40	3,75	3,00
Ascensor hidráulico 630 kg	Atlas	Mondego	12,50	0,10	0,08	1,25	1,00
Energia total diária [kWh]=						5,00	4,00

Tabela E. 3 – Estudo comparativo entre equipamentos a electricidade e gás natural

nº	Equipamento a electricidade		Equipamento a gás natural			
	Descrição	Energia diária consumida [kWh]	Modelo	Tempo de utilização diária [h]	Consumo gás [m ³ /h]	Energia [kWh]
72	Banho Maria Eléctrico	16,72	BMG9-10	6,00	0,65	45,24
81	Fritadeira Mergulhante	6,53	FG9-05	3,00	2,35	81,78
82	Fritadeira Mergulhante	12,39	FG9-10	3,00	4,70	163,56
83	Fritadeira Basculante Eléctrica	4,18	SBG9-15M1	2,00	2,65	61,48
127 e 128	Fritadeira com 2 partes distintas com divisória para as secar	8,48	FG7-05	1,00	3,18	36,89
	total [kWh]	48,30			Total	388,95