



Dissertação

Mestrado em Engenharia da Energia e do Ambiente

Multy Hybrid Energy System

Marco António Vieira Almeida

Leiria, 30 de Março de 2017



Dissertação

Mestrado em Engenharia da Energia e do Ambiente

Multy Hybrid Energy System

Marco António Vieira Almeida

Dissertação de Mestrado realizada sob a orientação do Professor Doutor João Rafael da Costa Sanches Galvão e Professora Doutora Rita Margarida Teixeira Ascenso docentes da Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Leiria.

Leiria, 30 de Março de 2017

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

Agradecimentos

Em primeiro quero deixar um agradecimento especial ao orientador Professor João Rafael Galvão e à coorientadora Professora Rita Margarida Ascenso, por todo o apoio demonstrado ao longo deste percurso.

A Elisabete Silvestre e a todas as auxiliares da Cantina 3, por toda a disponibilidade demonstrada ao longo das várias visitas técnicas.

Ao Eng.º Felisbelo Lisboa, Eng.º David Armindo, Eng.º Luís Salgado e Professor João Sousa pela ajuda facultada na obtenção de dados relativos a consumos de águas e faturação energética.

Ao Professor Pedro Marques por disponibilizar algum do equipamento técnico para poder executar diversas análises.

Aos meus colegas e amigos em especial ao Miguel Reis, Djennyffer Semedo, Elsa Godinho, Marisa Rodrigues, André Quiaios e Marina Guerra pela ajuda, troca de ideias, amizade e motivação ao longo deste período.

A todos os colaboradores, colegas e amigos da empresa CadSolid por me ajudarem e incentivarem, nomeadamente o Eng.º Rui Marçal.

À minha mãe, ao meu pai e ao meu irmão que sempre me facultaram tudo aquilo que precisei e não precisei para poder chegar ao fim desta etapa.

À minha família, por todo o incentivo na realização desta etapa.

A todos, o meu muito obrigado.

Resumo

Com este trabalho pretendeu-se desenvolver um novo modelo energético que optimizasse os consumos energéticos da Cantina 3, situada no Campus 2, do Instituto Politécnico Leiria. Um outro objetivo será diminuir a dependência do uso intensivo de energia elétrica e térmica. O gás natural é a fonte energética, para a produção de águas quentes sanitárias e aquecimento, mas recorreu-se à sua substituição parcial, por fontes primárias de energia renovável, como a biomassa e a energia solar, constituindo-se um sistema híbrido e que tenderá para uma maior autonomia energética. Este modelo, ainda é suportado por um conjunto de ações que elevarão o nível de eficiência energética do caso em estudo. Para melhor compreensão dos consumos energéticos foi realizado um levantamento das diferentes variáveis energéticas do edifício em estudo, por meio de auditoria energética, tendo-se usado analisadores de energia, para a desagregação de consumos. Daqui resultaram diferentes diagramas de carga característicos da tipologia dos equipamentos, para posteriormente se implementarem várias medidas, conducentes à melhoria do desempenho energético, como o sistema híbrido proposto. Realizou-se ainda, um levantamento das fugas energéticas por termografia, para se determinar na estrutura do edifício estas perdas energéticas e se otimizar este desperdício de energia. Por fim, uma análise económica da solução proposta, por cálculo de alguns parâmetros foi determinante para se perceber melhor a sua viabilidade. O novo modelo energético pretende utilizar diversas tecnologias, promotoras da sustentabilidade e eficiência energética e ainda, que possam ser replicadas em estruturas edificadas semelhantes

Palavras-chave: Modelo Energético; Sistema Híbrido; Eficiência; Sustentabilidade; Energias Renováveis.

Abstract

With this work, we intend to develop a new energy model that optimizes the energy consumption of Cantina 3, located in Campus 2, of the Polytechnic Institute of Leiria. Another objective will be to reduce dependence on the intensive use of electric and thermal energy. The natural gas is the source of energy, for the production of hot water and heating, but it has been replaced by primary sources of renewable energy such as biomass and solar energy, constituting a hybrid system and will tend For greater energy independence. This model is still supported by a set of actions that will raise the level of energy efficiency of the case under study. For a better understanding of the energy consumptions, a survey of the different energy variables of the building under study was carried out, through an energy audit, using energy analyzers, for the disaggregation of consumption. This resulted in different load diagrams characteristic of the typology of the equipment, to later implement several measures, leading to the improvement of energy performance, such as the proposed hybrid system. A survey of energy leakage through thermography was also carried out to determine the energy losses in the building structure and to optimize this waste of energy. Finally, an economic analysis of the proposed solution, by calculation of some parameters was determinant to better understand its viability. The new energy model intends to use several technologies, which promote sustainability and energy efficiency and that can be replicated in similar built structures

Keywords: Hybrid System, Energy Model; Efficiency; Sustainability; Renewable Energy.

Índice

<i>Multy Hybrid Energy System</i>	iii
Capítulo 1 - Introdução	1
1.1 <i>Enquadramento</i>	1
1.2 <i>Objetivos</i>	3
1.3 <i>Organização da Dissertação</i>	3
Capítulo 2 - Edifícios com Necessidades Energéticas “Zero”	5
2.1 <i>Legislação Energética</i>	5
2.2 <i>Enquadramento de Edifícios com Necessidades quase Nulas de Energia “NZEB”</i>	6
2.3 <i>Edifício Solar XXI</i>	9
2.4 <i>Biblioteca “Beitou Branch Public Library”</i>	11
2.5 <i>“Garden by The Bay”</i>	14
Capítulo 3 - Tecnologias para a Eficiência Energética	19
3.1 <i>Sistemas de Iluminação</i>	19
3.2 <i>Sistemas Passivos</i>	20
3.2.1 <i>Sistemas de Aquecimento</i>	20
3.2.2 <i>Sistemas de Arrefecimento</i>	24
3.3 <i>Dispositivos de Controlo: eCube e Variadores Eletrónicos de Velocidade</i>	29
3.4 <i>Energias Renováveis</i>	31
Capítulo 4 – Caso de Estudo/Situação Atual	37
4.1 <i>Caracterização Geográfica e Descrição</i>	37
4.2 <i>Descrição da Envolvente</i>	38
4.3 <i>Consumos e Encargos Energéticos</i>	40
4.3.1 <i>Energia Elétrica</i>	41

4.3.2	<i>Gás Natural</i>	49
4.3.3	<i>Energia Reativa</i>	52
4.3.4	<i>Análise de Tarifário</i>	53
4.3.5	<i>Desagregação de Consumos</i>	54
4.3.6	<i>Indicadores Energéticos</i>	56
4.4	<i>Caracterização Termográfica da Instalação</i>	58
	Capítulo 5 - Modelo Energético	63
5.1	<i>Partes Principais do Modelo Energético</i>	63
5.2	<i>Dimensionamentos Energéticos</i>	64
5.2.1	<i>Caso de Estudo/Situação Atual</i>	64
5.2.2	<i>Caso Proposto</i>	71
5.3	<i>Análise da Viabilidade Económica</i>	74
5.3.1	<i>Fonte de Energia - Biomassa</i>	75
5.3.2	<i>Sistema Fotovoltaico</i>	77
5.3.3	<i>Coberturas Ajardinadas</i>	79
	Capítulo 6 - Conclusões e Perspetivas Futuras	81
6.1	<i>Conclusão</i>	81
6.2	<i>Perspetiva de Desenvolvimento Futuro</i>	82
	Bibliografia	84
	Anexos	88
8.1	<i>Anexo A</i>	88
8.2	<i>Anexo B</i>	89
8.3	<i>Anexo C</i>	90
8.4	<i>Anexo D</i>	91
8.5	<i>Anexo E</i>	92

8.6	<i>Anexo F</i>	94
8.7	<i>Anexo G</i>	95
8.8	<i>Anexo H</i>	96
8.9	<i>Anexo I</i>	98
8.10	<i>Anexo J</i>	99

Lista de Figuras

Figura 1: Consumo de energia <i>inland</i> Europa dos 28, 1990-2012, adaptado de (Eurostat, 2014). .1	1
Figura 2: Nível de dependência energética Europeia (adaptado de Pacesila, et al., 2016).2	2
Figura 3: Opções energia renovável (adaptado de Marszal, et al., 2011).....8	8
Figura 4: NZEB - <i>Horizont-Building Strassen e Natura Towers</i>9	9
Figura 5: Fachada Sul, do edifício Solar XXI.11	11
Figura 6: <i>Beitou Branch Library</i>12	12
Figura 7: <i>Beitout Library</i> – espaço interior (Razlan, 2015).13	13
Figura 8: <i>Beitout Library</i> – localizações relevantes, adaptado de (Tseng, 2007).13	13
Figura 9: Mapa <i>Gardens by the Bay</i> , adaptado de (Gardens by the Bay, 2016)15	15
Figura 10: <i>Cloud Forest – Gardens by the Bay</i> (Gardens by the Bay, 2016).15	15
Figura 11: <i>Liquid Desiccant Cooling System</i> (adaptado de Buker & Riffat, 2015)17	17
Figura 12: Sistema de eficiência energética (adaptado de Gardens by the Bay, 2016).....17	17
Figura 13: Sensor de presença.19	19
Figura 14:Aquecimento por ganhos diretos (esquerda) e ganhos indiretos (direita), (Adene, 2012).21	21
Figura 15: Funcionamento vãos envidraçados no Inverno, adaptado (Adene, 2012).22	22
Figura 16: Funcionamento vãos envidraçados no Verão, adaptado (Adene, 2012).22	22
Figura 17: Funcionamento ganhos pelo pavimento.....23	23
Figura 18: Parede de Trombe e o seu funcionamento.24	24
Figura 19: Montagem de sistema de arrefecimento passivo, Edifício Solar XXI.25	25
Figura 20: Cobertura verde intensiva (adaptado de ZinCo, Life on Roofs, 2011).26	26
Figura 21: Cobertura verde extensiva (adaptado de ZinCo, Life on Roofs, 2011).27	27
Figura 22: <i>eCube</i> e VEV Vacon 100 HVAC.....30	30
Figura 23: Energia elétrica <i>versus</i> caudal (adaptado de Zeben - Sistemas Eléctricos, 2017).31	31

Figura 24: Evolução (acumulada) do uso de diversas fontes de energia renováveis entre o período 2007 a 2016 em Portugal Continental (DGEG, 2016).....	32
Figura 25: Funcionamento de AQS (adaptado de Durão, 2013).....	34
Figura 26: Material celulósico prensado, <i>pellets</i>	36
Figura 27: Vista aérea da Cantina 3, Campus 2 ESTG-IPLEIRIA e zona de parque (Google <i>Earth</i>).	37
Figura 28: Envidraçados na Cantina 3.....	39
Figura 29: Cortinas (esquerda) e palas de estrutura metálica (direita) - Cantina 3.	40
Figura 30: Montagem de analisadores no quadro elétrico da Cantina 3.	41
Figura 31: Diagrama de carga geral 13 a 20 de janeiro de 2016 – Cantina 3.....	42
Figura 32: Diagrama de carga dia útil – Cantina 3.....	42
Figura 33: Diagrama de carga Sábado e Domingo – Cantina 3	43
Figura 34: Potência máxima fora do vazio, Cantina 3 – 2010 a 2015.....	44
Figura 35: Consumo energético, Cantina 3 - 2010 a 2015	45
Figura 36: Variação da fatura energética na Cantina 3 – 2010 a 2015.....	45
Figura 37: Evolução do preço médio das tarifas de referência de venda a clientes finais, por nível de tensão (ERSE, 2015).....	47
Figura 38: Custos energia ativa referentes a 2015 – Cantina 3	48
Figura 39: Número de refeições – Cantina 3.....	51
Figura 40: Temperatura média na região de Leiria – 2015 (Romeu Paz, s.d.).....	51
Figura 41: Opção de horários Média Tensão – Inverno	53
Figura 42: Opção de horários Média Tensão – Verão.....	53
Figura 43: Desagregação do consumo por equipamento.....	55
Figura 44: Diagrama de carga AVAC, 13 a 20 de janeiro de 2016.....	55
Figura 45: Diagrama carga arcas frigoríficas, 13 a 20 de janeiro de 2016.....	56
Figura 46: Desagregação do consumo por equipamentos, atualizado.....	56

Figura 47: Emissões CO ₂ , ton CO ₂ eq.....	57
Figura 48: Foto termográfica e câmara termográfica	59
Figura 49: Foto termográfica dos vãos envidraçados – Cantina 3	59
Figura 50: Foto termográfica cozinha – Cantina 3	60
Figura 51: Imagem termográfica do forno, fritadeira e máquina de lavar a loiça – Cantina 3	61
Figura 52: Imagem termográfica das camaras frigorificas – Cantina 3	61
Figura 53: Modelo energético para o caso de estudo.	63
Figura 54: Etapas de Análise Energética.	64
Figura 55: Plano proposto, <i>RETScreen Expert</i>	65
Figura 56: Luminária do tipo CFL e fluorescente do tipo T5.	68
Figura 57: Desagregação de consumos - <i>RETScreen Expert</i>	69
Figura 58: Desagregação do consumo energético caso de referência <i>versus</i> caso proposto.....	74
Figura 59: Poupança efetiva/Fluxo de caixa - <i>RETScreen Expert</i>	76
Figura 60: <i>Payback</i> da caldeira de biomassa com variação do preço de compra - <i>pellets</i> (Solius, 2017).....	77
Figura 61: Dados climáticos, Leiria Portugal - <i>RETScreen Expert</i>	78
Figura 62: Poupança efetiva/Fluxo de caixa, Fotovoltaico 3 – <i>Sunny Web Design</i>	78

Lista de Tabelas

Tabela 1: Classes de qualidade, <i>pellets</i> (BiomaSud, 2013)	35
Tabela 2: Área útil da Cantina 3.....	38
Tabela 3: Fator de carga– Cantina 3.....	43
Tabela 4: Variação entre despesas nos anos 2015/2010, 2015/2013 e 2015/2014 – Cantina 3	46
Tabela 5: Encargos de energia elétrica relativos ao mês de Janeiro de 2015 (EDP, 2016).....	48
Tabela 6: Custos energia ativa total para o ano civil de 2015 – Cantina 3.....	49
Tabela 7: Consumos de gás natural e custos referentes ao ano de 2015 – Cantina 3.....	50
Tabela 8: Despesas com a EE, gás natural e ER – Cantina 3, 2015.....	52
Tabela 9: Indicadores energéticos – Cantina 3.....	57
Tabela 10: Localização dos dados climáticos – Cantina 3, <i>RETScreen Expert</i>	65
Tabela 11: Horário de funcionamento por zonas - Cantina 3.....	66
Tabela 12: Equipamento para aquecimento – Cantina 3	66
Tabela 13: Potências de aquecimento e refrigeração - <i>RETScreen Expert</i>	67
Tabela 14: Equipamentos de iluminação instalados – Cantina 3.	67
Tabela 15: Dados de iluminação - <i>RETScreen Expert</i>	68
Tabela 16: Características Técnicas Solar Térmico – PS 2.4H, Baxi Roca.....	69
Tabela 17: Análise energética para o caso de estudo – Cantina 3.....	70
Tabela 18: Características técnicas – Quioto 200 (Zantia, s.d.).....	71
Tabela 19: Custos de aquisição e manutenção dos equipamentos - Caso proposto.	72
Tabela 20: Análise energética para o caso proposto – Cantina 3.....	73
Tabela 21: Preço da energia – Análise da viabilidade económica	75
Tabela 22: Dados de simulação do sistema de caldeira a biomassa.....	75
Tabela 23: Componentes coberturas ajardinada, (Imperialum, 2017), (Argex, 2017).....	79

Chave de Abreviaturas

ADENE - Agência para Energia

AQS - Águas Quentes Sanitárias

AVAC - Aquecimento Ventilação e Ar Condicionado

AT – Alta Tensão

BTE – Baixa Tensão Especial

BTN – Baixa Tensão Normal

CHP - Combined Heating and Power

CO₂ - Dióxido de Carbono

D - Lâmpadas de descarga

DC – Diagrama de Carga

DL - Decreto de Lei

DPI - Densidade de Potência Instalada

DGEG – Direção Geral de Energia e Geologia

EE – Energia Elétrica

ER – Energia Reativa

ERSE - Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos

FCI - Lâmpadas fluorescentes compactas integradas

FER – Fontes de Energias Renováveis

FE – Fator de Emissão

FCNI - Lâmpadas fluorescentes compacta não integradas

FIABCI - Federation Internationale des Administrateurs de Bien-Conselis Immobiliers

FT5 - Lâmpadas fluorescentes tubulares T5

FT8 - Lâmpadas fluorescentes tubulares T8

FTLD - Lâmpadas fluorescentes tubulares TLD

GN - Gás Natural

GEE - Gases Efeito de Estufa

H – Halogéneo

HE - High Efficiency

HO - High Outputlight

IEA - Internacional Energy Agency

IEE - Índice de Eficiência Energética

ITE – Informação Técnica de Edifícios

IM - Lâmpadas de Iodetos Metálicos

INC - Lâmpadas Incandescentes

INE - Instituto Nacional de Estatística

IRC - Índice de Restituição Cromática

LEDs - Light-Emitting Diode

LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil

LFC - Lâmpada Fluorescente Compacta

LU – Longas Utilizações

MT - Média Tensão

MAT – Muito Alta Tensão

NZEB - Nearly Zero Energy Building

n.i – Não Identificado

ORD – Operador da Rede de Distribuição

PCI - Poder Calorífico Inferior

PPEC - Plano de Promoção da Eficiência no Consumo de Energia Elétrica

PRM – Posto de Redução e Medição

PRE - Plano de Racionalização Energética

PRI - Período de Rentabilidade de Investimento

PSF – Proteção Sinalização de Fases

RCCTE - Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios

RECS - Regulamento de Desempenho Energético de Edifícios de Comércio e Serviços

REH - Regulamento de Desempenho Energético de Edifícios de Habitação

RESP - Rede Elétrica de Serviços Públicos

RSECE - Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios

SCE - Sistema Certificação Energética

SEN - Serviço Energético Nacional

SGE - Sistemas de Gestão de Energia

SON - Lâmpadas de vapor de sódio de alta pressão

ton - Tonelada

Tc - Temperatura Cromática

tep - Tonelada Equivalente de Petróleo

TIR - Taxa Interna Rentabilidade

UE - União Europeia

UPP – Unidade de Pequena Produção

UPAC - Unidade Produção Autoconsumo

UTA – Unidade de Tratamento de Ar

VAL - Valor Atual Líquido

VEV – Variador Eletrónico de Velocidade

ZEB - Zero Energy Building

Capítulo 1 - Introdução

Neste primeiro capítulo são apresentados o enquadramento e os objetivos que conduziram à conceção desta dissertação, assim como a sua organização.

1.1 Enquadramento

Os problemas da energia deixaram de ser de âmbito nacional ou regional e passaram a ser encarados de uma forma global. Com políticas adequadas e tempo poder-se-á reduzir a nossa dependência energética ao mesmo tempo reduzir custos operacionais para os cidadãos ou para empresas e, simultaneamente, desenvolver oportunidades de alta tecnologia e de elevado valor acrescentado. “Deixem-me citar o recurso mais escasso de todos: tempo. Estamos a ficar sem tempo. Tempo para combater os impactes das alterações climáticas. Tempo para assegurar um crescimento verde, sustentável e climaticamente resiliente. Tempo para gerar uma revolução de energia limpa... Precisamos dessa revolução. De pensamento revolucionário. De ação revolucionária. Uma revolução de mercados livres para que seja atingida a sustentabilidade à escala mundial” (Secretário-Geral da ONU, Ban Ki-moon, 2011) (UN News Centre, 2011).

Desde o fim do século XX tem-se assistido a uma queda no consumo de petróleo para o desenvolvimento e distribuição de produtos ao contrário daquilo que acontece com uso de energias renováveis para a geração de energia que por sua vez aumentou significativamente, Figura 1 (Eurostat, 2014).

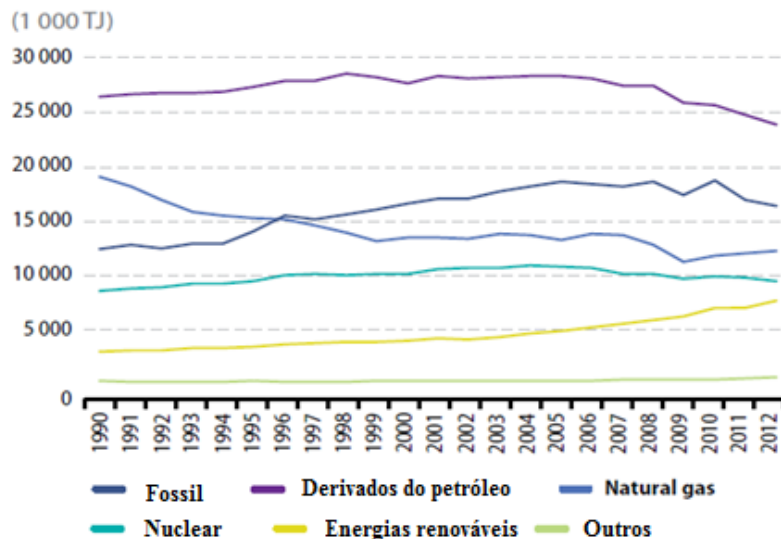


Figura 1: Consumo de energia *inland* Europa dos 28, 1990-2012, adaptado de (Eurostat, 2014).

No fim do sec XX quando o problema do aquecimento global e alterações climáticas foi conhecido globalmente, surgindo a necessidade de desenvolver novas formas de produzir energia. Aliada à

escala do preço do petróleo e consequente aumento dos produtos petrolíferos foram desenvolvidas e melhoradas novas tecnologias que hoje em dia, apesar de ainda haver muito para fazer, contribuem de uma forma expressiva para colmatar diversos problemas energéticos e ao mesmo tempo dar esperança a um futuro mais limpo.

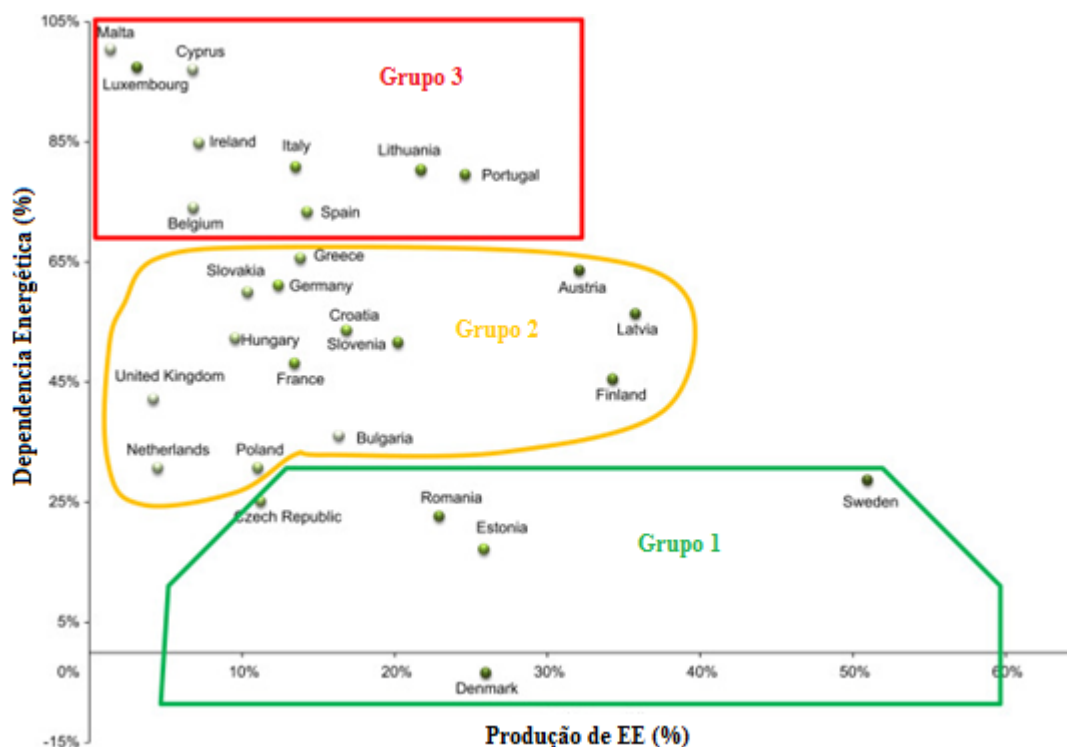


Figura 2: Nível de dependência energética Europeia (adaptado de Pacasila, et al., 2016).

A Figura 2 mostra a divisão por grupos dos vários países Europeus por 3 níveis de dependência energética. No primeiro grupo, com uma dependência energética mais baixa, estão os países: Roménia, Estónia, Suécia, Dinamarca, República Checa. Estes países têm uma dependência energética inferior a 30%.

No segundo grupo: Bulgária, Polónia, Holanda, Reino Unido, França, Eslovénia, Finlândia, Letónia, Áustria Croácia, Hungria, Alemanha, Eslováquia, Grécia, com uma dependência energética entre 30 a 70%.

Com uma necessidade maior de comprar energia produzida no exterior estão: Malta, Chipre, Luxemburgo, Irlanda, Itália, Portugal, Bélgica, Espanha, Lituânia, com uma dependência energética superior a 70%.

No primeiro grupo a Suécia tem uma posição interessante em relação a outros estados. Embora tenha uma elevada quota de produção de energia renovável, 50,97%, ainda há uma dependência energética de 28%. Por outro lado, a Dinamarca, com uma parcela menor de energia renovável (26%) na produção total de energia, consegue cancelar a sua dependência energética e até mesmo

exportar 3,40% da sua energia produzida a nível nacional. A Dinamarca é o único Estado-Membro da UE que atinge tal desempenho.

No segundo grupo acontece um fenómeno interessante. Austria, Letónia e Finlândia têm uma quota maior de produção de energia renovável (entre 32,09% e 35,76%) mas as suas dependências energéticas variam significativamente entre si. Finalmente em relação ao 3º grupo Lituânia e Portugal estão longe dos outros membros da UE com quotas de energia renovável superiores a 20% na produção total de energia. É de notar igualmente que os países pequenos como Malta e Luxemburgo têm uma posição desfavorável, tanto em relação à parcela de energia renovável bastante diminuta (até 3,13%) como na dependência energética categórica (cerca de 100%).

Neste contexto de melhorar a eficiência energética e investir mais na produção de energia através de vias mais ecológicas surge o presente trabalho onde são estudadas ações para a sustentabilidade energética num edifício de comércio e serviços – Cantina/Restaurante.

1.2 Objetivos

Esta dissertação tem como objetivo principal, propor um modelo energético híbrido que promova o aumento da eficiência energética num edifício de confeção de refeições e em particular nos setores de maior consumo energético, nomeadamente a iluminação, produção de Águas Quentes Sanitárias (AQS) e aquecimento, bem como na produção de energia elétrica. A realização destes desideratos passa pela caracterização de uma cantina, que serve como caso de estudo suportado por um novo modelo energético e num contexto de sustentabilidade, para produção de AQS e energia elétrica, tendo como fontes primárias de energia dois tipos de energia renovável: biomassa e solar.

1.3 Organização da Dissertação

A Dissertação tem como primeiro capítulo a introdução, onde se expõem genericamente o enquadramento e os objetivos.

No capítulo 2 é apresentada uma caracterização de alguns edifícios com um desempenho energético elevado, *Nearly Zero Energy Building* (NZEB), alguns dados de consumo energético portugueses e mundiais bem como a apresentação de um enquadramento legislativo na área da energia.

No capítulo 3 é efetuado um levantamento das tecnologias de eficiência energética, identificando-se potenciais medidas de implementação nas unidades de restauração, respetivamente na área da produção de AQS e aquecimento, e produção de energia elétrica.

No capítulo 4 é caracterizada a Cantina 3 do Campus 2 do Instituto Politécnico de Leiria, são caracterizados os consumos energéticos: térmico (gás natural) e elétrico, é feita uma análise de

tarifários disponíveis, são desagregados os vários consumos energéticos por equipamentos, são apresentados diversos indicadores energéticos e por fim é feita uma análise termográfica ao espaço. A análise de consumos é realizada num contexto de auditoria, tendo sido obtidos dados de diagrama de carga referentes ao ano de 2016 no período de 13 a 28 de Janeiro e análises de consumos energéticos e gastos a eles associados no período 2010 a 2015.

No capítulo 5 apresenta-se o modelo energético e propostas de ações para eficiência energética nas partes da produção de AQS, assim como para a produção de eletricidade por biomassa e sistema fotovoltaico com análise da sua viabilidade económica, num contexto de sustentabilidade e eficiência energética no caso de estudo (Cantina 3).

No capítulo 6 encontram-se as conclusões deste trabalho e referem-se as perspetivas de futuro. Por fim são apresentadas as referências bibliográficas e os anexos.

Capítulo 2 - Edifícios com Necessidades Energéticas “Zero”

As cidades são complexas, interligadas e estão continuamente a mudar o ecossistema através de diversos interesses e ambições. Neste momento mais de metade da população mundial é urbana e as projeções estimam que as cidades são responsáveis por cerca de 70% do consumo de energia. Ao mesmo tempo, a tecnologia está correntemente a promover mudanças nas áreas urbanas abordando sempre preocupações como: infraestruturas, saúde, ambiente, energia, educação, gestão ambiental, transporte, mobilidade e segurança pública.

O conceito *Smart Cities* (Cidades Inteligentes) surgiu nos últimos anos para descrever como os investimentos de capital humano e social, infraestruturas modernas e serviços eletrónicos têm alimentado o crescimento sustentável, melhoria na qualidade de vida e na segurança pública através da gestão dos recursos naturais (Lautsen, et al., 2017)

Neste momento a iniciativa das *Smart Cities* apoia principalmente estes 3 aspetos: eficiência de energia em edifícios, redes e fornecimento de energia e transporte e mobilidade.

2.1 *Legislação Energética*

A redução do consumo de energia e eliminação do desperdício energético assumem cada vez mais importância. Os líderes da UE adotaram, em 2007, um objetivo para 2020 que consistia na redução do consumo médio anual de energia em 20%. As medidas em matéria de eficiência energética são cada vez mais reconhecidas como meio para alcançar um aproveitamento de energia sustentável, reduzir as emissões de gases com efeito de estufa, melhorar a segurança do aprovisionamento e reduzir faturas da importação energética. A diretiva relativa à eficiência energética (2012/27/EU) indica que os Estados Membros da UE fixem metas nacionais indicativas em matéria de eficiência energética para 2020, com base no consumo de energia primária ou final. Esta diretiva estabelece igualmente normas vinculativas para os consumidores finais e fornecedores de energia havendo um destaque para diversas áreas/temas: serviços energéticos, cogeração, eficiência energética nos produtos e desempenho energético em edifícios.

Para certificar um edifício como NZEB é necessário avaliar o mesmo segundo diversos critérios que têm de ser verificados e validados.

No âmbito da Diretiva 2010/31/UE, que sucedeu à Diretiva 2002/91/CE, relativa ao desempenho energético dos edifícios, é recomendado aos Estados-Membros da UE a definição das normas mínimas de desempenho energético para edifícios novos e remodelados.

Neste contexto os estados membros publicaram legislação para os sistemas certificação Energética dos Edifícios (SCE), o Decreto-Lei n.º 118/2013 (Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação - REH) e (Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviço - RECS) que sucedeu aos Decreto-Lei n.º 78/2006 (Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior dos Edifícios - SCE), Decreto-Lei n.º 79/2006 (Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios - RSECE) e

Decreto-Lei n.º 80/2006 (Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios - RCCTE). O Decreto-Lei n.º 118/2013 corresponde na prática, à transposição para direito nacional da referida diretiva.

A escolha das soluções de controlo, monitorização e regulação para qualquer edifício de comércio e serviços tem de ser feita em função das exigências operacionais das instalações e do aumento de eficiência energética (DL 118, 2013) em que a escolha base deverá passar pela utilização de equipamentos individuais de funcionamento autónomo para funções básicas de controlo, como a deteção de presença e/ou interação da luz natural, e evoluir progressivamente para a integração em rede, tornando possível a gestão centralizada da instalação. Assim, procurando o nível máximo de eficiência energética e funcionalidade operacional da instalação e permitindo a integração com outros sistemas energéticos e com um sistema global de gestão do edifício (DL 118, 2013).

A performance energética dos edifícios e o consumo global destes (EN 15603, 2013) têm então como pontos-chave o método de medição e o método de cálculo baseado na comparação de consumos energéticos globais e que tem em conta para validação outros fatores como dados meteorológicos, dados internos ou outros dados energéticos (EN 15217, 2008).

2.2 Enquadramento de Edifícios com Necessidades quase Nulas de Energia “NZEB”

Aplicado ao conceito das *Smart Cities* temos como um dos pontos de referência, a eficiência energética em edifícios onde entra a definição de edifícios NZEB (*Nearly Zero Energy Buildings*). Pelo artigo 9º da Diretiva relativa ao Desempenho Energético dos Edifícios, EN15603, introduziu-se o conceito de “Edifícios com necessidades quase nulas de energia”, (European Union, s.d.). Esta diretiva afirma que o mais tardar a 31 de Dezembro de 2020, todos os edifícios novos são edifícios com necessidades quase nulas de energia, e após 31 de Dezembro de 2018, os edifícios novos ocupados e detidos por autoridades públicas tem de ser edifícios com necessidades quase nulas de energia.

Este é o ponto de partida do projeto (European Union, s.d.) que está focado no consumo de energia e nas emissões de CO₂ associadas aos edifícios públicos existentes e na sua reabilitação em direção a NZEB, em virtude do enorme potencial de poupança de energia. Estende-se na região sul e oriental da Europa, integrando 11 parceiros situados em países-alvo e um parceiro exterior. Tem como objetivo central (European Union, s.d.):

- Definir conjuntos de medidas otimizados em termos de custo-benefício com base em tecnologias eficientes e de qualidade garantida, para a renovação do parque imobiliário público em direção a NZEB, normalizado (uniformizado) e adotado por construtores e proprietários de edifícios.

Deste objetivo central advém, três objetivos básicos (European Union, s.d.):

- Estado da arte relativo à avaliação do património imobiliário público, específicas para cada país, através da avaliação consumo de energia e das emissões de CO₂;

- Definir edifícios de referência;
- Desenvolver um quadro comum e uma metodologia harmonizada para a definição de um conceito NZEB para edifícios públicos.

Estes objetivos visam ser alcançados com as seguintes medidas (European Union, s.d.): análise do parque imobiliário público e definição de edifícios de referência, avaliação do *status quo* e análise de oportunidades para a reabilitação de edifícios públicos em redireção a NZEB, análise de custo-benefício dos "pacotes de medidas" para a reabilitação em direção à NZEB, estratégias, diretrizes, comunicação e disseminação.

Estes edifícios, NZEB, são caracterizados por terem adaptado um conjunto de estratégias que podem ser concretizadas no local, *on-site*, ou exterior ao local, *offsite*, para a eficiência energética. São edifícios para o futuro que investem na introdução de estratégias simples de racionalização de energia e que ao mesmo tempo facilitam o trabalho de engenheiros e arquitetos. Têm como objetivo (Pacesila, et al., 2016):

- Zero de energia consumida no local: produção de energia a partir de fontes renováveis em quantidade suficiente para compensar as necessidades anuais;
- Zero de procura de energia à rede elétrica: produção de energia em quantidades suficientes para compensar as necessidades anuais. A energia primária é produzida no local de consumo;
- Zero de emissões: produção de energia "limpa" em quantidade suficiente para compensar a energia adquirida e produzida a partir de fonte convencionais;
- Zero de custo energético: produção e venda de energia em quantidade suficiente para compensar os custos associados à aquisição de energia necessária para funcionamento/utilização do edifício, calculado numa base anual.

Existem diversas questões que necessitam de ser avaliadas quando se fala em eficiência energética. Para ter uma noção mais assertiva sobre o assunto, de acordo com (Marszal, et al., 2011) é necessário conhecer:

- Número de medições: o balanço energético que é feito pode ser influenciado pelo número de medições feito. Por consequente mais que uma unidade de medida pode ser utilizada na definição ou cálculo do mesmo;
- Período do balanço: pode variar desde um período de tempo sazonal como 1 mês ou a um ciclo de vida completo (50 anos por exemplo);
- Tipo de energia usada: de acordo com a norma Europeia para a performance energética de edifícios EN15603 de 2008 substituída pela EN15603 de 2013 o cálculo do *rating* de energia deve obrigatoriamente incluir apenas o aquecimento, desumidificação, arrefecimento, ventilação, humidificação, água quente e iluminação (para edifícios não residenciais);
- Tipo de balanço: este problema é o mais relevante existem dois balanços possíveis. O primeiro tem em conta o uso de energia e a geração de energia renovável enquanto o segundo é influenciado pela energia fornecida ao edifício e alimentação de energia para a rede (Marszal, et al., 2011). O primeiro balanço deve ser tido mais em conta na conceção

do edifício enquanto o segundo é mais focado na fase de monitorização.

O tipo de energia renovável utilizada por NZEB pode ser adquirida/produzida de várias formas. A Figura 3 representa o tipo de possibilidades possíveis de fornecimento/geração de energia renovável (Marszal, et al., 2011) a um edifício. O tipo V referente à compra à rede nacional, para o IV que investe no tipo de tecnologias *off-site* (eólicas), para o III com geração *on-site* provenientes de fontes *off-site* (transporte de recursos necessário, exemplo biomassa), para o II com geração *on-site* (sem necessidade de transporte de recursos) e finalmente do tipo de geração de energia feito no próprio edifício, tipo I.

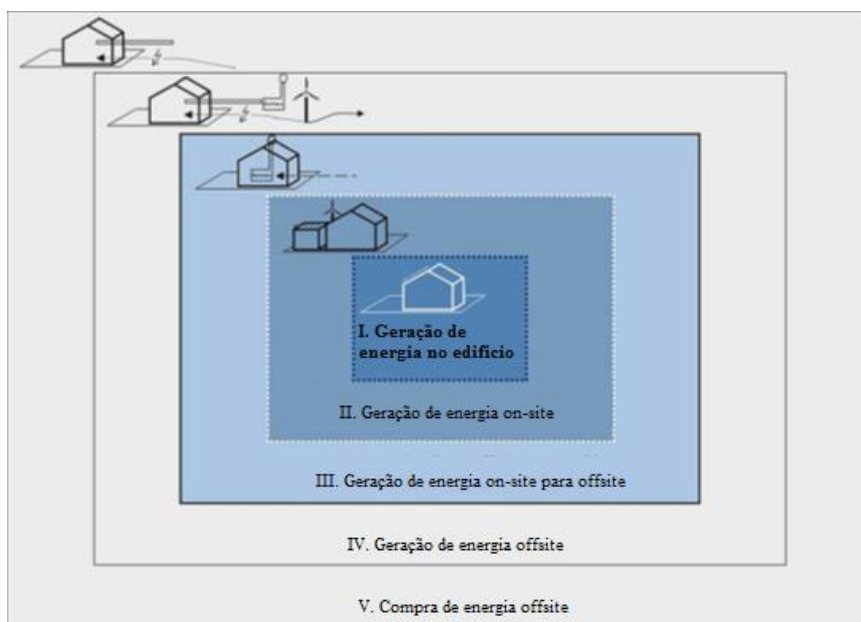


Figura 3: Opções energia renovável (adaptado de Marszal, et al., 2011)

A estas tecnologias *on-site* e *offsite* podem estar aliadas diversas estratégias (escolha de materiais de construção, isolamentos, edificação do prédio/casa, e.g.) que contribuem para um bom equilíbrio energético quando bem implementadas. A Figura 4, (Erhorn & Erhorn-Kluttig, 2014) mostra dois exemplos de edifícios com necessidades energéticas quase nulas.



Figura 4: NZEB - *Horizont-Building Strassen e Natura Towers*.

Outro parâmetro a ter em conta no planeamento de construção de um edifício é o espaço envolvente e o clima da zona. Inspirado na natureza isto é, um sistemas biomimético, as *Natura Towers* são um empreendimento de escritórios localizado em Portugal são também um exemplo a seguir. Cobertas por um revestimento vegetal que muda de aspecto conforme as estações do ano, as *Natura Towers* aproveitam da melhor forma as energias renováveis. Possuem a capacidade de captar e armazenar águas pluviais para posterior utilização e aproveitam a energia solar para aquecimento das águas e iluminação dos espaços comuns (MSF, 2009).

Nos próximos subcapítulos vão ser analisados exemplos de edifícios que tem implementados sistemas e estratégias que permitem aumentar a eficiência energética

2.3 *Edifício Solar XXI*

O projeto do edifício Solar XXI têm características muito especiais, pois na sua génese esteve sempre subjacente a intenção de construir um edifício de serviços destinado a demonstração de atividades relacionadas com a eficiência energética e as energias renováveis e que ao mesmo tempo fosse um edifício de investigação nessas mesmas áreas, como um laboratório. Foi construído de forma a ter uma entrada de energia do exterior bastante diminuta sendo os seus consumos compensados pela o uso de painéis fotovoltaicos, coletores solares, uso de materiais mais eficientes e posicionamento específico.

O Edifício Solar XXI é um edifício com funções de serviços (salas e gabinetes de trabalho) e laboratórios, com uma área total de 1500 m² dividida por 3 pisos, um dos quais semienterrado Apresenta uma distribuição dos espaços interiores onde as salas de ocupação permanente se localizam na frente orientada a Sul, de forma a tirar partido da insolação direta e assim promover ganhos de calor no Inverno. As zonas localizadas a Norte do edifício são ocupadas por espaços laboratoriais e salas para grupos de trabalho cuja ocupação é de carácter menos permanente Na zona central do edifício encontra-se um espaço de circulação e distribuição servido por uma ampla claraboia que ilumina zenitalmente os três pisos, funcionando igualmente para ventilação pois os vãos ao nível da claraboia podem-se abrir para esse efeito. Foi também considerado importante responder positivamente às solicitações do clima de Lisboa, e que as condições de conforto térmico

no seu interior fossem satisfeitas durante todo o ano. O edifício foi assim concebido numa lógica integradora de várias estratégias que no seu conjunto irão determinar o seu comportamento térmico final. Este pressuposto, conduziu desde logo a dois princípios básicos (Gonçalves, 2010)

- Otimização da qualidade da sua envolvente
- Potenciar os ganhos solares no edifício

Foi feita a otimização da qualidade térmica da envolvente, de forma a diminuir as perdas térmicas do edifício no período de Inverno, com a adoção de isolamento térmico adequado na sua envolvente (nas paredes, coberturas e pavimentos). O isolamento foi colocado pelo exterior, aumentando assim a sua “eficiência” uma vez que no período de Inverno mantém a “massa inercial” do edifício no interior e portanto conserva-o “mais quente”; no Verão, constitui uma primeira barreira à onda de calor exterior (Gonçalves, 2010).

A estratégia dominante no projeto foi potenciar os ganhos solares no Inverno e reduzi-los no Verão, o que determinou a sua implantação e o dimensionamento e orientação das áreas de vãos do edifício. Assim, o edifício apresenta uma fachada virada exatamente a Sul que constitui o principal elemento de “captação solar”, sendo que as restantes fachadas apresentam áreas de vãos mais diminutos. Na fachada Sul, Figura 5 foram projetados amplos vãos que interagem diretamente com os gabinetes de ocupação permanente, protegidos com estores de lâminas exteriores reguláveis pelo utilizador. Estes estores são elementos fundamentais em toda a estratégia solar do edifício. Pelo facto de serem reguláveis e orientáveis, o utilizador adequa a entrada de radiação solar e de luz para o seu espaço de trabalho, conseguindo uma otimização da qualidade térmica da envolvente, potenciando os ganhos solares do exterior. Estas medidas traduzem-se numa eficiência e estratégia fundamental para o período de Verão, uma vez que evitam a incidência solar direta nos vãos e, portanto, o aquecimento do interior. Foi ainda projetado a integração de um sistema fotovoltaico com painéis modulares, cobrindo uma superfície total de cerca de 100m em harmonia com os vãos envidraçados. Este sistema foi pensado para que se pudesse aproveitar o calor produzido pelos painéis fotovoltaicos no período de Inverno e, assim, contribuir para o aquecimento do ar ambiente dos gabinetes e espaços contíguos. Um outro sistema passivo integrado neste edifício que permite o arrefecimento do ar a ser injetado no edifício durante o período de Verão. Este sistema foi pensado como solução complementar a uma estratégia global para o período de Verão, onde se inclui uma diminuição dos ganhos solares no edifício associado a um esquema de ventilação natural (Gonçalves, 2010).



Figura 5: Fachada Sul, do edifício Solar XXI.

No projeto foi dada particular atenção às questões de iluminação natural, tendo sido definidos vários sistemas que potenciam a captação da luz natural, nomeadamente um “poço de luz” central no edifício que atravessa os seus 3 pisos e a adoção de superfícies translúcidas no interior (Gonçalves, 2010).

2.4 Biblioteca “Beitou Branch Public Library”

Outro exemplo de um edifício promotor da eficiência energética é a biblioteca pública de Taipei. É a primeira biblioteca designada como edifício *green* construída em Taiwan. Foi planeada em meados de 2002 tendo o projeto sido focado numa expansão de uma biblioteca já edificada. O novo conceito a ser implementado tinha como objetivo vários aspetos nomeadamente materiais, estrutura e sustentabilidade energética.

Após a sua inauguração a 17 de novembro de 2006 recebeu diversas críticas positivas atraindo inúmeros visitantes, recebendo inclusive vários prémios. Em junho de 2007, foi atribuído o prémio ambiental e cultural de Taiwan para imóveis FIABCI, em julho de 2007 foi designada como um edifício de classe diamante no que diz respeito a aos edifícios sustentáveis, a 22 de agosto de 2007 ganhou o grande prémio de qualidade e inovação da cidade de Taipei, a 30 de outubro de 2007

ganhou o *Green Building Design Award* (Tseng, 2007). Todos estes prêmios de inovação, *design* e vista na sustentabilidade atraíram e atraem cada vez mais visitantes.

É dividida em três níveis, Figura 6 incluindo o piso subterrâneo. A área total (terreno) é de $34,797.94 \text{ m}^2$ sendo que o edifício em si ocupa uma área de $802,87 \text{ m}^2$.



Figura 6: *Beitou Branch Library.*

A biblioteca está dividida nas seguintes seções: zona de leitura para crianças, a área de contador de histórias, a área de exibição e zona de áudio e vídeo localizadas no piso subterrâneo. Os serviços de informação, o jornal, a zona de armazenamento de dados informáticos e a área de leitura generalizada estão localizados no primeiro andar. O segundo andar inclui outra zona de leitura generalizada, zona de reuniões e também um pequeno museu de história e coleções.

O plano para cada piso foi feito para apresentar um *design* amigável do ambiente e tornar a leitura acolhedora. Para o leitor se sentir em contato com a natureza estantes, mesas e cadeiras são feitas de madeira, Figura 7.

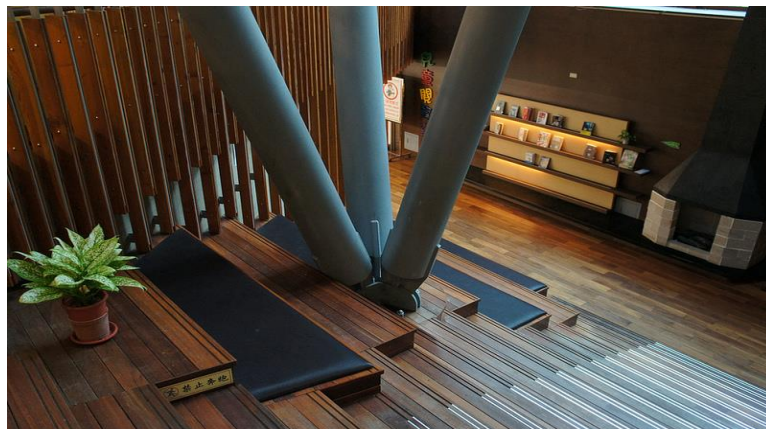


Figura 7: *Beitout Library* – espaço interior (Razlan, 2015).

Existem três estantes em prateleira para oferecer um interior ao ar livre e desimpedido. Prateleiras e cadeiras na sala infantil misturam-se perfeitamente com a estrutura global do edifício de modo a criar um ambiente agradável à leitura. Adjacente, no lado norte, existe uma lagoa de lótus que tem a forma de Taiwan. O telhado é de material leve, as células fotovoltaicas instaladas na superfície do telhado são usadas para gerar uma potência elétrica de até 160 kW (Tseng, 2007).

As “máscaras” de madeira e sombras são usadas para limitar o aquecimento do interior do edifício diminuindo o recurso de uso a ar condicionado. O telhado e as laterais do edifício foram embelezadas com a plantação de plantas capazes de absorver a água da chuva e armazená-la em tanques. A água reciclada pode ser utilizada para regar plantas, lavar casas de banho, ou seja diminuir o consumo de recursos hídricos. Para materiais de construção foram utilizadas madeiras recicláveis e aços de forma a diminuir o desperdício e limitar o impacto negativo sobre o ambiente. Foram usadas, também, tintas recicláveis e o mobiliário desnecessário foi eliminado. A Figura 8 mostra de uma forma global as estratégias e tecnologias usadas pela *Beitout Branch Library*.

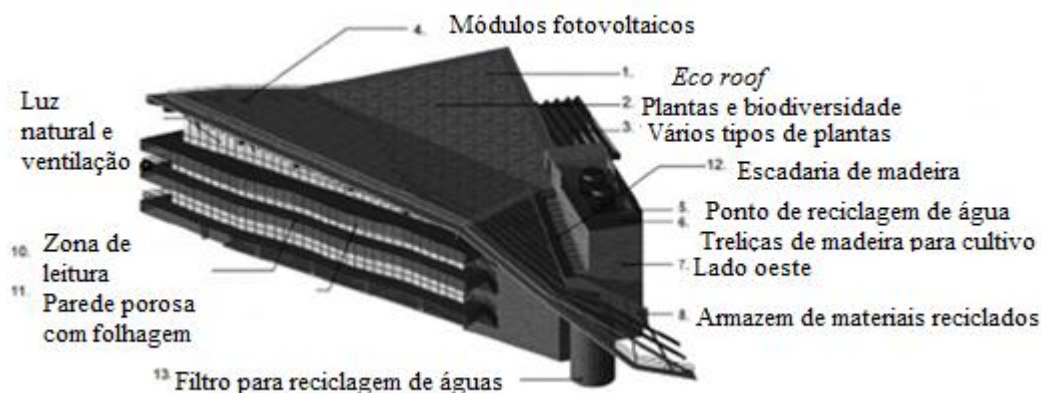


Figura 8: *Beitout Library* – localizações relevantes, adaptado de (Tseng, 2007).

A biblioteca de *Beitou* foi inaugurada a 14 de abril de 1987 (Tseng, 2007). No entanto foi fechada, em Setembro de 1990, por um período de 16 anos pela descoberta que na sua construção tinha sido usada areia do mar.

O projeto de construção foi dividido em duas etapas: planeamento, *design* e construção. O 1º Estágio do projeto consistiu no planeamento com as seguintes etapas em evidência: discussão e comunicação, análise de informação, estabelecimento de princípios e discussão de orçamentos, horários e planos operacionais de trabalho. No 2º Estágio (*design* e construção) foram levantadas 3 questões/temas: “como combinar a ecologia do parque com a história e a cultura num ambiente natural?”, “como reforçar as funções da livraria e a interação de livros, pessoas e ambiente?” e “como sustentar e atingir a meta de conseguir uma *Green Library*?”. As estratégias adotadas de resposta as questões levantadas foram as seguintes: aninhar o edifício na vegetação circundante, alargar o parque para o espaço interior da biblioteca, para que a leitura se tornasse numa “floresta virtual”, simplificar o gerenciamento da biblioteca para a tornar eficiente e atrativa, o espaço interno deve ser aberto e multifuncional, áreas de serviço devem estar agregadas numa secção única, promoção o uso de madeira na construção da estrutura, utilização de matérias-primas ecológicas e instalação de um sistema de energia variado que possa reduzir o consumo de energia durante o horário de funcionamento da biblioteca.

Além da sua vertente ecológica e de poupança energética a biblioteca pública de Taipei pretende ser agradável, confortável e proporcionar um espaço de lazer. Por ser um espaço público necessita da colaboração de todos os que a visitam tal e qual como todos os seus colaboradores, devendo ser ainda ser feito uma consciencialização ambiental de todos os trabalhadores, de forma a permitir uma implementação bem-sucedida de políticas para o estatuto NZEB.

2.5 “*Garden by The Bay*”

Singapura é um dos países mais densamente populosos do mundo, mais de 5 milhões de pessoas vivem numa área menor que a cidade de Nova Iorque. Para dar mais qualidade de vida a um lugar tão pequeno e altamente urbanizado, Singapura faz o cultivo de jardins na cidade. Um dos maiores e mais ambiciosos projetos sustentáveis são os jardins *Garden by the Bay* que incluem 3 jardins que ocupam a área de cento e um hectares, (Gardens by the Bay, 2016). Estes jardins apresentam uma variedade de plantas de todo o mundo que recriam um leque internacional de flora e utilizam sistemas para a eficiência energética que desafiam a engenharia mais ousada. Um dos objetivos chave foi conseguir um sistema integrado de eficiência e sustentabilidade energética em que o consumo não fosse superior a um típico prédio de escritórios. Os Jardins são constituídos por 5 áreas: o *Dragon Fly Lake*, a *Flower Dome*, a *Cloud Forest*, os *Heritage Gardens* e a *SuperTree Grove* (Figura 9).



Figura 9: Mapa Gardens by the Bay, adaptado de (Gardens by the Bay, 2016)

O *Dragon Fly lake* além de ponto turístico é uma fonte rica de vida aquática dos peixes às plantas. Estas plantas desempenham um papel vital na manutenção da quantidade certa de nutrientes do lago, absorvendo o excesso de nitrogénio e fósforo evitando assim a proliferação de algas marinhas. As plantas ajudam a garantir uma melhor qualidade da água, agindo como um eco filtro natural e estratégico.

A *Flower Dome* imita o clima fresco-seco de regiões mediterrânicas como Espanha e Itália ou África do Sul e Califórnia proporcionando aos visitantes um mergulhar num mundo de uma primavera perpétua.

A *Cloud Forest* é um local onde se pode observar a vida de plantas típicas de regiões tropicais. Esta zona é caracterizada por ter uma montanha artificial de 35 metros coberta por vegetação luxuriante, uma cascata no topo da montanha e um ambiente que simula o clima em regiões zonas tropicais acima dos 2000 metros de altitude, Figura 10.



Figura 10: Cloud Forest – Gardens by the Bay (Gardens by the Bay, 2016).

Os *Heritage Gardens* pretendem mostrar a cultura e a história de Singapura através das plantas e biodiversidade local inseridas nos jardins Chineses, Malaios, Indianos e Coloniais.

A *SuperTree Grove* é composta por 18 super árvores que tem como objetivo imitar as árvores mais altas do mundo. Estas tem uma altura entre 25 e 50 metros e na sua envoltória são cobertas por diversos tipos de plantas e vegetação, proporcionam sombra nas horas em que o sol está mais alto e providenciam um espetáculo de cores e luz durante a noite (Gardens by the Bay, 2016). Subjacente ao conceito dos jardins, estão os princípios da sustentabilidade ambiental. Toda a *Gardens by the Bay* foi feita a projetar ciclos sustentáveis de energia e água.

O sistema adaptado no lago incorpora processos e funções chave com inserção de um sistema vivo. Este sistema atua como uma filtragem natural para a água da bacia dos jardins e fornece habitats aquáticos para a biodiversidade, como peixes e libélulas. O sistema de escoamento de água dentro dos jardins é capturado pelo sistema do lago e limpo por plantas aquáticas antes de ser descarregado num reservatório. Esta água recolhida vai ser utilizada na irrigação dos jardins (National Geographic, 2013).

Por ser estar numa zona equatorial, Singapura tem temperaturas bastante elevadas durante todo ano. O grande problema inicial nas cúpulas da *Cloud Forest* e *Flower Dome* era o facto de a infraestrutura projetada para as mesmas apresentar-se por ser uma típica estufa. Durante o dia e nas horas de exposição solar, os vidros que formam a cúpula, por efeito estufa, iriam sobreaquecer o interior aniquilando qualquer hipótese de conseguir temperaturas interiores dentro dos 15-16°C que seriam necessários para a sobrevivência das espécies vegetais típicas de ambientes mais frescos existentes na *Cloud Forest*. Uma das soluções para evitar este problema foi o uso de vidro duplo de alta tecnologia (National Geographic, 2013).

O vidro utilizado tem na sua fabricação como um dos componentes principais o óxido metálico. Adequando a quantidade do óxido metálico utilizado a alguns microns de espessura foi possível adequar a quantidade de luz transmitida para dentro das estufas. Com isto foi possível finalizar a superfície interna do vidro com uma camada de revestimento de baixa emissividade, sendo o vidro transformado numa espécie de espelho. Mas o vidro técnico por si só não foi suficiente para poder regular a temperatura para valores desejados. Foi, também, necessário incorporar chapéus de sol computadorizados que nas horas em que o sol está mais alto são ligados de forma a poder dar sombra ao espaço. Além do vidro e dos guarda sois foi incluído um sistema de arrefecimento (*Liquid Desiccant Cooling System*), Figura 11 (Buker & Riffat, 2015), que desumidifica o ar que contém uma solução concentrada de brometo de lítio dissolvido em água (National Geographic, 2013).

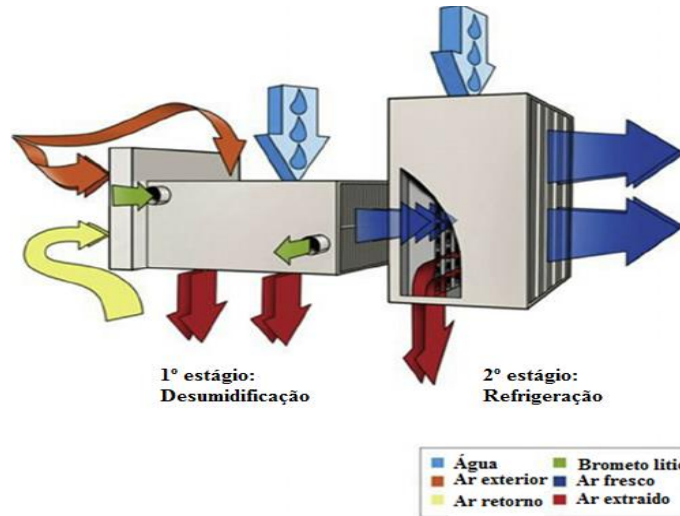


Figura 11: *Liquid Desiccant Cooling System* (adaptado de Buker & Riffat, 2015)

O ar quente e húmido é desumidificado por esta solução e de seguida passa por umas serpentinas de refrigeração. Após refrigerado o ar fresco é bombeado para os locais necessários. O desumidificador é alimentado por um gerador de biomassa que tem como combustível as madeiras da poda e outros tipos de desperdícios vegetais.

A Figura 12 representa todo o sistema para a eficiência energética dos *Gardens by the Bay*.

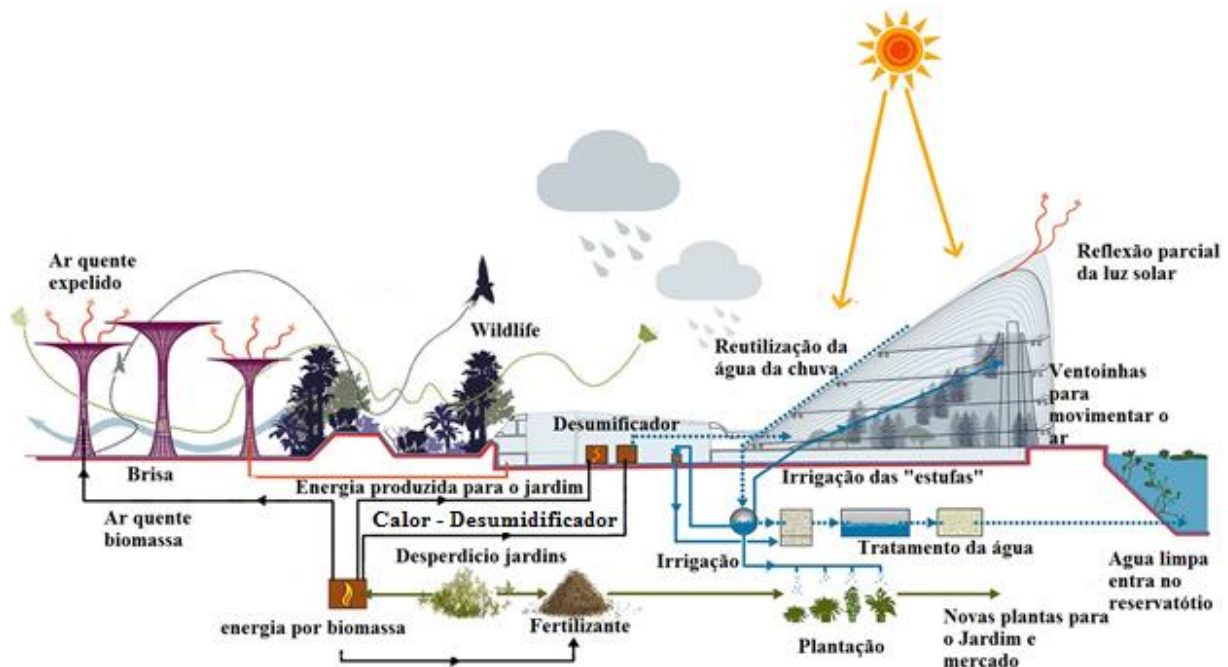


Figura 12: Sistema de eficiência energética (adaptado de Gardens by the Bay, 2016).

Os desperdícios ao serem queimados por caldeiras vão originar vapor que vai movimentar uma turbina e assim produzir eletricidade para alimentar o desumidificador que produz ar fresco para as estufas (National Geographic, 2013). Até o calor perdido da turbina é reciclado, o gerador

direciona-o para um aquecedor que vai produzir mais vapor que vai ser reaproveitado para produzir mais eletricidade (cogeração).

A cinza da madeira resultante da queima é utilizado como fertilizante e em auxílio com a irrigação de água já tratada pelo sistema de tratamento interno ajuda no crescimento e desenvolvimento de novas plantas que iniciam um novo ciclo. Já o ar quente produzido pelo gerador de biomassa vai ser expelido por uma chaminé incorporada dentro das *Super Trees*.

As *Super Trees* foram árvores feitas de betão revestidas de vegetação. A montagem de uma *Super Tree* inicia-se com o posicionamento da fundação e preparação do núcleo que vai assentar toda a estrutura característica da árvore. De salientar que devido ao clima muito húmido da região de Singapura de forma a acelerar toda a construção, usou-se estruturas de cimento pré-fabricado que foram montadas sucessivamente (National Geographic, 2013).

No terceiro passo iniciou-se a montagem com pré-fabricado que deu origem ao tronco logo seguido da montagem e elevação da estrutura que sustenta e deu origem às ramificações artificiais. Após ter a “cabeça” da estrutura montada são inseridos no núcleo da cabeça uma membrana responsável por fazer a iluminação noturna do topo da árvore e várias redes ao longo do tronco que possibilitam o crescimento das várias espécies de heras plantadas posteriormente. Já com a estrutura montada foram inseridas as chaminés dentro das *SuperTrees* sendo de seguida plantadas os vários tipos de vegetação na árvore.

Onze das Super Árvores foram incorporadas com funções ambientalmente sustentáveis. Algumas possuem células fotovoltaicas nas suas copas para recolher energia solar em energia elétrica que posteriormente iluminam as mesmas.

O *Gardens by the Bay* apresenta-se como um sistema muito complexo e completo para a eficiência energética produzindo grande parte da energia que consome, tornando-se um exemplo de autossustentabilidade muito bem conseguido no estrangeiro.

No próximo capítulo é feita uma caracterização de diversos sistemas que impulsionam o aumento da eficiência energética de um edifício e que ao mesmo tempo o tornam mais limpo.

Capítulo 3 - Tecnologias para a Eficiência Energética

Neste capítulo são apresentadas algumas tecnologias que visam uma maior eficiência energética, nas áreas da iluminação, energia térmica, elétrica e por recurso a fontes renováveis (biomassa e sol) ou outras estratégias.

3.1 *Sistemas de Iluminação*

Existem lâmpadas de diferentes tecnologias, umas servindo para fins de iluminação e outras para aplicações especiais, como por exemplo aquecimento, decoração, sinalização. As lâmpadas fluorescentes apresentam um elevado rendimento luminoso e um tempo vida útil longo, que são as suas principais características, portanto, tem duração de 10 a 15 vezes superior à das lâmpadas incandescentes convencionais, e consomem cerca de 15% da energia consumida pelas incandescentes convencionais.

Deve referir-se ainda a importância da escolha das lâmpadas com base na rotulagem energética aplicada ao caso específico das lâmpadas, cujos rótulos incluem, entre outra informação relevante, a respetiva classe de eficiência energética (classe A, mais eficiente, até à classe G, a menos eficiente).

Salienta-se, ainda, que os reguladores de fluxo luminoso não podem ser utilizados em lâmpadas fluorescentes compactas integradas com balastro normal, pois estas possuem um balastro incorporado, o qual não permite a regulação pretendida.

Um outro sistema atualmente muito utilizado para o controlo de iluminação, o que também permite a redução dos consumos energéticos na iluminação, são os detetores de presença, reduzindo o tempo de funcionamento ao estritamente necessário. Os sensores de presença, Figura 13, só funcionam bem se forem devidamente dimensionados, com um adequado posicionamento de modo a atuarem sempre que necessário. A utilização de relógios temporizadores ou sensores crepusculares (célula fotoelétrica) instalados em iluminação exterior permite que a mesma seja apenas ligada quando haja necessidade, evitando-se, assim, consumos de energia elétrica em horas de boa iluminação natural.



Figura 13: Sensor de presença.

Os critérios a serem considerados na escolha adequada de lâmpadas eficientes, consistem na escolha de um equipamento que se adapte às necessidades dos espaços a iluminar, tais como, os

níveis de iluminação (a necessidade da sua regulação consoante a utilização do espaço), Temperatura cromática (Tc), o Índice de Restituição Cromática (IRC) pretendidos e os níveis máximos de densidade de potência da iluminação de 4 (w/m²)/100lux para cozinhas (Távora, 2009).

3.2 *Sistemas Passivos*

Os sistemas passivos são dispositivos construídos e integrados nos edifícios, utilizando a energia proveniente da natureza, com intuito de melhorar o conforto dos seus utilizadores.

As estratégias bioclimáticas variam consoante a estação do ano. Durante o Inverno pretende-se minimizar as perdas por condução e de convecção e maximizar os ganhos solares. Os sistemas passivos podem ter um grande ênfase na maximização dos ganhos solares. Durante o Verão as estratégias bioclimáticas visam na minimização dos ganhos por condução e radiação, maximizar as perdas por condução (ventilação natural, solo) e potenciar o arrefecimento evaporativo, assim como a massa térmica. Quando usados no contexto adequado auxiliam o cumprimento de estratégias implementadas, melhorando os níveis de conforto nos edifícios, reduzindo a necessidade de recorrer a sistemas mecânicos.

3.2.1 *Sistemas de Aquecimento*

Os sistemas de aquecimento passivos, Figura 14, utilizam energia renovável, geralmente proveniente do sol, para aquecer o interior dos edifícios.

Para averiguar a sua eficiência e bom funcionamento, é fundamental abordar o seu comportamento durante todo o ano, devido ao facto de a sua implementação poder trazer benefícios no Inverno e prejuízo no Verão. Os sistemas de aquecimento passivo podem ser classificados de três formas diferentes quanto à sua implementação: de ganhos diretos (envidraçados), ganhos indiretos (parede de Trompe, ganhos pelo pavimento) e ganhos isolados (estufas).

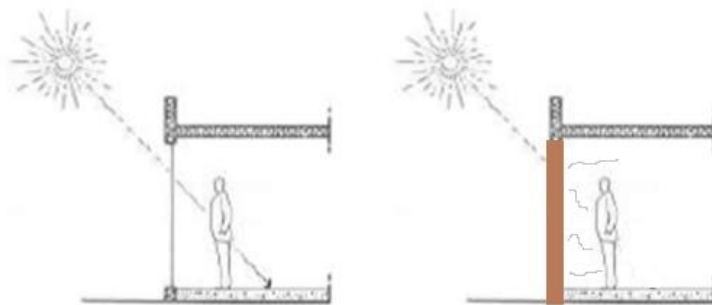


Figura 14: Aquecimento por ganhos diretos (esquerda) e ganhos indiretos (direita), (Adene, 2012).

Os sistemas passivos de ganho direto permitem que seja transferida energia solar para o interior do edifício de uma forma direta, Figura 14.

Já os sistemas de aquecimento passivo por ganhos indiretos permitem que seja transferida energia solar para o interior dos edifícios sem que esta entre diretamente nele, Figura 14. Nestes sistemas a massa térmica é utilizada como barreira de separação entre a superfície de ganho e o espaço a aquecer, absorvendo a energia solar nela incidida, transferindo-a para o espaço interior a aquecer. A transferência de calor pode ser desfasada ou imediata, de acordo com a estratégia adotada de circulação por parte do utilizador. Os sistemas passivos por ganho indireto devem incluir elementos de sombreamento que devem ser desativados durante o Inverno e ativados no Verão para evitar o sobreaquecimento (Frazão & Pedrosa, 2014).

Vãos Envidraçados

Consiste na implementação de vãos envidraçados nas fachadas com um maior número de horas de incidência solar de forma a possibilitar a entrada da luminosidade natural e promover o aquecimento do espaço. Existem duas situações distintas para duas épocas do ano diferentes, Inverno, Figura 15, e Verão Figura 16.

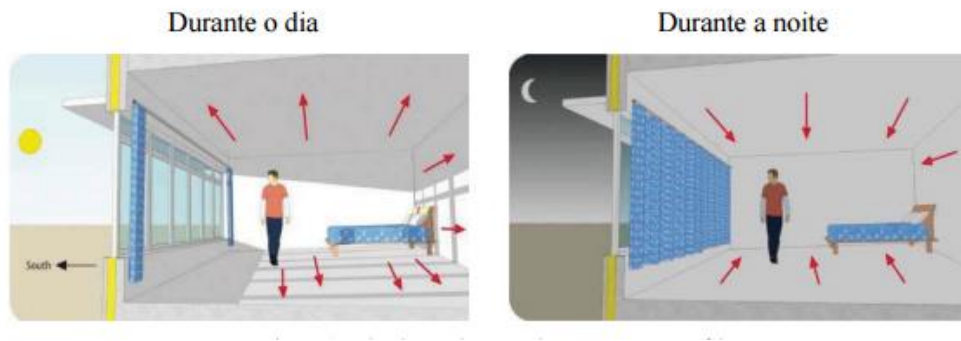


Figura 15: Funcionamento vãos envidraçados no Inverno, adaptado (Adene, 2012).

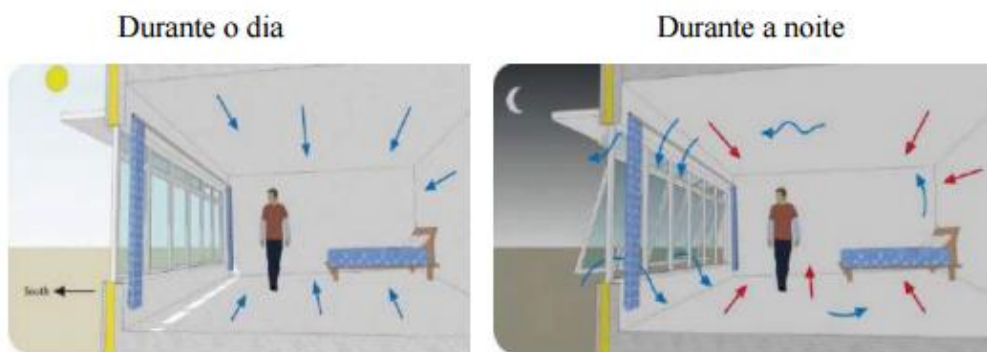


Figura 16: Funcionamento vãos envidraçados no Verão, adaptado (Adene, 2012).

Como se pode ver, a incidência de radiação solar através do vão envidraçado para o interior do compartimento promove o aquecimento durante o dia, sendo a energia solar “armazenada” através da absorção pela inércia térmica dos materiais que constitui as paredes e lajes. Durante a noite a energia acumulada (calor) nos elementos construtivos é libertada.

No entanto, no Verão, os vãos envidraçados necessitam de ser protegidos, por meio de sombreamento (ex. palas) de forma a reduzir os ganhos solares internos, evitando assim o sobreaquecimento interior, como também a uma diminuição de gastos de energia para arrefecimento interior.

Ganhos pelo Pavimento

Este tipo de ganhos, Figura 17, é caracterizado pela presença de um elemento acumulador, normalmente um reservatório de pedras ou água, que está disposto por baixo do pavimento do

espaço a climatizar. Na fachada orientada para Sul é colocado um sistema de captação solar, com um vidro exterior para criar efeito de estufa.

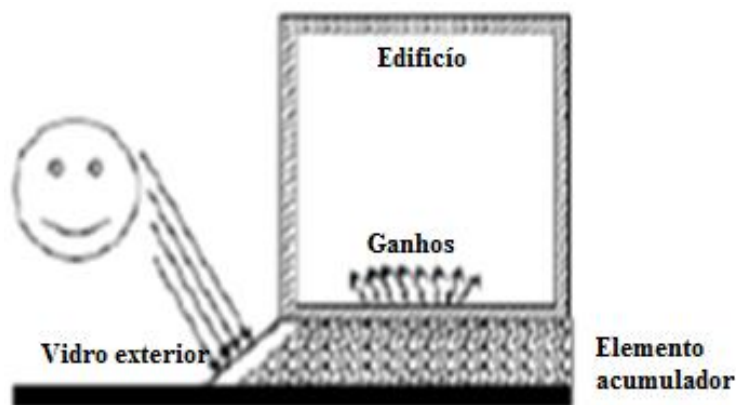


Figura 17: Funcionamento ganhos pelo pavimento.

A energia solar é transferida da superfície de captação para o ambiente interior ou diretamente do solo por condução e radiação de onda longa, produzindo-se um relativo atraso e amortecimento da oscilação da temperatura. É possível melhorar o rendimento e controlo do sistema, se for montado um circuito de convecção forçada, forçando a passar o ar pelo reservatório de pedras, onde é aquecido e posteriormente transferido para o ambiente interior por aberturas reguláveis (Frazão & Pedrosa, 2014)

Parede de Trombe

A parede de Trombe consiste num sistema de acumulação de calor por convecção e radiação, composto por um vão envidraçado e uma parede maciça com uma espessura entre 10-30cm, com pequenas aberturas (orifícios de termo acumulação) na parte superior e inferior para o interior, de cor escura para aumentar a captura de energia solar incidente.

No Inverno, durante o dia os orifícios termo acumuladores devem estar abertos e durante a noite é conveniente fechar os orifícios dos termoacumuladores para preservar o calor dentro do espaço interior. No Verão, para evitar o sobreaquecimento, durante o dia os orifícios devem estar fechados e devem ser abertos durante a noite para arrefecer a parede. O vão envidraçado permite a sua captura e aquecimento, impedindo as perdas para o exterior e a parede maciça armazena a energia solar.

Na Figura 18 é apresentada uma parede de Trombe e o funcionamento da mesma (Frazão & Pedrosa, 2014).



Figura 18: Parede de Trombe e o seu funcionamento.

Estes elementos permitem criar um efeito de estufa entre eles, podendo atingir elevadas temperaturas, entre os 30-60°C. A energia capturada é posteriormente transferida para o interior de edifício através das pequenas aberturas na parede maciça por ação da ventilação natural. É particularmente útil nas estações frias e funciona como radiador gratuito.

Estufas

Nos sistemas de ganho isolado, a captação dos ganhos solares e o armazenamento da energia captada não se encontram nas áreas ocupadas dos edifícios, pelo que operam independentemente do edifício. Os espaços estufa são exemplos deste sistema e utilizam a combinação dos efeitos de ganho direto e indireto. A energia solar é transmitida ao espaço adjacente à estufa por condução através da parede de armazenamento que os separa e ainda por convecção, no caso de existirem orifícios que permitem a circulação de ar (Frazão & Pedrosa, 2014).

3.2.2 Sistemas de Arrefecimento

Os sistemas de arrefecimento passivo têm principal ênfase no Verão, pois é nesta altura do ano que há necessidades de arrefecimento dos edifícios. Existe uma necessidade de minimizar os ganhos energéticos. Na conceção dos sistemas de arrefecimento passivo é necessário considerar uma vantagem da posição do sol durante o Verão. Este encontra-se numa posição mais alta, o que reduz a sua entrada em vãos orientados para Sul.

O conceito de arrefecimento passivo já tem vindo a ser adotado em métodos arquitetónicos mais rudimentares, ganhando maior ênfase em métodos mais sofisticados. As técnicas de arrefecimento passivo tanto podem ser implementadas na fase de projeto, como após a sua construção. No dimensionamento de sistemas de arrefecimento passivo, o principal fator a considerar é o ângulo de incidência dos raios solares, pois quando menor for o ângulo de incidência, mais facilmente a radiação solar penetra nos vãos envidraçados, (Frazão & Pedrosa, 2014).

Ventilação por Arrefecimento pelo Solo

Ventilar um espaço é uma forma de melhorar o conforto térmico que se caracteriza por fazer movimentar o ar. A ventilação natural e, sobretudo, a ventilação noturna permitirá uma gestão das cargas internas do edifício, fundamental para a boa prestação térmica do mesmo. No edifício Solar

XXI foram desenhados sistemas que possibilitam ao utilizador a gestão individual da sua sala ou gabinete em termos de ventilação transversal. Quanto ao sistema de arrefecimento pelo solo aplicado, que constitui a inovação maior no conjunto de estratégias de arrefecimento idealizadas para este edifício, a ideia fundamental resulta do solo apresentar temperaturas (terra) no período de Verão que variam entre os 16-18°C, enquanto a temperatura do ar pode subir até aos 35°C (Gonçalves, 2010).

Existe, assim, um potencial de frio no solo (fonte fria) muito interessante para arrefecer o ar que será injetado no interior do edifício, sempre que estejam reunidas as condições para tal. A montagem deste sistema, Figura 19, consistiu na colocação de 32 tubos de manilhas de cimento (com um diâmetro de 30 cm) enterradas a 4,6 m, e que constituem o “permutador de calor” que permitirá a “transferência de calor” do ar com a fonte fria (terra) e, assim, arrefecer o ar a injetar no edifício. De referir que a escolha das manilhas corresponde a uma opção de utilizar um material de grande condutibilidade e assim facilitar as “trocas” de calor. A entrada de ar é feita a partir de um poço de alimentação, construído a cerca de 15 metros do edifício. Estes tubos entram no edifício pelo piso enterrado, e nesta situação, já se utilizou tubagem em PVC, uma vez que já não se coloca a questão da transferência de calor. O percurso da tubagem sobe na vertical pelas coretes centrais do edifício (tubos metálicos tipo “spiro”), efetuando-se a distribuição do ar diretamente e individualmente nas salas do piso térreo e do piso 1 (Gonçalves, 2010). Cada sala recebe dois tubos e respetivas saídas de ventilação, que o utilizador poderá controlar em termos de abertura e fecho.

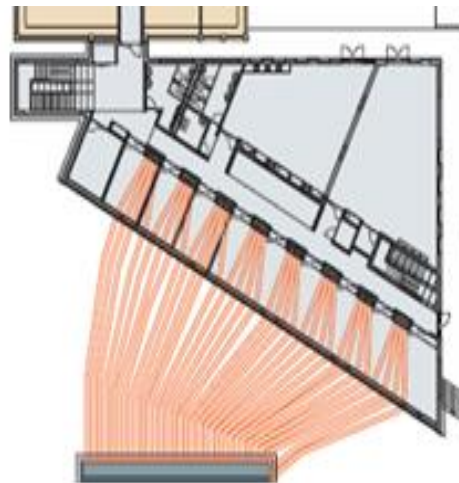


Figura 19: Montagem de sistema de arrefecimento passivo, Edifício Solar XXI.

A gestão funcional deste sistema dependerá muito do comportamento global do edifício em termos térmicos e dos utilizadores.

Green Roofs

Coberturas verdes ou *Green Roofs* é um conceito que está a ser bastante implementado e que se caracteriza por ter uma importância e impacto cada vez maiores (Palha, et al., 2016). É uma técnica

de refrigeração passiva que diminui a radiação solar que chega ao edifício. Existem duas categorias gerais: intensivas e extensivas.

As coberturas verdes intensivas são as mais semelhantes a um jardim, podendo suportar espécies vegetais de grande porte, como árvores e arbustos. Na maior parte dos casos são jardins públicos, podendo ser acondicionadas com elementos decorativos característicos de um jardim, bancos ou candeieiros. Requerem uma manutenção exaustiva, desde irrigação e poda. Por ser possível implementar espécies de maior porte, a camada de substrato pode ter de variar entre os 10 cm e o 1,20 m (Frazão & Pedrosa, 2014). Não são exequíveis em telhados inclinados devido ao risco de deslizamento. As características gerais para *Greenroofs* do tipo intensivo são (Frazão & Pedrosa, 2014):

- Profundidades maiores;
- Maior carga no telhado;
- Diversas opções de tipo de plantas;
- Pouca manutenção, adubagem e irrigação.



Figura 20: Cobertura verde intensiva (adaptado de ZinCo, Life on Roofs, 2011).

Na construção do edifício foi construída uma membrana de proteção do telhado (6 e 7). Após o edifício estar preparado foi necessário inserir uma película especial que vai servir de barreira ao crescimento das raízes das árvores (*Root barrier*) (5), de seguida foi introduzido um componente responsável pela drenagem da água em excesso (*Floradrain*) (4) e montada mais uma película que vai ser responsável pela filtração da água (*Filter Sheet SF*) (3). Após a montagem destes componentes pode ser introduzida a camada de substrato equilibrada em minerais e outros

elementos que vão fornecer os nutrientes necessários para o crescimento da vegetação (2) e plantar as diversas espécies vegetais (1) (ZinCo, Life on Roofs, 2011).

As coberturas ajardinadas do tipo extensivo tem um tipo de construção que pretende principalmente atenuar os efeitos das águas pluviais na rede pública. São utilizadas espécies rústicas e rasteiras, como ervas ou vegetações que não necessitem de cuidado e manutenção regular. O substrato varia entre 6 a 20 cm e pode ser utilizado em coberturas inclinadas até 45°, desde que seja construída uma malha estrutural para impedir que o solo deslize. A Figura 21 representa uma célula de uma cobertura extensiva. As características gerais das *Green Roofs* do tipo extensivo são (Frazão & Pedrosa, 2014):

- Profundidades baixas;
- Pouca carga exercida no telhado;
- Opções para plantação de espécies vegetais mais restringida;
- Pouca manutenção, adubagem e irrigação;
- Menos dispendiosos que os intensivos.

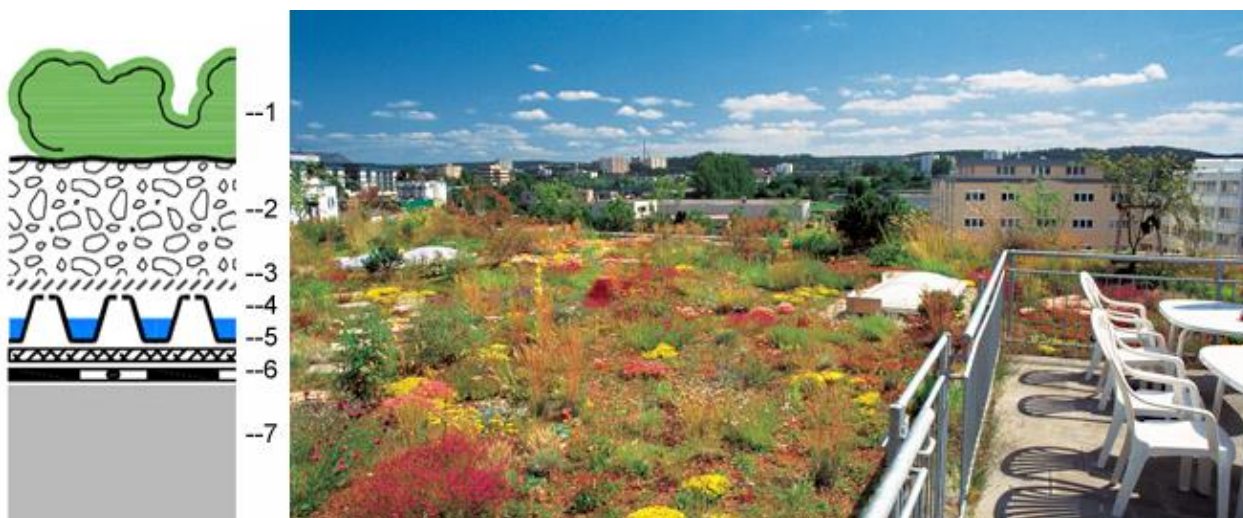


Figura 21: Cobertura verde extensiva (adaptado de ZinCo, Life on Roofs, 2011).

Tal como nas coberturas verdes intensivas, nas extensivas, também têm de ser construída uma membrana de proteção no telhado (7). É inserida uma película que vai barrar o crescimento das raízes da vegetação (6), uma outra película responsável pela proteção do *Green Roof* (5) e em seguida o posicionamento do *Floradrain* (4). Deve ser montada mais uma película responsável

pela filtragem de água (*Filter Sheet*) e finalmente colocado composto o substrato e feita a plantação da vegetação rasteira (ZinCo, Life on Roofs, 2011).

A drenagem constitui um elemento importante na preservação e durabilidade das coberturas ajardinadas e dos jardins. Uma boa escolha do tipo de argila a utilizar permite evitar problemas futuros que possam comprometer a drenagem da água da chuva.

A Argex (Argex, 2017), produto nacional, é uma argila expandida, natural e porosa que não se decompõe nem apodrece, é leve e é capaz de armazenar uma determinada quantidade de humidade que se vai libertando lentamente. A sua utilização permite um escoamento rápido do excesso de água, devido aos pequenos espaços existentes. São por isso indicadas para aplicação em tipos de coberturas ajardinadas.

Em resumo, os *Green Roofs* podem apresentar as seguintes vantagens (Raimondo, et al., 2015):

- Melhorias estéticas: estratégia simples e eficaz para embelezar o ambiente construído aumentando a oportunidade de investimento;
- Diminuição de resíduos: prolongando a vida das membranas impermeabilizadoras reduzindo o desperdício associado, utilização de materiais reciclados, diminui/elimina a utilização de outros sistemas de arrefecimento e assim diminui os resíduos associados a esses aparelhos;
- Gestão de águas pluviais: a água é armazenada no substrato sendo utilizada para irrigação da vegetação, em dias de chuva intensa o escoamento de águas para os esgotos diminui diminuindo a pressão sobre estes;
- Moderação do efeito das ilhas de calor urbano;
- Melhoria da qualidade do ar: Filtragem de gases tóxicos, diminuição do CO₂;
- Integração em diversos tipos de espaços: Comércio, lazer;
- Aumento da biodiversidade;
- Diminuição do perigo de incêndio;
- Diminuição do ruído;
- Melhoria da saúde e bem estar.

As coberturas verdes ou *Green Roofs* são uma boa estratégia de sistema passivo de arrefecimento, controlo das temperaturas interiores dos edifícios já existentes, promovendo também a captura de CO₂.

3.3 *Dispositivos de Controlo: eCube e Variadores Eletrónicos de Velocidade*

Existem tecnologias específicas para melhorar a eficiência energética que são usadas em apenas determinadas situações como por exemplo no controlo de temperatura, caudais ou potências.

A imposição de valores limite a certas variáveis específicas de cada equipamento pode diminuir bastante o desperdício energético de alguns equipamentos e assim proporcionar uma maior poupança.

No caso da conservação de alimentos através de arcas frigoríficas na indústria alimentar foi desenvolvido um dispositivo que simula a inércia dos alimentos, o *eCube* Figura 22 (esquerda).

O *eCube* é uma invenção Britânica patenteada em todo o Mundo, utilizada como simulador de alimentos e essencialmente como dispositivo de observação e controlo de temperatura automatizado, permitindo uma leitura correta da temperatura e uma poupança entre 10-30% na energia consumida e reduzindo até 60% o número de ciclos de temperatura dos sistemas de frio. O *eCube* esteve entre várias medidas do PPEC 2009/2010 (Plano de Promoção da Eficiência no Consumo de Energia Elétrica), contemplando a aplicação de 23.000 unidades, repartidas pelos vários sectores de atividade, onde a refrigeração representa uma percentagem considerável do consumo energético (EnerEfficiency, 2014).

Historicamente, os sensores são usados para monitorizar e/ou controlar a refrigeração, medindo a temperatura do ar circulante. No entanto a temperatura do ar varia drasticamente, com a utilização, e dá uma indicação deficiente da temperatura real do alimento. O *eCube* trabalha simulando a temperatura do alimento refrigerado através de um gel simulador da inércia térmica dos alimentos. Colocando a sonda de controlo de temperatura do equipamento de refrigeração dentro do *eCube* é fornecida a temperatura do gel que é respetiva á temperatura simulada dos alimentos o que reduz significativamente a frequência de ciclos de refrigeração, na ordem dos 60%. A leitura correta da temperatura a que os alimentos se encontram, reduz a necessidade de arranque do sistema de frio, dando assim origem a uma redução de consumo de energia elétrica, podendo chegar a uma poupança, que varia entre os 10-30% (conforme o equipamento).

As vantagens (EnerEfficiency, 2014) desta tecnologia são então:

- Estabilizar variações de temperatura
- Poupança de energia em pelo menos 10%
- Menos uso e desgaste de equipamento
- Diminuição de avarias
- Manutenção mais acessível
- Menos ruído
- Aumento do tempo de vida do equipamento
- Diminuição do CO₂ emitido

Existem 3 tipos de tamanho de *eCubes*, de 50x50x25 mm, de 92x50x25 mm e de 136x50x25 mm. Estes tamanhos devem ser usados de acordo com o tipo de sonda que se tem instalado na camara/arca frigorifica de forma a maximizar a eficiência do dispositivo (EnerEfficiency, 2014). Outro dispositivo que pode contribuir bastante para a eficiencia energética são os variadores electrónicos de velocidade (VEV), Figura 22 (direita). A partir da variação da frequência eléctrica já há muito que são usados para fazer acelerações controladas dos motores, normalmente por necessidade do processo. Nestes últimos anos o seu volume de vendas e de instalações deu um salto quantitativo, associado essencialmente a dois factores: a aplicação com objectivo de poupança energética e a baixa do seu preço também resultado da procura.



Figura 22: eCube e VEV Vacon 100 HVAC.

Este sistema funciona através da otimização da potência eléctrica pedida à rede com a carga imposta ao veio do motor. É um controlo realizado de modo contínuo e permanente desde o seu arranque ao funcionamento em regime normal, passando pelo ajuste otimizado nas situações de regime transitório (Critical Kinetics, s.d.).

Esta tecnologia também pode ser utilizada em sistemas de climatização, pois estes dispositivos têm integrados na sua constituição ventiladores, bombas ou compressores aos quais podem ser instalados VEV. Nas bombas e ventiladores utilizar um VEV para controlar a saída de um ventilador ou de uma bomba, ao invés de usar redutores, palhetas, válvulas ou controlo *on/off* pode

trazer grandes poupanças de energia, se a saída necessária for inferior à nominal, na maior parte do tempo de operação.

O variador de velocidade controla a velocidade da bomba e ventilador, alterando a energia elétrica fornecida, ao invés dos redutores de fluxo. A Figura 23 exemplifica o consumo de energia elétrica com e sem variador eletrônico de velocidade.

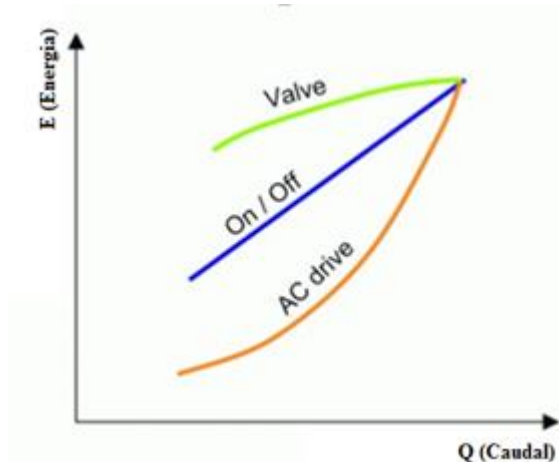


Figura 23: Energia elétrica versus caudal (adaptado de Zeben - Sistemas Eléctricos, 2017).

É possível observar que o VEV (a laranja) em termos de poupança energética ganha sempre aos outros dois cenários representados, sem VEV (a verde) ou com válvula de controlo *On/Off* (a azul). Em termos de vantagens dos VEV podem-se enumerar: poupanças de energia, operações mais suaves, controlo de aceleração, não é necessário compensação do fator de potência, ajuste taxa de produção, controlo de binário e tensão e menor manutenção devido à redução do stress mecânico (Zeben - Sistemas Eléctricos, 2017).

3.4 Energias Renováveis

As energias renováveis são recursos naturais, capazes de se regenerarem num curto espaço de tempo e de um modo sustentável. O calor da terra, biomassa, movimento das marés e das ondas, o vento, o sol e a água são exemplos de fontes renováveis de energia.

A Figura 24 representa a evolução no período 2007 a 2016 do consumo das diversas fontes de energia renovável utilizadas em Portugal

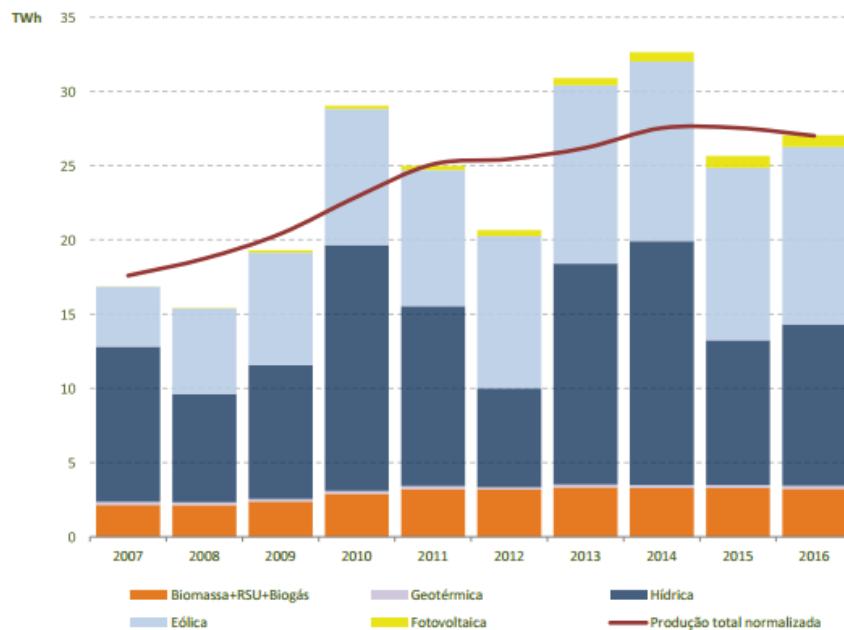


Figura 24: Evolução (acumulada) do uso de diversas fontes de energia renováveis entre o período 2007 a 2016 em Portugal Continental (DGEG, 2016)

Pode-se constatar que no geral houve um aumento da utilização destas energias. Em relação ao ano de, 2015, houve uma subida de 5,5%, na produção de origem FER tendo a hídrica aumentado 11,3%. As energias que alcançam um nível de produção maior são a hídrica, a eólica logo seguida da biomassa (DGEG, 2016).

A potência instalada em Portugal no ano de 2014 (Anexo A), por tecnologia, é superior nas regiões Norte, 5.978 MW e Centro, 3.844 MW pois existe um maior número de opções hídricas e um maior número de horas de vento nestas regiões. Estas subiram para valores em 2016 de 6.359 MW - Norte e 4.000 MW - Centro.

Com as necessidades de reduzir os encargos e o consumo de combustíveis fósseis a utilização de fontes de energia renováveis é uma mais-valia para o ambiente. A utilização de tecnologias de obtenção de energia a partir do sol (fotovoltaica e solar térmica) já não são de agora, mas o crescimento tecnológico cada vez mais proporciona o aparecimento de novos desafios que revolucionam tecnologias já existentes.

O Decreto-Lei nº 153/2014 faz a divisão entre a produção de energia em Unidade de Produção de Auto Consumo (UPAC) e a produção de energia em Unidade de Pequena Produção (UPP) recorrendo como fonte uma ou mais energias renováveis. A UPAC é destinada à produção de energia elétrica para autoconsumo com a possibilidade de fornecimento do excedente à rede (venda

de energia em leilão), permite a utilização de uma ou mais fontes renováveis com ou sem ligação à Rede Elétrica de Serviço Público (RESP) com injeção de energia.

O processo de licenciamento é feito tendo em conta 3 hipóteses possíveis: entre 200 W e 1,5 kW feito com uma comunicação prévia, de 1,5 kW e 1 MW é necessário um certificado de exploração e superior a 1 MW necessária uma licença de produção e exploração.

As UPP visam a produção de energia a partir de uma fonte renovável e a injeção da totalidade da energia elétrica à RESP. A pequena produção mantém os traços gerais estabelecidos pelos antigos diplomas de microprodução e passa num enquadramento legal único, potência instalada inferior à potência contratada.

O processo de licenciamento de uma UPP passa pelos seguintes estágios: Inscrição do pré-registo, pagamento da taxa de inscrição à DGEG, participação no leilão, atribuição de tarifa, instalação da UPP, pedido de inspeção, inspeção e pedido de certificado de exploração, certificado de exploração definitivo, contrato para a venda da totalidade da energia e ligação da UPP à rede.

A tecnologia fotovoltaica é das que consiste na geração de energia elétrica a partir da radiação solar, quer seja radiação direta ou difusa. Para o efeito são usados módulos compostos por semicondutores, sendo os de silício os mais comuns uma vez que é um componente bastante abundante na natureza. Contudo, o custo da sua purificação é bastante elevado e acarreta elevados gastos de energia.

Nos dias de hoje, os painéis fotovoltaicos são uma aposta economicamente viável em locais isolados da rede elétrica e que possuam muita boa exposição solar. A colocação e integração de painéis fotovoltaicos em edifícios, quer sobre a cobertura, quer como elementos arquitetónicos, possibilita baixar os custos da energia consumida, uma vez que os painéis podem passar a substituir a cobertura ou outros elementos dos edifícios. Atualmente, a indústria de produção de células fotovoltaicas é dominada por grandes companhias internacionais, incluindo companhias de serviços e petrolíferas, existindo programas a nível nacional e internacional para desenvolver e promover a tecnologia fotovoltaica. A médio e longo prazo, as possibilidades para a geração de energia em larga escala, a partir de sistemas solares fotovoltaicos, consideram-se bastante promissoras (Mauthener, 2014). Os sistemas fotovoltaicos provocam um impacto ambiental menor que qualquer outro sistema de produção renovável ou não renovável. Esta tecnologia não polui e não emite gases com efeito estufa, assim, é uma forma de produção de energia elétrica não poluente; se forem excluídos os impactos ambientais provocados no processo de fabrico e destruição das células após o fim de vida útil.

Outro tipo de energia com origem no calor do sol é a energia solar térmica. Esta é a energia proveniente do sol com a finalidade de se transformar em calor, tendo principal uso o aquecimento de águas. Esta tecnologia é composta por um painel solar e normalmente por um depósito.

O princípio de funcionamento do sistema solar térmico, Figura 25, é bastante simples: a radiação solar que incide sobre a cobertura de vidro, que compõe a parte superior do painel, transfere-se sob a forma de calor para o fluido circulante no interior dos tubos que constituem o painel. Esse fluido após sofrer o aquecimento, circula em circuito fechado e transfere o calor através da serpentina do depósito para a água aí acumulada, aquecendo-a. A circulação do fluido é gerida e

controlada pelo regulador solar e pelo grupo de circulação, em função das temperaturas registadas na sua medição (Durão, 2013).

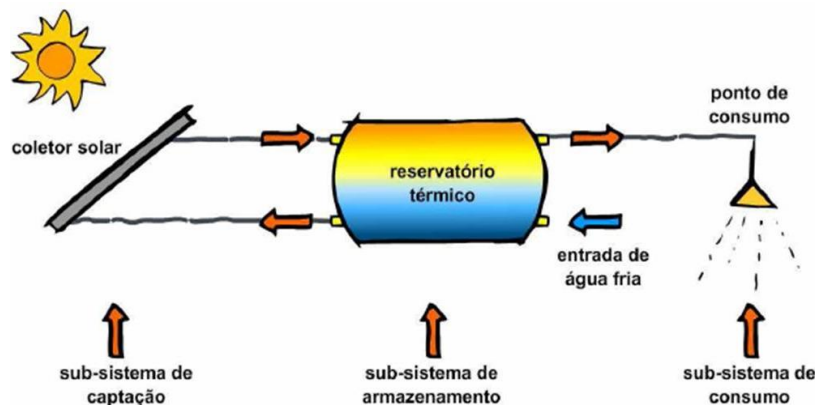


Figura 25: Funcionamento de AQS (adaptado de Durão, 2013).

A produção de energia elétrica a partir de bio desperdícios também é algo que se tem destacado muito. Os geradores de biomassa são cada vez mais populares pois pela queima desses desperdícios conseguem-se transformar o calor em energia elétrica que vai ser aproveitada nas mais diversas aplicações.

A biomassa por definição considera-se que é uma fonte de energia renovável e abundante, com um elevado potencial energético, limpo, composto por matéria orgânica, de origem não fóssil.

A biomassa passa por um ciclo neutro de emissões de carbono, uma vez que a combustão e a decomposição da biomassa provocam inevitavelmente emissões de CO₂, mas são correspondentes à absorção de carbono durante o crescimento das plantas que lhe dão origem. Desta forma considera-se um ciclo neutro, já que vai libertar carbono que já foi capturado e que vai ser capturado de novo (OCED/IEA, 2007). Nos últimos anos, a utilização de biomassa aumentou consideravelmente no âmbito da geração de calor e energia elétrica. Este desenvolvimento dá-se devido ao aumento dos preços dos combustíveis fósseis, como o petróleo e o carvão, tornando a matéria orgânica economicamente competitiva e conferindo uma nova perspetiva do impacto do homem sobre o meio ambiente.

A biomassa foi a grande fonte de energia até à revolução industrial e atualmente ainda corresponde a cerca de 14% do consumo global de energia (IEA, 2012).

O aproveitamento deste recurso deverá constituir uma das prioridades de uma política energética, sobretudo em sociedades que não dispõem de combustíveis fósseis. No futuro, a biomassa poderá proporcionar um fornecimento de energia sustentável a custo reduzido, proporcionando aos diferentes países uma redução de emissões dos gases com efeito de estufa. A Tabela 1 faz referência ao tipo de classes que existem para a biomassa para os diversos tipos de combustíveis possíveis de utilizar para as classes A/A1 (teor de cinzas = 0,7% e poder calorífico de 16,5 MJ/kg), classe A2 (teor de cinzas = 1,2% e poder calorífico de 16,5 MJ/kg) e classes B/B1 (teor de cinzas = 2% e poder calorífico de 16,5 MJ/kg) (Richardson, 2015).

Tabela 1: Classes de qualidade para uso residencial, *pellets* (BiomaSud, 2013) .

Tipos de combustíveis	A/A1	A2	B/B1
Madeira	Lenho, Resíduos de madeira não tratados quimicamente	Arvores inteiras sem raízes, Lenho, Resíduos de exploração florestal não tratados quimicamente	Produtos da floresta e outra madeira virgem, Madeira reciclada
Estilha de madeira	Lenho, Folhosas armazenadas	Arvores inteiras sem raízes, Resíduos de madeira não tratados quimicamente	Produtos da floresta e outra madeira virgem, Resíduos de madeira não tratados quimicamente
Tipos de combustíveis	A/A1	A2	B/B1
Casca de amêndoa	Cascas de frutos não tratadas quimicamente		
Pinha processada	Cascas de frutos não tratadas quimicamente		
Caroço azeitona	Caroços de azeitona não tratados quimicamente, Caroços de azeitona tratados quimicamente		
Cascas de pinhão	Cascas de frutos não tratadas quimicamente		
Casca de avelã	Cascas de frutos não tratadas quimicamente		

O tipo de biomassa ou *pellets* Figura 26, matéria-prima, condiciona fortemente o desempenho das caldeiras. Atualmente existem inúmeros tipos de *pellets* (BiomaSud, 2013): madeira, estilha de madeira, caroço de azeitona, casca de amêndoa, pinha processada, cascas de pinhão e cascas de avelã sendo que estas são divididas em 4 classes de qualidade A1, A2, B1 e B2.



Figura 26: Material celulósico prensado, *pellets*.

O aproveitamento da biomassa para fins energéticos é encarado não só como um instrumento de luta contra incêndios e contra a redução de Gases Efeito Estufa (GEE), como é um fator positivo criando oportunidades de negócio em diversas fileiras, para o desenvolvimento económico e criação de emprego em zonas rurais, para a redução da dependência energética e contribuição para a diversificação do *mix* energético (IEA, 2012).

Existem diversas medidas e tecnologias que podem ser implementadas de forma a conseguir aumentar a eficiência energética. Antes de decidir que opções a tomar é necessário conhecer todos os gastos e necessidades que o caso de estudo em específico irá ter.

O próximo capítulo caracteriza-se por apresentar o caso de estudo desta tese, que é o estudo energético da Cantina 3 da Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Leiria.

Capítulo 4 – Caso de Estudo/Situação Atual

Neste capítulo da dissertação é apresentado o caso de estudo e a caracterização das variáveis energéticas, procurando identificar vários aspetos que poderão ser objeto de melhoria, para se atingir um nível mais elevado de sustentabilidade energética garantindo um bom desempenho.

Neste contexto, será realizada uma análise energética no caso de estudo, apresentando-se a caracterização dos consumos energéticos medidos referentes ao período entre 13 a 28 de janeiro de 2016 transpostos para os meses de funcionamento da Cantina 3.

4.1 Caracterização Geográfica e Descrição

O caso de estudo é a Cantina 3 situada no Campus 2 da Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Leiria. O trabalho tem como objetivo geral contribuir para o aumento da eficiência nos componentes responsáveis por maiores consumos energéticos, procurando outras fontes de energia renováveis, num contexto de sustentabilidade.

Neste contexto, analisaram-se os dados dos consumos de energia, com origem nas fontes energéticas de eletricidade e de gás relativos aos anos 2014, 2015 e 2016. O tratamento de dados passou pela desagregação de variáveis energéticas, referentes à iluminação e equipamentos técnicos, balanços energéticos, custos associados e a determinação do Índice de Eficiência Energética (IEE).

Neste trabalho foi efetuado, também, o levantamento do número de refeições preparadas referentes ao ano de 2015, e os consumos energéticos detalhados.



Figura 27: Vista aérea da Cantina 3, Campus 2 ESTG-IPLEIRIA e zona de parque (Google Earth).

Inicia-se a caracterização deste edifício de restauração Cantina 3, Figura 27, referindo que se situa na zona centro de Portugal Continental, cidade de Leiria e a uma altitude de 54,75 metros e na

posição geográfica de latitude N 39° 44' 3,24'' e longitude W -8° 49' 18,09'' estando a fachada principal orientada a Sudeste.

O edifício foi construído em 2006, tem geometria retangular e possui uma área útil de 1514,25m², distribuídos por 2 pisos. Na Tabela 2 são apresentadas as áreas úteis de utilização de cada piso do edifício.

Tabela 2: Área útil da Cantina 3

Piso	Área útil (m ²)
Piso 0	864,08
Piso 1	650,17
Total	1 514,25

A atividade principal da Cantina 3 é a de confeccionar e servir refeições. É maioritariamente ocupada por estudantes e funcionários do IPL, sendo o horário de funcionamento, durante os dias uteis, das 8.30h as 22.30h estando encerrada aos fins-de-semana e feriados. Todos os pisos apresentam espaços de circulação e instalações sanitárias. Para além destas zonas comuns, os dois pisos da Cantina 3 apresentam os seguintes espaços: piso 0 e piso 1.

No piso 0 localiza-se o refeitório, a cozinha e respetivas copas de apoio, o armazém de produtos alimentares, o armazém de detergentes, a zona de lixos, os vestiários, instalações sanitárias, a central térmica e o gabinete do responsável. No piso 1 localiza-se o bar e respetivas copas de apoio, instalações sanitárias, restaurante e espaços destinados a arrumos. Na cobertura do edifício estão instalados os ventiladores de extração, sistemas de Aquecimento Ventilação e Ar Condicionado (AVAC) e sistema solar térmico. No entanto estes espaços não são considerados para o cálculo de área útil.

4.2 Descrição da Envolvente

A envolvente do edifício condiciona muito os níveis de conforto e desempenho energético do edifício. Assim, é importante identificar os elementos e as características térmicas das paredes, coberturas e vãos envidraçados do edifício. Pretende-se então efetuar uma breve descrição da envolvente do edifício. As características de construção do edifício, que se apresentam a seguir, correspondem aos tipos de construção mais comuns em Portugal.

Envolvente opaca

As características das soluções construtivas dos elementos opacos foram calculadas com base nas definições do ITE50 (Santos & Matias, 2006) e ITE54 (Santos & Rodrigues, 2016), do Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC).

A envolvente exterior é caracterizada principalmente por, paredes duplas constituído por tijolo e betão, com caixa-de-ar e isolamento térmico. O interior e o exterior encontram-se revestidas com reboco tradicional, pintado a cor branca.

Vãos envidraçados

As características assumidas para os vãos envidraçados, foram obtidas através do ITE50 (Santos & Matias, 2006).

O edifício é composto por diversos tipos de vãos envidraçados, dependendo da sua utilização e função.



Figura 28: Envidraçados na Cantina 3

De entre os mais aplicados tem-se, situado no piso 0, vãos com vidro duplo incolor, com janela giratória conforme se visualiza na Figura 28.

Sombreamentos

O edifício apresenta vários sistemas de sombreamento e proteção contra a entrada direta do sol, nomeadamente, estores, cortinas interiores e palas metálicas. Possui também sombreamento exterior, através de palas exteriores horizontais conforme se visualiza na Figura 29 (esquerda).



Figura 29: Cortinas (esquerda) e palas de estrutura metálica (direita) - Cantina 3.

No restaurante, o sombreamento é efetuado por cortinas retráteis horizontais, instaladas no interior, conforme se verifica na Figura 29 (direita).

4.3 Consumos e Encargos Energéticos

As fontes energéticas primárias que satisfazem as atuais necessidades energéticas são a eletricidade e o gás propano, mas as constantes oscilações dos preços, durante a presente década, dos combustíveis fósseis para produção de AQS e aquecimento, provoca dificuldades económicas e de gestão. Para conhecer e gerir os tipos de consumos energéticos, procedeu-se à análise dos dados energéticos dos consumos.

Antes de iniciar a análise de dados e a posterior desagregação de consumos da Cantina 3 foi feita uma medição do consumo instantâneo de eletricidade de algumas zonas que pudessem ter consumos mais elevados.

Para isso foram montados 2 analisadores de energia ligados a 2 zonas distintas no quadro principal da Cantina 3 de 13 a 28 de janeiro de 2016. A Figura 30 representa o esquema de ligação que foi feito. Os 2 analisadores, Chauvin e Hioki, foram ligados respetivamente aos módulos do AVAC e das arcas frigoríficas.

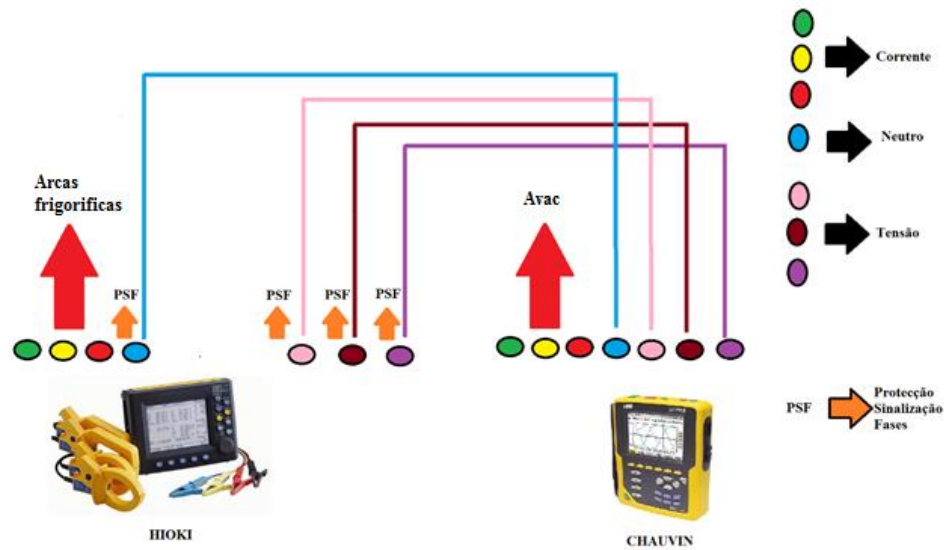


Figura 30: Montagem de analisadores no quadro elétrico da Cantina 3.

Pelo facto de não haver grandes oscilações semanais entre os dados obtidos das várias variáveis foi resumido para uma semana a análise dos diagramas de carga para as duas zonas escolhidas. Nos subcapítulos 4.3.1 e 4.3.2 serão feitas as análises aos consumos internos à Cantina 3 da energia elétrica, gás natural e consequente desagregação dos mesmos no subcapítulo 4.3.5.

4.3.1 Energia Elétrica

A informação fornecida encontra-se dividida em dois parâmetros: diagrama de carga e faturação energética.

Os diagramas de carga apresentam dados relativos a intervalos de 15 minutos por um período de duas semanas, 13 a 28 de Janeiro de 2016, em que a informação medida é a potência ativa (P), a potência reativa (Q) em kvar e potência aparente (S) em kVA.

A Figura 31 representa o diagrama de carga para a Cantina 3 no período de 13 a 20 de janeiro de 2016, respetivamente.

A partir da análise da Figura 31 é possível estabelecer uma relação entre o horário de funcionamento da cantina e os diversos picos de potência existentes. Verifica-se que das 09:00h as 18:00h semanais existe um maior consumo de energia com máximo de 52 kW na Quarta-feira. É nesta fase do dia o número de máquinas/equipamentos ligados é sensivelmente maior o que se

traduz num excesso de calor que também tem de ser removido (funcionamento do AVAC) para o bem-estar dos funcionários que trabalham na Cantina.

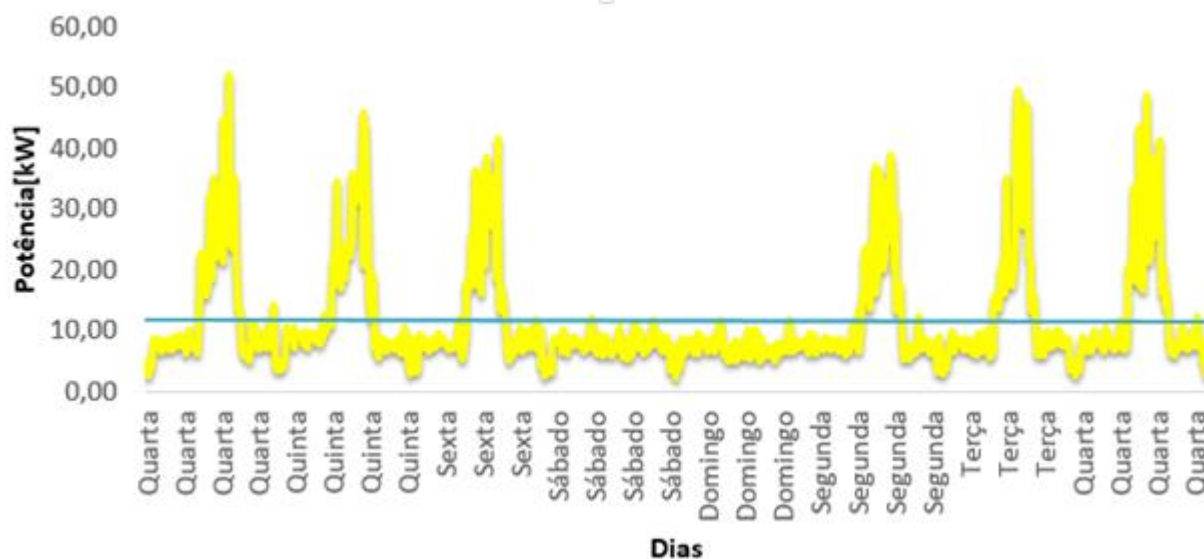


Figura 31: Diagrama de carga geral 13 a 20 de janeiro de 2016 – Cantina 3

A partir do diagrama geral podemos fazer uma decomposição de diagramas de carga, diagrama de carga para dias uteis, Figura 32, e outro diagrama para os fins-de-semana, Figura 33.

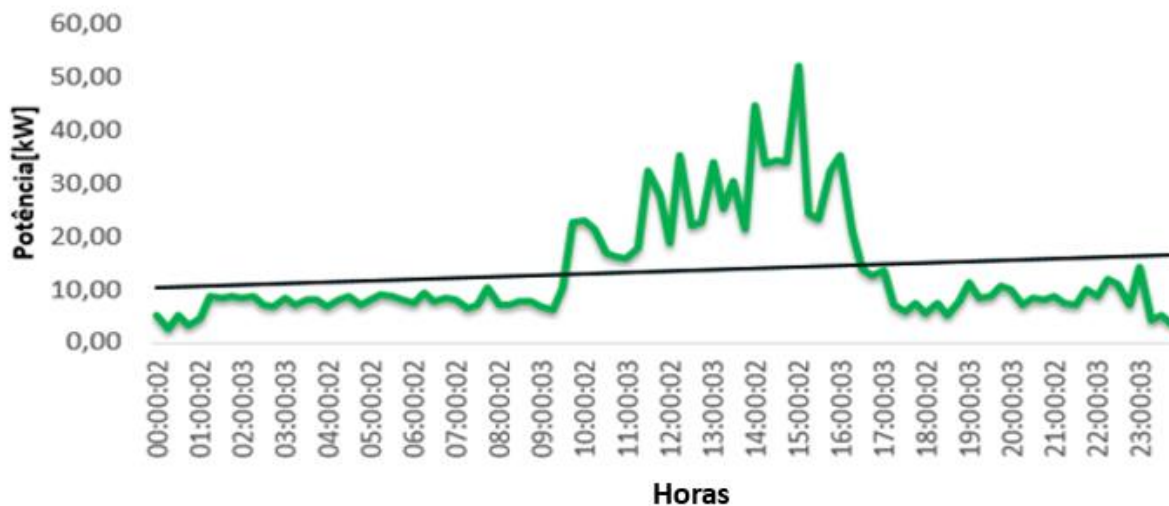


Figura 32: Diagrama de carga dia útil – Cantina 3

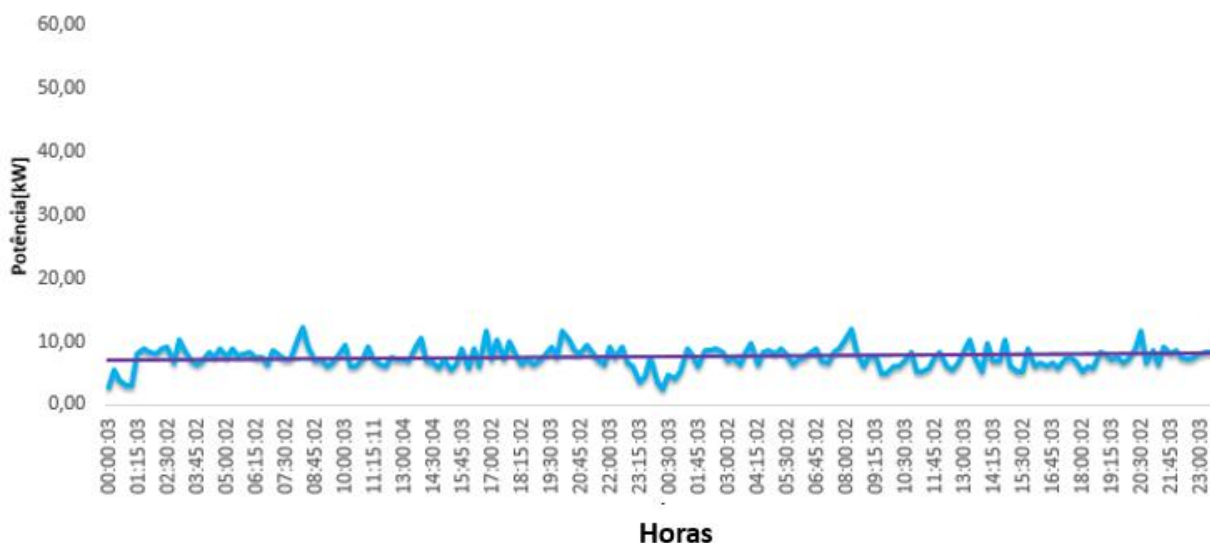


Figura 33: Diagrama de carga Sábado e Domingo – Cantina 3

Ao fazer a análise dos diagramas de carga de dias úteis e de fim-de-semana podemos concluir que no caso dos dias úteis existe um pico de potência a partir das 14.00h, Figura 32. O facto de ser a esta hora indicia que o gasto energético maior terá influencia direta aquando são ligadas as máquinas de lavar a loiça e outros equipamentos para esse fim. Após o período 09.00h/16.30h verifica-se que existe uma estabilização da potência. Já para os fins-de-semana podemos concluir que não existem grandes oscilações diárias, Figura 33.

O diagrama permitiu calcular o fator de carga através da fórmula do fator de cargas com os valores de potência máxima e de potência média. O cálculo de fator de carga é dado pela seguinte equação:

$$Fator\ de\ carga = \frac{Potência\ média\ (kW)}{Potência\ máxima\ (kW)}$$

A correção do baixo fator de carga é uma das soluções para reduzir as perdas de energia elétrica, diminuir riscos com acidentes elétricos e sobreaquecimento. A sua diminuição evita também o acréscimo da fatura da energia.

Tabela 3: Fator de carga – Cantina 3

Potência	Semanal	Dias Uteis	Fins-de-Semana
Potência Máxima (kW)	52	52	11.9
Potência Média (kW)	11.68	13.4	7.3
Fator de Carga	0.224	0.25	0.61
Fator de Carga %	22.4%	25%	61%

O diagrama de carga semanal (segunda a domingo) apresenta um fator de carga de 0,224. Este valor é baixo sendo que ao longo de toda a semana o diagrama de carga é largamente variável pois no fim-de-semana a cantina não se encontra em funcionamento e durante a semana existem

períodos onde a sua utilização é quase nula, fora do período de confeção de refeições. O fator de carga para os dias úteis (segunda a sexta) é de 0,250, também um valor baixo que se verifica pois ao longo dos cinco dias úteis da semana a utilização da cantina é extremamente variável: verificam-se valores muito elevados de consumos energéticos durante os períodos de refeição e nos restantes períodos esses consumos são fortemente reduzidos. Para o fim-de-semana o fator de carga melhora muito, sendo de 0,61. Neste período a cantina encontra-se fechada e não existem consumos energéticos de assinalar.

Sendo o fator de carga definido como o índice que certifica se a energia consumida está a ser utilizada de maneira racional e económica, pode-se concluir então que neste caso teria de se adotar novos comportamentos para o melhorar.

A faturação energética, anos civis de 2010 a 2015, tem o consumo de energia ativa em kWh para horas de ponta, cheias, vazio e super vazio. Foram disponibilizado também os valores de energia total consumida (Figura 35), potências máximas fora do vazio (Figura 34) e o custo da energia com IVA (23%) no Campus 2 do Instituto Politécnico de Leiria. De salientar que estes dados foram convertidos de uma percentagem energética global para uma percentagem energética correspondente à Cantina 3 com recurso a um fator, calculado pelo quociente da área total da cantina com o do Campus, de 5.02%. Este valor foi previamente fornecido.

A Figura 34 e Figura 35 representam a evolução da potência máxima e energia total consumida no período entre 2010 e 2015 com apresentação de linha de tendência para 2015 na Figura 35.

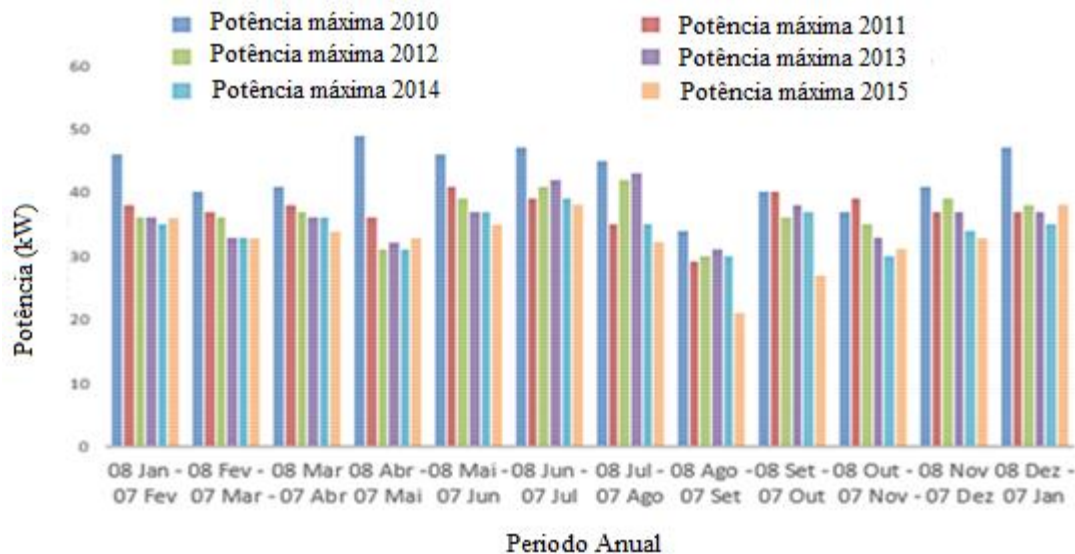


Figura 34: Potência máxima fora do vazio, Cantina 3 – 2010 a 2015

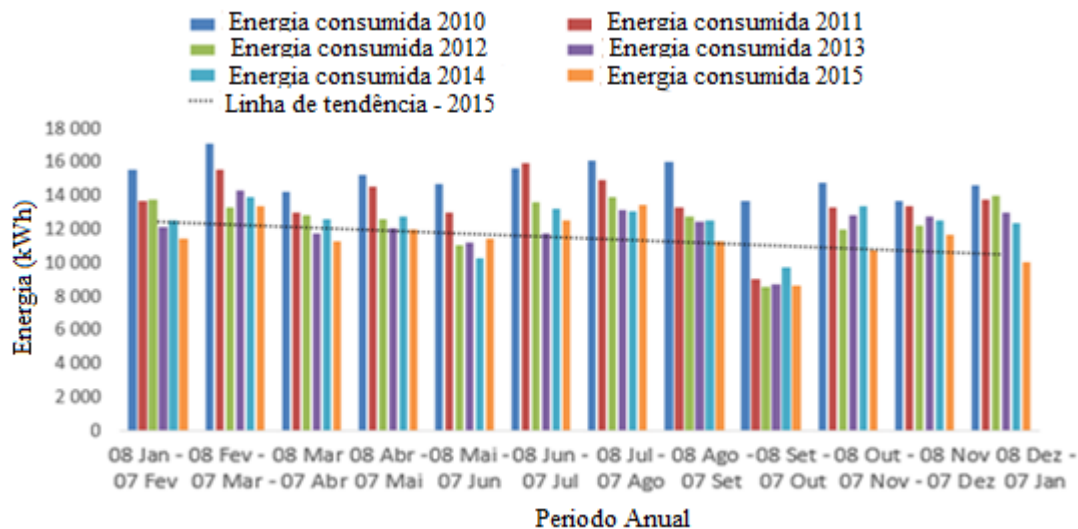


Figura 35: Consumo energético, Cantina 3 - 2010 a 2015

Podemos verificar que neste período houve uma diminuição, no geral, da potência máxima observada, tal e qual como na energia total consumida pela Cantina 3. Verificou-se um consumo máximo de 17.090 kWh no mês de fevereiro de 2010 e um consumo mínimo de 8.592 kWh em setembro logo seguido de 8.619 kWh em 2015.

A fatura energética observada nos últimos 5 anos está representada pela Figura 36.

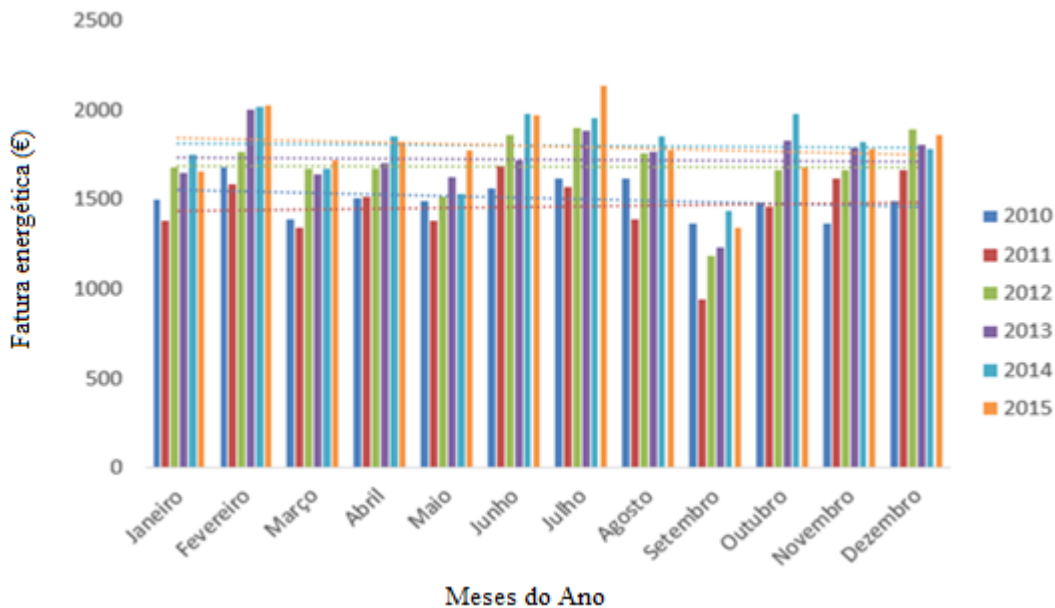


Figura 36: Variação da fatura energética na Cantina 3 – 2010 a 2015

Tendo como base o ano de 2010 que teve como gastos anuais 18.089€, houve um aumento considerável da despesa comparando com o ano de 2015 que teve 21.563€. Pode-se constatar que de ano para ano houve oscilações naquilo que se gastou havendo por exemplo uma diminuição, 530€, de 2010 para 2011 mas nos anos restantes houve um incremento bastante considerável. Apesar de todo o aumento de despesa no período 2011 a 2015 é notável que existe uma estabilização dos gastos para o ano de 2015. A Tabela 4 mostra a variação entre gastos que existiu entre o ano de 2015 com a despesa de outros anos.

Tabela 4: Variação entre despesas nos anos 2015/2010, 2015/2013 e 2015/2014 – Cantina 3

	Fatura 2015 a 2010 (€)	Fatura 2015 a 2013 (€)	Fatura 2015 a 2014 (€)
Janeiro	155	7	-95
Fevereiro	348	20	6
Março	328	80	45
Abril	315	121	-30
Maio	282	150	241
Junho	406	252	-8
Julho	521	248	182
Agosto	162	9	-73
Setembro	-22	109	-93
Outubro	189	-153	-299
Novembro	411	-12	-43
Dezembro	372	55	83
Total	+3473	+888	-84

É bastante elucidativo que existe uma diferença de despesa bastante grande entre os anos de 2010 e 2015 apesar de haver uma diminuição do consumo. Em 2015 pagou-se mais 3743€ comparando

com o mesmo período de 2010, mas já com 2014 houve uma poupança de 84€. A Figura 37 mostra a evolução do preço médio das tarifas de referência de venda a clientes finais.

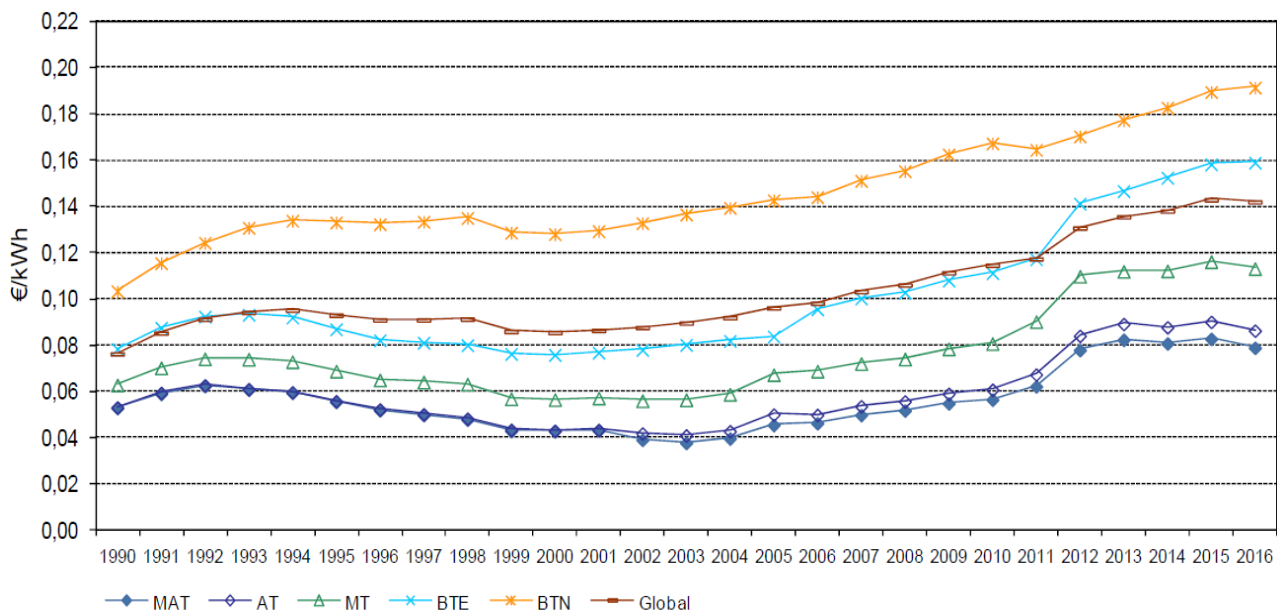


Figura 37: Evolução do preço médio das tarifas de referência de venda a clientes finais, por nível de tensão (ERSE, 2015).

Tendo como foco o intervalo entre 2010 e 2015, podemos observar pela Figura 37 que houve um aumento no preço médio de todas as tarifas inclusive a de Média Tensão que corresponde aquela que se insere no contrato de fornecimento de energia estabelecido com a EDP Serviço Universal SA ao Instituto Politécnico de Leiria. Este aumento do preço energético é uma das possíveis razões para que haja aumento da despesa apesar da diminuição do consumo, além de outros motivos como por exemplo um aumento do número de refeições servidas ou maiores tempo de funcionamento dos equipamentos elétricos.

Após analisado o histórico de despesas, associados á Cantina 3, num período mais abrangente (2010-2015) é necessário detalhar o mesmo de forma a saber onde se gasta mais com a energia elétrica. Para isso é necessário analisar os gastos com o consumo de energia ativa e reativa, potencia contratada e potência de horas de ponta. A Tabela 5 apresenta o exemplo de encargos mensais em € respetivos ao mês de janeiro de 2015.

Tabela 5: Encargos de energia elétrica relativos ao mês de Janeiro de 2015 (EDP, 2016)

Encargos mensais: tarifa média tensão para longas utilizações EDP				
	Escalão I IV	Consumo de energia ativa (€)	Potencia contratada (€)	Potencia horas de ponta (€)
Janeiro	Horas de ponta	0,1368	296,57	
	Horas cheias	0,1074	577,23	
	Horas de vazio	0,0757	182,85	77,2
	Horas de super vazio	0,0646	94,35	177,57

Pela Tabela 5 podem-se verificar que os encargos financeiros mais significativos incidem no consumo de energia ativa sendo que o gasto total anual pela mesma foi de 14.318€. Já as despesas totais envolvendo todas as taxas apresentam um valor de 17.550€. A tabela completa e as equações necessárias para calcular o consumo de energia ativa, potência contratada e nas horas de ponta encontra-se no Anexo C e no Anexo D respetivamente.

Pelo facto de ser no consumo de energia ativa, Anexo B, que existe uma maior despesa é importante averiguar quais as horas em que existe uma maior incidência dos gastos. A Figura 38 representa os vários custos da energia ativa nas diversas horas taxadas (horas de ponta, horas cheias, horas de vazio e super vazio).

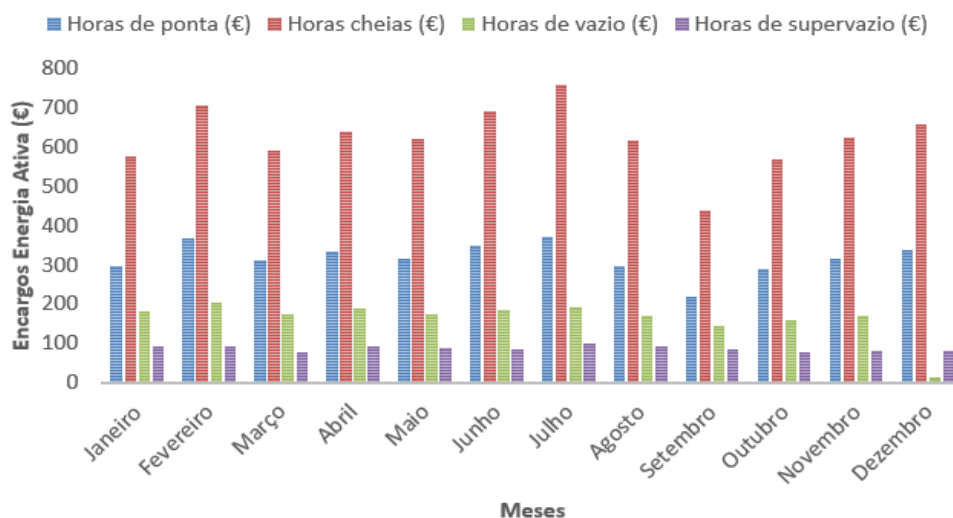


Figura 38: Custos energia ativa referentes a 2015 – Cantina 3

É no mês de julho que a despesa total (horas de ponta + horas cheias + horas de vazio + horas de super vazio) irá ser superior, para um valor de 1425€, Tabela 6.

Tabela 6 Custos energia ativa total para o ano civil de 2015 – Cantina 3

Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1151€	1370€	1157€	1256€	1200€	1312€	1425€	1181€	889€	1093€	1192€	1092€

Verifica-se que é no mês de Julho que existe um maior registo do consumo de energia ativa, Figura 38, nas horas cheias, 758€. Um dos possíveis motivos para o mês de julho apresentar um maior custo de energia ativa é o fato de a temperatura média mensal (20,2°C) ser superior aos meses de junho (19,8°C) e setembro (18,2°C) e existir assim uma maior necessidade para o arrefecimento da Cantina 3 (Romeu Paz, s.d.). É possível também verificar que a taxa cobrada pela EDP vai ser essencialmente nas horas cheias logo seguido pelas horas de ponta. Este aspeto pode ser atenuado com a escolha de um outro tarifário diferente do atual, Anexo E.

Assim em conclusão temos:

- O horário onde existe um maior consumo é das 9.30h as 16.30h durante os dias úteis;
- Fator de carga relativamente baixo, 0,25;
- Potência máxima (fora do vazio) diminuiu no período 2010-2015;
- Consumo energético diminuiu no período 2010-2015;
- Aumentou a despesa, no geral, no período 2010-2015;
- Parcela com a energia ativa é mais dispendiosa;
- As horas cheias tem maior influencia no incremento do custo com a energia ativa.

4.3.2 Gás Natural

Pela análise dos dados energéticos, fornecidos pelo IPL, respetivos ao consumo de gás natural verificou-se que para o ano civil de 2015 o consumo em litros e os custos associados foram os seguintes, Tabela 7.

Tabela 7: Consumos de gás natural e custos referentes ao ano de 2015 – Cantina 3

Mês	Consumo de gás natural (litros)	Consumo de gás natural (m ³)	Encargos (€)
janeiro	2.530.000	2.530	2.508
fevereiro	579.000	579	773
março	1696.000	1.696	1.849
abril	472.000	472	683
maio	407.000	407	616
junho	345.000	345	557
julho	318.000	318	525
agosto	255.000	255	439
setembro	397.000	397	573
outubro	426.000	426	616
novembro	472.000	472	649
dezembro	1.662.000	1662	1.666
Total	9.559.000	9.559	11.454

Pelos dados analisados, podemos concluir que os meses de janeiro, março e dezembro foram aqueles que tiveram um consumo de gás maior, tal e qual como a despesa para um preço médio fornecido de 0,0516€ por kWh, fornecido pelo IPL.

A receção do GN que abastece a Cantina 3 é efetuada no Posto de Redução e Medição (PRM) e o consumo é feito na central térmica no aquecimento do edifício na preparação do AQS e na cozinha na preparação de refeições. Foram então analisados o número de refeições, Figura 39, na Cantina e a temperatura média para o ano de 2015 na cidade de Leiria, Figura 40.

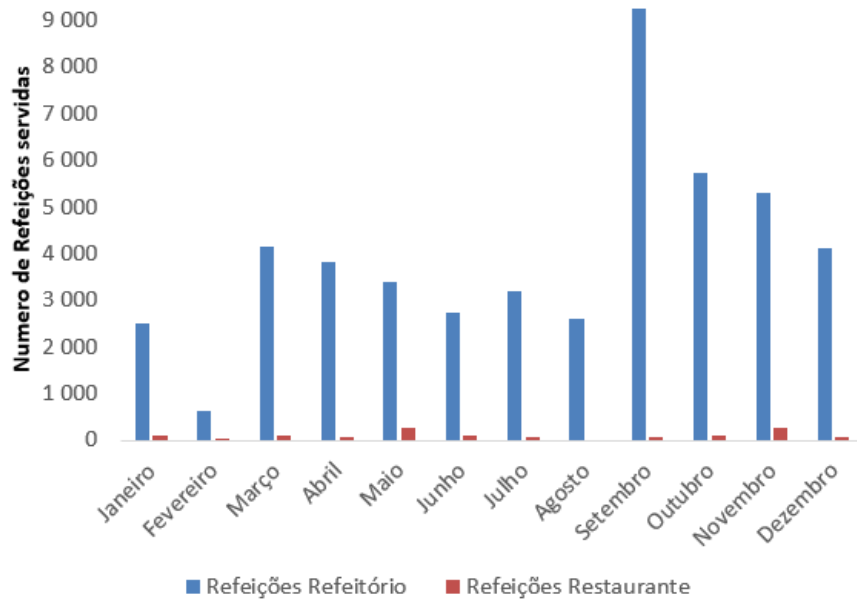


Figura 39: Número de refeições – Cantina 3

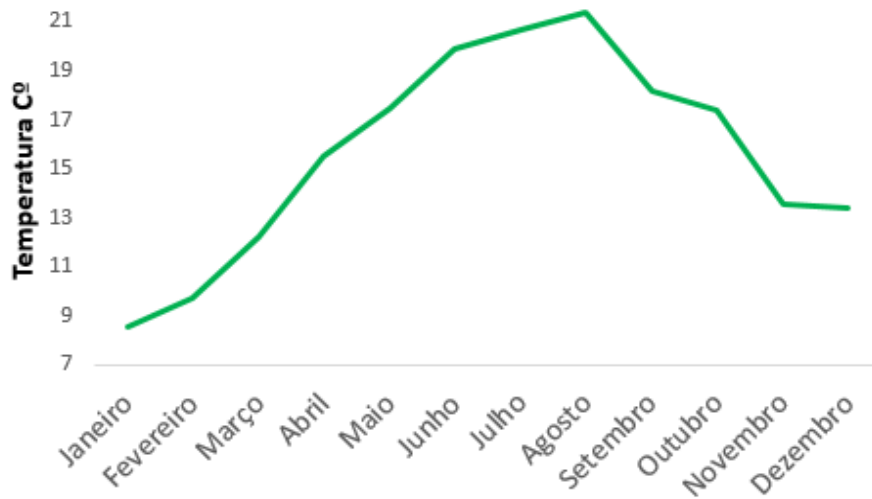


Figura 40: Temperatura média na região de Leiria – 2015 (Romeu Paz, s.d.)

Combinando os dados da Figura 39 e Figura 40 pode-se verificar que para os meses em destaque (janeiro, março e dezembro) existem 2 fatores que podem influenciar um maior consumo de gás natural, que são o número de refeições e a temperatura mais baixa registada nestes meses que se verifica por ser o fator mais preponderante tendo em conta o número alto de refeições nos outros

meses do ano. O número de refeições na Cantina 3 não é linear de forma anual pelo facto de existirem duas Cantinas no Campus 2 do Instituto Politécnico de Leiria.

Em Fevereiro pelo facto de haver uma interrupção letiva que intercepta este mês e proporcionar menor atividade na Cantina (número de refeições servidas e necessidades de aquecimento mais baixas) faz diminuir os encargos com o gás natural.

4.3.3 Energia Reativa

Em análise final às despesas criadas pelos consumos de energia elétrica e gás natural podemos totalizar um somatório entre as duas de 29.004 € para o ano civil de 2015. Destes 29.004 € 17.550 € pertencem aos encargos com a energia elétrica e 11.454 € proveem das despesas com o gás natural.

Enquanto a energia ativa é necessária para produzir trabalho, por exemplo, a rotação do eixo do motor, a reativa é necessária para produzir o fluxo magnético indispensável ao funcionamento dos motores, transformadores. Já foi analisado que o fator de carga, Tabela 3, é relativamente baixo tanto nos dias uteis como no diagrama de carga semanal.

Apesar da Cantina 3 ser um edifício de serviços e acabar por ter um baixo consumo de energia reativa foi feito o seguinte estudo, Tabela 8.

Tabela 8: Despesas com a EE, gás natural e ER – Cantina 3, ano 2015

Mês	Despesa EE (€), Fator de conversão de 5,02%	Despesa EA (€), Calculada	Despesa (€) Energia Reativa
Janeiro	1 655	1 406	249
Fevereiro	2 027	1 692	335
Março	1 720	1 421	299
Abril	1 826	1 537	289
Maio	1 773	1 463	310
Junho	1 974	1 601	373
Julho	2 137	1 721	416
Agosto	1 779	1 434	345
Setembro	1 343	1 098	245
Outubro	1 678	1 343	335
Novembro	1 782	1 465	317
Dezembro	1 864	1 371	493
Total	21 563	17 550	4 013

A Tabela 8 apresenta as despesas em euros com a energia elétrica calculada pelo factor de conversão de 5,02% e as despesas com a EE calculadas pela soma de encargos de energia ativa, potência nas horas de ponta e potência contratada (Anexo C). Apresenta ainda os encargos com a energia reativa calculados pela diferença entre as duas despesas de energia elétrica (com fator de conversão e a calculada). Este valor é um valor estimado, não representa um valor exato que tenha

tido calculado pois houve falta de dados para esse procedimento. Verificou-se que existiu uma despesa de 4013 €.

4.3.4 Análise de Tarifário

As vezes a adoção de um tarifário que se adapte melhor ao horário de funcionamento de um certo serviço pode ter bastante influência na poupança conseguida ao final do mês por parte de uma entidade. A passagem de consumos de horas de ponta e cheias (mais taxadas) para horas de vazio e super vazio (menos taxadas) podem diminuir despesas todos os meses o que ao final de um ano se pode apresentar por poupanças bastante consideráveis. Neste subcapítulo é feita uma análise a 3 tipos de tarifas (Anexo E). Na Figura 41 e Figura 42 são analisadas as quantidades de horas para os ciclos diários, ciclo semanal normal e ciclo semanal opcional (EDP, 2016).

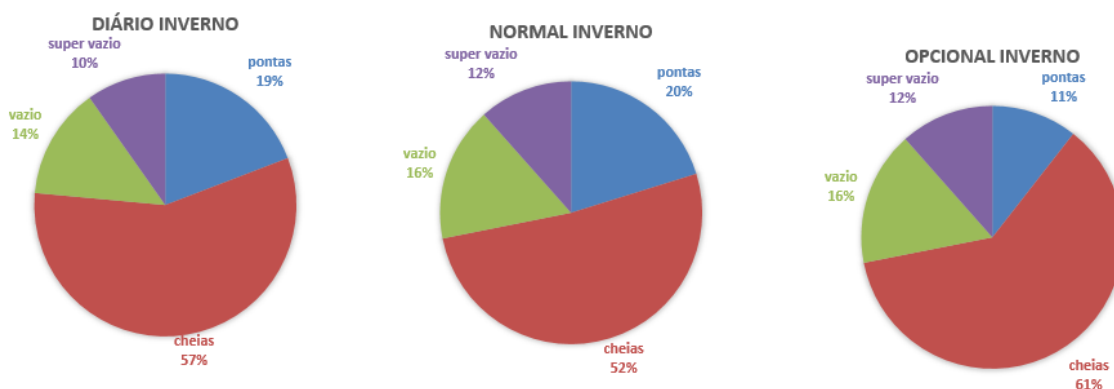


Figura 41: Opção de horários Média Tensão – Inverno

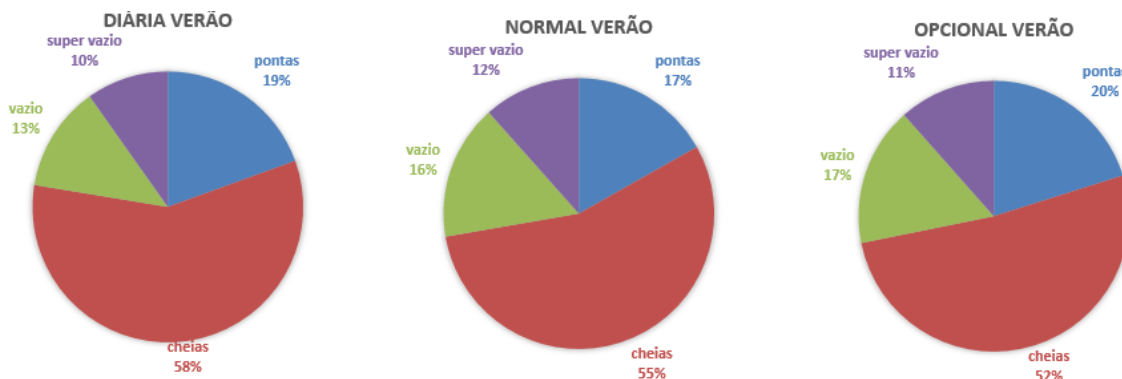


Figura 42 Opção de horários Média Tensão – Verão

A tarifa atual utilizada pela Cantina 3 é o ciclo diário. Pode-se verificar que o número de horas cheias e pontas ocupam 57% e 19% do tempo total respetivamente no Inverno. No Verão é sensivelmente o mesmo 58% (cheias) e 19% (pontas).

Tendo como base o diagrama de carga da Cantina 3 para dias úteis, Figura 32, sabendo que o preço da energia ativa corresponde à tarifa para longas utilizações e que é usado o ciclo diário para Média Tensão (MT), Anexo F, podemos calcular o preço de custo da energia total de um dia útil pela equação seguinte:

$$PCE = \sum \left(Energia\ Ativa\ horas\ (kWh) \times Preço\ da\ Energia\ \left(\frac{\text{€}}{\text{kWh}} \right) \right)$$

O preço da energia para um dia útil utilizando o ciclo diário de Verão é de 34,785€. Para um dia de Inverno é 34,644€.

Refazendo os cálculos para o ciclo semanal normal e para o ciclo semanal opcional temos:

- Ciclo Semanal Normal (Inverno) – 35,74€
- Ciclo Semanal Normal (Verão) – 35,476€
- Ciclo Semanal Opcional (Inverno) – 34,677€
- Ciclo Semanal Opcional (Verão) - 35,951€

Totalizando os custos (Inverno + Verão) temos: para o ciclo diário 69,43€, para o ciclo normal 71,22€ e para o ciclo opcional 70,63€. Podemos concluir que o ciclo tarifário mais adequado ao funcionamento da Cantina 3 é o ciclo diário pois totaliza a despesa mais baixa das três.

4.3.5 Desagregação de Consumos

A desagregação de consumos foi feita tendo em vista as atividades exercidas no edifício.

A Cozinha é onde se preparam as refeições e onde estão todos os equipamentos necessários para essa função. O Aquecimento Ventilação e Ar Condicionado (AVAC) que engloba para além do aquecimento ambiente e renovação de ar, todos os sistemas de extração de fumo e vapor existentes na cozinha e copas de apoio (copa suja) onde funcionam as máquinas de lavar e outros equipamentos com o mesmo fim. O refeitório é o local onde as refeições são servidas aos vários alunos, professores e funcionários e o Piso 1 onde funciona um bar e respetivas copas de apoio. São apresentados no Anexo G os valores das medições efetuadas através de uma análise exaustiva dos consumos de cada equipamento que se encontram nas várias divisões descritas, apresentando-se também os consumos diários de cada um. É de realçar que alguns equipamentos (máquinas de café e exaustores) não foram considerados na desagregação apresentada na tabela por falta de informação disponível. Utilizando o Anexo G efetuou-se a desagregação de cargas pelos sectores que mais contribuem na despesa, Figura 43.

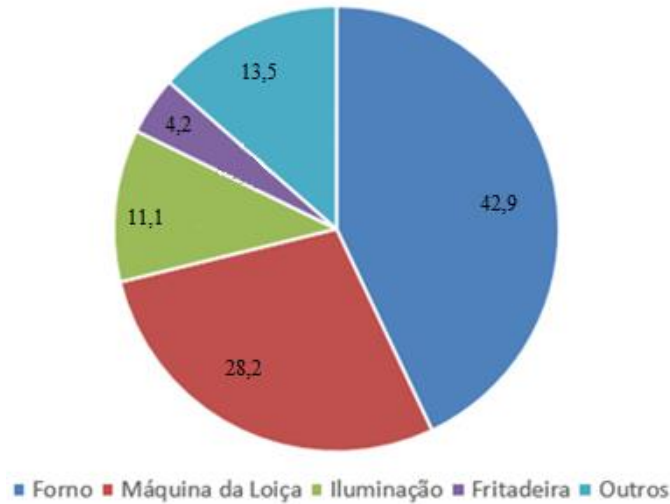


Figura 43: Desagregação do consumo por equipamento.

Na desagregação de consumos feita verifica-se que na totalização dos equipamentos medidos, o forno (42,9%) é o equipamento que mais contribui para o disparar da energia logo seguido da máquina de lavar a loiça (28,2%).

Neste estudo o consumo de EE associado ao funcionamento do sistema AVAC e Arcas frigoríficas não foi inicialmente tido em conta pelo facto de não haver dados em relação ao mesmo. Através dos diagramas de carga de cada um desses equipamentos é possível então conhecer o funcionamento de cada um.

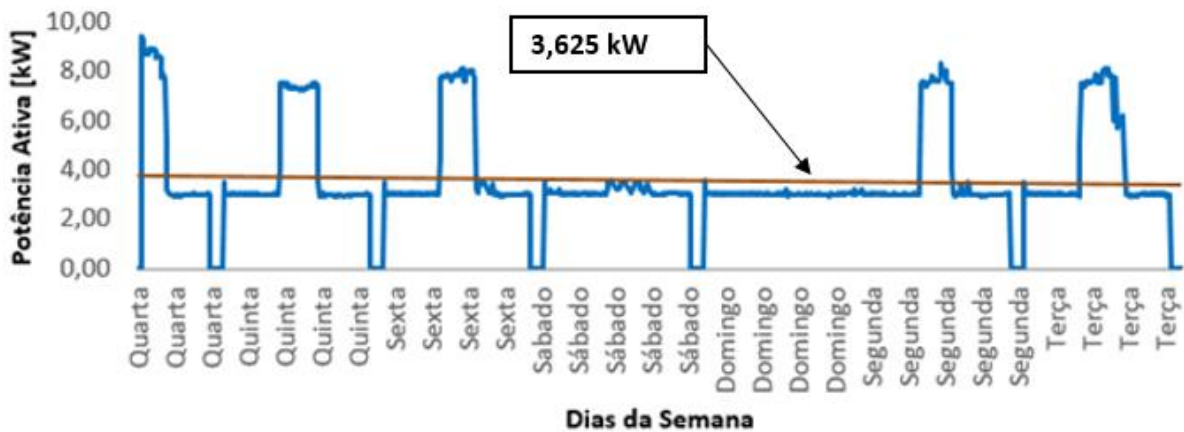


Figura 44: Diagrama de carga AVAC, 13 a 20 de janeiro de 2016.

É nos dias de semana nas horas de preparação de refeições das 9.00h as 16.30h que o sistema AVAC tem um maior gasto de energia. Verifica-se que existe um pico máximo de 9,40 kW na Quarta-Feira sendo a sua média de potência igual a 3,625 kW, Figura 44.

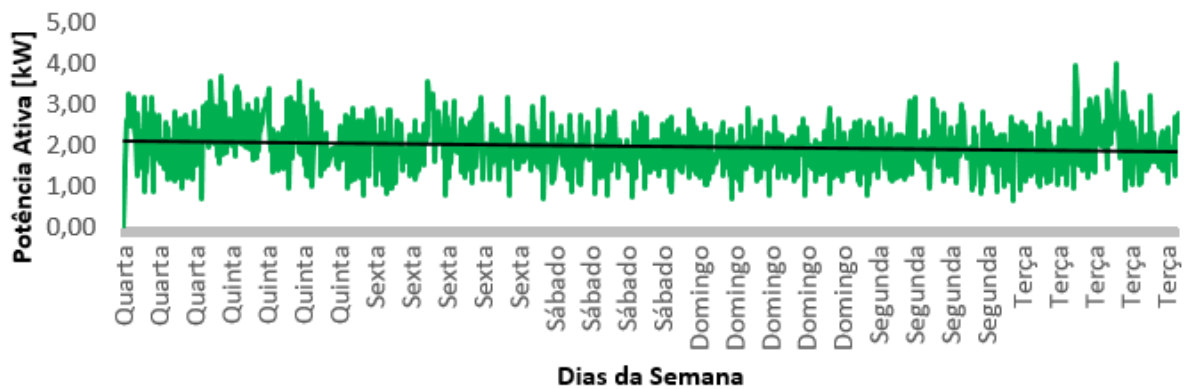


Figura 45: Diagrama carga arcas frigoríficas, 13 a 20 de janeiro de 2016.

As arcas frigoríficas, Figura 45, têm um consumo linear, 1 a 4 kW de potência ativa, sem grandes picos de potência. Isto deve-se ao facto de as mesmas estarem ligadas 24 horas. Com esta nova divisão, continuamos a ter o forno com a parcela maior de energia consumida (34%) logo seguido da máquina de lavar a loiça (22,3%) tal e qual como se apresenta na Figura 43. As 4 câmaras frigoríficas representam 14,6% e o AVAC (6,3%), Figura 46.

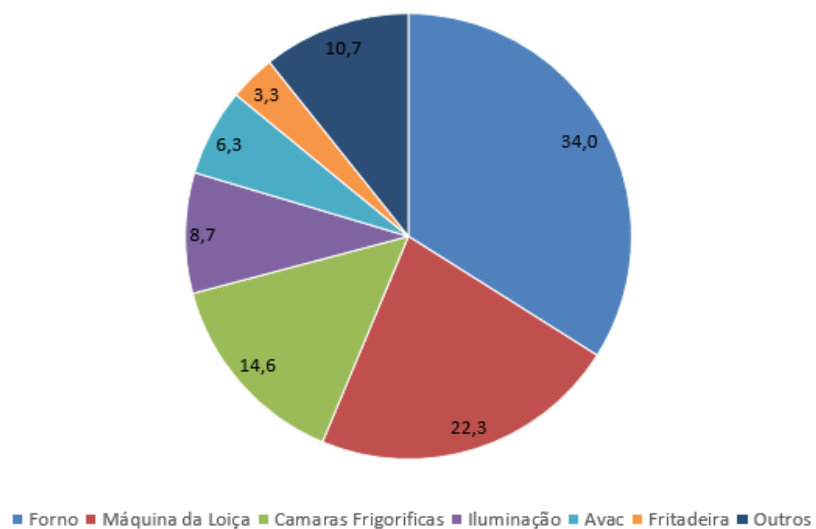


Figura 46: Desagregação do consumo por equipamentos, atualizado.

4.3.6 Indicadores Energéticos

Existem alguns indicadores que são usados para a verificação do cumprimento de metas num plano energético. Os indicadores medidos foram o Consumo Específico de Energia (CEE), estabelecido pelo quociente entre o consumo total de energia, em quilogramas equivalentes de petróleo (kgep) e o número de refeições, mais a Intensidade Carbónica (IC), sendo este o quociente entre a

quantidade de emissões de CO₂ (ton), e o consumo total de energia (tep) Anexo H (Despacho n.º 17313, 2008).

Tabela 9: Indicadores energéticos – Cantina 3

Mês (2015)	Emissões Totais (ton CO ₂ eq)	Consumo específico de energia (kgep/refeição)	Intensidade carbónica (ton CO ₂ eq/tep)
Janeiro	11,23	1,77	2,42
Fevereiro	7,63	5,3	2,26
Março	9,25	0,92	2,37
Abril	6,71	0,77	2,25
Maio	6,30	0,76	2,25
Junho	6,67	1,05	2,24
Julho	7,06	0,98	2,23
Agosto	5,88	1	2,23
Setembro	4,97	0,24	2,26
Outubro	6,02	0,46	2,25
Novembro	6,56	0,52	2,26
Dezembro	8,58	0,85	2,38
Total	86,85	-	27,41

Analisando a Tabela 9 verificaram-se que os meses em que houve uma maior emissão de CO₂ na Cantina 3 foram os meses mais frios (janeiro, dezembro e março). O consumo específico médio, no ano civil de 2015, é de 1,22 kgep por refeição preparada ou seja na preparação de uma refeição gasta-se, em média, 1,22 kilogramas de petróleo.

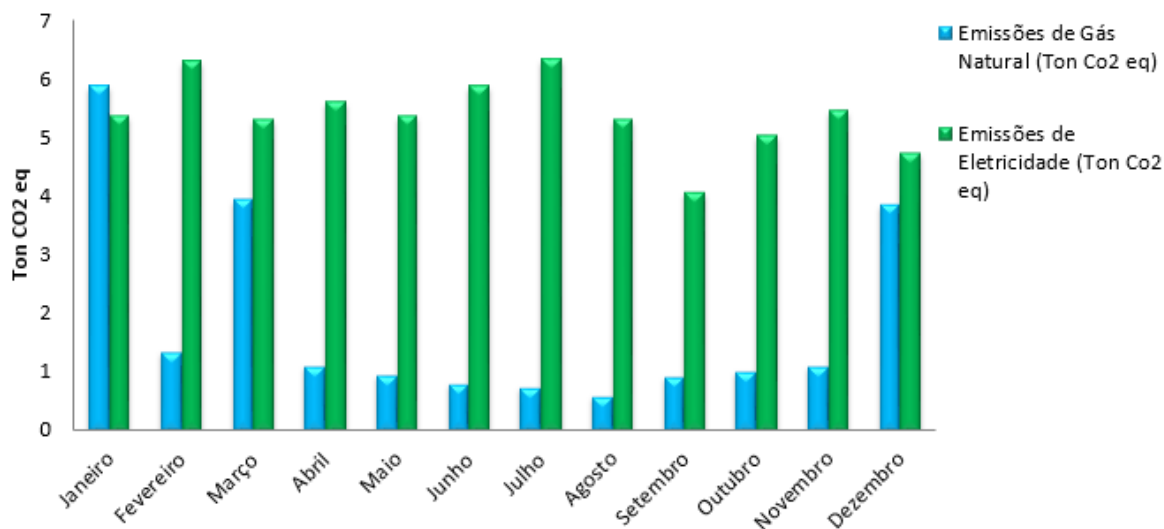


Figura 47: Emissões CO₂, ton CO₂ eq

As emissões de CO₂ derivadas do consumo elétrico são quase sempre superiores às do gás natural com excessão no mês de janeiro havendo uma aproximação entre valores nos meses mais frios,

Figura 47. Apesar de as emissões de CO₂ do gás serem menores, é preciso ter em conta que o fator de emissão (FE) eléctrico é 5709 vezes menor que o do gás natural.

4.4 Caracterização Termográfica da Instalação

Uma análise termográfica foi efetuada à Cantina 3 e teve como objetivo a recolha de imagens, em equipamentos estáticos, de superfícies onde possa existir deficiência de isolamento térmico (fugas), as falhas dos equipamentos através da deteção de radiação infravermelha e as transferências de calor, que existem entre os vários equipamentos e o meio ambiente. Essa radiação (infravermelha), através de uma metodologia não destrutiva, emitida pelas variações de temperatura dos objetos, formam imagens térmicas que auxiliam na prevenção de defeitos e interrupções dos processos produtivos, permitindo uma melhor programação e manutenção, minimizando a mão-de-obra e recursos envolvidos.

Nessa medição remota da temperatura é atribuída uma cor a cada valor medido, dando origem a uma imagem de calor e frio, baseada na radiação infravermelha do espetro eletromagnético, segundo as exigências da norma ISO/EN13187 que especifica como deve ser efetuada uma inspeção termográfica a um edifício e a diretiva europeia designada de *Energy Performance of Building Directive* (European Commission, 2002).

Pela termografia identificam-se anomalias de equipamentos e estruturas não reconhecíveis pela visão humana, através das diferenças de temperatura. Estas deficiências podem ser melhoradas por meio de isolamentos e dimensionamento adequado dos sistemas de ventilação, resultando no aumento dos níveis de eficiência energética. Um outro aspecto relevante deste diagnóstico termográfico é que permite serem melhorados os níveis de conforto, resultante da informação recolhida para diferentes análises, como por exemplo: num quadro eléctrico podem-se determinar desequilíbrios de cargas ou sobrecargas devido ao facto dos fios das fases apresentarem diferentes tonalidades da mesma cor; desempenho dos sistemas de ar condicionado; qualidade do ar interior; controlo de pragas; distribuição de calor; controlo de zonas secas ou húmidas (FLIR, 2017).

As Normativas da Associação Internacional de Testes Eléctricos (NETA, 2015) determinam que haja uma rápida intervenção na instalação eléctrica sempre que a diferença de temperatura entre componentes eléctricos e cargas semelhantes exceda os 15°C ou quando a diferença de temperatura entre o componente eléctrico e a temperatura do ambiente do ar exceda os 40°C. Quando o termograma apresentar a totalidade do condutor mais quente do que outros

componentes, numa parte do circuito, este condutor pode estar em sobrecarga ou subdimensionado.

A camara termográfica, Anexo I ,utilizada para fazer as análises foi a TIS40 Fluke, Figura 48 à direita. O estudo foi feito no dia 27 de Outubro de 2016 e decorreu entre as 14.30h e as 15.30h. A temperatura no exterior do edifício rondava os 28-29°C.

De forma a facilitar a análise foi feita a divisão da cantina por zonas e por equipamentos: zona do refeitório (portas e envidraçados), zona da cozinha (arcas, máquina da loiça, camaras frigorificas, fritadeira e outros equipamentos) e zona do bar e restaurante (envidraçados e portas exteriores).



Figura 48: Foto termográfica e câmara termográfica

A Figura 48, á esquerda, representa uma imagem termográfica do refeitório da Cantina 3. Verifica-se uma amplitude de temperaturas entre 22,4 °C, registados nas zonas mais a escuro, e máxima de 31,2 °C, nas zonas dos vãos envidraçados. Nestas zonas vai existir transferência de algum calor do exterior para a zona interior mais próxima da janela.



Figura 49: Foto termográfica dos vãos envidraçados – Cantina 3

Foram tiradas 3 fotografias, Figura 49, distintas às janelas e verificou-se que para as 3 zonas, a temperatura ambiente do espaço interior da Cantina 3 ronda sempre os 25°C ou seja não existe

grande amplitude térmica entre zonas, existe um bom isolamento. De salientar que estas zonas situam-se fora da zona de preparação de refeições ou seja da zona quente do edifício. A cozinha é caracterizada por ter o maior número de equipamentos no local em toda a Cantina 3. Grande parte dos equipamentos utilizados para a preparação das várias refeições e para a lavagem dos utensílios utilizados encontra-se nesta divisão, o que só por si quando existem diversos a funcionar em simultâneo provoca um aquecimento do ar nesta zona da Cantina 3 mesmo com o sistema de arrefecimento a funcionar.

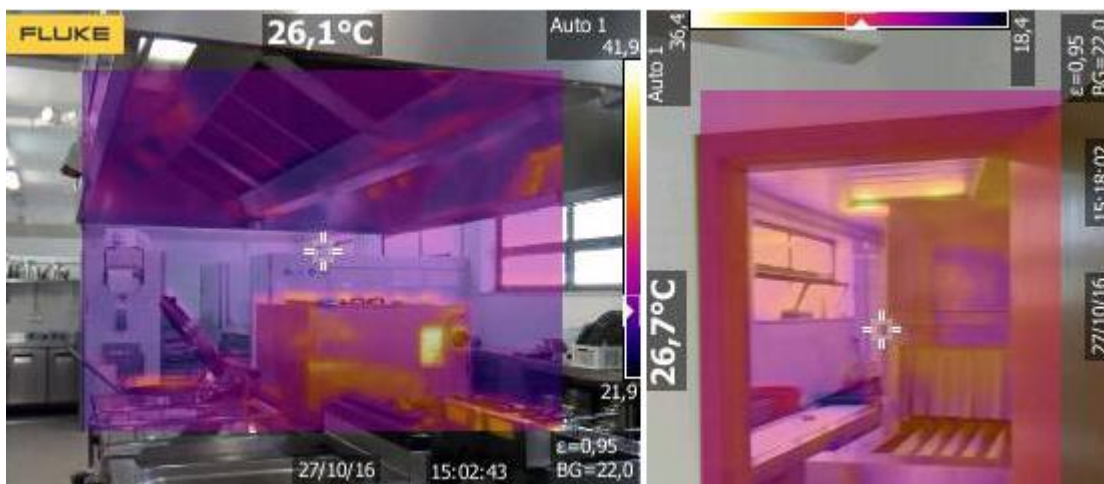


Figura 50: Foto termográfica cozinha – Cantina 3

Pela Figura 50 pode-se observar que na zona onde está apontada a mira da camera termográfica, área da cozinha onde estão o forno e a fritadeira, a temperatura é de 26,1°C havendo alguns pontos quentes presentes principalmente nas zonas onde estão alguns equipamentos para a preparação de refeições e outros (mais pequenos) no teto e perto dos extractores de ar. Já na imagem ao lado, zona da máquina de lavar a loiça, a temperatura atinge os 26,7°C havendo também um ligeiro aquecimento desta zona por parte do calor gerado pela máquina aquando o seu funcionamento. A separação destas áreas teve como objetivo identificar os vários focos de calor na cozinha da Cantina 3. As 3 zonas podem ser caracterizadas como grandes fontes, Figura 51.

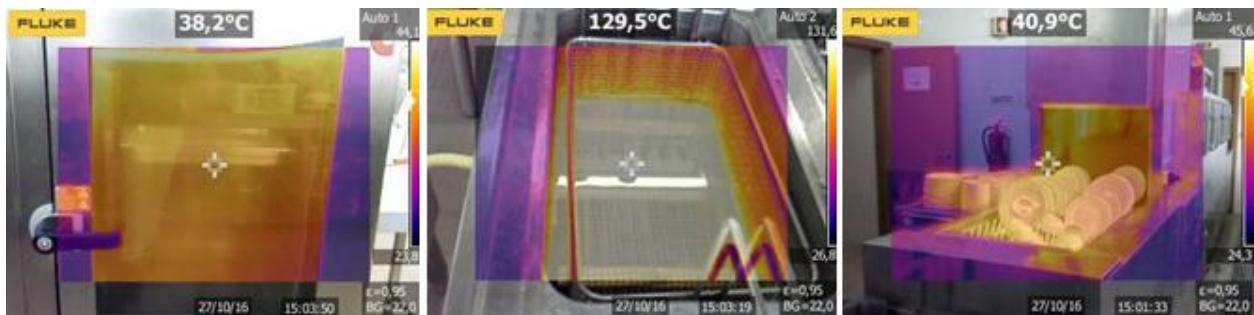


Figura 51: Imagem termográfica do forno, fritadeira e máquina de lavar a loiça – Cantina 3

Apesar de à hora em que foram feitas as medições, os equipamentos já estarem desligados à alguns minutos verifica-se que ainda existe libertação de calor. O ponto quente máximo, 129,5°C, corresponde ao óleo de fritar que se encontra na fritadeira, logo seguido dos pratos que foram lavados pela máquina de lavar a loiça, 40,9°C. É importante referir que alguns dos equipamentos usados (exemplo máquina de lavar a loiça) são industriais ou seja tem uma potência e dimensão maior. Por esse facto também vão libertar mais calor para a área circundante. A zona onde estão situadas a câmaras frigoríficas também foi uma área em que se verificou a possibilidade de existência de fugas.



Figura 52: Imagem termográfica das camaras frigoríficas – Cantina 3

Nesta área era essencial que se fizesse uma análise termográfica, pois o isolamento das camaras frigoríficas é crucial. Na Figura 52 está assinalado com um círculo a preto, um *hotspot* que está situado abaixo do controlador de uma das camaras frigoríficas. Estes pontos quentes podem sinalizar mau funcionamento e sobreaquecimento de um componente. Verifica-se que as camaras frigoríficas estão bem isoladas quando fechadas.

Além de todos estes equipamentos, existem muitas outras fontes de calor na Cantina 3 que tem de ser tidas em conta no balanço total. Num dia quente de outubro, igual em aquele em que se fizeram as análises termográficas, em que o número de pessoas a almoçar seja elevado vai existir um

excesso de calor que terá de ser retirado para o exterior pois existe também um conjunto de diversos equipamentos a trabalhar, mesmo que não haja grande transferência de calor entre o exterior e o interior. Nesta típica situação o funcionamento do AVAC, em conjunto com outras estratégias, vai ser mais intensificado para poder dispersar mais rapidamente o calor. Isto vai causar um incremento substancial no consumo de energia, e assim na fatura elétrica.

Esta e outras situações vão ser tidas em conta na abordagem do próximo capítulo, o modelo energético híbrido proposto para a Cantina 3.

Capítulo 5 - Modelo Energético

Neste capítulo propõe-se um novo modelo energético, centrado nas áreas de iluminação, produção de AQS e aquecimento, tendo com fonte primária a biomassa e produção de energia elétrica auxiliada por sistema fotovoltaico, sendo analisado a sua viabilidade económica.

5.1 Partes Principais do Modelo Energético

A proposta de melhorar a eficiência energética da Cantina 3, Figura 53, baseia-se em duas áreas centrais: produção de AQS e aquecimento, e produção de energia elétrica. Estas duas componentes vão ser sempre auxiliadas por outras medidas ou sistemas para a melhoria da eficiência energética (sistemas passivos ou implementação de dispositivos de controlo).

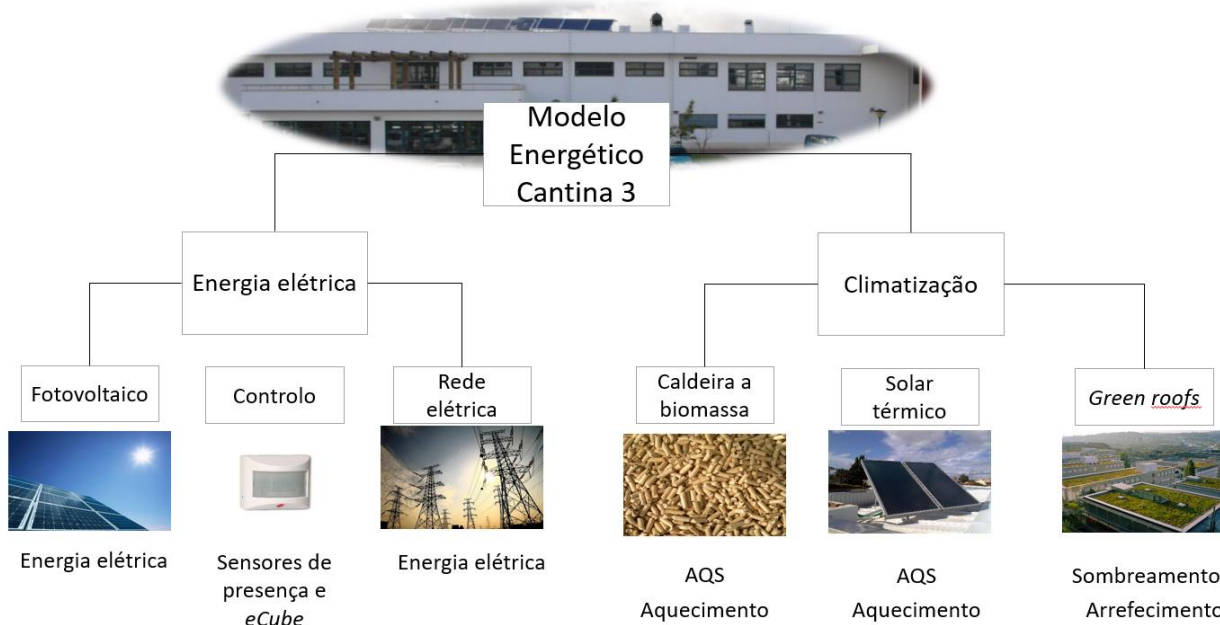


Figura 53: Modelo energético para o caso de estudo.

A estratégia de melhoria a utilizar para a produção de AQS é implementar uma caldeira a biomassa que tem como objetivo diminuir o consumo de gás natural, continuando com o funcionamento auxiliar do sistema solar térmico para aquecimento de águas. Este modelo energético também reforça a produção de energia elétrica através de um sistema fotovoltaico que tem como objetivo a produção de energia elétrica a custo zero, Figura 53.

5.2 Dimensionamentos Energéticos

A análise do dimensionamento da caldeira de biomassa que tem em vista a substituição da caldeira a gás natural e da implementação do sistema fotovoltaico foram efetuados com recurso ao software *RETScreen Expert*. O método para a execução deste dimensionamento teve em vista a inserção de todas as variáveis referentes à Cantina 3 do Campus 2 do Instituto Politécnico de Leiria e seguiu as seguintes etapas: localização dos dados climáticos e local da instalação, informação geral do edifício a analisar, preenchimento dos dados (eletricidade e combustíveis, horários de funcionamento, equipamentos, dados de utilização e otimizações) referentes ao modelo energético a adotar, simulação e análise de resultados, Figura 54.

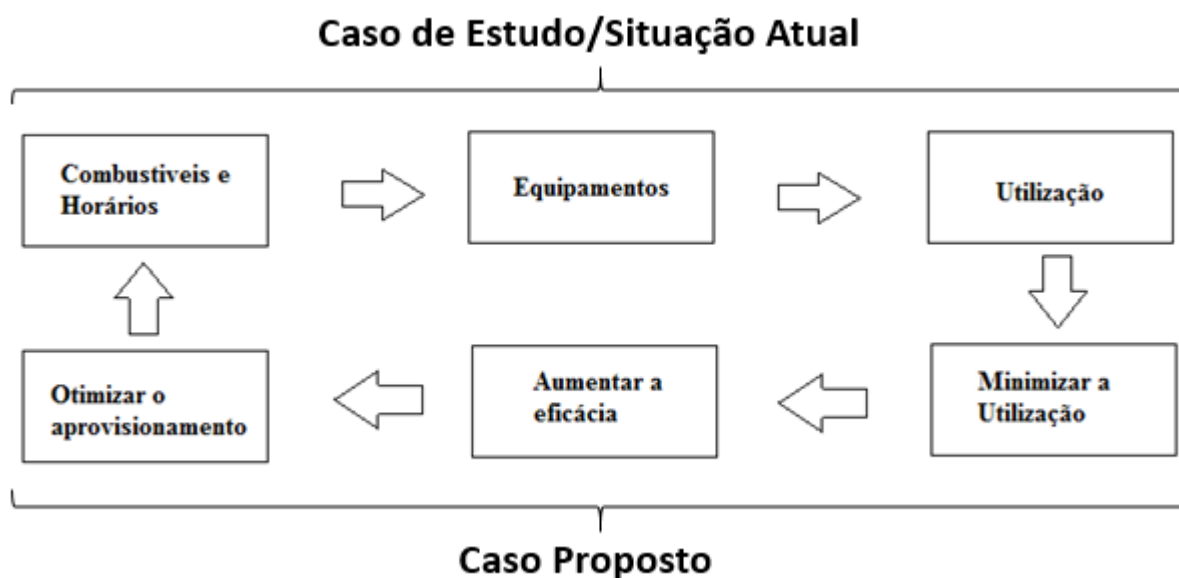


Figura 54: Etapas de Análise Energética.

Basicamente aquilo que se pretende do caso de estudo para o caso proposto é otimizar o consumo de energia seja ela elétrica ou térmica.

5.2.1 Caso de Estudo/Situação Atual

Partindo dos dados meteorológicos inerentes a localização geográfica da Cantina 3, Tabela 10, do programa de simulação utilizado para projetar uma diminuição do indicador energético, para a parte de refrigeração a uma temperatura de 30°C e área de aquecimento a uma temperatura de 3,6°C.

Tabela 10: Localização dos dados climáticos – Cantina 3, RETScreen Expert.

	Unidade	Localização dos dados climáticos	Local das instalações
Latitude		39,8	39,8
Longitude		-8,8	-8,8
Zona climática		4A - Misturado - Úmido	
Elevação	m	179	46
Temperatura para projeto de aquecimento	°C	3,6	
Temperatura para projeto de refrigeração	°C	30,0	
Amplitude da Temperatura do Solo	°C	20,5	

O indicador para o caso de estudo é feito para um edifício de cozinha em que as dimensões da instalação são de 1514 m^2 , o consumo de energia anual é referente ao ano de 2015 e igual a $93,37 \text{ kWh/m}^2$ com uma oscilação de $\pm 20\%$.

O objetivo a atingir será minimizar o consumo de energia e após a simulação os resultados obtidos, Figura 55, apresentam um valor global de 84 kWh/m^2 , que corresponde a uma diminuição de 10% do indicador energético atual e desagregando o valor global vêm respetivamente um consumo de eletricidade 137.656 kWh e de gás natural 907 kWh .

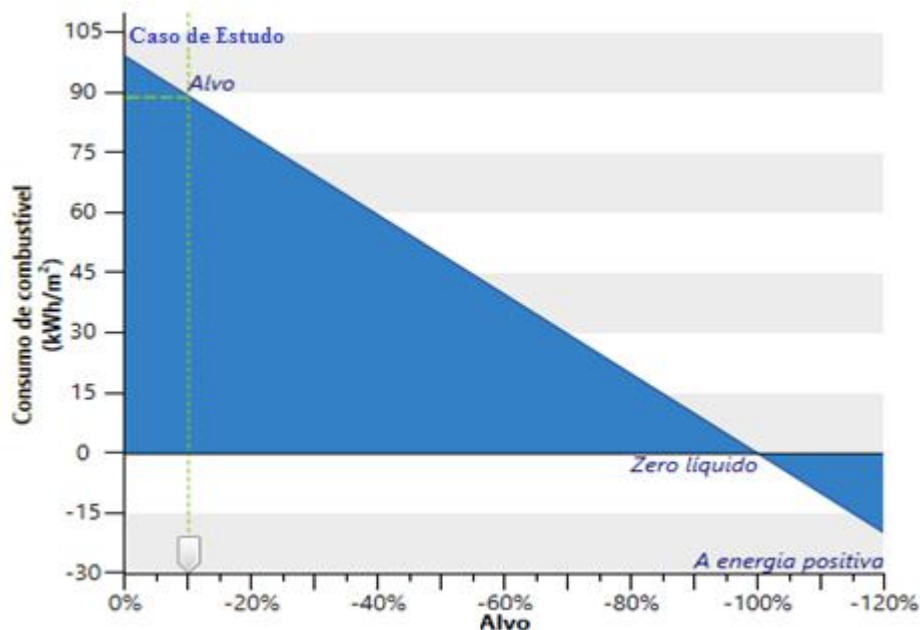


Figura 55: Plano proposto, RETScreen Expert.

Tendo como base as tarifas do preço da energia calculou-se uma média de $0,127\text{€}/\text{kWh}$ respetivo ao custo da eletricidade adquirida à rede (EDP, 2016) e um custo de $0,052\text{€}/\text{kWh}$ para o gás natural utilizado na caldeira (Galp, 2017).

Para o dimensionamento energético também foi feito uma divisão dos diversos horários de funcionamento para 3 zonas: a cozinha, o refeitório e o restaurante. Para proceder ao preenchimento da Tabela 11 foram tidos em conta os diagramas de carga da Cantina e o horário de funcionamento ao público.

Tabela 11: Horário de funcionamento por zonas - Cantina 3

Taxa de ocupação diária (h/dia)	Cozinha	Refeitório	Restaurante
Segunda	12	6	4
Terça	12	6	4
Quarta	12	6	4
Quinta	12	6	4
Sexta	12	6	4
Sábado	0	0	0
Domingo	0	0	0
Taxa de ocupação anual	35,7%	17,9%	11,9%

Dando continuidade à análise dos equipamentos consumidores e inerentes à parte de aquecimento e arrefecimento foi realizado um levantamento das suas potências, Tabela 12.

Tabela 12: Equipamento – Cantina 3

Equipamento	Fabricante	Potência de aquecimento do equipamento (kW)	Potência de arrefecimento do equipamento (kW)
Caldeira a gás natural	Roca, CPA 200	232,6 (Térmico)	-
Unidades de tratamento de Ar 1 e 2	Desconhecido	114,2	20,5
Unidade de tratamento de Ar 3	Desconhecido	22,5	5,5

Dentro do equipamento utilizado para o aquecimento da cantina (água e ar) temos uma caldeira a gás natural do modelo CPA 200 com uma potência térmica de 232,6kW e eficiência de 80%, três unidades de tratamento de ar responsáveis pela renovação de ar no edifício através da insuflação de ar para o interior sendo o aquecimento assegurado através do aquecimento do ar através de água aquecida pela caldeira que circula numa instalação a dois tubos.

O método para analisar o nível de utilização no edifício teve como base 4 pilares que assentam nos diversos gastos energéticos e em diversas áreas: ventilação, iluminação, equipamento elétrico e produção de água quente.

A cozinha, pelo facto de ser a área onde se confeccionam as diversas refeições e por ser nesta zona que se encontram a maior parte dos equipamentos elétricos, é a zona que têm uma maior numero de renovações de ar necessárias ao longo do dia. As Unidades de Tratamento de Ar (UTA) 1 e 2 são responsáveis pela renovação do ar na zona do refeitório e cozinha enquanto a UTA 3 trabalha na zona do restaurante.

Segundo a portaria nº 353-A/2013 para uma sala de refeições o número de caudal mínimo de ar novo por pessoa é de $35m^3/h$ a que corresponde a mais ou menos 10l/s de ar. Arbitrou-se um fluxo de ar fresco injetado na Cantina 3 de 1944 litros de ar por segundo que têm de ser introduzido nos diversos espaços ou por fluxo de ar por abertura de janelas ou pelo funcionamento do equipamento AVAC. Este fator foi calculado tendo em conta o número médio diário de 200 refeições servidas

ou seja 200 pessoas que almoçam ou jantam na Cantina, o funcionamento dos equipamentos e os horários de serviço das diversas zonas.

No refeitório e no restaurante os vãos envidraçados e os sombreamentos são uma grande ajuda a regularizar, sem uso de meios externos, a temperatura ambiente para níveis confortáveis havendo por isso uma diminuição da utilização do sistema AVAC. O método de cálculo da potência de refrigeração e aquecimento na cozinha, no refeitório e no restaurante teve em conta o fluxo de ar fresco injetado (30% injetado no refeitório, 15% no restaurante e 45% na cozinha), as características dos equipamentos de climatização, a área dos espaços, e uma temperatura média no interior da Cantina, arbitrada, de 22°C. As energias para a refrigeração e aquecimento dos diversos espaços são apresentadas na Tabela 13.

Tabela 13: Energia para aquecimento e refrigeração - RETScreen Expert.

Caso de referência	Sistema	Refrigeração (kWh)	Aquecimento (kWh)
Cozinha	UTA1 + UTA2	9904	-
Refeitório	UTA1 + UTA2	6275	4680
Restaurante	UTA3	1494	1114

Outra área importante é a energia consumida na iluminação. Com o objetivo de caracterizar o sistema atual foi efetuado um levantamento do número de luminárias e lâmpadas.

Na Tabela 14, apresentam-se as principais características dos sistemas de iluminação instalados no edifício.

Tabela 14: Equipamentos de iluminação instalados – Cantina 3.

Tipo	Balastro	Potencia Unitária (W)	Quantidade	Potência Total (kW)
Fluorescente CFL	Ferromagnéticos	13	92	2,67
		18	40	
		26	14	
Fluorescente T5	Eletrónicos	35	190	7,48
Fluorescente T8	Ferromagnéticos	9	2	4,21
		18	11	
		36	94	
Total		---	444	14,40

As lâmpadas fluorescentes que estão em maior número são do tipo T5, nomeadamente de 35W, seguindo-se as lâmpadas tipo T8 de 36W, as lâmpadas tipo CFL de 13W e as incandescentes.

As luminárias do tipo CFL são embutidas no teto falso, apresentando refletores espalhados com refrator em vidro, Figura 56. As do tipo T5, que se encontram á superfície do teto, tem difusores espelhados de lamelas, Figura 56.



Figura 56: Luminária do tipo CFL e fluorescente do tipo T5.

Relativamente às luminárias do tipo T8, estas são maioritariamente usadas nas zonas de serviço, enquanto as do tipo T5 são utilizadas no bar, no refeitório e no restaurante.

O consumo de energia pelos diversos tipos de lâmpadas são apresentados na Tabela 15.

Tabela 15: Dados de iluminação - RETScreen Expert.

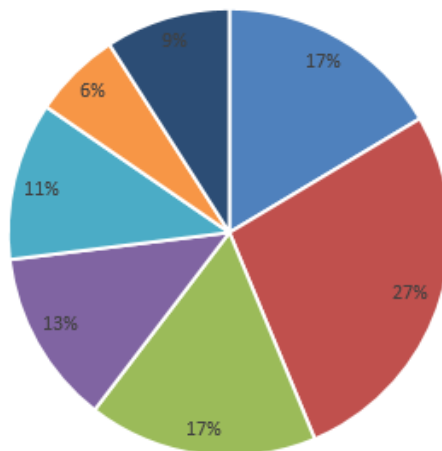
Tipo	Ambiente	Iluminância (Lux)	Operação (h/sem)	Operação (h/anuais)	Energia consumida anual (kWh)
Fluorescente CFL	Corredor	100	4,25	$4,25 \times 52 = 221$	~590
Fluorescente T5	Refeitório	100	22,29	$22,2 \times 52 = 1154,4$	~8.669
Fluorescente T8	Cozinha	500	52,45	$52,45 \times 52 = 2727,4$	~11.482
Total	-	-	-	-	20.741

O maior consumo de energia têm origem nas lâmpadas fluorescentes do tipo T8, pois o número de horas de operação semanais vai ser significativamente maior, 52,45 horas, do que nas outras zonas da Cantina 3 apesar das do tipo T5 terem uma potência total superior, Tabela 14. O edifício apresenta uma densidade de potência para iluminação de $9,53 \text{ W/m}^2$.

Foram também identificados os vários gastos energéticos associados ao uso de cada equipamento elétrico instalado na Cantina 3. Esta caracterização teve como base o Anexo G.

A análise do consumo elétrico para cada equipamento envolveu os seguintes dados: quantidade, horas de operação, carga elétrica, fator de utilização e impacto arbitrado (recorrendo à potência e função) do equipamento na climatização. O fator de utilização é a percentagem de tempo em que o equipamento está a ser utilizado em que o AVAC apresenta um valor de 30% e as máquinas de lavar a loiça de 80%.

O balanço final de energia de todos os equipamentos da Cantina 3 atinge um valor de 104.908 kWh/ano, sendo alguns consumos de equipamentos representados percentualmente na Figura 57.



■ Iluminação ■ Maquinas da loiça ■ Camaras frigorificas ■ AVAC ■ Forno ■ Fritadeira ■ Outros

Figura 57: Desagregação de consumos - RETScreen Expert.

Para o cálculo da quantidade diária de água quente contabilizaram-se um número de refeições médias diárias de 200, calculadas através dos dados da Figura 39, correspondentes ao número de refeições servidas anualmente na Cantina, com uma taxa de ocupação de 50%. O uso de água quente estimado foi de 910 litros diários, para uma temperatura máxima de referência de 60°C, em que a temperatura de fornecimento de água, antes do aquecimento está compreendida no intervalo entre os 14,1 °C (inverno) e os 19,4 °C (verão).

A energia necessária para o aquecimento dos 910 litros diários de água quente é de 2887kWh produzidos pela caldeira existente que utiliza gás natural, auxiliado por um sistema solar constituído por 3 baterias de 4 coletores cada, 12 painéis no total. No circuito solar, a água armazenada num depósito de acumulação vertical é aquecida com recurso a um permutador de calor de placas através da transferência de calor com o circuito que atravessa os coletores solares instalados na cobertura do edifício.

O aquecedor solar de água (PS 2.4H da Baxi Roca) tem um sistema de posicionamento fixo, virado para sudeste tendo uma inclinação dos painéis igual a 45°. As características técnicas do coletor solar são apresentadas na Tabela 16.

Tabela 16: Características Técnicas Solar Térmico – PS 2.4H, Baxi Roca

Caraterística	PS 2.4H
Superfície total	2,52 m ³
Superfície de abertura	2,33 m ³
Capacidade	2,2 Litros
Peso	54 Kg
Pressão máxima de trabalho	10 bar
Rendimento sem perdas	$\eta_0 = 0,789$
Tonalidade	Azul-escuro

O depósito destinado para a água aquecida pelo sistema solar térmico, Elbi BG 2000, tem uma capacidade de 2000 litros existindo também um outro de 475 litros de capacidade da marca ACV. O sistema para aquecimento (edifício e água) da Cantina 3 é constituído por uma caldeira e um sistema solar térmico que aquecem água que por sua vez vai ser utilizada na cozinha e no aquecimento do ar que depois vai ser bombeado pelo sistema AVAC.

A etiquetagem energética deste sistema combinado (caldeira, solar térmico, depósito, AVAC) foi calculada através da ferramenta *online* disponibilizada pela LabelPackA+ (LabelPackA+, 2015). A eficiência energética para o sistema combinado em questão obteve a classificação A++, Anexo J que corresponde a uma eficiência muito boa.

A Tabela 17 mostra a divisão dos vários consumos energéticos internos dentro da Cantina 3.

Tabela 17: Análise energética anual para o caso de estudo – Cantina 3

Utilização de energia	Aquecimento (kWh)	Refrigeração (kWh)	Eletricidade/Gás Natural (kWh)
Ventilação			
Arrefecimento Cozinha		9.904	
Arrefecimento/Aquecimento Refeitório	4.071	6.275	
Arrefecimento/Aquecimento Restaurante	969	1.494	
Lâmpadas			
T8			11.482
CFL			590
T5			8.669
Equipamento elétrico			
Máquinas Loiça			34.164
Câmaras Frigoríficas			21.024
AVAC			15.878
Forno			14.350
Fritadeira			8.030
Outros			11.462
Água quente			
Água aquecida	2.887		
Energia produzida na Cantina			
Caldeira GN (67%)	-5.309 (GN)		
Solar Térmico (33%)	-2.618		6,5
Somatório			
Parciais	0	17.672	123.929,5
Total		141.601	

O grande consumo de energia na Cantina 3 é a energia elétrica, que é usada para o funcionamento de todos os equipamentos elétricos dentro do edifício. A caldeira representa 67% da energia total para aquecimento enquanto o solar térmico só contribui com 33%. Os coeficientes foram calculados tendo em conta as características técnicas dos dois equipamentos. Muita da energia utilizada pode ser economizada com algumas estratégias de racionalização.

De seguida apresenta-se o funcionamento conjunto da caldeira a gás natural com uma nova caldeira de biomassa e a implementação de um sistema fotovoltaico.

5.2.2 *Caso Proposto*

O modelo energético a adoptar para a Cantina 3 tem em vista a introdução de um sistema fotovoltaico com o objetivo de diminuir a energia comprada à rede elétrica, e de uma caldeira a biomassa que substitue a caldeira de gás natural.

A parte da caldeira a biomassa deverá possuir uma potência de 234kW com características idênticas ao sistema de aquecimento atual. A caldeira escolhida para a simulação efetuada com o software *Retscreen Expert* foi uma caldeira tipo industrial Quioto 200 alimentada por pellets de madeira, casca de amendoa, caroço e bagaço de azeitona. As características técnicas são apresentadas na Tabela 18.

Tabela 18: Características técnicas da caldeira – Quioto 200 (Zantia, s.d.)

Caraterísticas Técnicas	Quioto 200
Potência util	200kW
Rendimento	85%
Temperatura - Gases	90-150C°
Temperatura máxima de trabalho	85C°
Peso	1660kg

A caldeira de 200kW, Tabela 18, é em aço de alta qualidade, tem um funcionamento simples e automático com um quadro de controlo eletrónico e tem um nível mínimo de emissões com o mínimo de impacto ambiental (Zantia, s.d.). O equipamento escolhido cumpre os requisitos Europeus para caldeiras de aquecimento (EN303/1).

Relativamente ao sistema fotovoltaico, foi escolhido um sistema do tipo Silício Policristalino do fabricante BP Solar com a referencia 3-225T e dimensões 1667×1000×50 mm, com uma potência por unidade de 225W e uma eficiencia de 13,5% (Solar, s.d.). O número de unidades escolhida, tendo em conta um valor de área total ocupada pelo fotovoltaico inferior a 60 m², foi de 35, perfazendo um total de 8,75 kW de capacidade de potência. De forma a maximizar o rendimento do sistema, este seria instalado virado para sul com uma inclinação do suporte de 30°. A Tabela 19 representa os custos de aquisição e manutenção do sistema de biomassa e fotovoltaico. É

importante referir que os valores de custo introduzidos no software *Retscreen Expert* foram fornecidos pela base de dados interna do próprio programa.

Tabela 19: Custos de aquisição e manutenção dos equipamentos - Caso proposto.

Equipamento instalado	Tecnologia	Número de unidades instaladas	Potência	Custo (€)	Manutenção (€/Ano)
Quioto 200	Biomassa	1	234kW (Térmicos)	33.000	N.I
BP-Solar 3-225T	Fotovoltaica	35	$0,225 \times 35$ $= 8,75 \text{ kW}$	350×35 $= 12.250$	76 + 175
SMA Sunny Boy SB 5.0	Inversor Fotovoltaico	1	5,25 kW	1.124	(planeamento e instalação)

Resumindo, a combinação destes dois tipos de tecnologia representa um custo total de 46.374€ mais 76€, anuais de manutenção dos painéis fotovoltaicos e 175€ para o seu planeamento e instalação sendo que nesta análise não foram contabilizados os custos com a matéria prima para a caldeira a pellets.

Os equipamentos elétricos e de preparação de refeições são responsáveis pelo maior consumo energético na cantina, cerca de 70% do total. Este facto sugere que se existir uma melhor racionalização do tempo de preparação das refeições e do tempo de uso de cada equipamento é possível ter bastantes vantagens em termos de poupanças energéticas. Assim para a análise foi tido em conta uma redução em 5%, arbitrada, da energia gasta em relação ao consumo calculado no caso de estudo para o arrefecimento e aquecimento da cantina, na iluminação com recurso a sensores de presença e aproveitamento da luz natural, no funcionamento do equipamento eléctrico AVAC e nas máquinas de lavar a loiça. Nas câmaras frigoríficas a redução mínima será em 10% tendo em conta a utilização do dispositivo de controlo *eCube* (EnerEfficiency, 2014).

No caso de estudo/situação atual, foram analisadas os vários consumos com a energia nas diversas áreas da Cantina 3, Tabela 20.

Tabela 20: Análise energética anual para o caso proposto – Cantina 3

Utilização de energia	Aquecimento (kWh)	Refrigeração (kWh)	Eletricidade/Gás Natural (kWh)
Ventilação			
Arrefecimento Cozinha		9.904	
Arrefecimento/Aquecimento Refeitório	3.867 (-5%)	5.961 (-5%)	
Arrefecimento/Aquecimento Restaurante	920 (-5%)	1.419 (-5%)	
Lâmpadas			
T8			10.907 (-5%)
CFL			560 (-5%)
T5			8.235 (-5%)
Equipamento elétrico			
Máquinas Loiça			32.455 (-5%)
Camaras Frigorificas			18.921 (-10%)
AVAC			15.084 (-5%)
Forno			14.350
Fritadeira			8.030
Outros			11.462
Água quente			
Água aquecida			
	2.887		
Energia produzida na Cantina			
Solar Térmico (33%)	-2.532,4		6,5
Caldeira Biomassa (67%)	-5.141,6		
Fotovoltaico			-14.438
Somatório			
Parciais	0	17.284	105.572
Total		122.856	
Poupança		+ 18.745(~14%)	

Pela Figura 58 verifica-se que com a introdução de um sistema fotovoltaico o consumo de energia importado da rede elétrica diminui dos 123.929 kWh para os 105.572 kWh, cerca de 10%.

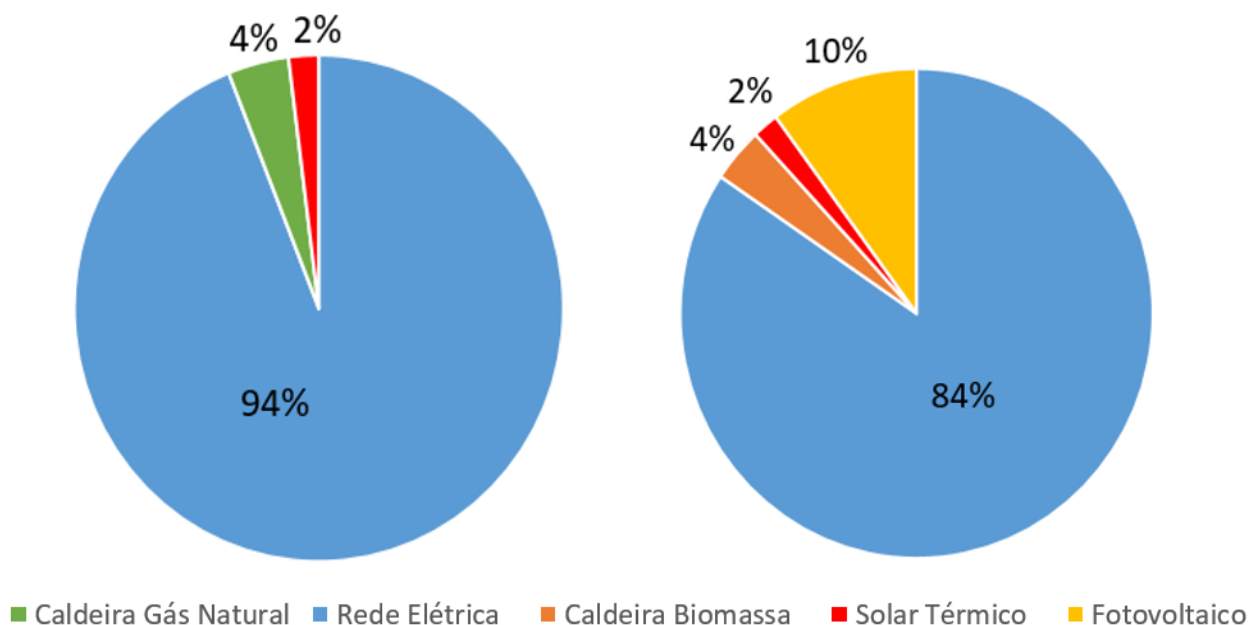


Figura 58: Desagregação do consumo energético caso de referência versus caso proposto.

Com a introdução de algumas medidas de poupança e a introdução de novos sistemas de produção de energia foi possível diminuir o consumo em 18.745kWh e poupar 14% em relação ao caso de estudo/caso atual.

5.3 Análise da Viabilidade Económica

A análise da viabilidade económica do investimento neste sistema energético, fotovoltaico e biomassa, recorre à análise dos dados de entrada (especificidades técnicas dos equipamentos) para

cada um destes dois sistemas, ao preço da sua instalação e manutenção e ao que é gasto na compra de energia ou matéria prima, Tabela 21.

Tabela 21: Preço da energia – Análise da viabilidade económica

EE (€/kWh.dia)	Pellets (€/kg)	Luz Solar (€/kWh)
0,098	0,20	0

O preço de compra da energia elétrica à rede foi calculado tendo em conta um valor médio anual da soma de todos os encargos com a energia ativa para uma tarifa de longa utilização, (EDP, 2016).

5.3.1 Fonte de Energia - Biomassa

O cálculo dos consumos anuais de biomassa e dos seus custos, do montante a investir e dos custos de operação do sistema foram realizados através de uma simulação, em que se teve em conta o preço da energia Tabela 21 e as condições que afetam o sistema: tempo de vida útil (20 anos), eficiência do equipamento (85%), custo de investimento da instalação, poder calorífico da biomassa (pellets) e consumo anual de energia em kWh. Arbitrou-se para a simulação um capital próprio investido de 10.000€ e um financiamento à banca de 23.000€, com uma taxa de inflação e reajuste do combustível (*Retscreen Expert*) nos 2%, Tabela 22.

Tabela 22: Dados de simulação do sistema de caldeira a biomassa.

Vida útil da instalação	20 anos
Investimento de Capital Próprio	10.000 €
Financiamento	23.000 €
Taxa de Inflação	2%
Reajuste do custo do Combustível	2%
Tipo de combustível	
PCI biomassa - Pellets	4,9 kWh/kg

Para demonstrar a rentabilidade do sistema foi simulado o PRI do capital investido, também designado de Período de Retorno de Investimento (Rodrigues, 2002). O indicador económico que leva em consideração a vida útil do sistema, entende-se por Valor Atual Líquido (VAL). Este implica o fluxo contínuo de receitas e despesas ao longo da vida útil do equipamento, em que no final é estimado o ano a partir do qual se consegue obter receitas e lucros do montante investido inicialmente, tendo em conta um valor de taxa de atualização do capital (Rodrigues, 2002). O ano

estimado, calculado, a partir do qual se consegue obter retorno de lucros para a Cantina 3 a partir do valor investido é ao 14,2 ano.

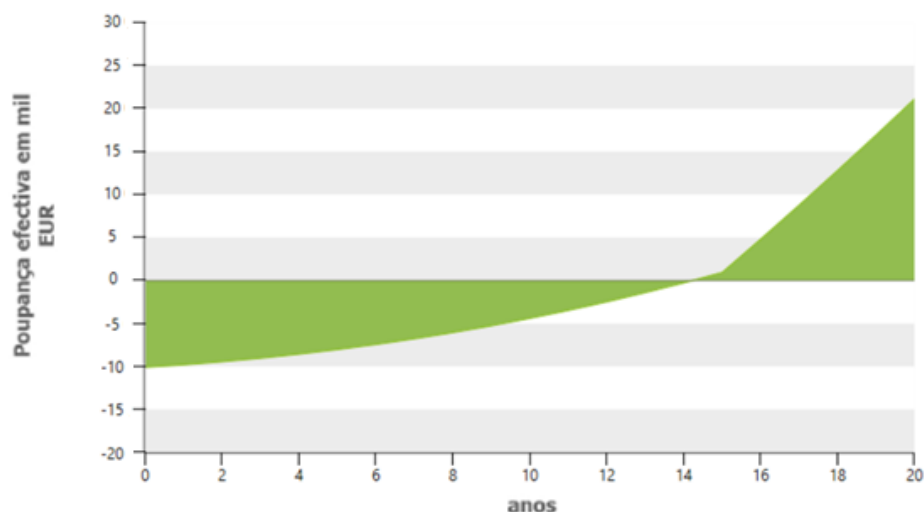


Figura 59: Poupança efetiva/Fluxo de caixa - RETScreen Expert.

No gráfico da Figura 59 está representada a evolução do *cash flow* ao longo do tempo de vida do projeto. Verifica-se que inicialmente existe um *cash flow* negativo derivado do investimento inicial, 10.000 €. O facto de até ao 14º ano após a instalação da caldeira de biomassa se estar a pagar o valor do financiamento, 23.000 €, faz com que a curva de ganhos cumulativos tenha um declive mais baixo que aquele que apresenta a curva após o retorno do investimento, ou seja, os ganhos são maiores após o 14º ano. O valor de poupança para 20 anos é de 22.000€. Existem diversos parâmetros que podem influenciar bastante o tempo de *payback* do valor investido na compra da caldeira de biomassa.

Caso o preço da tonelada da biomassa aumente vai existir um aumento do período de amortização do equipamento, Figura 60.

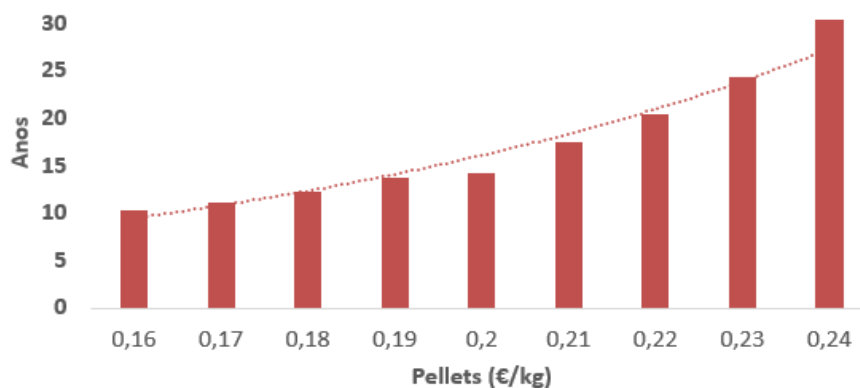


Figura 60: Payback da caldeira de biomassa com variação do preço de compra - pellets (Solius, 2017).

Como conclusão prévia existe vantagem na utilização deste tipo de fonte energética por ser de origem local e com vantagens ambientais.

5.3.2 Sistema Fotovoltaico

O cálculo dos consumos anuais do fotovoltaico e dos seus custos, do montante a investir e dos custos de operação do sistema foram realizados através de uma simulação feita no *software Sunny Web Design*, em que se teve em conta o preço da energia Tabela 21 e as condições que afetam o sistema: tempo de vida útil (20 anos) e rendimento do equipamento (13,5%), degradação média da potência dos módulos fotovoltaicos ao ano (0,5%), taxa de inflação de 2%, custo de investimento da instalação e de componentes (13.625€), Tabela 19, radiação solar, Figura 61, e consumo anual de energia em kWh, Tabela 20.

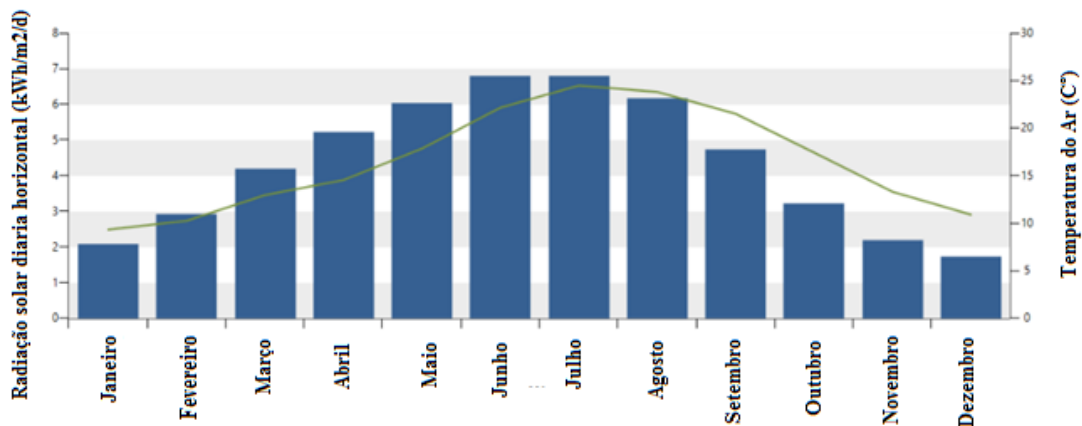


Figura 61: Dados climáticos, Leiria Portugal - RETScreen Expert.

O PRI calculado para este dimensionamento foi de 8 anos, a poupança efetiva é representada na Figura 62.

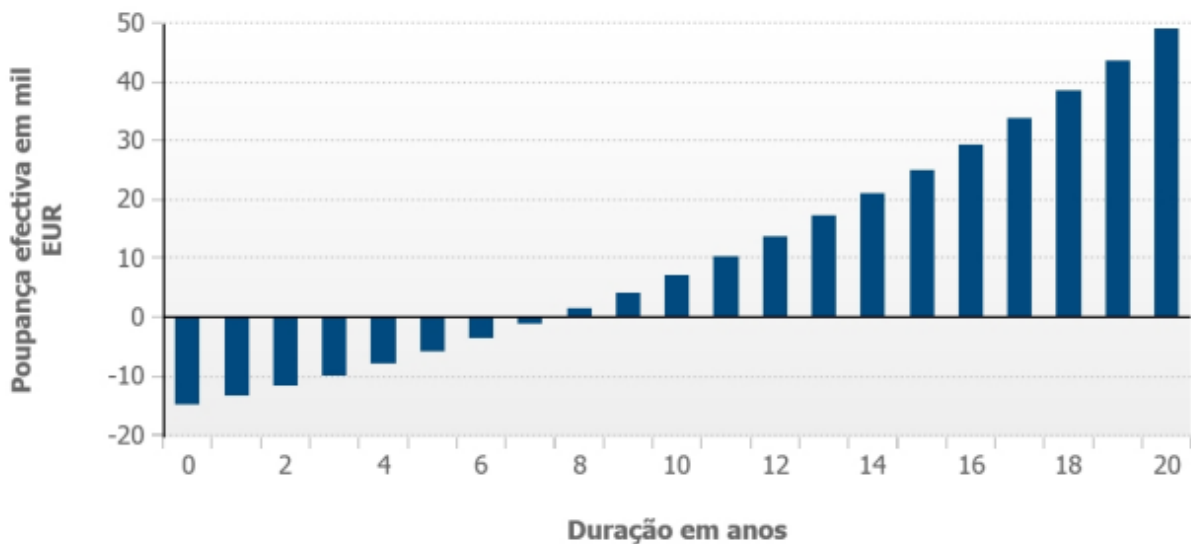


Figura 62: Poupança efetiva/Fluxo de caixa, Fotovoltaico 3 – Sunny Web Design.

O custo anual atual calculado pelo software *Sunny Web Design* sem sistema fotovoltaico é de 17.983€, com sistema fotovoltaico é de 16.551€ o que representa uma poupança no primeiro ano

na compra de eletricidade de 1432€. Para um tempo de vida útil do projeto a 20 anos existe uma poupança de 48.612 €.

5.3.3 Coberturas Ajardinadas

O modelo energético também contempla a área de instalação de coberturas ajardinadas nas zonas de terraço da Cantina 3. Apesar de existirem diversas possibilidades para a construção de um *green roof* existem 3 bases principais que são essenciais: impermeabilização, isolamento térmico e drenagem. O preço médio por m^2 de cobertura ajardinada pode ser calculado através da soma do preço de alguns acessórios e componentes Tabela 23,. O preço estimado calculado foi de 128,5€.

Tabela 23: Componentes coberturas ajardinada, (Imperialum, 2017), (Argex, 2017)

Catálogo	Função	Acessório	Preço (€/m ₂ ou €/m ₃)
Imperialium	Laje	Membrana – aditivo anti raiz	10,92
	Impermeabilização	Membrana - PVC	13,66
	Acessórios impermeabilização	Bocais e outros	11,1
	Isolamento térmico	Membrana – cobertura pavimentos	11,71
	Acessórios isolamento térmico	Buchas	0,21
	Sistema de drenagem	Sistemas	2,95
Argex	Terra vegetal	Argex 3-8	48
Aki	Vegetação rasteira	Diversos	30
Preço final			128,5

O facto de serem introduzidas plantas que captam CO₂, também contribui para uma diminuição das emissões de GEE

Seguidamente apresentam-se as conclusões e perspetivas de desenvolvimento do modelo energético aqui proposto.

Capítulo 6 - Conclusões e Perspetivas Futuras

Neste parte são descritas as conclusões deste trabalho e indicadas as perspetivas de futuro desenvolvimento do sistema energético, aqui proposto e ações de eficiência energética a ele associadas.

6.1 Conclusão

O trabalho desenvolvido na área da sustentabilidade energética pretende ser um contributo para que Portugal atenuar a importação de combustíveis fósseis, melhore a sua situação económica e desenvolva o seu potencial energético baseado na energia renovável. Daqui resultará um aumento da autonomia energética, uma redução dos GEE e um contributo para o cumprimento das políticas de eficiência energética e ambientais, provenientes da EU.

Inicialmente foi realizado um enquadramento do tema ao nível de dependência energética na Europa e apresentados os objetivos desta tese. Neste contexto verificou-se que para o caso de Portugal ainda existe muito desenvolvimento na área das energias renováveis e eficiência a ser realizado.

Foi feita uma caracterização de alguns edifícios, num perspectiva mundial, possuindo um elevado desempenho energético e classificados como NZEB. Definiu-se o conceito de edifício NZEB, que representa todos os edifícios cuja a necessidade energética é quase nula sendo analisados três casos típicos de edifícios, como: Edifício Solar XXI, *Beitout Branch Public Library* e os jardins *Garden by the Bay*.

Também se analisaram os dados de consumo energético mundial e em Portugal, assim como legislação na área da energia. Ainda, se realizou uma abordagem à evolução do uso dos diversos tipos de energias renováveis existentes em Portugal. Verificou-se que as energias mais utilizadas são a hídrica, a eólica e a biomassa.

De seguida efetuou-se um levantamento das tecnologias de eficiência energética, identificando-se potenciais medidas de implementação, nas unidades de restauração, respetivamente na área da produção de AQS e aquecimento, produção de energia elétrica, sistemas passivos, *green roofs* e dispositivos de controlo.

Escolheu-se um caso de estudo como suporte à implementação de ações de melhoria do desempenho energético, tendo-se optado pelo edifício da Cantina 3 no Campus 2 do IPL. Foram caracterizados os consumos energéticos: térmico (gás natural) e elétrico e foi feita uma análise de tarifários disponíveis. Também foram desagregados os vários consumos energéticos por equipamento, com recurso a medidores de energia e apresentados diversos indicadores energéticos, para um melhor conhecimento do modo como estes consumos são efetuados.

Complementarmente a esta análise de dados energéticos foi realizado um levantamento termográfico a todo o edifício, para determinação de fugas térmicas e propuseram-se soluções de melhorias. Verificou-se que apesar do aumento dos custos, no período 2010-2015, o consumo energético deste edifício - Cantina 3 diminuiu.

O horário onde existe um maior consumo energético é das 9h30 as 16h30. Na Cantina o forno é o maior consumidor energético em comparação com os outros equipamentos. Nos três tarifários analisados (semanal normal, semanal opcional e diário) o tarifário diário é o mais vantajoso com o valor de 69,43€ médios diários, contabilizando os preços da energia no Inverno e no Verão.

Este caso de estudo, edifício da Cantina 3, IPL, deu lugar a propor-se um novo modelo energético, recorrendo-se à simulação de variáveis de consumos energéticos, desta atividade de confeção de alimentos suportada pelos *softwares*: *RetScreen Expert* e *Sunny Web Design*, que conduziram à conceção, do modelo energético proposto. Este conjunto de ações de melhoria energética e designadas de modelo energético tem ainda como objetivo a produção de energia elétrica, por sistema fotovoltaico e o controlo de consumos através da implementação de dispositivos do tipo sensor. Neste modelo, também são propostos: uma caldeira a biomassa e um sistema solar térmico, para produção de AQS e aquecimento geral.

Outra área térmica relevante é o arrefecimento da Cantina, que será feito através de ventilação preferencialmente natural auxiliada pelo sistema AVAC. Foi também estudada a hipótese de implementar coberturas ajardinadas nas zonas de terraço e a plantação de árvores no lado a sudoeste do edifício, para se aumentar o sombreamento e ajudar na regulação da temperatura interior da Cantina, sendo o preço médio calculado por m^3 para uma cobertura ajardinada de 128,5€.

A implementação do modelo energético é um contributo para a autonomia e sustentabilidade deste edifício, induzindo uma diminuição de GEE e eleva a eficiência energética, pelo fato de se recorrerem a fontes energéticas primárias: biomassa e solar, dado que são energias abundantes nesta região.

Como conclusão pode afirmar-se que o valor de poupança anual com a utilização do caso proposto do modelo energético foi de 14%. Se utilizar os dados de faturação energética de 2015, que teve um fatura anual de 21.563,19€ consegue-se poupar 3018€ por ano.

Realça-se que o PRI da biomassa e do sistema fotovoltaico situa-se no intervalo de 14,2 e 8 anos, sendo estes períodos de retorno motivadores para o investimento, pois irão permitir uma poupança para um projeto a 20 anos de 22.000€ e 48.612€ respetivamente.

Por fim, este espaço de serviços necessita do empenho de todos os seus colaboradores e utilizadores, devendo ser feita uma campanha para a consciencialização ambiental, a fim de que se atinja uma melhoria da sustentabilidade energética do edifício, com a implementação de um sistema energético com estas facetas de modelo híbrido.

6.2 Perspetiva de Desenvolvimento Futuro

Em paralelo com a implementação do modelo energético proposto, seria uma mais-valia a implementação de um sistema de gestão de energia. Estes sistemas permitem um controlo centralizado para a gestão do edifício, possibilitando o controlo e monitorização da iluminação, bem como os sistemas de climatização. A partir deste controlo centralizado, o gestor tem acesso

aos diversos parâmetros de medição do consumo de energia, possibilitando-lhe uma gestão rápida e consequente otimizando os custos de exploração da instalação. Outras ações de melhoria da eficiência seria a instalação de portas exteriores duplas ou com antecâmara, tornar os ambientes interiores menos poluídos/contaminados preservando a ligação com uma arquitetura bioclimática com a colocação de um *Green Roof* para potenciar a sustentabilidade ambiental deste e de outros edifícios, neste Campus, como o da biblioteca.

Em síntese, o modelo energético proposto poderá ser adotado nesta tipologia de edifícios, pela cidade, assim como noutros semelhantes, nomeadamente no Campus do IPL das Caldas da Rainha.

Bibliografia

- Adene, 2012. *Guia de eficiência energética nos edifícios*. s.l.:Adene.
- Argex, 2017. *Flora e Paisagismo*. [Online] Available at: <http://argex.pt/index.html#> [Acedido em 28 fevereiro 2017].
- Bay, G. b. t., 2012. *Gardens by the Bay (Supertree Construction Sequence)*. [Online] Available at: <https://www.youtube.com/watch?v=Uh2JGMMgoSc> [Acedido em 14 Dezembro 2016].
- Bay, G. b. t., s.d. *SUPERTREE GROVE*. [Online] Available at: <http://www.gardensbythebay.com.sg/en/attractions/supertree-grove/visitor-information.html> [Acedido em 13 dezembro 2016].
- BiomaSud, 2013. *Manual do Selo de Qualidade para biocombustíveis sólidos de uso doméstico*, s.l.: s.n.
- Buker, M. S. & Riffat, S. B., 2015. Recent developments in solar assisted liquid desiccant evaporative cooling technology—A review. março.
- Critical Kinetics, s.d. *Variadores electrónicos de velocidade*. [Online] Available at: <http://critical-kinetics.pt/VEV-s/variadores-electronicos-de-velocidade-2.html> [Acedido em 30 abril 2016].
- Despacho n.º 17313, 2008. Despacho n.º 17313/2008, Fatores de Conversão para Tonelada Equivalente Petroléo(tep). *Diário da República, 2.ª série — N.º 122 — 26 de junho de 2008*.
- DGEG, 2016. *Estatísticas Rápidas - Renováveis*, Lisboa: Direção Geral de Energia e Geologia.
- DL 118, 2013. *Decreto de Lei n.º 118 de 20 de agosto de 2013, 1.ª série - Sistema de Certificação Energética*. s.l., s.n.
- Durão, 2013. *Introdução de Metodologias e Estratégias Sustentáveis: Projeto de Arquitetura Sustentável*, s.l.: Universidade Técnica de Lisboa.
- EDP, 2016. *Horários Média Tensão*. [Online] Available at: <http://www.edpsu.pt/pt/particulares/tarifasehorarios/horarios/Pages/HorariosMT.aspx> [Acedido em 10 dezembro 2016].
- EDP, 2016. *Tarifas de Média Tensão*. [Online] Available at: <http://www.edpsu.pt/pt/particulares/tarifasehorarios/Pages/TarifaMT.aspx> [Acedido em 30 janeiro 2015].
- Eija Alakangas, 2010. New European Pellets Standards EN14961. março.

EN 15217, 2008. *EN 15217 - certificação energética*. s.l., Comité Europeu de Normalização.

EN 15603, 2013. *EN 15603 - Performance energética de edifícios*. s.l., Comité Europeu de Normalização.

EnerEfficiency, 2014. *eCube*. [Online] Available at: <http://enerefficiency.pt/index.php?m=58&m2=115&m3=130> [Acedido em 3 abril 2016].

Erhorn, H. & Erhorn-Kluttig, H., 2014. *Selected examples of Nearly Zero Energy Buildings*, s.l.: EPBD.

ERSE, 2015. *Tarifas e Preços para a Energia Elétrica e Outros Serviços em 2016*, Lisboa: ERSE - Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos.

European Commission, 2002. *Energy Performance of Building Directive*, s.l.: s.n.

European Union, l. E., s.d. *Zeroing in on energy*. [Online] Available at: <http://www.republiczeb.org/page.jsp?id=17>[Acedido em 3 abril 2016].

Eurostat, 2014. *Energy European Statistics*, s.l.: s.n.

FLIR, 2017. *La Thermographie pour l'humidité et la restauration*. [Online] Available at: <http://www.flir.fr/instruments/building/display/?id=49421> [Acedido em 29 janeiro 2017].

Fluke, 2015. Manual do Usuário. julho, p. 52.

Frazão, C. & Pedrosa, H., 2014. *Arquitetura Bioclimática*, Leiria: Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Leiria.

Galp, 2017. *Tarifário gás natural*. [Online] Available at: <http://www.galpenergia.com/PT/ProdutosServicos/GasNatural/Mercado-Regulado/Tarifario/Paginas/Tarifario.aspx?tipoUtilizacao=1> [Acedido em 15 janeiro 2017].

Gardens by the Bay, 2016. *Gardens by the Bay*. [Online] Available at: <http://www.gardensbythebay.com.sg/en.html> [Acedido em 14 dezembro 2016].

Gonçalves, H., 2010. *Edifício Solar XXI, em direção á energia Zero*, Lisboa: LNEG.

HES, 2011 a. *Energy Efficiency and Renewable Energy Applications in the Hotel Sector*, s.l.: Hotel Energy Solutions.

IEA, 2012. *Technology Roadmap - Bioenergy for Heat and Power*, s.l.: Internacional Energy Agency.

Imperialum, 2017. *Produtos*. [Online] Available at: <http://www.imperialum.com/produtos/> [Acedido em 10 março 2017].

- Inesc, 2010. *Relatório de Auditoria Energética, Cantina 3*, s.l.: s.n.
- IPMA, 2013. *Instituto Português do Mar e Atmosfera*. [Online] Available at: <http://www.ipma.pt/pt/oclima/normais.clima/1971-2000/009/> [Acedido em outubro 2013].
- LabelPackA+, 2015. *Ferramenta de cálculo e emissão da etiqueta energética de sistemas de aquecimento*. [Online] Available at: <http://www.label-pack-a-plus.eu/portugal/calcule-a-etiqueta/> [Acedido em 29 janeiro 2017].
- Lautsen, J. et al., 2017. *Smart Buildings for a Greener Europe: Emerging Policy and Practice*. St. George's Bay (St. Julian's): s.n.
- Marszal, A. et al., 2011. *Zero Energy Building – A review of definitions and calculation methodologies*, s.l.: Elsevier.
- Mauthener, F. W. W., 2014. *Solar Heat Worldwide - Markets and Contribution to the Energy Supply 2012*, Austria: AEE INTEC.
- MSF, 2009. *Natura Towers, Tem vida própria*. [Online] Available at: <http://naturatowers.msf-turim.pt/> [Acedido em 30 março 2017].
- National Geographic, 2013. *Mega Estruturas - Gardens By The Bay*. [Online] Available at: <https://www.youtube.com/watch?v=z6jtIhgytM> [Acedido em 14 dezembro 2016].
- NETA, 2015. *Standard for Certification of Electrical Testing Technicians*, s.l.: s.n.
- OCED/IEA, 2007. *Biomass for Power Generation and CHP**, s.l.: Organisation Economic Co-operation and Development/Internacional Energy Agency.
- Pacesila, M., Burcea, S. & Colesca, S., 2016. Analysis of renewable energies in European Union. *Elsevier Publishing*, 29 maio, p. 156–170.
- Palha, P. et al., 2016. *1º encontro técnico sobre coberturas verdes ajardinadas*. Porto: s.n.
- Pandey, Hindoly and Mod, 2013. *Experimental investigation on green roofs*, s.l.: OxfordJournals.
- PER, 2004. *Energia Fotovoltaica - Manual sobre tecnologias, projeto e instalação*, Portugal: Portal das Energias Renováveis.
- Raimondo, F. et al., 2015. *Plant performance on Mediterranean green roofs: interaction of species-specific hydraulic strategies and substrate water relations*, s.l.: AoB Plants.
- Razlan, 2015. *Taipei Public Library Beitou Branch*. [Online] Available at:

https://www.google.pt/search?q=Beitou+branch+Library&espv=2&biw=1360&bih=662&source=Inms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwifh5vLivHQAhWGOBQKHVIAAp8Q_AUIBigB#imgrc=RsTe_0-en5pJPM%3A

[Acedido em 13 dezembro 2016].

Rodrigues, J. C., 2002. *Gestão de Empreendimentos - Avaliação e Gestão em projetos de Engenharia*. Gráfica Ediliber ed. Lisboa: Coimbra.

Romeu Paz, s.d. *MeteoLeiria*. [Online] Available at: <http://www.meteoleiria.org/#!/prettyPhoto>
[Acedido em 16 dezembro 2016].

Santos, P. d. & Matias, L., 2006. Coeficientes de transmissão térmica de elementos da envolvente dos edifícios. Versão actualizada 2006. p. 170.

Santos, P. d. & Rodrigues, R., 2016. Coeficientes de transmissão térmica de elementos opacos da envolvente dos edifícios. Soluções construtivas de edifícios antigos. Soluções construtivas das Regiões Autónomas.. p. 80.

Solar, B., s.d. *225W Photovoltaic module, BP 3225T*, s.l.: s.n.

Solius, 2017. *Calculadora da Poupança*. [Online]

Available at: <http://www.solius.pt/calculadora/>

[Acedido em 12 fevereiro 2017].

Távora, F., 2009. *Apontamentos da Unidade Curricular de Instalações Elétricas II (IPLEIRIA-ESTG)*, Leiria: s.n.

Tseng, S.-h., 2007. *Green Library Design and Evaluation*, s.l.: Emerald.

Zantia, s.d. *Energias Renováveis - Caldeiras de Biomassa*, s.l.: Zantia.

Zeben - Sistemas Eletrónicos, 2017. *Vacon 100 HVAC - Variador de Velocidade Especial para o AVAC (Bombas, Ventiladores e Compressores)*. [Online]

Available at: <http://zeben.pt/pt/produtos/motorcontrol/variadores-de-velocidade-ac/variadores-velocidade-vacon-100-hvac>

[Acedido em 30 Abril 2016].

ZinCo, Life on Roofs, 2011. *Intensive Green Roofs - Roof Garden*. [Online]

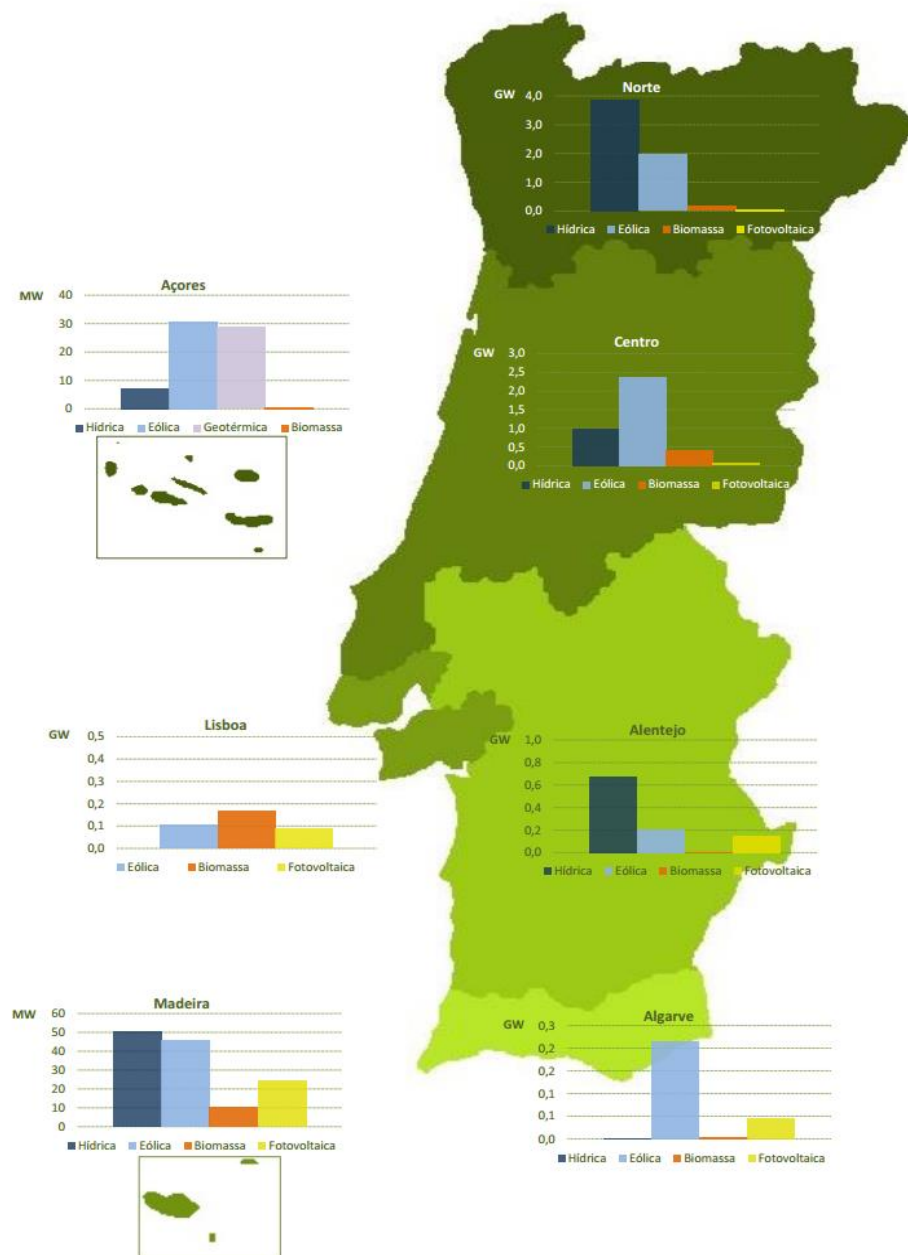
Available at: <http://www.zinco.ca/roofgarden.html>

[Acedido em 15 dezembro 2016].

Anexos

8.1 Anexo A

Potência instalada por região em Portugal no ano de 2014.



8.2 Anexo B

A discretização dos consumos energéticos ao longo do ano permitem identificar quais são as horas onde a utilização de Energia Ativa (EA) apresenta maiores ou menores custos. Esta tabela mostra os consumos ocorridos em 2015 na Cantina 3 com o Consumo de Energia Ativa (C.E.A) para as horas de super vazio, vazio, cheias e pontas.

Ano	Periodo de Faturação	EA (Vazio)	EA (Ponta)	EA (Cheia)	EA (Super Vazio)	Energia Total
2015	08 Dez - 07 Jan	2416	2168	5375	1461	11419
	08 Jan - 07 Fev	2688	2695	6561	1441	13385
	08 Fev - 07 Mar	2311	2281	5510	1205	11308
	08 Mar - 07 Abr	2434	2398	5818	1291	11941
	08 Abr - 07 Mai	2245	2259	5668	1217	11389
	08 Mai - 07 Jun	2372	2502	6302	1323	12499
	08 Jun - 07 Jul	2481	2669	6918	1379	13448
	08 Jul - 07 Ago	2180	2140	5637	1300	11258
	08 Ago - 07 Set	1867	1559	4012	1181	8619
	08 Set - 07 Out	2090	2107	5283	1224	10704
	08 Out - 07 Nov	2239	2312	5812	1271	11633
	08 Nov - 07 Dez	212	2465	6125	1251	10054
	Total Anual		25536	27557	69021	15542

8.3 Anexo C

A discretização dos encargos provocados pelo consumo energético ao longo do mês permitem identificar as variáveis mais problemáticas no que á despesa diz respeito. Esta tabela mostra todas as despesas ocorridas, 2015, consumo energia ativa (C.E.A), potência contratada (P.C) e potência em horas de ponta (P.H.P) com o uso de energia elétrica na Cantina 3 para uma tarifa de média tensão e longas utilizações.

		Encargos Mensais - Tarifa Média Tensão EDP Longas Utilizações/Ciclo diario				
		Méd I a IV (€)	C. E. A (€)	P.C (€)	P.H.P (€)	C.E.R (€)
Janeiro	Horas de ponta (€)	0,1368	296,573809	77,2092064	177,5785334	0
	Horas cheias (€)	0,1074	577,2334147			
	Horas de vazio (€)	0,0757	182,8589367			
	Horas de supervazio (€)	0,0646	94,3527574			
Fevereiro	Horas de ponta	0,1368	368,7291605	77,2092064	244,4380537	0
	Horas cheias	0,1074	704,6286956			
	Horas de vazio	0,0757	203,5012971			
	Horas de supervazio	0,0646	93,06207524			
Março	Horas de ponta	0,1368	312,0940426	77,2092064	186,8715331	0
	Horas cheias	0,1074	591,7688448			
	Horas de vazio	0,0757	174,9622457			
	Horas de supervazio	0,0646	77,8462946			
Abril	Horas de ponta	0,1397	335,0151567	77,2092064	202,9795363	0
	Horas cheias	0,1096	637,6230107			
	Horas de vazio	0,0784	190,8647373			
	Horas de supervazio	0,072	92,9406816			
Maio	Horas de ponta	0,1397	315,5823	77,2092064	185,0376048	0
	Horas cheias	0,1096	621,2658026			
	Horas de vazio	0,0784	175,9878669			
	Horas de supervazio	0,072	87,613056			
Junho	Horas de ponta	0,1397	349,5810331	77,2092064	211,8047336	0
	Horas cheias	0,1096	690,6450138			
	Horas de vazio	0,0784	185,9923654			
	Horas de supervazio	0,072	85,4671566			
Julho	Horas de ponta	0,1397	372,8990586	77,2092064	218,6445458	0
	Horas cheias	0,1096	758,2085914			
	Horas de vazio	0,0784	194,5013056			
	Horas de supervazio	0,072	99,323712			
Agosto	Horas de ponta	0,1397	298,982671	77,2092064	175,3046268	0
	Horas cheias	0,1096	617,8491102			
	Horas de vazio	0,0784	170,9226467			
	Horas de supervazio	0,072	93,6057312			
Setembro	Horas de ponta	0,1397	217,7587999	77,2092064	131,9360613	0
	Horas cheias	0,1096	439,7354541			
	Horas de vazio	0,0784	146,3797462			
	Horas de supervazio	0,072	84,9998448			
Outubro	Horas de ponta	0,1368	288,2711707	77,2092064	172,6071897	0
	Horas cheias	0,1074	567,4263126			
	Horas de vazio	0,0757	158,222629			
	Horas de supervazio	0,0646	79,03968916			
Novembro	Horas de ponta	0,1368	316,2625301	77,2092064	195,6797343	0
	Horas cheias	0,1074	624,2201629			
	Horas de vazio	0,0757	169,4786437			
	Horas de supervazio	0,0646	82,0783052			
Dezembro	Horas de ponta	0,1368	337,2560496	77,2092064	201,9377061	0
	Horas cheias	0,1074	657,8468237			
	Horas de vazio	0,0757	16,04039094			
	Horas de supervazio	0,0646	80,82005224			

8.4 Anexo D

Para proceder ao preenchimento da tabela do Anexo é necessário calcular:

Cálculo dos encargos com a energia ativa (EEA):

$$EEA = \text{Energia Ativa (kWh)} \times \text{Preço da Energia Ativa Horas de Ponta (€)}$$

Equação 1

Cálculo dos encargos com a potência contratada (EPC)

$$EPC = (\text{Potência Contratada (kW)} \times \text{Encargos kW (contratada(€))} \times \text{Fator de conversão})$$

Equação 2

Cálculo da potência nas horas de ponta (PHP)

$$PHP = \text{Energia Ativa Horas ponta (kWh)} \times \text{Nmr. dias} \times \text{Nmr horas de pota/dia}$$

Equação 3

Cálculo dos encargos com a potência nas horas de ponta (EPHP)

$$EPHP = \text{Potência horas de ponta (kW)} \times \text{Encargos kW (horas de ponta(€))}$$

Equação 4

8.5 Anexo E

A tarifa aplicada em MT, baseada no ciclo horário diário (EDP, 2016).

	horário de Inverno	horário de Verão
ponta	das 09:30 às 11:30	das 10:30 às 12:30
	das 19:00 às 21:00	das 20:00 às 22:00
cheias	das 08:00 às 09:30	das 09:00 às 10:30
	das 11:30 às 19:00	das 12:30 às 20:00
	das 21:00 às 22:00	das 22:00 às 23:00
vazio normal	das 22:00 às 02:00	das 23:00 às 02:00
	das 06:00 às 08:00	das 06:00 às 09:00
supervazio	das 02:00 às 06:00	das 02:00 às 06:00

A tarifa aplicada em MT, baseada no ciclo semanal normal (EDP, 2016).

	horário de Inverno	horário de Verão
segunda a sexta		
ponta	das 09:30 às 12:00	das 09:15 às 12:15
	das 18:30 às 21:00	
cheias	das 07:00 às 09:30	das 07:00 às 09:15
	das 12:00 às 18:30	das 12:15 às 24:00
	das 21:00 às 24:00	
vazio	das 00:00 às 02:00	das 00:00 às 02:00
	das 06:00 às 07:00	das 06:00 às 07:00
supervazio	das 02:00 às 06:00	das 02:00 às 06:00
sábados		
cheias	das 09:30 às 13:00	das 09:00 às 14:00
	das 18:30 às 22:00	das 20:00 às 22:00
vazio	das 00:00 às 02:00	das 00:00 às 02:00
	das 06:00 às 09:30	das 06:00 às 09:00
	das 13:00 às 18:30	das 14:00 às 20:00
	das 22:00 às 24:00	das 22:00 às 24:00
supervazio	das 02:00 às 06:00	das 02:00 às 06:00
domingos		
vazio	das 00:00 às 02:00	das 00:00 às 02:00
	das 06:00 às 24:00	das 06:00 às 24:00
supervazio	das 02:00 às 06:00	das 02:00 às 06:00

A tarifa aplicada em MT, baseada no ciclo semanal opcional (EDP, 2016).

	horário de Inverno	horário de Verão
segunda a sexta		
ponta	das 17:00 às 22:00	das 14:00 às 17:00
	das 00:00 às 00:30	das 00:00 às 00:30
cheias	das 07:30 às 17:00 das 22:00 às 24:00	das 07:30 às 14:00 das 17:00 às 24:00
vazio	das 00:30 às 02:00 das 06:00 às 07:30	das 00:30 às 02:00 das 06:00 às 07:30
supervazio	das 02:00 às 06:00	das 02:00 às 06:00
sábados		
cheias	das 10:30 às 12:30 das 17:30 às 22:30	das 10:00 às 13:30 das 19:30 às 23:00
vazio	das 00:00 às 03:00 das 07:00 às 10:30 das 12:30 às 17:30 das 22:30 às 24:00	das 00:00 às 03:30 das 07:30 às 10:00 das 13:30 às 19:30 das 23:00 às 24:00
supervazio	das 03:00 às 07:00	das 03:30 às 07:30
domingos		
vazio	das 00:00 às 04:00 das 08:00 às 24:00	das 00:00 às 04:00 das 08:00 às 24:00
supervazio	das 04:00 às 08:00	das 04:00 às 08:00

8.6 Anexo F

Preço da energia ativa MT para longas utilizações (EDP, 2016).

Preço da energia ativa	Período trimestral	Período horário	EUR/kWh*
Longas utilizações	I e IV	Horas de ponta	0,1368
		Horas de cheias	0,1074
		Horas de vazio normal	0,0757
		Horas de super vazio	0,0646
	II e III	Horas de ponta	0,1397
		Horas de cheias	0,1096
		Horas de vazio normal	0,0784
		Horas de super vazio	0,0720

8.7 Anexo G

Apresentação dos equipamentos que são utilizados na Cantina 3, tais como as suas quantidades, potências e horas de consumo

Equipamento	Nº de equipamentos	Potência média [W]	Horas/dia	Consumo/d [kW]
Máquina de sumo	2	250	13	6,5
Torradeira	1	3750	2	7,5
Cortador de fiambre e queijo	1	223,8	2	0,45
Caixa registadora	3	360	6	6,48
Máquina de loiça	1	42000	7	294
Maquina loiça do café	2	5700	7	20,748
Máquina pequena de lavar café	1	3300	7	23,1
Máquinas de café	2	-n.i	-n.i	-n.i
Exaustores	2	-n.i	-n.i	-n.i
AVAC	1	3625	23	83,375
Camaras frigorificas	4	2000	24	192
Passadeira de loiça	1	230	6	1,38
Arca	2	100	24	4,8
Vitrinas de frio	2	450	13	11,7
Estufas	2	1354	13	35,204
Triturador	1	750	1	0,75
Fritadeira	2	5500	4	44
Micro-ondas	1	2200	2	4,4
Maquina de cortar legumes	1	370	3	1,11
Forno	1	34400	13	447,2
Batedeira-misturadora	1	300	1	0,3
Iluminação geral	444	Variável	8	115,2
Elevador	2	5500	1,5	16,5
Caldeira	1	232600 (Termica)	-n.i	-n.i

8.8 Anexo H

Tendo como referência os vários tipos de consumo de energia primária verificados no ano de 2015, as respetivas conversões serão, para cada fonte primária de energia, as seguintes:

Eletricidade (tep):

No Diário da República n.º 122/2008 (Despacho n.º 17313, 2008) vem a correspondência de que um 1 kWh é equivalente a 215×10^{-6} tep, expressa pela Equação :

$$\text{Eletricidade} = \text{Quantidade (kWh)} \times \text{Factor conversão} \left(\frac{\text{tep}}{\text{kWh}} \right) \quad \text{Equação 1}$$

Gás natural (tep):

Para o cálculo do PCI (Poder Calorífico Inferior) tem-se um PCI de 45,1 MJ.

Nos cálculos seguintes escolheu-se o valor do PCI do gás de 45,1 MJ/kg, para se determinar a energia em tep, contida em 110911,00 kg deste gás e expressa pela Equação :

$$\text{Gás} = \text{Quantidade (kg)} \times \text{PCI} \left(\frac{\text{MJ}}{\text{kg}} \right) \quad \text{Equação 2}$$

Emissões Eletricidade (ton CO2 eq)

No Diário da República n.º 122/2008 (Despacho n.º 17313, 2008) vem a correspondência de que 1 kWh é equivalente 0,47 kgCO2 eq/tep

Então vêm:

$$\text{Emissões EE} = \text{Quantidade (kWh)} \times 0,47 \times 10^{-3} \quad \text{Equação 3}$$

Emissões Gás natural (ton CO₂ eq)

No Diário da República n.º 122/2008 (Despacho n.º 17313, 2008) vem a correspondência de que 1 kWh é equivalente 2683,7 kgCO₂ eq/tep

Então vêm:

$$\text{Emissões Gás} = \text{Quantidade (kWh)} \times 2683,7 \times 10^{-3}$$

Equação 4

Intensidade Carbónica (ton Co₂ eq/tep):

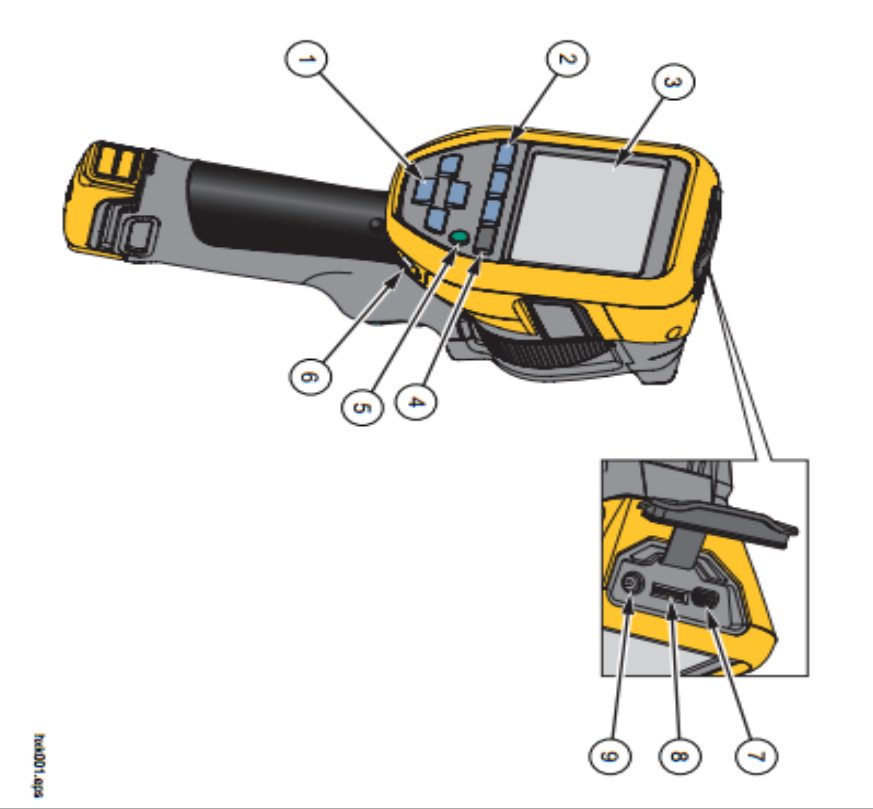
É dada por:

$$IC = \frac{\text{Emissões Totais}}{\text{Consumo total}}$$

Equação 5

8.9 Anexo I

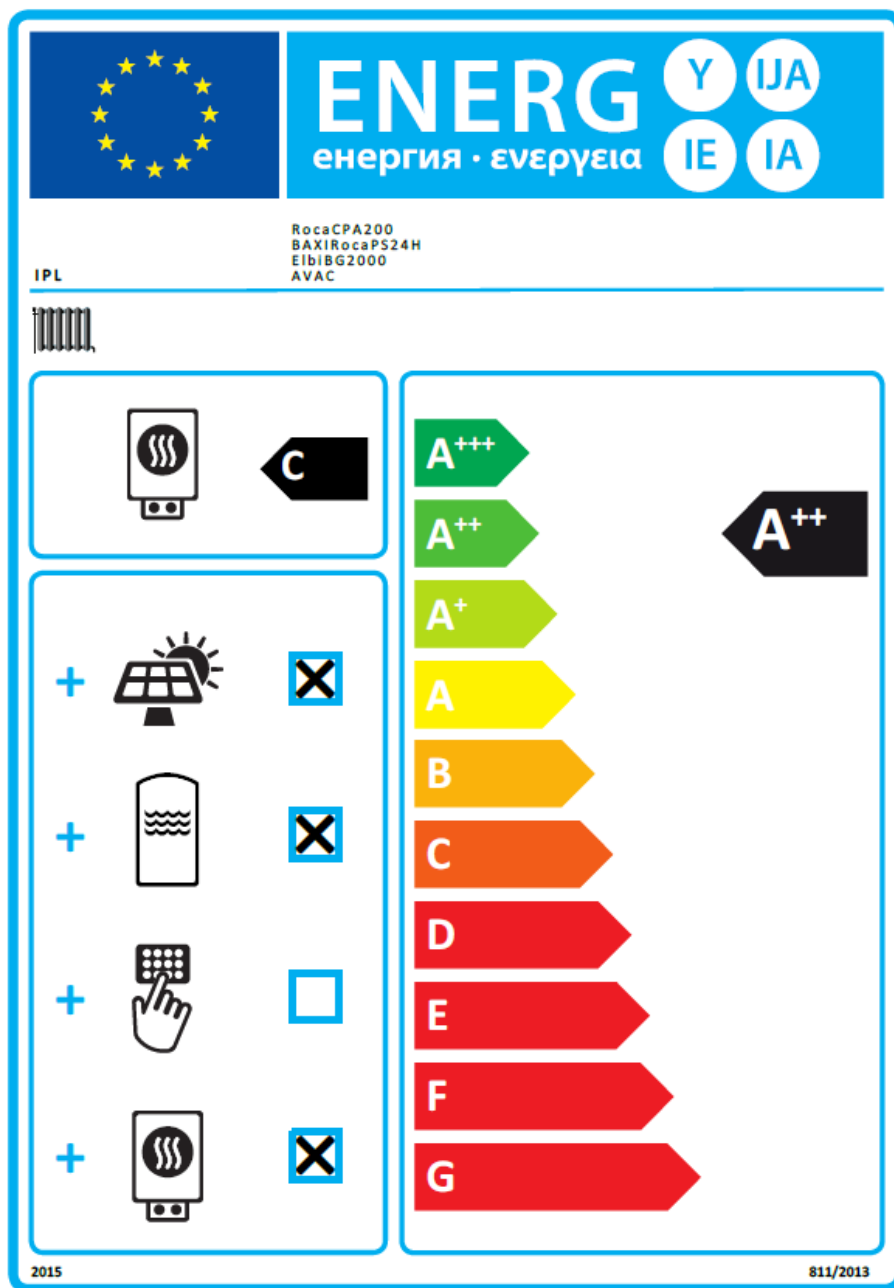
Este anexo apresenta os recursos e controlos do Termovisor FlukeTIS40



Item	Descrição
①	Botões de seta
②	Teclas de função (F1, F2 e F3)
③	Visor
④	Botão Exibir Memória
⑤	Ligar/Desligar Calibração sob demanda
⑥	Âncora da alça manual
⑦	Conexão para Cabo USB
⑧	Entrada para Cartão de memória micro SD removível
⑨	Adaptador CA/Tomada de alimentação externa

naudo1.apa

8.10 Anexo J



Eficiência energética de aquecimento ambiente sazonal da caldeira **80,0** %

Controlo de temperatura
Extraído da ficha do controlo de temperatura

Classe I = 1 %, Classe II = 2 %, Classe III = 1,5 %, Classe IV = 2 %, Classe V = 3 %, Classe VI = 4 %, Classe VII = 3,5 %, Classe VIII = 5%

+ **0,0** %

Caldeira complementar
Extraído da ficha da caldeira

Eficiência energética de aquecimento ambiente sazonal (em %)

(**0,00** - 80,00) x 0,1 = + **0,0** %

Contribuição solar
Extraído da ficha do dispositivo solar

Dimensão do coletor (em m²) **2,33** Volume do reservatório (em m³) **2,000** Eficiência do coletor (em %) **78,00** Classificação do reservatório A+ = 0,95, A = 0,91, B = 0,86, C = 0,83, D-G = 0,81

(0,12 x **2,33** + 0,05 x **2,000**) x 0,9 x (**78,00** / 100) x **0,91** = + **0,2** %

Bomba de calor complementar
Extraído de ficha da bomba de calor

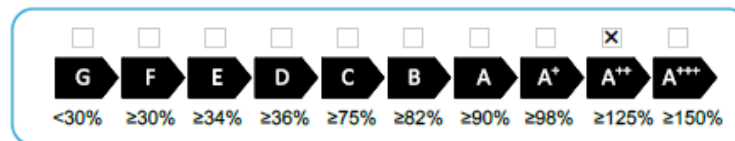
Eficiência energética de aquecimento ambiente sazonal (em %)

(**150** - 80,00) x 0,90 = + **63,1** %

Contribuição solar E bomba de calor complementar
Selecionar o valor mais baixo 0,5 x **0,23** OU 0,5 x **63,11** - **-0,1** %

Eficiência energética de aquecimento ambiente sazonal do sistema misto **143** %

Classe de eficiência energética de aquecimento ambiente sazonal do sistema misto



Caldeira e bomba de calor complementar instalada com emissores térmicos de baixa temperatura a 35 °C?
Extraído de ficha da bomba de calor **143,23** + (50 x 0,90) = **188** %

A eficiência energética do sistema misto de produtos previsto nesta ficha pode não corresponder à eficiência energética real após a instalação do sistema num edifício, na medida em que a eficiência é influenciada por outros fatores como as perdas de calor na rede de distribuição e o dimensionamento dos produtos em relação às dimensões e características do edifício.