



CONTRIBUTO PARA O PROJETO E CONSTRUÇÃO DE UM ZELab

SANDRA RAQUEL MENDES MOREIRA

Outubro de 2017

CONTRIBUTO PARA O PROJETO E CONSTRUÇÃO DE UM ZELab

Sandra Raquel Mendes Moreira

2017/2018

Instituto Superior de Engenharia do Porto
Departamento de Engenharia Mecânica



CONTRIBUTO PARA O PROJETO E CONSTRUÇÃO DE UM ***ZELab***

Sandra Raquel Mendes Moreira
1110345

Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Engenharia do Porto para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, realizada sob a orientação da Engenheira Nídia Sá Caetano.

2017/2018

Instituto Superior de Engenharia do Porto
Engenharia Mecânica



JÚRI

Presidente

Doutor Francisco José Gomes Da Silva

Professor Adjunto do Instituto Superior de Engenharia do Porto

Orientador

Doutora Nídia de Sá Caetano

Professora Coordenadora do Instituto Superior de Engenharia do Porto

Arguente

AGRADECIMENTOS

Foi uma batalha dura de terminar, mas após muito esforço alcancei a meta.
A todos aqueles que estiveram presentes nos momentos em que mais precisei, que permitiram descobrir realmente que os amigos são para a vida nos bons e maus momentos.

Um muito obrigado aos que trabalham comigo, na empresa onde estou atualmente,
À minha orientadora que sempre acreditou mais em mim que eu própria,
Aos meus avós pela força que me deram,
Ao meu melhor amigo pelo apoio, ajuda, companheirismo e amizade únicos,
Ao meu namorado pela dedicação, compreensão, ânimo, carinho e paciência,
Aos meus pais e irmã que tanto se esforçaram para eu chegar onde cheguei.

“Tentar não significa conseguir, mas certamente que todos os que conseguiram
tentaram... nós vamos conseguir...”
Pedro Margarido
(Weidmüller)

PALAVRAS CHAVE

Edifício Modular, Edifício Zero Energia, Energia Solar, Fotobiorreatores, Laboratório, Sustentabilidade

RESUMO

Uma das maiores parcelas da energia consumida está associada aos edifícios, pelo que se torna essencial começar a pôr em prática projetos que permitam a substituição de energia de fontes não renováveis por energia de fontes renováveis e mais sustentáveis, incorporando medidas que permitam aumentar a eficiência energética dos edifícios, satisfazendo as necessidades com, pelo menos, o mesmo grau de conforto.

Esta ideia já está patente em alguns edifícios de habitação e de serviços, onde foi implementado o uso de painéis solares e de outras fontes de energias renováveis, ou medidas de eficiência energética. No entanto, a evidente necessidade de construir edifícios públicos com consumo energético global próximo do zero (*Near Zero Energy Buildings*, nZEB), fez surgir a necessidade de estabelecer requisitos mínimos a satisfazer em edifícios de tipologia distinta, particularmente os de habitação e os de serviços. Os laboratórios, pela diversidade de atividades que neles se realizam, constituem um desafio interessante do ponto de vista energético.

Esta dissertação visa contribuir para o estabelecimento de requisitos construtivos e para o projeto de uma estrutura metálica modular, que servirá de base à construção de um laboratório energeticamente eficiente (*Zero Energy Laboratory*, ZELab). Neste espaço, pretende-se utilizar o máximo possível de fontes de energia renováveis, de um modo natural e integrado. Serão incorporados aspetos da sustentabilidade, quer ao nível da ocupação do espaço, quer ao nível da partilha de conhecimento e aplicação de soluções *state-of-the-art*. Este será um espaço de estudo, que se pretende vivo e dinâmico, não só da comunidade académica, mas também, e sobretudo, de partilha com a comunidade envolvente, particularmente com as empresas do sector da construção.

Resumidamente, este deverá ser um edifício de estudo, com produção e utilização de energia renovável, que deve otimizar os consumos energéticos e de água, aproximando-se, portanto, de uma construção sustentável.

KEYWORDS

Laboratory, Modular Building, Photobioreactors, Solar Energy, Zero Energy Building, Sustainability

ABSTRACT

The energy consumption in the world is increasing, from which the share of energy consumed in buildings is one of the biggest. Therefore, it is essential to start the implementation of projects to enable the use of energy from renewable and more sustainable sources instead of the conventional non-renewable sources, incorporating measures to improve buildings' energy efficiency, while satisfying the needs with at least the same degree of comfort.

This idea is already evident in some residential buildings and services, which implemented the use of solar panels, among other energy efficiency options. However, the obvious need to build public buildings with overall energy consumption close to zero (Near Zero Energy Buildings, nZEB), raised the need to establish minimum requirements to be met in a different type of buildings, particularly housing and services. The laboratories, in which a diversity of activities frequently occurs, are an interesting challenge from the energy point of view.

This work aims to contribute to the establishment of constructive requirements and specifications, and to the design of a modular structure, which will be the basis to build an energy-efficient laboratory (Zero Energy Laboratory, ZELab). In this space, it is intended to use as much as possible renewable energy sources, in a natural and integrated manner. Aspects of sustainability will be incorporated, both in terms of the space occupation, and in terms of sharing knowledge and application of state-of-the-art solutions. This will be a study space that is meant to be alive and dynamic, not only for the academic community, but also and above all, for sharing with the nearby community, particularly in the construction sector.

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

Lista de Abreviaturas

AQS	Água Quente Sanitária
CEO	<i>Chief Executive Officer</i>
EPS	Poliestireno expandido
ESB	Placa de poliestireno expandido
EUA	Estados Unidos da América
ISEP	Instituto Superior de Engenharia do Porto
LED	<i>Light Emitting Diode</i>
nZEB	<i>Near Zero Energy Building</i> (Edifício Energia Quase Zero)
OSB	<i>Oriented Strand Board</i> (placa de madeira orientada)
PV	<i>Photovoltaic</i> (Fotovoltaica)
QAI	Qualidade do Ar Interior
RECS	Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços
SSC	Ciência Estratégica Consulte da Alemanha
UE	União Europeia
UTA	Unidade de Tratamento de Ar
ZEB	<i>Zero Energy Building</i> (Edifício Zero Energia)
ZELab	<i>Zero Energy Lab</i> (Laboratório Zero Energia)

Lista de Unidades

m	Metro
mm	Milímetro
cm	Centímetro
L	Litro
kg	Quilograma
t	Tonelada

Lista de Símbolos

€	Euro
CC	Corrente contínua
CO ₂	Dióxido de Carbono
Gg	Gigagrama
GW	Gigawatt
Hz	Hertz
MHz	Megahertz
MWh	Megawatt-hora
V	Volt
W	Watt

GLOSSÁRIO DE TERMOS

BREEAM	Sistema de certificação de sustentabilidade de edifícios
<i>Cyanobacteria</i> (cianobactérias)	Grupo de bactérias que obtêm energia por fotossíntese
LEED	Sistema de certificação energética de edifícios
Lidera	Sistema de avaliação da construção sustentável
Microalga	Seres microscópicos, uni ou multicelulares que perfazem uma grande parte do plâncton e têm sido considerados responsáveis pela produção da maior parte do oxigênio da atmosfera terrestre

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 - DISTRIBUIÇÃO DA DESPESA COM ENERGIA NO ALOJAMENTO POR TIPO DE FONTE – PORTUGAL FONTE [2]	1
FIGURA 2 – CAPACIDADE PV ESTIMADA [4]	2
FIGURA 3 – CAPACIDADE PV ESTIMADA [4]	3
FIGURA 4 – PESO DE ENERGIA RENOVÁVEL NOS PAÍSES EUROPEUS [4]	4
FIGURA 5 – CASA MODULAR EXEMPLO DA EMPRESA NORTE-AMERICANA <i>GREEN MAGIC HOMES</i>	9
FIGURA 6 - UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA DE NANYANG	10
FIGURA 7 – PROJETO <i>DUNE</i>	11
FIGURA 8 – EXEMPLO DE CASA <i>ISOVER</i>	12
FIGURA 9 – UNIÃO DO LAVATÓRIO COM O URINOL	13
FIGURA 10 - DEPENDÊNCIA ENERGÉTICA DOS PAÍSES DA UE EM %	14
FIGURA 11 – ENERGIA PV INSTALADA [40]	14
FIGURA 12 – <i>ICARE II</i>	15
FIGURA 13 – AERONAVE DE ERIC RAYMOND, MUNIDA DE PAINÉIS PV E BATERIAS	15
FIGURA 14 - <i>STELLA</i>	16
FIGURA 15 – ESTRADA INTELIGENTE COM PAINÉIS SOLARES	16
FIGURA 16 – INSTALAÇÃO DE PV	17
FIGURA 17 - TELHADOS SOLARES DA GRÃ-BRETANHA	18
FIGURA 18 – TAPETE QUE GERA ENERGIA COM O MOVIMENTO	19
FIGURA 19 - <i>ELECTROMAGNETIC HARVESTER</i>	19
FIGURA 20 – FOTOBIORREATOR DE PLACA PLANA [42]	20
FIGURA 21 – EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO DE BIODIESEL [41]	21
FIGURA 22 – APLICAÇÕES GERAIS DAS MICROALGAS [22]	23
FIGURA 23 – TRATAMENTO DE EFLUENTES USANDO MICROALGAS [25]	24
FIGURA 24 - FACHADA ECOLÓGICA DE UM EDIFÍCIO NA ALEMANHA	25
FIGURA 25 – BIORREATOR <i>SOLARLEAF</i>	25
FIGURA 26 - INTERCEMENT	26
FIGURA 27 - <i>WOODONE</i>	27
FIGURA 28 – DIAGRAMA COM OBJETIVOS GERAIS DO NZEB	34
FIGURA 29 – PLANTA DO INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO.	36
FIGURA 30 – VISTA DE CIMA DO INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO	37
FIGURA 31 – REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DAS ENVOLVENTES	38
FIGURA 32 - POSICIONAMENTO DO <i>ZELAB</i> À FRENTE DO EDIFÍCIO H	38
FIGURA 33 – ESQUIÇO DO MÓDULO DOS FOTOBIORREADORES (ARQUITETO NUNO TRINDADE)	39
FIGURA 34 – ESTRUTURA DOS MÓDULOS A) ESTRUTURA INICIAL B) ESTRUTURA COM AS BARRAS C140 PARA A SUSTENTAÇÃO DO CHÃO E DO TETO	40
FIGURA 35 – VIGAS ESTRUTURAIS A) VISTA DA FACHADA ESTE B) VISTA DA FACHADA SUL	40
FIGURA 36 – DISTRIBUIÇÃO DE PERFIS NO PAVIMENTO [33]	41
FIGURA 37 – SAPATAS PARA FIXAÇÃO DO EDIFÍCIO [32]	41

FIGURA 38 – MODELO DE PAREDE DE ESTRUTURA METÁLICA	43
FIGURA 39 – SISTEMA DE FIXAÇÃO DA LÃ DE ROCHA	43
FIGURA 40 – ENVOLVENTE EXTERIOR NORTE	44
FIGURA 41 – ENVOLVENTE EXTERIOR OESTE	44
FIGURA 42 – JANELAS SUPERIORES COLOCADAS EM CIMA DOS AQUÁRIOS	45
FIGURA 43 – ENVOLVENTE EXTERIOR SUL	45
FIGURA 44 – ENVOLVENTE EXTERIOR ESTE	45
FIGURA 45 – LAJE COM EPS	46
FIGURA 46 – LAJE SEM EPS	46
FIGURA 47 – DEMONSTRAÇÃO DA LAJE EM <i>SOLIDWORKS</i>	46
FIGURA 48 – MOBILIDADE DA TOMADA ELÉTRICA	47
FIGURA 49 – FIXAÇÃO DE TOMADA ELÉTRICA NO LOCAL PRETENDIDO	48
FIGURA 50 - ENTRADA <i>ZELAB</i>	49
FIGURA 51 – CALHA DE ESCOAMENTO DAS ÁGUAS PLUVIAIS PARA O DEPÓSITO	49
FIGURA 52 - PARTE RELVADA DO <i>ZELAB</i>	50
FIGURA 53 - ORGANIZAÇÃO DE TUBAGENS NA LAJE	50
FIGURA 54 – FURAÇÕES ESTRUTURAS METÁLICAS	51
FIGURA 55 – ARMAZÉM DE EXTRAÇÃO DAS MICROALGAS	52
FIGURA 56 – ESQUEMA DE ENCHIMENTO DOS AQUÁRIOS	52
FIGURA 57 – EDIFÍCIO COM A DISPOSIÇÃO DOS AQUÁRIOS	53
FIGURA 58 – DISTRIBUIÇÃO DA ÁREA DO TELHADO	53
FIGURA 59 – GRÁFICO DE POTÊNCIA DOS COLETORES SOLARES	54
FIGURA 60 – ENERGIA SOLAR TÉRMICA: ESTUDO ORÇAMENTAL	55
FIGURA 61 – LÂMPADAS LED	56
FIGURA 62 – TUBO DE LUZ SOLAR	57
FIGURA 63 – PRIMEIRO ESQUEMA DAS CONDUTAS DE INSUFLAÇÃO	59
FIGURA 64 – ESQUEMA DA SOLUÇÃO DE INSUFLAÇÃO	60
FIGURA 65 – SISTEMA DE EXTRAÇÃO NOS W.C.	61
FIGURA 66 – PAINEL DE CONTROLO E PAVIMENTO RADIANTE (A VERMELHO)	62
FIGURA 67 - COMPARAÇÃO DE ESTRUTURAS A NÍVEL DE CUSTOS TENDO EM CONTA AS MESMAS CONDIÇÕES	64
FIGURA 68 – APROVEITAMENTO DA ENERGIA GEOTÉRMICA	70

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1 – ACOMPANHAMENTO PV POR ALGUNS PAÍSES [4]	3
TABELA 2 – PRODUTIVIDADE DAS MICROALGAS PARA CAPTAÇÃO DE ÓLEO [22].....	21
TABELA 3 – REQUISITOS DO <i>ZELAB</i>	35
TABELA 4 – CAUDAIS DE AR.....	60
TABELA 5 – CONSUMIDORES DE ENERGIA	63
TABELA 6 – CONSUMIDORES DE ÁGUA	63
TABELA 7 – CUSTOS PARA OS DIFERENTES TIPOS DE ILUMINAÇÃO	65
TABELA 8 – CARGA TÉRMICA PARA OCORRÊNCIA DE 5%.....	79
TABELA 9 – CARGA TÉRMICA PARA OCORRÊNCIA DE 10%	80

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	Em direção à sustentabilidade	2
1.1.1	Energia Solar Fotovoltaica	2
1.2	Edifícios Sustentáveis	3
1.3	Objetivo da dissertação	4
1.4	Estrutura da dissertação	5
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	9
2.1	Sustentabilidade em edifícios	9
2.1.1	Casa Modular	9
2.1.2	Edifício Verde	10
2.1.3	<i>Dune</i> : Arquitetura Sustentável no Deserto do Saara	10
2.1.4	Habitação <i>Multi-Confort House</i> da <i>Isover</i>	12
2.1.5	Ideias sustentáveis para habitações – redução de consumo de água	13
2.2	Energia Solar Fotovoltaica	13
2.2.1	Energia fotovoltaica no ar	14
2.2.2	Energia fotovoltaica na estrada	15
2.2.3	Alemanha na frente do uso de energia fotovoltaica	16
2.2.4	Telhados Britânicos ligados à energia solar	17
2.3	Energia causada pelo movimento humano	18
2.4	Carregamento de baterias por captação de campos magnéticos	19
2.5	Microalgas como fonte de energia sustentável	20
2.5.1	Cultivo de microalgas em efluentes	23
2.5.2	Fachadas ecológicas - Fotobiorreator de placa plana	24
2.6	Utilização de microalgas para abatimento de emissões de CO₂	26
2.7	Sustentabilidade energética de empresas em Portugal	26
2.8	Sistemas de certificação energética de edifícios	27

2.8.1	Sistema <i>LiderA</i>	28
2.8.2	Sistema <i>BREEAM</i>	28
2.8.3	Sistema <i>LEED</i>	28
3	DESENVOLVIMENTO	33
3.1	Objetivo desta dissertação	36
3.2	Implantação do edifício	36
3.2.1	Orientação	37
3.3	Construção do edifício	39
3.4	Módulos 3x9 e armazém	40
3.4.1	Projeção da fixação da estrutura metálica ao solo	41
3.5	Envolventes	41
3.5.1	Envolvente exterior norte	42
3.5.2	Envolvente exterior Oeste	44
3.5.3	Envolvente exterior Sul	44
3.5.4	Envolvente exterior Este	45
3.5.5	Envolvente exterior - Teto	46
3.5.6	Envolvente exterior – Pavimento	47
3.5.7	Envolventes interiores	47
3.5.8	Acesso elétrico para equipamentos	47
3.6	Escoamento das águas das chuvas.....	48
3.7	Equipamentos elétricos e tubagens	50
3.8	Fontes de obtenção de energia para o laboratório	51
3.8.1	Microalgas	51
3.8.2	Aproveitamento da energia do Sol	53
3.8.3	Painel solar térmico	54
3.9	Iluminação.....	55
3.9.1	Iluminação a LEDs	55
3.9.2	Iluminação por tubo de luz solar	57
3.10	Climatização	57
3.10.1	Temperaturas de Projeto	58
3.10.2	Ventilação	58
3.10.3	Unidade de tratamento de ar	58
3.10.4	Sistema de Conduatas	59
3.10.5	Proposta de solução de aquecimento e arrefecimento	61

3.11	Funcionamentos gerais do edifício	62
3.11.1	Considerações elétricas	62
3.11.2	Considerações hidráulicas	63
3.12	Estudo orçamental	63
3.12.1	Custo de construção de estruturas metálicas face às convencionais	63
3.12.2	Custo de iluminação	64
4	CONCLUSÕES	69
5	BIBLIOGRAFIA	73
6	ANEXOS	79
6.1	Cálculos para a climatização	79
6.2	Desenhos esquemáticos	81

INTRODUÇÃO

1.1 Edifícios Sustentáveis

1.2 Em direção à sustentabilidade

1.3 Objetivo da dissertação

1.4 Estrutura da dissertação

1 INTRODUÇÃO

No passado, a obtenção de energia a partir de recursos não renováveis e poluentes não aparentava ser um problema, visto não ser evidente nesta altura a geração de consequências significativas que se acumularam e se continuam a acumular com esta utilização. Nunca se pensou nas consequências a longo prazo, mas agora, ao fim de tanto tempo de uso dos recursos, esta utilização irracional de energia começa a tornar evidentes os problemas causados. A poluição gerada pela utilização dos combustíveis fósseis e o aquecimento global causado pelos gases como dióxido de carbono são resultados notórios do uso excessivo dos combustíveis fósseis para obtenção de energia. Estes combustíveis, dos quais o Homem ainda depende, possuem um tempo de formação estimado em milhões de anos [1], o que impede a utilização destes combustíveis depois de estes se terem esgotado.

A substituição destas fontes de energia por outras não poluentes e também eficientes é uma meta a atingir no presente e no futuro. Cerca de 66% da energia global produzida é consumida sob a forma de combustíveis. Atualmente, na sua origem estão os combustíveis fósseis e que rapidamente se esgotarão face ao seu ritmo de consumo. Já que a percentagem desta energia é tão elevada e tendo em conta que é obtida de fontes poluentes, esgotáveis e, por vezes, de difícil acesso, é necessário começar a pensar noutra forma de processamento da energia necessária às necessidades humanas [2].

Quando se começou a perceber que esta realidade poderia vir a mudar, o Homem tentou arranjar soluções mais sustentáveis e viáveis para a obtenção de energia, mas nunca retirando dos seus velhos hábitos a utilização de combustíveis fósseis. Desde logo, a utilização da força das águas dos rios e a força dos ventos são bons exemplos para a produção de energia elétrica. Mas mesmo assim, o uso de energias renováveis não parece estar a ser usado em larga escala, nem a avançar muito para o conhecimento de novas fontes renováveis ou melhorar as existentes. Parece estar a evoluir sim, mas muito lentamente em relação ao prazo da meta que o Homem tem para atingir.

Na Figura 1 pode-se observar a distribuição da despesa de energia referente aos edifícios de habitação em Portugal no ano 2010 [3].

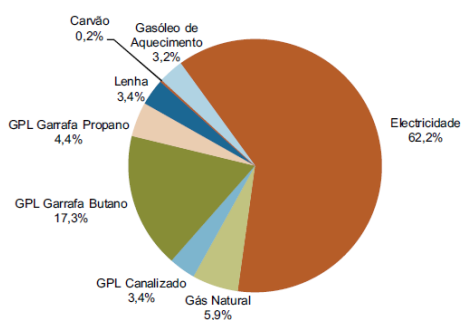


Figura 1 - Distribuição da despesa com energia no alojamento por tipo de fonte – Portugal
Fonte [3]

1.1 Em direção à sustentabilidade

Atualmente já é dedicada muita atenção para a sustentabilidade a nível mundial por parte de várias organizações e pela população dos países desenvolvidos [4]. No entanto, as soluções não aparecem ao mesmo tempo que os problemas e ainda é necessário a utilização intensiva dos combustíveis fósseis. Ultimamente, nota-se a ambição do ser humano em rumo à mesma obtenção de energia, mas pensando um pouco mais nas consequências para o ambiente e para o futuro.

É necessário começar a analisar os processos consumidores da energia e tentar encontrar soluções sustentáveis para esses processos.

1.1.1 Energia Solar Fotovoltaica

Resumidamente, os sistemas de energia solar fotovoltaica (PV) têm como objetivo a conversão da energia solar em energia elétrica. Fruto desta energia nascem dois subsistemas: o sistema autónomo e o dependente da rede elétrica.

Atualmente já existem alguns sistemas deste género instalados, mas não ainda em grande escala, apesar do futuro ser promissor [5]. A Figura 2 mostra a evolução do uso de sistemas PV mundial entre os anos 2000 e 2018.

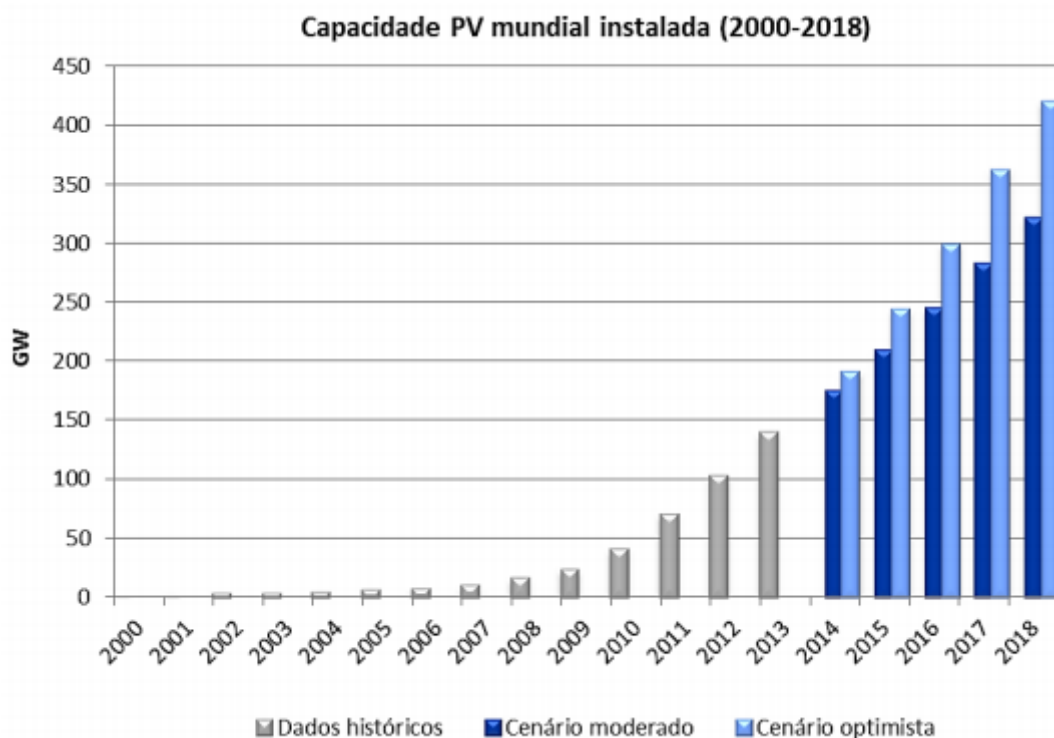


Figura 2 – Capacidade PV estimada [5]

A juntar à grande expectativa de crescimento da energia PV (Tabela 1), parece estar associada a diminuição do preço de aplicação destes sistemas (Figura 3), tendo-se verificado uma diminuição de cerca de 20% do custo e o mercado na tecnologia PV está a aumentar a nível mundial [5].

Tabela 1 – Acompanhamento PV por alguns países [5]

Capacidade instalada (MW) 2013		Capacidade total (MW) 2013			
1	China	11.800	1 Alemanha	35.715	
2	Japão	6.900	2	China	18.600
3	EUA	4.800	3	Itália	17.928
4	Alemanha	3.300	4	Japão	13.600
5	UK	1.546	5	EUA	12.000
6	Itália	1.448	6	Espanha	5.340
7	Índia	1.115	7	França	4.673
8	Roménia	1.100	8	UK	3.375
9	Grécia	1.040	9	Australia	3.250
10	Austrália	850	10	Bélgica	2.983



Figura 3 – Capacidade PV estimada [5]

1.2 Edifícios Sustentáveis

A sustentabilidade assenta num crescimento progressivo da economia, que não está de forma alguma associado ao esgotamento de recursos energéticos, não contribuindo para o aumento da poluição nem para o aquecimento a nível global.

Uma das soluções para as questões energéticas que atualmente se colocam poderá passar pelos *Near Zero Energy Building (nZEB)*, que de acordo com a Diretiva

2010/31/EU, são edifícios que apresentam um elevado desempenho energético. Isto traduz-se na necessidade reduzida de recurso a energias não renováveis, privilegiando o uso de energias renováveis [2].

Os *nZEB* já não constituem apenas uma etiqueta de tecnologia, mas sim um contributo que permitirá reduzir a dependência energética do Homem no futuro [6].

No futuro próximo, o conceito de *nZEB* vai ficar cada vez mais presente no quotidiano, isto porque até 2020 existe o compromisso de Portugal implementar o conceito de *nZEB* para a construção de novos edifícios públicos [6].

Será um salto do consumo excessivo de combustíveis fósseis para um paradigma energético pós-petróleo, com as devidas intervenções políticas que sustentem a mudança para um novo mundo.

Para cada Estado-membro da União Europeia (UE) estabeleceu-se um conjunto de normas a cumprir para alcançar as três metas no futuro [5]:

- Diminuição de 20% da emissão dos gases de efeito de estufa, em comparação com os níveis em 1990;
- Incorporação de 20% de energia obtida a partir de energias renováveis na UE;
- Melhoria de 20% da eficiência energética da UE.

Na Figura 4 é apresentado a evolução do contributo, em percentagem, das energias renováveis, que alguns países europeus tiveram de ter entre 2004 e 2012. Está, também, assinalada a meta a atingir-se em 2020, onde é claramente notória a discrepância de valores comparada com os anos anteriores.

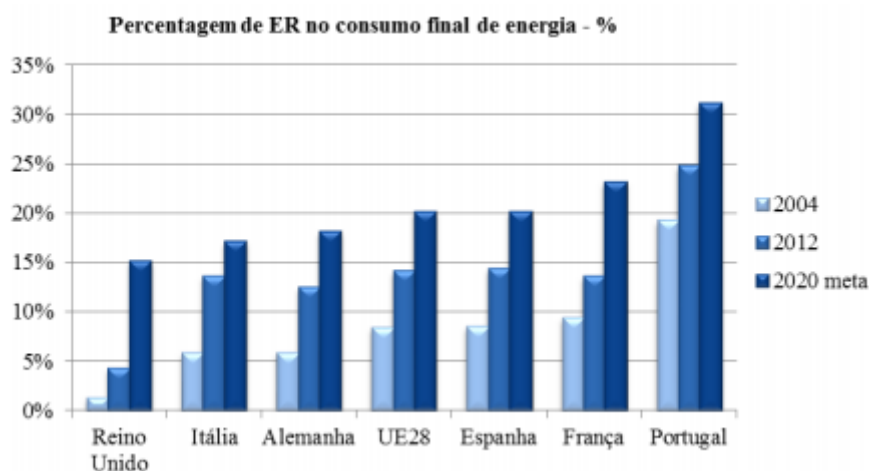


Figura 4 – Peso de energia renovável nos países Europeus [5]

1.3 Objetivo da dissertação

Esta dissertação tem por objetivo a construção de um laboratório energeticamente sustentável, que permita realizar o estudo e desenvolvimento de novas formas de produção de energia por via renovável e sustentável a utilizar na própria instalação. Por

este motivo e à semelhança dos *Zero Energy Buildings* (*ZEB's*) optou-se pela designação de *Zero Energy Lab* (*ZELab*) para este espaço.

Um *ZEB* é aquele edifício que não necessita de qualquer outra forma de obtenção energia que não seja de base renovável [7].

Perante o objetivo de alcançar a sustentabilidade, a construção de um pequeno laboratório para a experimentação integrada dos recursos renováveis e sustentáveis de energia, irá proporcionar o estudo e desenvolvimento de outras formas mais avançadas e de melhoria da produção de energia, de uma forma cada vez mais viável ao ser humano e ao ambiente, tendo em conta o aspeto económico.

O problema levantado com este trabalho é altamente multidisciplinar, pelo que seria necessário envolver uma equipa de várias áreas da engenharia e arquitetura. Então será apenas expectável que o resultado deste projeto constitua um contributo para a elaboração do *ZELab*, nomeadamente através da definição de um conjunto de requisitos mínimos a incluir num projeto deste tipo.

1.4 Estrutura da dissertação

No primeiro capítulo, é feito o enquadramento do problema, definição dos objetivos e apresentada a estrutura da dissertação.

No capítulo 2, é apresentada a revisão bibliográfica que refletirá algumas das obras abordados e que contribuíram de forma direta e indireta para atingir o objetivo desta dissertação. Projetos de *ZEB* já construídos exemplificam algumas das soluções potencialmente interessantes do ponto de vista energético. A revisão bibliográfica foi não só a base para a criação do *ZELab*, como também deve ser usada para desenvolvimentos de projetos futuros e abertura de horizontes na vertente das energias renováveis.

No capítulo 3, é apresentado o desenvolvimento do contributo para o projeto de construção de um edifício *nZEB* ou *ZEB*, para fins de estudos laboratoriais multidisciplinares, dependendo de estudos futuros realizados neste projeto. A construção do edifício, no que se refere à escolha dos tipos de materiais usados na sua generalidade, no posicionamento do *ZELab* e sua orientação, assim como a configuração serão mostrados primeiramente no desenvolvimento. Com o desenrolar da construção, assuntos como equipamentos elétricos, tubagens, climatização do edifício no que diz respeito a cargas térmicas de aquecimento e ventilação serão também relatados. Ainda neste capítulo 3, serão debatidos tópicos como o uso de microalgas em fotobiorreatores de placas planas na fachada do edifício, o uso de painéis solares fotovoltaicos ligados à rede, o uso de painéis solares térmicos associados ao uso do piso radiante, o uso de iluminação mais eficiente, económica (LED), parede e cobertura verde do edifício e, por último, o orçamento geral de construção do projeto.

Do capítulo 4 resultam as conclusões mais relevantes para a sustentação desta dissertação.

Nos anexos encontram-se todas as informações complementares, como cálculos e outras informações.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Casa Modular

2.2 Energia Solar Fotovoltaica

2.3 Energia causada pelo movimento

2.4 Carregamento de baterias por captação de campos magnéticos

2.5 Dune: Arquitetura Sustentável no Deserto do Saara

2.6 Edifício Verde

2.7 Ideias sustentáveis para habitações

2.8 Habitação Multi-Confort House da Isover

2.9 Microalgas como fonte de energia sustentável

2.10 Pesquisa usa microalgas para reduzir emissões de CO₂ na indústria do cimento

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Construir algo no atual momento, já não implica simplesmente uma construção nos padrões de antigamente, tradicionais, onde as fontes de energia são simplesmente aplicadas à construção conforme as necessidades do Homem. Construir, agora e no futuro, implica pensar em construções que se adaptem à economia e sustentabilidade em simultâneo.

O presente capítulo visa mostrar alguns exemplos de passos dados para o avanço da descoberta e implementações de soluções no campo do uso das energias renováveis em edifícios, mantendo sempre vivo o conceito de sustentabilidade e eficiência energética.

2.1 Sustentabilidade em edifícios

Um edifício sustentável será aquele que conseguir reunir as soluções mais eficientes a nível energético, mas com a vertente sustentável que a médio e longo prazo irá melhorar o mundo em que habitamos, sem abrimos mão do que necessitamos fazer recorrendo à energia, garantindo conforto e eficiência, sem recurso a energia de fontes fósseis.

2.1.1 Casa Modular

Atualmente, uma empresa norte-americana, de nome *Green Magic Homes*, constrói casas modulares, sobre as quais é colocada vegetação, sendo pensadas cuidadosamente para que suportem este peso, não descuidando os aspetos relacionados com a ventilação e a iluminação, para manter o mesmo nível de conforto no interior da habitação em relação a uma casa comum. Para além destas vantagens, este tipo de casa modular é de construção extremamente rápida, poupando na parte económica ao nível de mão-de-obra [8]. Sob uma paisagem muito mais agradável e sem diminuir os espaços verdes, é possível construir, mantendo a sustentabilidade. Este é o grande objetivo desta casa modular.

Na Figura 5 apresenta-se um exemplo da casa modular da empresa *Green Magic Homes*.



Figura 5 – Casa Modular exemplo da empresa Norte-Americana *Green Magic Homes*

2.1.2 Edifício Verde

Este Edifício Verde é uma construção de uma estrutura que abriga 5 andares contendo a Escola de Arte, Design e comunicação da Universidade Tecnológica de Nanyang, em Singapura [9]. Os telhados são revestidos de relvado, permitindo a sustentabilidade ao abrigo do próprio edifício, fazendo o uso simultâneo de um revestimento natural e com contributo para o isolamento térmico. Tratando-se de relvado, este absorve a água. Esta é devidamente canalizada para reservatórios adequados que irão permitir o seu uso para a própria limpeza deste abrigo para os estudantes.

Além do mais, estas áreas relvadas proporcionam uma agradável vista, criando locais de convívio e contacto mais próximo com a natureza.

A Figura 6 exhibe a planta e os vários ângulos da Universidade Tecnológica em Singapura.



Figura 6 - Universidade Tecnológica de Nanyang

2.1.3 *Dune*: Arquitetura Sustentável no Deserto do Saara

O arquiteto Magnus Larsson escolheu o deserto do Saara para o desenvolvimento do seu projeto denominado *Dune*. O projeto faz o uso da biotecnologia, usando a areia para a criação daquela que poderá ser a ideia mais sustentável e viável de terrenos para

produção de alimentos [10].

A solução deste arquiteto consistia em usar uma bactéria, chamada *Bacillus pasteurii*, para a solidificação da areia e criação das moldagens arquitetônicas para a estratificação de um edifício, criando habitações para as populações das regiões, assim como sombreamento e coleta de água, levando à sustentação da vegetação.

Em 2008, o projeto deste arquiteto ganhou o prêmio Holcim das construções sustentáveis.

Embora as questões técnicas de estrutura e viabilidade ainda estejam a ser estudadas, o projeto de Magnus é uma ideia que demonstra que tudo é possível para a criação de novas formas de alcançar a sustentabilidade.

A Figura 7 expõe alguns exemplares do objetivo do projeto *Dune*.

Atualmente, cerca de 70% das áreas estão desertas, quando podiam ser usadas para a criação de agricultura e a implementação de novas fontes de energia renovável. Estas áreas fixam-se principalmente em África e na China, cujas populações já sofreram e ainda sofrem pela falta de nutrientes.

As estimativas da Nações Unidas para os próximos 90 anos, são de que a população chegue a 10 biliões de pessoas, o que acartará a cada vez maior necessidade de alimentos e, anexado a este fenómeno, a necessidade de mais energia.

Dar uso a áreas desérticas poderá ser uma solução para estes problemas e o caminho para fazer destas áreas o futuro energético apoiado na sustentabilidade e energias limpas.



Figura 7 – Projeto *Dune*

2.1.4 Habitação *Multi-Comfort House* da *Isover*

Um edifício, para ser denominado sustentável, assenta num conjunto de vários aspetos que têm de ser salientados e limados à medida que o projeto de construção vai avançando. Desde logo, é necessário um conjunto de equipas especializadas em ramos diferentes, para que tudo seja calculado ao pormenor e nada falhe, onde enfim o edifício tenha o consumo de energia otimizado.

A casa *Multi-Comfort* da *ISOVER* é uma casa com requisitos de envolventes previstos a fundo para que se recorra meramente a fontes internas de aquecimento em vez de sistemas de aquecimento convencionais, minimizando as perdas por ventilação, controlando-as.

O consumo energético deste tipo de casas é muito inferior quando comparado com o de uma casa convencional, onde a necessidade de aquecimento diminui até 90% em relação a uma casa convencional [11].

A construção deste novo tipo de habitação confere inúmeras vantagens:

- Conforto térmico devido à temperatura constante mantida pelas envolventes do compartimento;
- Poupança de energia (enquanto numa casa convencional o consumo é de cerca de 150 kWh/m² ano, numa casa do género *ISOVER*, é de cerca de 15 kWh/m² ano);
- Redução das emissões de CO₂ pela não necessidade de recorrer a fontes de calor que poderiam ser poluentes;
- Conforto acústico bem como segurança contra incêndio;
- Devido ao controlo preciso da ventilação, a qualidade do ar interior é notória, permanecendo o ar limpo;
- Flexibilidade da conceção da estrutura do edifício, quer externo e interno [11].

A Figura 8 mostra o aspeto físico projetado de uma casa *ISOVER*, onde rapidamente é visível o aproveitamento da luz solar natural comparativamente a uma habitação convencional.



Figura 8 – Exemplo de casa *ISOVER*

2.1.5 Ideias sustentáveis para habitações – redução de consumo de água

A urina representa uma fração de 1% das águas residuais, mas na sua constituição 80% são nutrientes. Sendo separadas das outras águas residuais, a urina pode ser tratada num sistema à parte para reciclagem destes nutrientes, deixando de afetar diretamente o ambiente, pois na sua constituição podem estar presentes elementos nocivos ao ambiente, como restos de medicamentos.

Assim, a ideia da separação da urina das restantes água residuais, pode simplesmente começar pela criação do urinol unido ao lavatório das mãos e direcionar o resultado final para o tratamento de águas residuais [12] como mostra a Figura 9.

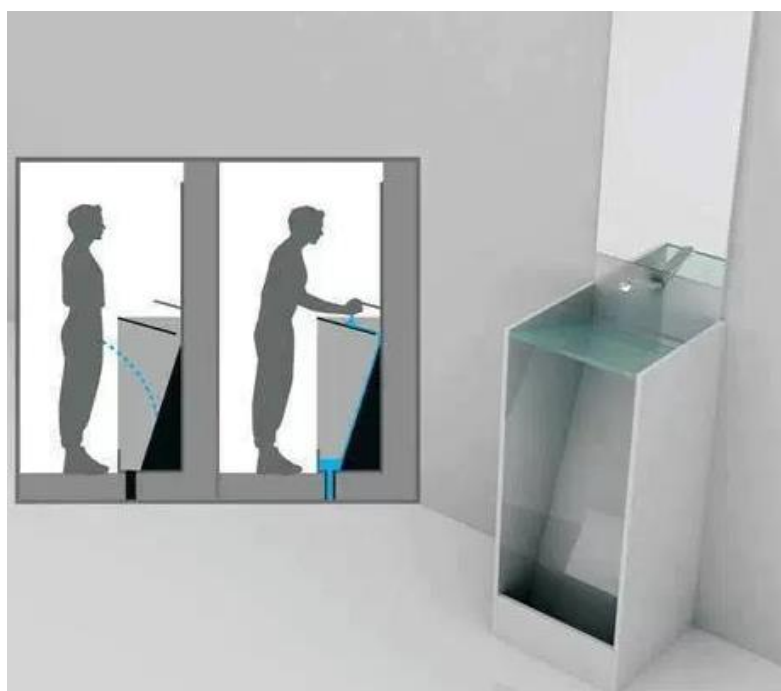


Figura 9 – União do lavatório com o urinol

O jovem Bas Van Der Veer deu o seu contributo para a sustentabilidade, criando um depósito para a canalização e recolha das águas das chuvas, onde estas ficariam em reserva apropriada, até futuramente serem utilizadas [12].

2.2 Energia Solar Fotovoltaica

Esta fonte de energia é já conhecida desde 1839, tendo sido descoberta por Edmund Becquerel. Para aproveitar este tipo de energia, existe um painel fotovoltaico que é basicamente constituído por duas camadas de materiais semicondutores, uma camada referente à carga negativa e outra à carga positiva. Quando a luz solar atinge as camadas, parte dos fotões é refletida e a outra parte é absorvida pelas células fotovoltaicas, levando à libertação de eletrões que, por sua vez, conduzem à produção de energia elétrica [13].

A nossa dependência da energia é alta e a tendência, com o passar dos anos e o avanço da tecnologia, não será a diminuição. Para acompanhar este ritmo, terão de ser criadas soluções para a satisfação do Homem. As Figuras 10 e 11 mostram a tendência do aumento do consumo energético com o aumento do uso de energia PV e a dependência energética de alguns países da UE, respetivamente.

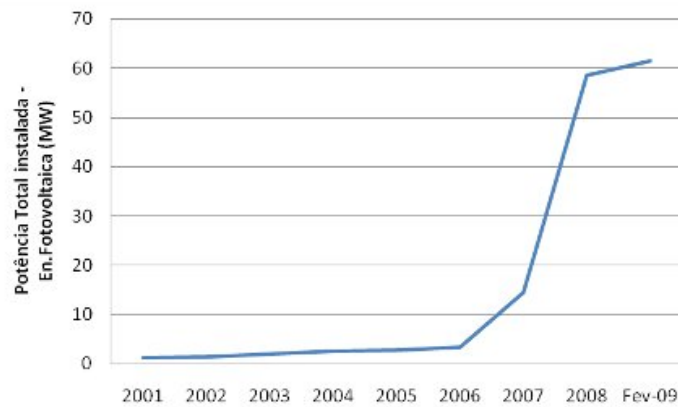


Figura 11 – Energia PV instalada [40]

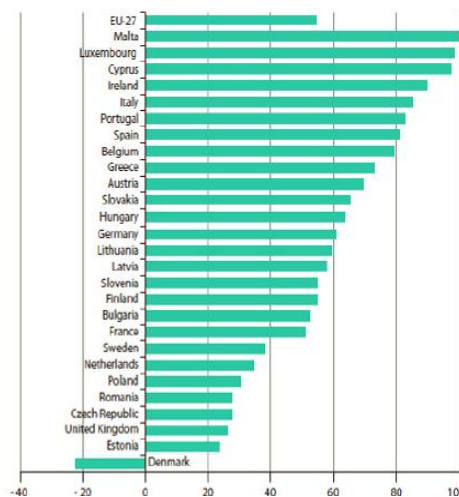


Figura 10 - Dependência energética dos países da UE em %

2.2.1 Energia fotovoltaica no ar

Em 1990 Eric Raymond voou nos céus dos Estados Unidos da América (EUA) com uma aeronave movida pela energia fotovoltaica com a ajuda das baterias, como mostra a Figura 12 [14]. Serão estes os primeiros passos daquilo que poderão ser os aviões do futuro?

Ainda no século XX, numa competição, foram construídos aviões com o objetivo de atingir a altitude de 450 m com a ajuda de baterias, mantendo o voo horizontal e tendo como principal requisito o uso da energia fotovoltaica. O prémio foi atribuído à Universidade de *Stuttgart* com a criação do *Icare II* munido de 26 m² de células fotovoltaicas [14].

A Figura 13 exibe o *Icare II* em atividade operacional.



Figura 13 – Aeronave de Eric Raymond, munida de painéis PV e baterias



Figura 12 – *Icare II*

2.2.2 Energia fotovoltaica na estrada

O *Stella* é o um carro familiar movido por energia solar armazenada em baterias e é capaz de fazer 800 km apenas com uma única carga, sendo uma novidade apresentada recentemente por uma empresa holandesa. É um carro em forma de gota, equipado com um conjunto de células fotovoltaicas na parte superior que captam a energia solar, transformando-a de modo a que o *Stella* se movimente apenas com energia renovável. O carro possui a particularidade de, através de conexões estabelecidas com o veículo da frente, calcular velocidades mais convenientes ao tráfego no momento [15].

O aspecto visual do *Stella* está representado na Figura 14.



Figura 14 - *Stella*

Ainda na estrada, o casal americano Julie e Scott Brusaw acredita que as estradas do futuro podem ajudar a antever situações no trânsito, com a ajuda de sistemas PV produzindo energia pela captação da energia solar para a disponibilização de informações de tempo, velocidades, acidentes de aviação e avisos para o condutor, como exemplificado na Figura 15. A estrada contaria ainda com aquecimento para evitar situações de perigo com presença de gelo na estrada, assim como sistemas de iluminação LED para uma maior autonomia e economização. Tudo isto seria possível com a cobertura fornecida pelos painéis, com formato hexagonal, colocados no próprio pavimento. Certo, é que este projeto conta já com a ajuda de 2 milhões e 200 mil euros [16].



Figura 15 – Estrada inteligente com painéis solares

2.2.3 Alemanha na frente do uso de energia fotovoltaica

A Alemanha investiu no passado, na energia fotovoltaica, o dobro daquilo que poderia ter adquirido com o rápido uso da energia não limpa.

Os alemães continuam a bater recordes no que diz respeito à energia fotovoltaica. Apenas numa hora de um dia, o país conseguiu produzir 22 GW, isto é o mesmo que 1,5 vezes a produção do Itaipu, onde se situa a produção líder mundial de energia renovável. Assim, mensalmente os painéis fotovoltaicos contribuem para 10% da energia produzida neste país, que atinge recordes mundiais na área das energias renováveis.

Só na Alemanha estima-se que existam concentrados 36% dos painéis fotovoltaicos existentes. Nos últimos 11 anos, contou com o aumento de cerca de 300 vezes mais do uso da energia solar.

Cada habitante alemão que contribua para o uso desta energia renovável é apresentado com um subsídio. O produtor faz uso da energia para as suas necessidades e pode vender o excedente aos seus vizinhos [17]. Sendo assim, a Alemanha é um exemplo a seguir pelo uso em grande escala na área das energias renováveis.

Na Figura 16 é evidente a grande área de painéis fotovoltaicos instalados num edifício na Alemanha.



Figura 16 – Instalação de PV

2.2.4 Telhados Britânicos ligados à energia solar

O governo do Reino Unido, mais propriamente da Grã-Bretanha, comprometeu-se à colocação de painéis solares nos telhados das suas habitações para conjugar a melhoria da produção financeira com a dependência das energias renováveis ao invés das energias não renováveis.

De acordo com a estratégia, estima-se que haja 250.000 hectares de telhados comerciais virados a Sul no país, como mostra a Figura 17. O Departamento de Energia vai facilitar a sua utilização e a proliferação de média-escala para utilizar nos tetos de fábricas,

supermercados, armazéns, parques de estacionamento, e outros tipos de edifícios comerciais e industriais.

O próximo passo do país será expandir a iniciativa com o mesmo objetivo de eficiência energética por todas as 22 000 escolas de Inglaterra. Desta forma, o uso de uma energia limpa não só passa a fazer parte de um plano estratégico de crescimento ambiental, a longo prazo, como também económico ao transformar-se os edifícios do país em grandes estações de energia e em grande escala [18].



Figura 17 - Telhados solares da Grã-Bretanha

2.3 Energia causada pelo movimento humano

Continuando na vertente da energia, mas desta vez causada pelo movimento do próprio Homem, Laurence Kemball-Cook, um cidadão Britânico, criou um tapete que produz energia com a força da impulsão da pegada da pessoa. Trata-se de um tapete produzido com 80 % de material reciclado. As placas são flexíveis com o aspeto idêntico ao da Figura 18, à prova d'água, pesam 28 kg, tem uma potência de 12 V de corrente contínua (CC) e cada pisada produz 7 W.

Laurence Kemball-Cook também está preocupado com o futuro da obtenção de energia e, por isso, foi mesmo ao ponto do ato involuntário de caminhar.

É uma ideia simples que assenta na conversão da energia cinética, causada pelo movimento, em energia elétrica que é armazenada com o intuito de ser usada à posteriori.

Caminhar é uma atividade quase que obrigatória e instintiva, que podia ser vantajosa a nível de produção de energia sem esforço e de forma limpa e renovável.

Esta ideia poderia ser também expandida para pavimentos onde o movimento de pessoas seria intenso, como estações de comboio ou de metro, onde o impacto seria maior a nível de produção de energia [19].



Figura 18 – Tapete que gera energia com o movimento

2.4 Carregamento de baterias por captação de campos magnéticos

No mundo em que vivemos, a existência de campos eletromagnéticos é também uma constante. Basicamente são criados pela junção dos campos magnéticos e elétricos para a geração de eletricidade. Eles são comuns em objetos que possuam bateria ou em locais como linhas de transmissão de energia.

Um *designer* alemão, Dennis Siegel, concebeu um pequeno dispositivo que deteta a eletricidade existente em vários campos eletromagnéticos, captando-a. Assim, basta segurar no dispositivo e colocá-lo perto de uma máquina de café por exemplo, que o “Electromagnetic Harvester” fará o resto, podendo carregar-se desta forma uma pequena bateria em apenas um dia. O dispositivo com aspeto físico idêntico ao da Figura 19 pode carregar, por exemplo, um telemóvel aproveitando energia desperdiçada de outros aparelhos.



Figura 19 - Electromagnetic Harvester

Para diferentes campos magnéticos, o *designer* criou dois dispositivos diferentes para a captação da eletricidade: o primeiro é menor, adequado para baixas frequências, menores que 100 Hz, que podem ser encontradas nas redes em geral que têm em média 50 hertz a 60 Hz e o segundo que se adequa a baixas e altas frequências como as transmissões de rádio, cerca de 100 MHz [20].

2.5 Microalgas como fonte de energia sustentável

As microalgas são pequenos organismos, procarióticos ou eucarióticos, de crescimento acelerado e de diversas espécies. Estes microrganismos têm diversas aplicações, sendo as mais conhecidas atualmente para a produção de biocombustíveis. Podem ser cultivadas em sistemas abertos ou fechados, sendo o último tipo mais caro, mas também mais rentável, pois não existe susceptibilidade a contaminação com impurezas indesejadas no meio [21]. A Figura 20 apresenta um sistema de cultivo de microalgas.



Figura 20 – Fotobiorreator de placa plana [42]

A partir dos anos 70, através de um estudo realizado no NREL – *National Renewable Energy Laboratory*, nos EUA, chegou-se à conclusão de que a produção destes microrganismos serve para a produção de biocombustíveis e para a retenção do CO₂.

As microalgas podem ser usadas com vantagem para a produção dos biocombustíveis e outros químicos, uma vez que crescem 10 vezes mais rápido do que plantas normais e são suscetíveis à acumulação de grandes taxas de biomassa e óleos essenciais, proteínas hidratos de carbono, pigmentos, entre outros produtos de elevado valor.

O desenvolvimento da produção de biocombustíveis a partir de microalgas, passará pela criação de novas tecnologias que levem ao aumento da eficiência total destes microrganismos [22], tirando total contributo para as energias renováveis.

“O aumento da taxa de fotossíntese de microalgas para a produção de biodiesel tornou-se uma questão crucial na pesquisa em biocombustível”, disse Angela Pedroso Tonon, investigadora da divisão de Biociências do *Los Alamos National Laboratory*, dos Estados Unidos, à Agência FAPESP [23].

As vantagens do uso destes organismos são inúmeras entre as quais e mais relevantes se salientam:

- Aparentemente, as microalgas são o único recurso viável para a produção de biocombustíveis [24]. Se analisarmos, mais uma vez, a necessidade de reduzir o uso excessivo dos combustíveis fósseis, poluentes e esgotáveis para a obtenção da mesma energia, estes microrganismos aparecem logo em grande vantagem. Na Figura 21 é observável o claro crescimento da produção de biodiesel entre 1975 e 2005 em alguns países. Com as microalgas podem-se obter vários recursos essenciais à vida humana, que atualmente não serão obtidos de forma tão sustentável, económica e amiga do ambiente.

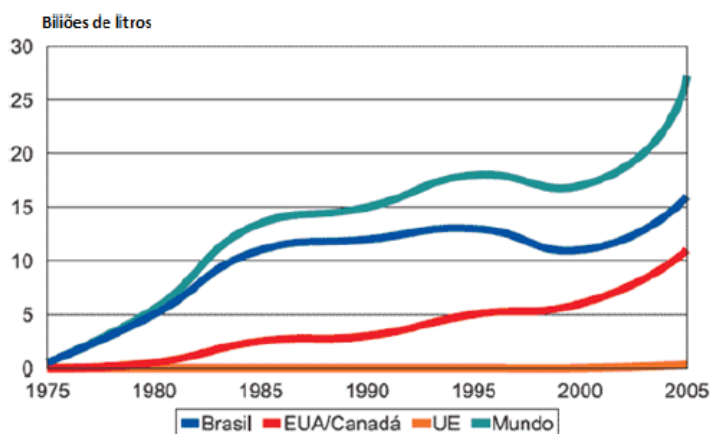


Figura 21 – Evolução da produção de biodiesel [41]

- São extremamente produtivas, no que diz respeito ao óleo a usar como matéria-prima para a transesterificação em biodiesel. O cultivo de microalgas produz até 50000 L de biocombustível/ ano/ hectare [22]. A Tabela 2 mostra a produtividade das microalgas na vertente das energias renováveis e face a outras fontes oleaginosas para a produção de energia.

Tabela 2 – Produtividade das microalgas para captação de óleo [22]

Comparativo de produtividade: microalgas X outros cultivos				
Cultivo	Produtividade (kg/ha)	Teor de óleo (%)	Óleo (lt/ha)	Relação (microalgas/ outros)
Microalgas	200.000	25	50.000	-
Soja	3.000	18	600	83
Girassol	2.000	48	1.050	47
Amendoim	2.700	43	1.280	39
Mamona	500	48	260	192
Pinhão Manso	3.500	40	1.550	32
Dendê	20.000	22	5.300	9

- Com as microalgas podemos obter matérias como: variados nutrientes, ácidos ómega-3, vários tipos de biocombustíveis como já referido, reforço de vacinas e medicamentos, matéria orgânica para fertilização, entre outros [22];
- As microalgas são muito versáteis, pois algumas espécies adequam-se a níveis extremos no que diz respeito a nutrientes, temperatura e limpeza do meio [22];
- Na vertente da tecnologia, estes micro-organismos ainda não estão muito desenvolvidos como fonte de energia, apesar de algumas empresas apostarem financeiramente no seu desenvolvimento [22];
- A produção deste tipo de micro-organismos ainda está longe de ser considerada uma produção em grande escala. Atualmente, apenas as empresas com maior suporte financeiro fazem uso das microalgas, representando uma fatia de cerca de 100 hectares. Para ser considerado um sistema em larga escala deveria ser necessário qualquer país possuir entre 400 a 1000 hectares. Seria uma grande evolução para diversos sectores industriais, que envolveria muitos processos de engenharia, criando vários novos postos de trabalho e possibilitando inúmeras descobertas [22];
- Atualmente o orçamento e processo de produção de microalgas está em aberto, pois existem muitas incertezas no que diz respeito à viabilidade técnico-económica do processo, mas a crença de que nas microalgas existe um futuro de energia abundante, sustentável e renovável, essa é bastante evidente. [22]

O esquema representado na Figura 22 mostra algumas aplicações, contributos gerais do uso das microalgas.

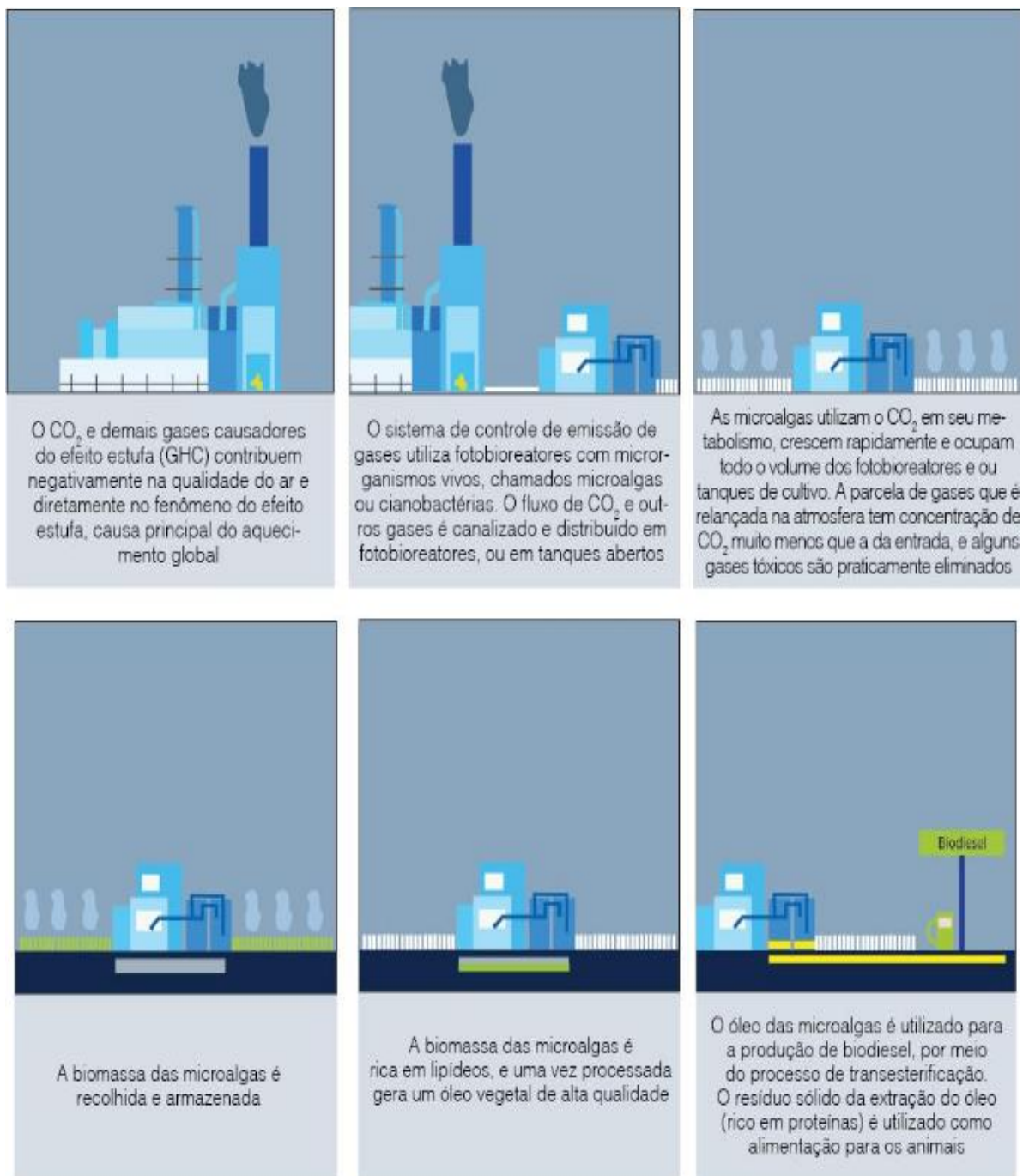


Figura 22 – Aplicações gerais das microalgas [22]

2.5.1 Cultivo de microalgas em efluentes

Efluentes domésticos e agrícolas podem conter bastantes nutrientes, necessários ao desenvolvimento das microalgas, que de outra forma poderiam ser descartados em qualquer local e não iriam surtir qualquer produtividade.

Assim, na presença em excesso de bactérias, cria-se um circuito nutricional entre a bactéria e a alga. Deste circuito surge a oxidação parcial das bactérias e onde existe a captação do CO₂ por parte da alga, tal como mostra o esquema da Figura 23.

De notar que existem algas apropriadas para este meio de cultura, que nem necessitam de tanta radiação solar como um microalga vulgar [25].

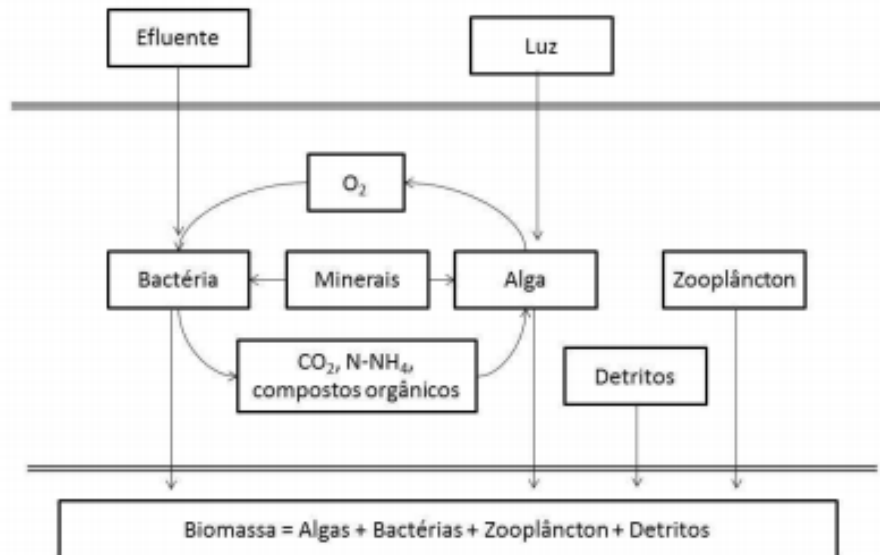


Figura 23 – Tratamento de efluentes usando microalgas [25]

2.5.2 Fachadas ecológicas - Fotobiorreator de placa plana

Um fotobiorreator de placa plana é o local de cultivo das microalgas, com o aspeto físico idêntico ao da Figura 24. Neste existe a mistura, à base de ferro, potássio, fósforo e nitrogénio, adequada a cada tipo de microalgas, juntamente com algum dióxido de carbono dissolvido num fluxo de ar e um escape para retirada do oxigénio. No fim a biomassa é recolhida para fins energéticos nas diversas áreas, como já referido (combustíveis, nutrientes, eletricidade, ...). Através da queima da biomassa destes microorganismos pode-se gerar eletricidade, onde a queima de 1 ton produz 8,12 MWh de energia [26].

Existem vários tipos de fotobiorreatores, desde os mais simples até aos mais complexos, consoante os objetivos e condições para o crescimento destes microrganismos.

Desenvolvidos em grupos pela Ciência Estratégica Consultoria da Alemanha (SSC), Colt Internacional e Arup, surgiram as primeiras fachadas de microalgas, Biorreatores de fachada *SolarLeaf*, na Alemanha em 2013. No total foram instalados 129 biorreatores em 4 andares de um edifício em Hamburgo, em que cada painel possui 2,5 x 0,7 m.

Estes biorreatores são constituídos por 4 camadas de vidro, sendo que 2 cavidades estão envolvidas por gás árgon para que as perdas de calor sejam reduzidas ao máximo para que o desperdício energético seja minimizado ao máximo. No fundo de cada compartimento é introduzido ar comprimido em intervalos de tempo, para estimular a absorção de CO₂ e luz. Junto neste gás comprimido encontram-se pequenas esferas

plásticas para que estes depósitos sejam limpos automaticamente, sem ser necessária a intervenção humana para limpezas periódicas.

Cada biorreator complementa as entradas e saídas necessárias para a mistura e ar necessários ao crescimento destes microorganismos.

Nas Figuras 24 e 25 encontra-se um exemplar destes biorreatores instalados no edifício em Hamburgo [26].



Figura 25 – Biorreator *SolarLeaf*



Figura 24 - Fachada ecológica de um edifício na Alemanha

O uso desta via para a obtenção de energia não está condicionado ao uso do solo ou das condições climáticas. Além do mais, o carbono necessário para as microalgas pode ser facilmente aproveitado de uma caldeira de uma habitação ou de outro qualquer processo de combustão, contribuindo deste modo para a diminuição de emissões de carbono para a atmosfera.

Como as microalgas crescem proporcionalmente à quantidade da luz solar, estes painéis planos funcionam como proteção solar dinâmica, contribuindo para o sombreamento natural [26].

2.6 Utilização de microalgas para abatimento de emissões de CO₂

Uma empresa de produção de cimento no Brasil, denominada InterCement, e representada na Figura 26, pertencente ao grupo Camargo Corrêa, está a apoiar financeiramente o estudo e desenvolvimento da ação das microalgas na fixação das emissões de CO₂. Esta indústria está a juntar três centros de pesquisa de universidades mais a universidade de São Paulo.

O investimento foca-se na compra dos equipamentos necessários para o reforço do laboratório, bolsas de estudo, construção de biorreatores necessários ao processo de oxidação e ao pagamento dos salários das pessoas envolvidas.

Os investigadores irão estudar o sistema de biofixação do CO₂ através do cultivo das microalgas e cianobactérias. O objetivo é que os gases provenientes da cimenteira sejam direcionados para estes biorreatores para a fixação do CO₂ por parte destes microorganismos, diminuindo assim as emissões de gases de efeito de estufa para o ambiente num valor expectável de cerca de 30%.

Para além do processo ter impacto direto na diminuição da emissão de gases de efeito de estufa, contribui em tudo para o aumento da sustentabilidade da cimenteira.

O inventário de gases de efeito de estufa em 2012 à empresa em questão, levou-a à conquista, nesse mesmo ano, do Selo de Ouro do Programa Brasileiro *GH Protocol*.

A taxa de emissão contabilizou cerca de 531 kg CO₂/t, quando a média estava em 653 kg CO₂/t entre a contagem das empresas do setor de participantes CSI (*Cement Sustainability Initiative*) [27]

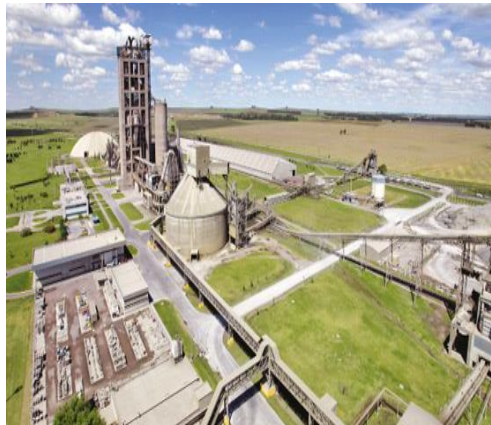


Figura 26 - InterCement

2.7 Sustentabilidade energética de empresas em Portugal

A primeira empresa autossustentável do mundo, representada na Figura 27, foi divulgada há pouco tempo e situa-se no nosso país. A *WoodOne*, assim denominada, é a empresa movida pelo consumo de energia elétrica, obtida 100% a partir do uso de painéis fotovoltaicos.

Está situada em Lordelo-Paredes, na zona Norte de Portugal, e conta com o funcionamento de 1500 painéis solares fotovoltaicos com um valor médio de poupança de cerca de 7000 € mensais.

Inicialmente a empresa encontrava-se falida e agora vive à custa das energias renováveis, obtendo com isso o resultado combinado entre melhor ambiente e economia.

Graças ao CEO, Manuel Luís Martins, que adquiriu a empresa e embarcou nas apostas do futuro, a empresa conta hoje com 63 funcionários e um futuro promissor.

Apesar de os custos da aquisição deste sistema para a produção de energia, ainda serem elevados, os valores de poupança já são bem apelativos.

A juntar a este tipo de aquisição de energia, que permite ao consumidor obter lucros a médio e a longo prazo, junta-se a energia solar térmica, onde caso a instalação seja efetuada de modo totalmente adequado, se obtém ganhos de cerca de 70% na ajuda de aquecimento de AQS [28]. Deste modo a luz solar seria aproveitada para aquecimento de toda a água usada de forma natural e sustentável.



Figura 27 - WoodOne

2.8 Sistemas de certificação energética de edifícios

Atualmente todos os edifícios têm de ser verificados em vários pontos do seu projeto de construção para que possam ser certificados, garantindo que no fim a segurança e bem-estar do ser humano não são postos em causa. Nesta vertente, durante todo o processo existem requisitos e critérios de construção que têm de ser cumpridos até à conclusão do edifício.

Para além da garantia do cumprimento das exigências construtivas legais, o mercado concorrencial começou a usar argumentos comerciais que visavam satisfazer inicialmente um público restrito, mais exigente ao nível dos padrões ambientais e de eficiência energética, mas que tem vindo a expandir-se, constituindo já uma parcela mais alargada. Surgiu assim a necessidade de estabelecer critérios de classificação e certificação dos edifícios, com base nos materiais de construção, classe energética de equipamentos, soluções construtivas, etc., que levou ao aparecimento de sistemas de certificação de edifícios. Apresentam-se de seguida alguns desses sistemas.

2.8.1 Sistema *LiderA*

O *LiderA* é um sistema de avaliação da sustentabilidade, desenvolvido em Portugal. É uma marca de registo nacional e que consiste basicamente na avaliação conjunta do desempenho ambiental e da sustentabilidade da construção. O sistema de avaliação está dividido de A a E, sendo o E a categoria de edifício correspondente às práticas existentes e A++ a categoria mais eficiente.

O sistema *LiderA* foi concebido por Manuel Duarte Pinheiro, como resultado do tema do seu Doutoramento em Engenharia do Ambiente sobre Sistemas de Gestão Ambiental para construções sustentáveis [29].

O sistema baseia-se nos seguintes tópicos:

- Apoiar o desenvolvimento de planos e projetos que busquem a sustentabilidade;
- Avaliar e posicionar a obra no que diz respeito à busca da sustentabilidade;
- Suportar a gestão na vertente da construção e operação do projeto;
- Atribuir a certificação por marca registada, através da avaliação independente do projeto;
- Servir de instrumento no mercado para clientes que procurem e valorizem a sustentabilidade;

Assim, uma construção ambientalmente sustentável é aquela que apesar de ainda não ser conhecida com popularidade, está sujeita ao desafio da criação de um novo projeto que disponha de vários pontos que envolvam a sustentabilidade, certificação e pilares de conforto, princípios ecológicos e tendências socioeconómicas [30].

A avaliação da sustentabilidade da construção pelo sistema *LiderA* toma em consideração o uso sustentável de materiais, o conforto e as cargas ambientais, a utilização de recursos naturais e energia, a integração local, bem como aspetos socioeconómicos [30].

2.8.2 Sistema *BREEAM*

O *BREEAM* é outro sistema de certificação mais conhecido internacionalmente, e concebido pelo *Building Research Establishment* (BRE) em 1990. Já em 2008 havia cerca de 11000 edifícios certificados pelo *BREEAM* em todo o Reino Unido. Tem um forte foco no Reino Unido e expandiu-se a vários outros países em todo o mundo.

O objetivo deste processo de certificação é minimizar todos os impactos negativos a nível ambiental quer local quer global, promovendo o enriquecimento dos espaços no seu conjunto [31].

2.8.3 Sistema *LEED*

Trata-se de um outro sistema de certificação de edifícios, americano, denominado por *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED), que certifica a nível de qualidade ambiental os edifícios dos EUA.

Foi um sistema concebido pelo *US Green Building Council* em 1998, que inicialmente se destinava a edifícios de escritórios e tem vindo a estender-se para os novos edifícios institucionais.

Até 2008 existiam dez versões diferentes e encontravam-se registados mais de 2 milhões de edifícios certificados nos EUA e no estrangeiro por este sistema. Mais tarde, acabou por ser adaptado para o mercado canadiano.

DESENVOLVIMENTO

3.1 Posicionamento do edifício

3.2 Construção dos módulos

3.3 Módulos 3x9 e armazém

3.4 Paredes

3.5 Piso

3.6 Teto

3.7 Laje

3.8 Equipamentos elétricos e tubagens

3.9 Climatização do edifício

3.10 Fontes de obtenção de energia para o laboratório

3.11 Parte relvada do edifício

3.12 Iluminação

3.13 Orçamento

3 DESENVOLVIMENTO

Neste capítulo serão discutida as melhores soluções e contributos para a construção do *ZELab*. Finalmente será feita a análise geral dos custos desta construção.

Quando se pensa na origem de um edifício, geralmente não estão incluídas as vantagens que se podem tirar dessa construção. Mas, tal como já existem formas para obter energia vinda do sol através de painéis fotovoltaicos, também existem certamente outras fontes que ainda não foram exploradas e possibilitam a obtenção de energia de uma forma não menos rentável e sustentável. Esta linha de pensamento aplica-se em tudo o que rodeia o Homem e pode, na realidade, estar na base da inovação. Tudo o que traz movimento pode contribuir para a obtenção de energia. Este é o princípio da descoberta, começar no mais simples de tudo e ir estudando, com o tempo, cada vez mais pormenorizado.

Assim, uma construção pode deixar de ser uma mera construção e começar a ser uma fonte de rendimento, juntando todas as fontes de energias naturais existentes e trabalhando no desenvolvimento de outras. Pode ser uma construção que sirva não só para obtenção de energia renovável, mas também, ser objeto de estudo e experiência para a descoberta de novas formas viáveis e que contribuam para um novo futuro mais amigo do ambiente e mais económica a longo prazo.

Conciliando a obtenção de energia por meios naturais, também se podia pensar na forma de, com a otimização das habitações, se conseguir reduzir os níveis de emissões de poluentes. Isto porque é uma realidade que dentro de muito pouco tempo vai começar a ser aplicada de uma forma ou de outra.

Erguer as paredes e o teto sob uma estrutura metálica simples e barata, assenta na resistência. É necessário pensar no isolamento térmico que não pode deixar de ser tomado em consideração devido às perdas e ganhos de energia, onde o uso adequado e planificado do isolamento pode ser uma mais-valia na diminuição das perdas, acarretando redução de custos e gastos de energia.

Juntando uma construção económica, de rápida construção, sustentável e com menos emissões de CO₂, o contributo para um mundo cada vez melhor a níveis ambientais e económicos é realçado.

Volta-se a lembrar o facto de que os novos edifícios a partir de 2020 vão ter de satisfazer as suas necessidades energéticas a partir de energias quase exclusivamente renováveis (energias não renováveis muito perto de zero) [6].

Juntando algumas das energias renováveis (como a energia fotovoltaica e a energia de biomassa) tem-se o princípio do *nZEB*.

Antes do desenvolvimento do projeto do *nZEB* foram delineadas as condições gerais e particulares daquilo que é um edifício totalmente sustentável (*ZEB*), para que o produto final ficasse o mais próximo possível deste. Com este objetivo, o diagrama da Figura 27 pretende mostrar de um modo geral a construção pretendida.

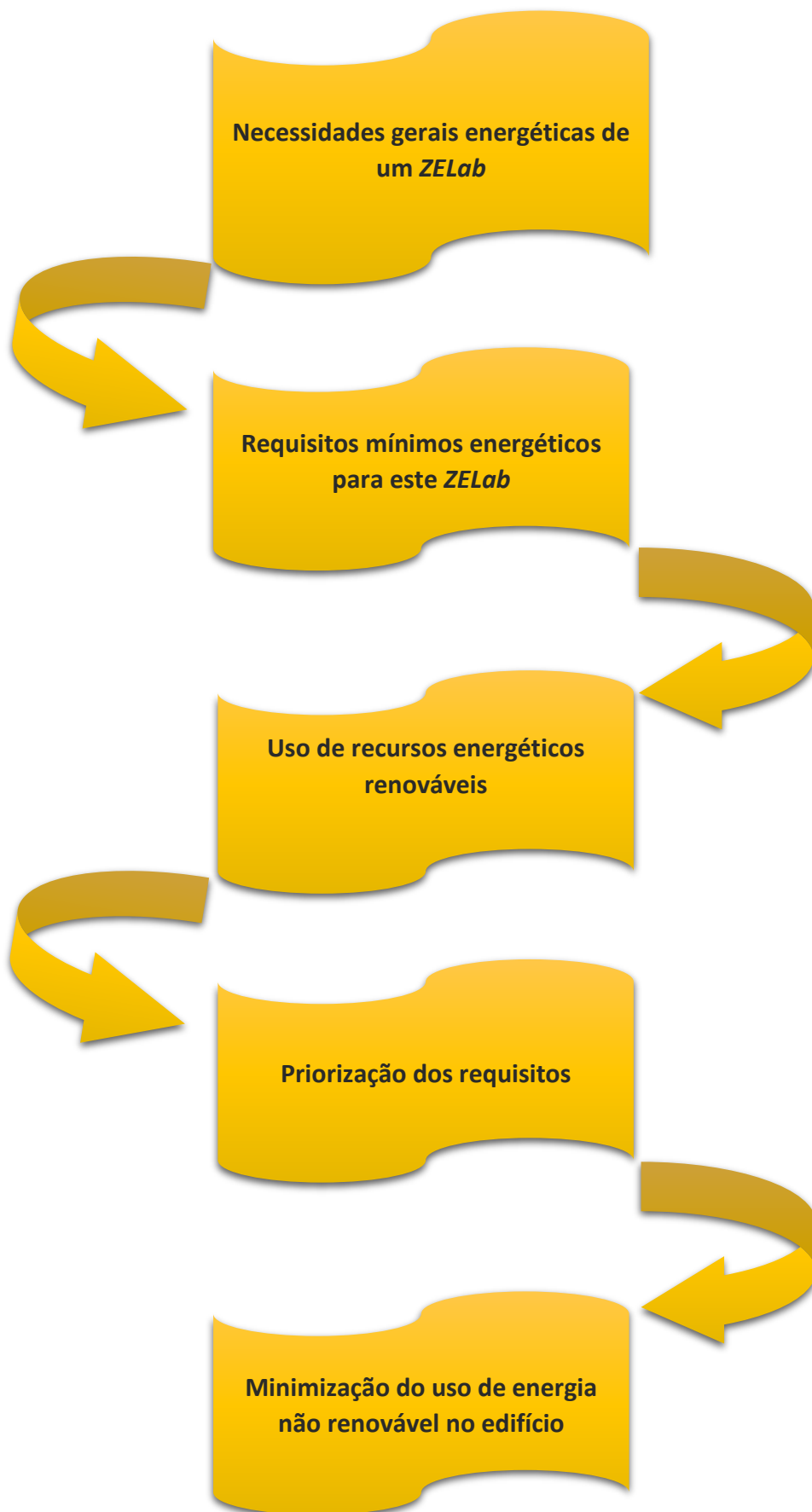


Figura 28 – Diagrama com objetivos gerais do nZEB

Na Tabela 3 reuniram-se todos os requisitos desejados para o ZELab e, consoante o tempo disponível, foram selecionados os objetivos de maior relevância e deixados para segundo plano os de menor importância.

Tabela 3 – Requisitos do ZELab

Requisito	Metodologia	Prioridade
		 Prioritário  Não prioritário
Minimização dos consumos energéticos	Utilização de materiais construtivos energeticamente eficientes Medidas de sensibilização	
Qualidade do ar interior (QAI)	Renovação de ar natural regulada	
Temperatura da água dos fotobiorreatores e do ar	Uso de permutadores de calor e sistema de controlo	
Minimização dos custos da construção	Estrutura metálica	
Instalação elétrica adaptável	Parede interna com tomadas deslizantes	
Edifício que contribua para a sustentabilidade	Uso do máximo número de fontes de energia renovável Construção do edifício sem diminuição de área verde	
Minimização do uso de água	Aproveitamento de águas pluviais para fins futuros	
Aproveitamento da construção para fins energéticos	Instalação de fotobiorreatores	
Uso exclusivo de fontes de energia renovável	Edifício a funcionar apenas com energias renováveis	
Dimensionamento diário de gastos energéticos consoante atividade	Edifício monitorizado para gastos energéticos	
Certificação energética	Adaptação de normativas para a construção de laboratórios que se assemelhem ao ZELab	
Certificação estrutural	Adaptação de normativas para a construção de laboratórios que se assemelhem ao ZELab	

3.1 Objetivo desta dissertação

Neste capítulo irá ser apresentado o contributo para a construção de um edifício laboratorial baseado numa estrutura metálica, incluindo algumas energias renováveis já estudadas e outras menos conhecidas. Será um conjunto de soluções que poderão ser aplicadas para a aproximação de um edifício *nZEB*.

Para atingir as metas a nível da eficiência energética é necessário rapidez no que diz respeito ao desenvolvimento de um projeto arquitetónico e envelope térmico capazes de juntarem o máximo de soluções gerais existentes ou ultrapassarem o limite do conhecimento nesta vertente. Para o cumprimento de um projeto assim, é necessário, para além de requisitos eficazes, envolver técnicos/empresas que trabalham todos os dias em busca da meta da eficiência energética.

3.2 Implantação do edifício

O laboratório (*ZELab*) está pensado para ocupar parte do parque de estacionamento do ISEP em frente ao edifício H, como apresentado na Figura 29. Irá ter uma parte relvada por cima do edifício desde o topo até à base de maneira a criar-se uma zona verde e simultaneamente um espaço adicional para arrumações por baixo deste. Este espaço verde, que ficará anexado ao *ZELab*, irá estar voltado para o edifício H para proporcionar uma vista agradável e, sendo uma zona de menor projeção solar, não será aproveitada para implantação de qualquer sistema de energia renovável. A parte relvada irá ter inclinação de modo a ajudar no escoamento das águas e possibilitando a manutenção da mesma, transformando assim um espaço não útil num espaço verde, contribuindo para a sustentabilidade.

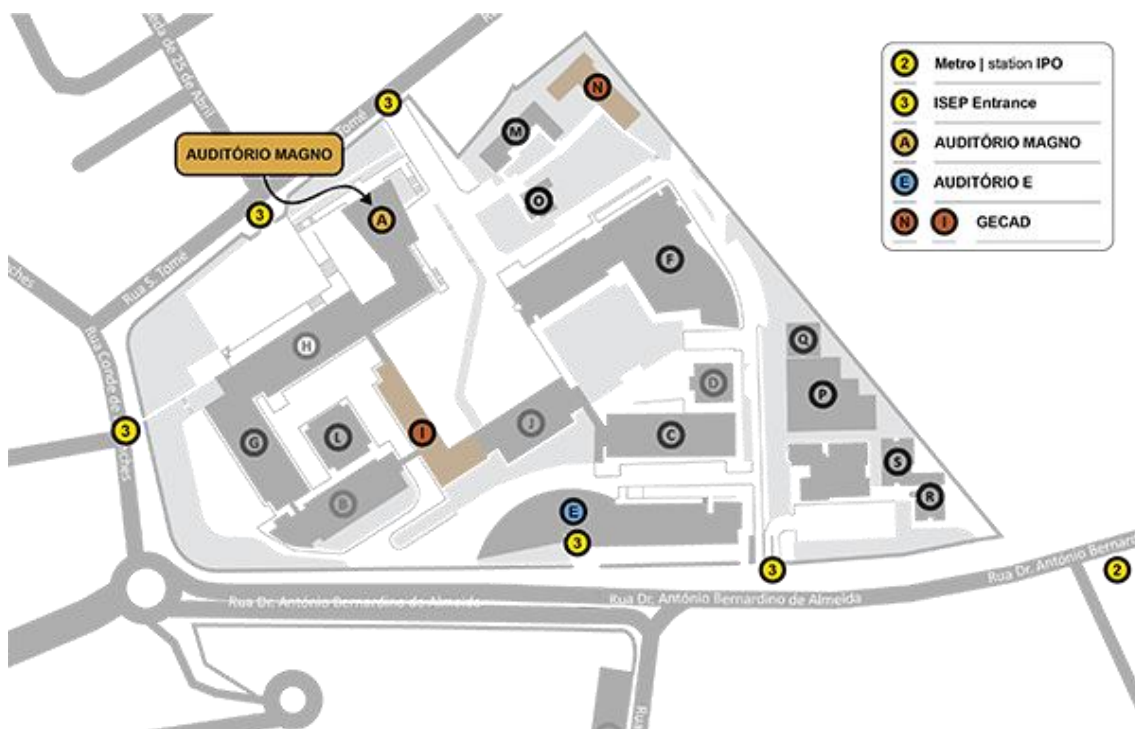


Figura 29 – Planta do Instituto Superior de Engenharia do Porto.

A entrada para o laboratório estará voltada a norte, visto ser onde o sol menos incide e onde existe a entrada principal para o ISEP, fazendo-se as entradas para os dois edifícios no mesmo sentido. Na Figura 30 está representado o espaço numa visualização em três dimensões.

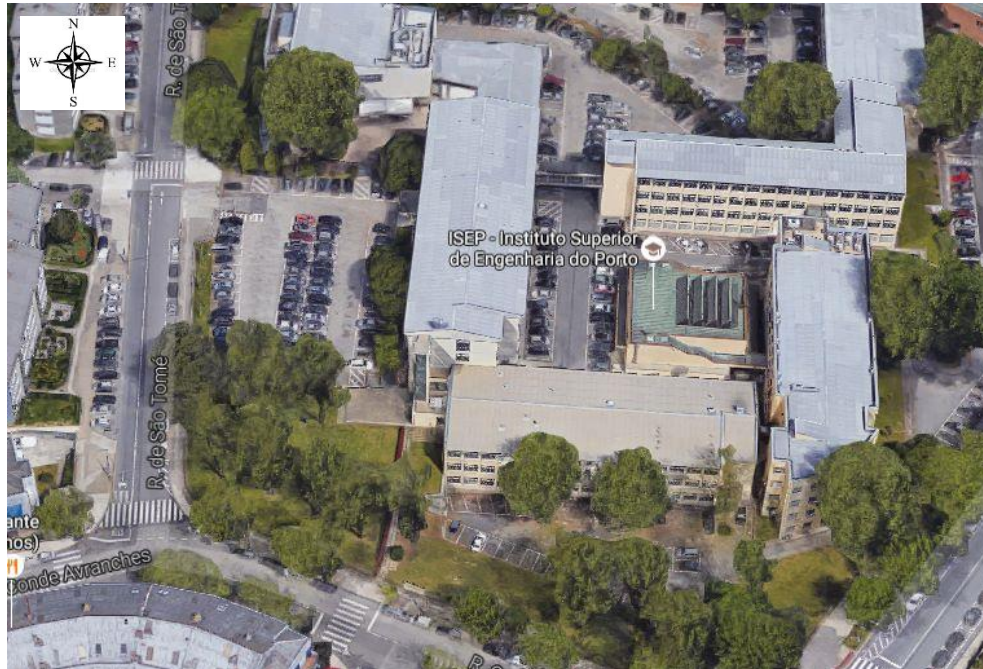


Figura 30 – Vista de cima do Instituto Superior de Engenharia do Porto

3.2.1 Orientação

O *ZELab* irá ser constituído por duas paredes de fotobiorreatores de placa plana para microalgas, uma parede de relvado e uma parede com a entrada.

A parede de relvado irá ficar orientada a Este, as duas paredes com fotobiorreatores a Sul e a Oeste, e a parede de entrada a Norte, como apresentado na Figura 31.

Como as microalgas precisam constantemente da luz solar, e as duas paredes onde esta incidência é maior são as de Sul e a de Oeste, são estas as duas fachadas escolhidas automaticamente para a instalação dos fotobiorreatores.

A parede de relvado irá ficar posicionada a Este essencialmente para ficar voltada para o edifício H, onde a estética é realçada. A parede da entrada foi escolhida a Norte por ser onde o Sol é menos intenso, portanto, a nível de aproveitamento de energia não ia surtir qualquer efeito, e por ser também o local de acesso ao ISEP. Na Figura 31 é possível ter uma melhor visualização de como estará o *ZELab* impantado no seu lugar.

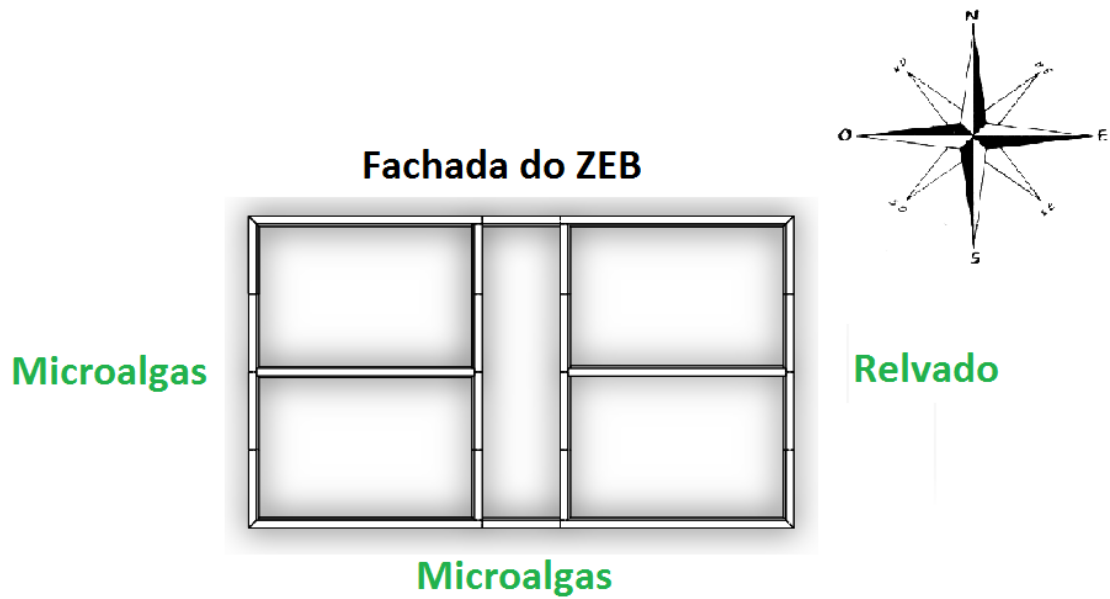


Figura 31 – Representação esquemática das envoltentes

Na Figura 32 está evidenciada com um círculo vermelho a zona onde irá ser construído o laboratório. Mesmo através do *Google Maps* é perceptível a incidência solar quer a Sul e a Oeste para o bom funcionamento dos fotobiorreatores e dos painéis solares.

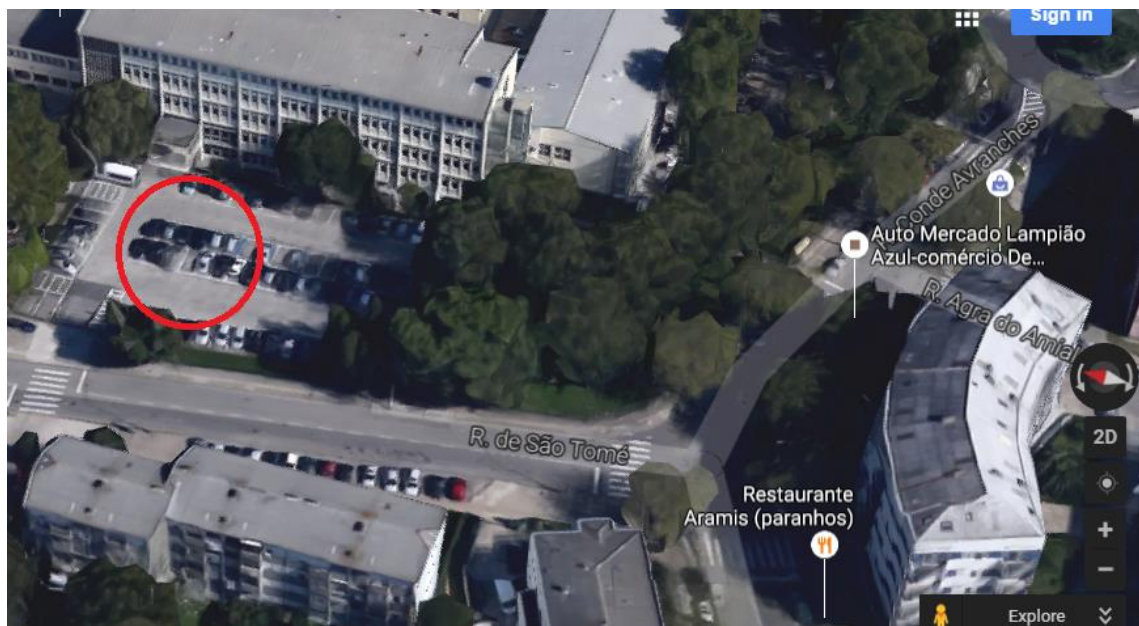


Figura 32 - Posicionamento do ZELab à frente do edifício H

O local também foi escolhido na zona mencionada, por ter o mínimo de sombreamento possível como já referido, para não destruir zonas verdes e para causar impacto a nível estético e tecnológico. Na Figura 32 é evidente a inexistência de sombreamento, mais uma vez, em relação ao local onde ficará o laboratório.

3.3 Construção do edifício

A ideia inicial da projeção deste edifício, assentou na estrutura mais simples a nível de construção que poderia dar origem ao futuro *ZELab*.

Pensou-se, então, num “paralelepípedo em metal”, por ser uma estrutura simples e mais facilmente executável. A opção do uso do aço foi devida aos seguintes motivos [32]:

- Custo baixo;
- Prazo de execução curto;
- Desempenho térmico/acústico/sísmico adequado;
- Modularidade desejada e propícia em alturas;
- Sustentabilidade.

Com a ajuda do Arquiteto surgiu a primeira ideia daquilo que poderá ser o contributo para o projeto futuro da construção do *ZELab*. Na Figura 33 está apresentado o desenho concebido pelo Arquiteto, e que posteriormente sofreu algumas alterações, nomeadamente na configuração dos locais onde serão inseridos os fotobiorreatores de placa plana para as microalgas. Foi a ideia primordial do esqueleto do laboratório, mais propriamente da fachada do edifício que irá conter as microalgas.

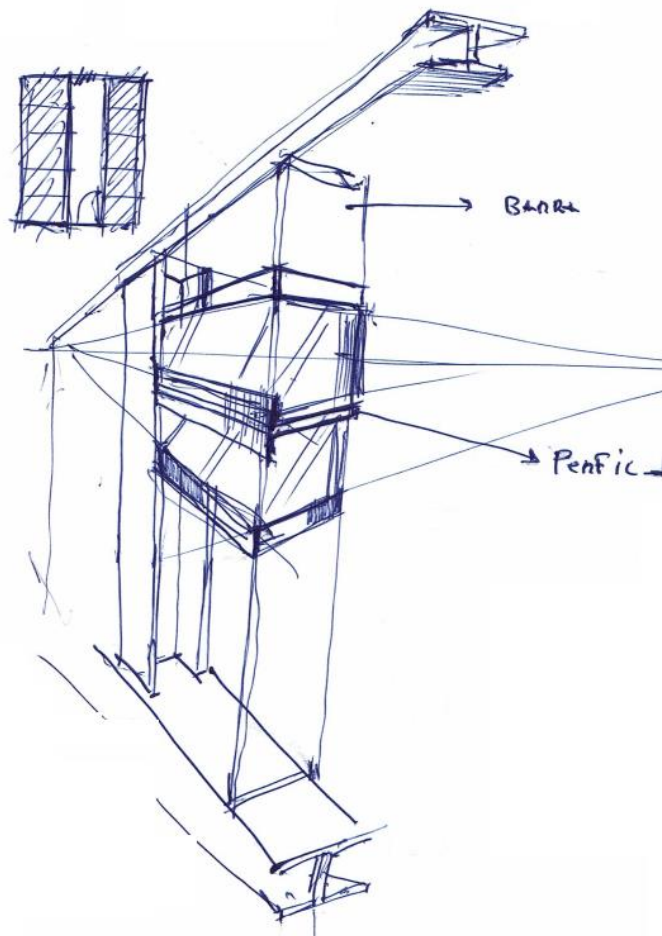


Figura 33 – Esquício do módulo dos fotobiorreatores (Arquiteto Nuno Trindade)

3.4 Módulos 3x9 e armazém

Cada módulo pode ser pensado individualmente ou como um padrão, resultando num edifício com 8 módulos iguais. No entanto, há que considerar as diferenças nos módulos das casas de banho e de arrumos. Esta configuração é a mais simples e tem em vista a possibilidade de não ser utilizada toda a área de construção prevista. No entanto, não é a mais eficaz na utilização do espaço, visto que dois módulos colocados um ao lado do outro possuiriam duas paredes a separá-los quando a união destes poderia gerar mais espaço útil pela inexistência de fronteiras entre os mesmos. O sistema de climatização também poderia ser centralizado para vários módulos, e não ser feito um sistema de climatização para cada módulo, o que acarretaria custos mais dispendiosos.

Como se trata de um laboratório optou-se pela construção do edifício em módulos para que futuramente se possa dar função específica a cada espaço em particular.

O edifício será fabricado a partir de módulos de $3 \times 9 \text{ m}^2$. É suposto que estes módulos sejam colocados agrupados até que a área total deste seja mais ou menos 216 m^2 , para que ocupe a área prevista para a construção. Cada módulo possui 3 m por 9 m de lado, dando uma área total de 27 m^2 por módulo. No máximo estão previstos 8 módulos, sendo que um está destinado às casas de banho masculina, feminina e um armazém onde se encontra um reservatório de aproveitamento da água da chuva. Assim, a disposição inicial do edifício foi desenhada em *Solidworks*, com as dimensões iniciais tal como apresentado na Figura 34.

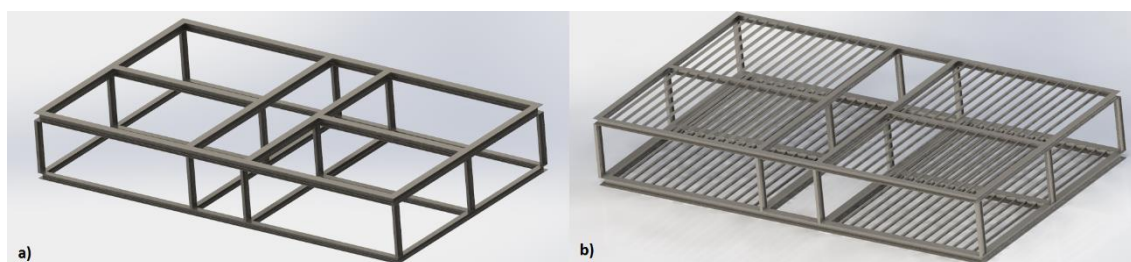


Figura 34 – Estrutura dos módulos a) estrutura inicial b) estrutura com as barras C140 para a sustentação do chão e do teto

As vigas do piso serão HEB 400 com disposição de C140 ao longo do piso, para suporte do chão e aplicação do mesmo. A escolha das vigas foi sobredimensionada, para possibilitar a construção de mais do que um piso, onde a sustentação do peso teria de ser feito por uma estrutura maior, apesar de neste tipos de estruturas se verificar perfis H entre 160 e 180 mm e perfis C entre 90 mm e 200 mm [33]. Optou-se, ainda, pela escolha de perfis IPN 400 para as vigas verticais e perfis HEB 300 para suporte da laje e equipamentos, tal como se apresenta na Figura 35, elaborado em *Solidworks*, vistas lateral e frontal do *ZELab*.



Figura 35 – Vigas estruturais a) Vista da fachada Este b) vista da fachada Sul

3.4.1 Projeção da fixação da estrutura metálica ao solo

Antes da construção metálica propriamente dita, deve-se proceder à sua devida sustentação através da fixação das vigas às sapatas com dimensões apropriadas que permitirão a correta imobilização da estrutura ao solo, como apresentado nas Figuras 36 e 37. Acrescenta-se, ainda, a tomada de medidas que garantam a drenagem do terreno, como o saneamento, e o correto nivelamento do mesmo com argamassa [32].

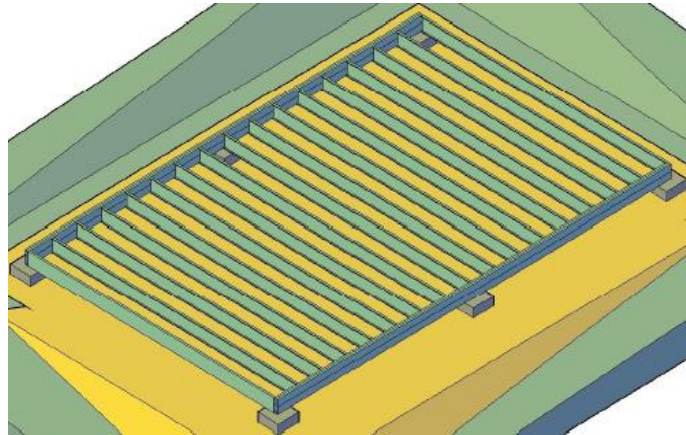


Figura 36 – Distribuição de perfis no pavimento [33]

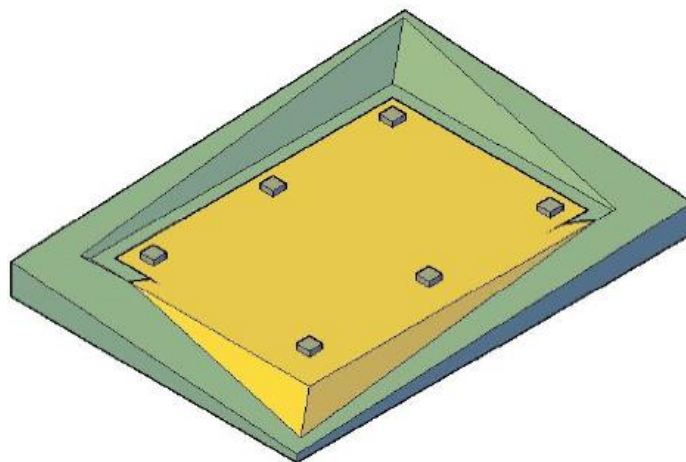


Figura 37 – Sapatas para fixação do edifício [32]

As vigas C140 de pavimento devem ser dispostas de 50 em 50 cm, apesar de o edifício não possuir mais de que um piso, pois esta disposição fica sujeita a futuras alterações assim como eventuais substituições de perfis, podendo assim, aproximar-se ao valor convencional para o fabrico deste tipo de estruturas. [33]

3.5 Envolventes

As envolventes são os elementos que separam o interior do espaço interior de um outro espaço interior (envolvente interior) ou que separam do ambiente exterior (envolvente

exterior). Para o *nZEB* há que projetar todas estas envolventes de forma a que a sua construção se dê de uma forma simples e que esta possa auxiliar uma boa utilização do edifício, no sentido do maior aproveitamento das mesmas no que diz respeito à eficiência energética.

3.5.1 Envolvente exterior norte

Esta envolvente é a envolvente norte onde está localizada a porta de entrada do edifício e duas paredes de 9 m cada, de dois módulos. Nesta envolvente não serão colocados os fotobiorreatores pelo que será pensada uma construção à base de materiais isolantes de modo a que a carga térmica de aquecimento não seja elevada. O isolamento térmico de uma habitação é um dos pormenores mais relevantes. Desde logo, as necessidades energéticas e a inércia térmica do edifício são afetadas diretamente pela ação desta condicionante.

Em Portugal, este aspeto ainda não é tomado em consideração, mas como já evidenciado, temos metas a atingir para o desenvolvimento de um novo futuro, onde não há espaço para a linha de pensamento antiga.

Assim sendo, as estruturas metálicas face às estruturas convencionais têm toda a vantagem, pois podem ser anexados vários tipos de materiais para a formação da parede que conferem um conjunto de isolamento único e inexistente na estrutura de betão.

A lã de rocha pode ser colocada quer nas paredes, piso e laje, onde pelo interior pode conter até 0,06 m e pelo exterior 0,12 m, funcionando como um excelente atuador na vertente acústica.

O isolamento pelo exterior é essencialmente conferido pelo OSB (placa de madeira orientada) e pela EPS (placa de poliestireno expandido). A melhoria constante e a procura de novas soluções para o isolamento do teto, pavimento e fachadas, contribui com cerca de 30% de melhorias para o efeito de aquecimento [34].

Assim sendo, a envolvente da fachada Norte será construída no geral à base de placas compostas e isolamentos, elementos descritos anteriormente.

Estes estão plenamente retratados na Figura 38, onde apenas falta a representação da placa EPS pelo exterior e, onde, talvez se pudesse considerar a colocação de uma placa idêntica pela parte interior do edifício [32].

Na Figura 39 representa-se esquematicamente em *Solidworks* apenas a estrutura de fixação da lã de rocha (isolamento termo-acústico), construída através do cruzamento de barras metálicas. Para acrescentar a melhoria do isolamento, o conjunto de ideias seguintes poderão ser aplicadas na maximização do mesmo:

- Estancar todas as portas, janelas frestas possíveis para acessibilidade com uma fita adesiva de espuma aconselhável para o efeito, reduzindo significativamente o consumo de energia;
- Reforço de todo o uso de isolamentos em todo o edifício.

Desta forma, conclui-se que grande parte da energia gasta para o aquecimento podia ser reduzida por ações com um custo bem mais reduzido [34].

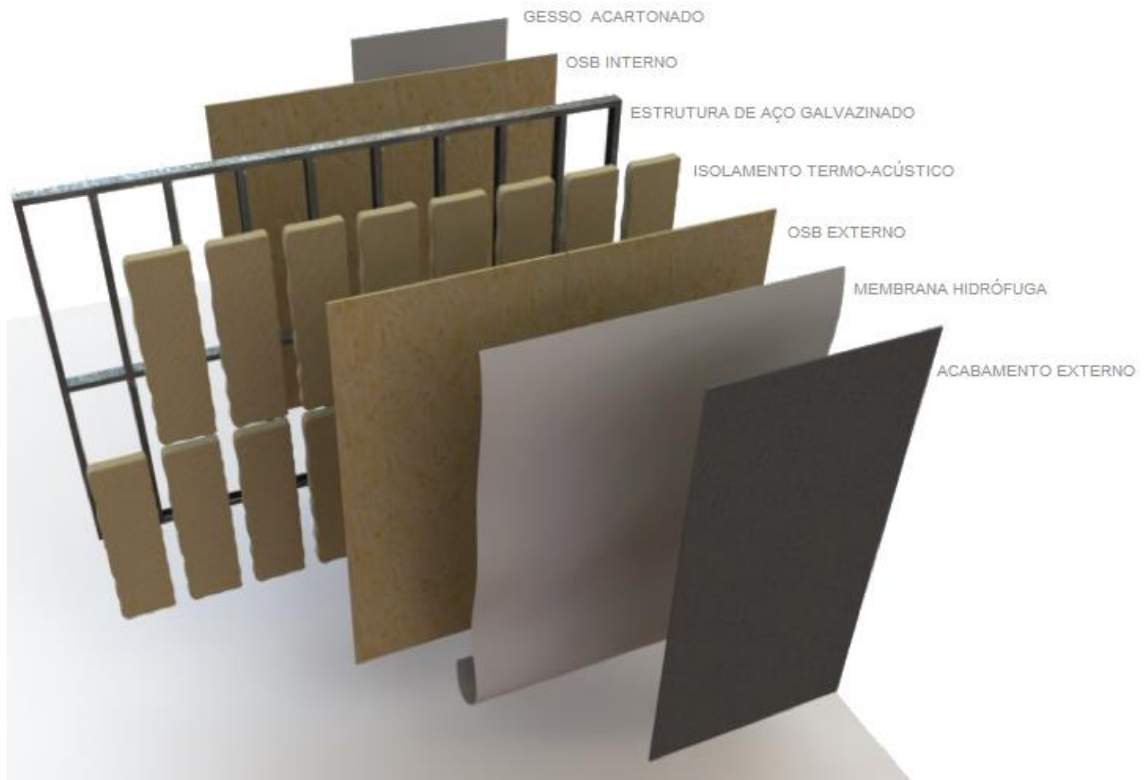


Figura 38 – Modelo de parede de estrutura metálica

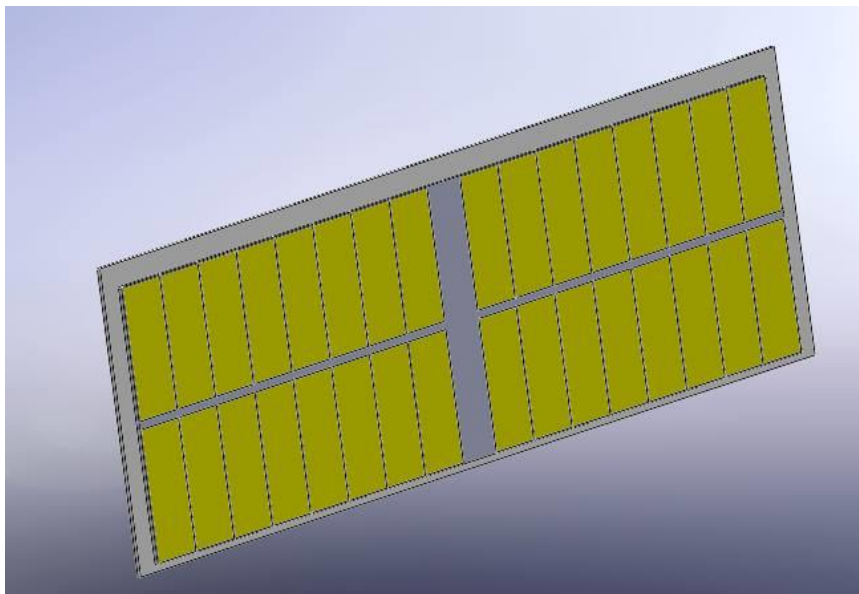


Figura 39 – Sistema de fixação da lã de rocha

Assim sendo, o aspeto final da envolvente exterior Norte será semelhante ao da Figura 40.

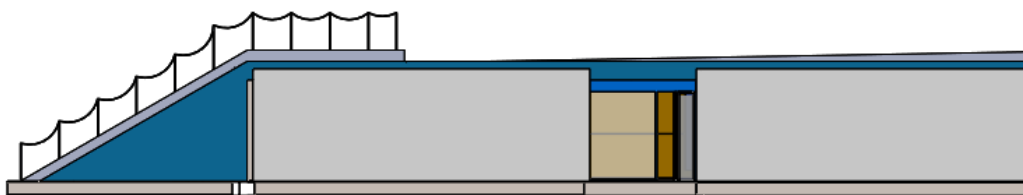


Figura 40 – Envoltente exterior Norte

3.5.2 Envoltente exterior Oeste

Esta envoltente possui 12 m de comprimento e é a junção de 4 paredes de 4 módulos de 3 m. A meio desta envoltente encontra-se uma viga H400. A existência desta viga aqui permite uma organização dos fotobiorreatores das microalgas dividida em duas paredes de 6 m. Cada uma destas paredes terá dois fotobiorreatores colocados na vertical de modo a que a pressão dentro destes reatores não atinja níveis que possam comprometer a integridade dos vidros. Na Figura 41 é já mostrada uma representação da parede Oeste onde é possível ver os 4 fotobiorreatores separados horizontalmente pela coluna central coberta pelo revestimento a azul, e separados verticalmente por barras horizontais, T100.

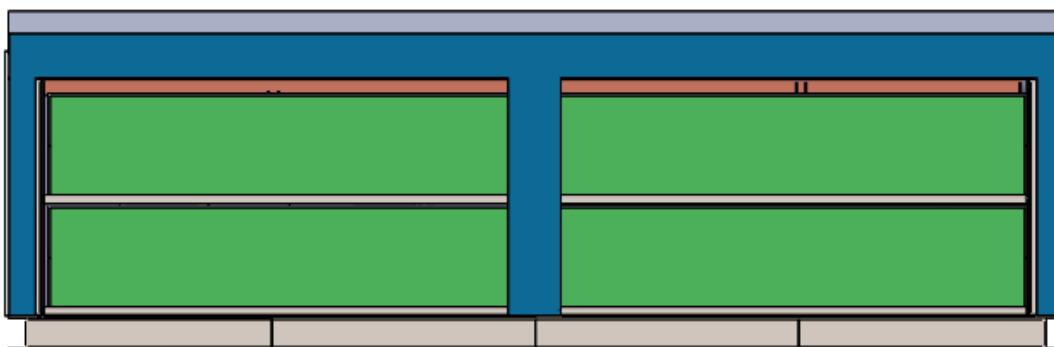


Figura 41 – Envoltente exterior oeste

3.5.3 Envoltente exterior Sul

Esta envoltente é a que possui uma maior incidência do sol e é a que estará mais coberta com fotobiorreatores. Esta parede de 21 m é constituída por duas paredes de dois módulos de 9 m e uma parede central de 3 m que pertence ao corredor.

Na Figura 42 pode-se ver os 6 fotobiorreatores separados pelas vigas H400 que separam os módulos do corredor. Na Figura 43 estão representadas as janelas que serão colocadas por cima dos aquários, para promover a ventilação natural.

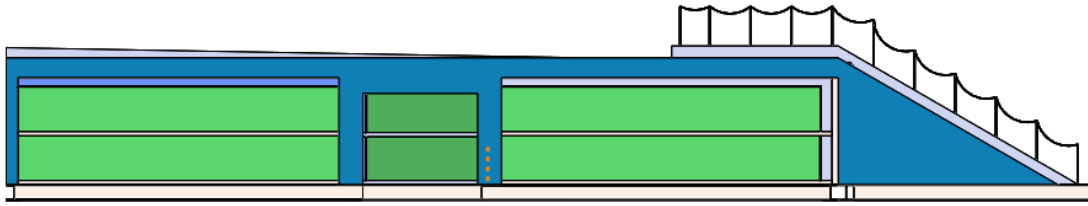


Figura 43 – Envoltente exterior Sul

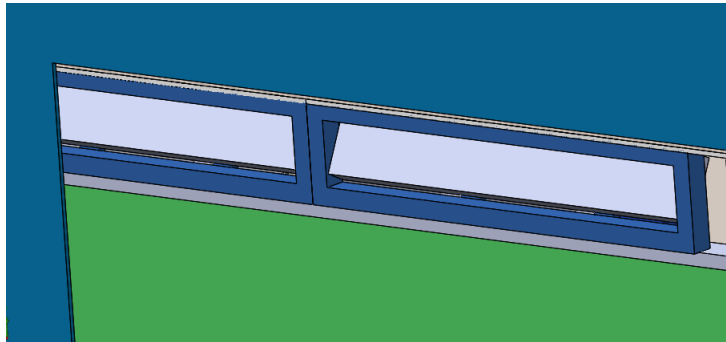


Figura 42 – Janelas superiores colocadas em cima dos aquários

3.5.4 Envoltente exterior Este

A envoltente exterior Este não é vertical mas sim inclinada com um ângulo de 30°. Esta inclinação tem o propósito de suportar uma camada de relvado por cima de um armazém, para que se armazenem as águas pluviais para uso e manutenção dos fotobiorreatores. A Figura 44 apresenta a vista frontal Este, criada com o intuito de aproveitamento desta envoltente para a criação de pequena área verde que contribui com um pequeno incremento da sustentabilidade, de forma original e útil em termos de climatização do espaço.

O facto de existir um “manto de terra” nesta envoltente, permite a uniformização do ambiente climatizado dentro do edifício atuando como espécie de barreira ao ambiente exterior, visto que a terra se comporta como uma resistência térmica.



Figura 44 – Envoltente exterior Este

3.5.5 Envoltório exterior - Teto

As lajes do teto podem ser feitas em vigas de betão, ou então lajes com perfis galvanizados, que são mais leves, onde o processo de construção se torna mais rápido, portanto menos dispendioso. Estas, podem ainda, ter ou não placas de EPS para melhoria de isolamento térmico, tendo este material excelente resistência à compressão.

As estruturas galvanizadas são fixadas à laje e cobertas, por fim, com argamassa como mostrado nas figuras seguintes. Na Figura 45 é evidente a diferença no uso do EPS, devido ao espaçamento entre as estruturas galvanizadas, para poderem receber os blocos de EPS. Na Figura 46 mostra-se a disposição das estruturas galvanizadas fixadas por parafusos apropriados e sem espaçamento entre elas, onde logo de seguida receberá o cimento.

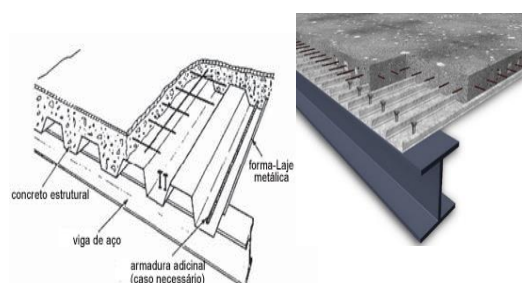


Figura 46 – Laje sem EPS

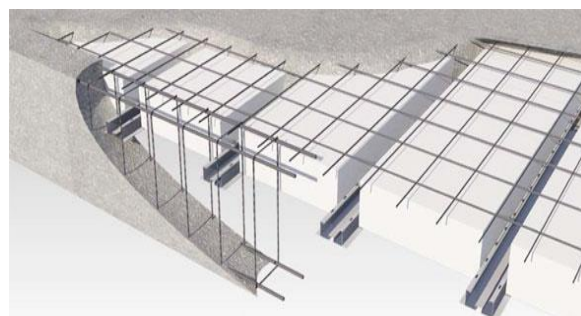


Figura 45 – Laje com EPS

Assim sendo, para o projeto do *ZELab* optou-se pela disposição da laje com recurso à utilização de blocos de EPS.

Na Figura 47 foram desenhadas as estruturas metálicas que vulgarmente se usam, de forma simplificada, para a receção dos blocos de EPS. Estas estão sob as vigas do edifício, também desenhadas em *Solidworks*.

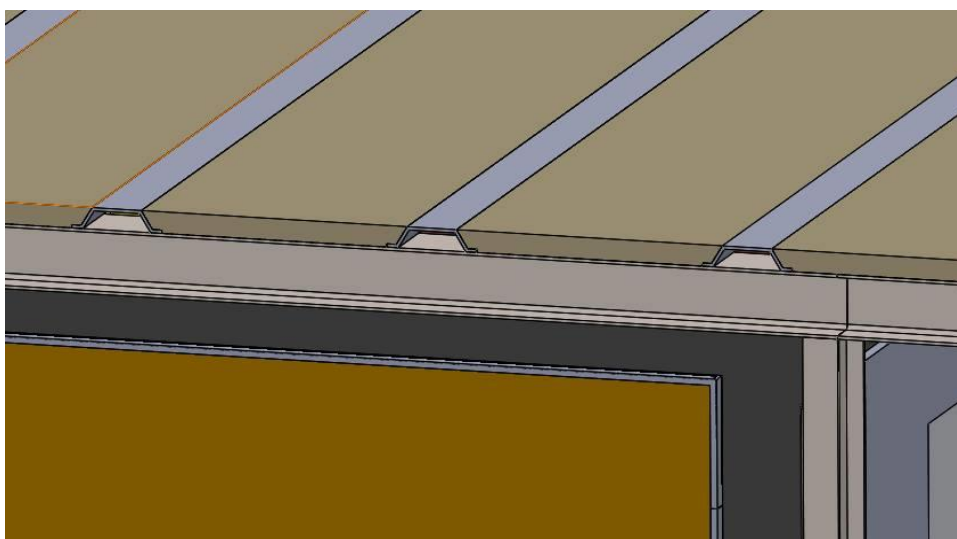


Figura 47 – Demonstração da laje em *Solidworks*

3.5.6 Envolvente exterior – Pavimento

O Pavimento é uma envolvente que está em contacto com o solo. Para auxiliar a climatização dos espaços é esperada a implementação de um pavimento radiante no pavimento. A instalação deste pavimento radiante implica a colocação de um isolamento que irá bloquear a “passagem” de calor.

3.5.7 Envolventes interiores

As envolventes interiores são aquelas que dividirão os módulos entre si. Dentro destas serão colocados os fios elétricos responsáveis pelo fornecimento de energia aos equipamentos dentro do módulo. Serão simplesmente paredes divisórias em placas compósitas simples.

3.5.8 Acesso elétrico para equipamentos

Uma vantagem deste tipo de estrutura poderá começar a ser a facilidade de mudança de pontos de ligação de equipamentos. Esta ideia surge por não se saber detalhadamente os típicos equipamentos ou atividades que podem vir a ser desenvolvidas no laboratório. Então, a necessidade de mudança das ligações poderia ser permitida por uma ligação do género da representação esquemática em *Solidworks* como a que se apresenta na Figura 48, onde as dimensões serão estabelecidas com maior rigor em projeto final de construção.

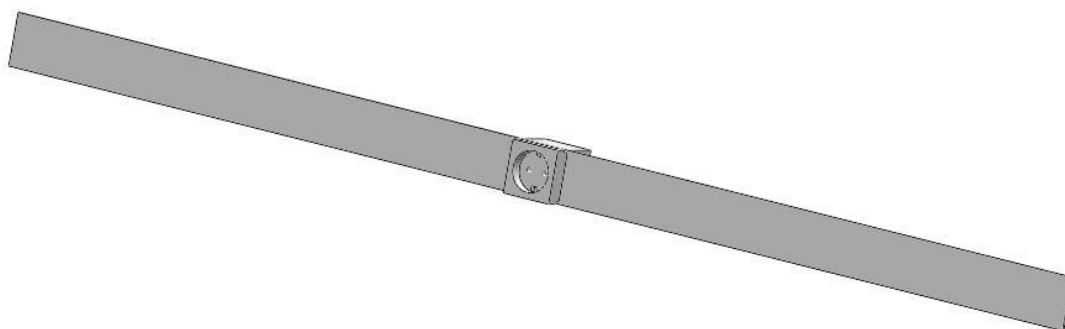


Figura 48 – Mobilidade da tomada elétrica

A ligação de dois pernos será usada para a ligação do aparelho necessário à corrente, mas será permitido o seu movimento horizontal ao longo da barra, fixada a cada envolvente interior.

Existirão engates ao longo da barra, como mostrado na Figura 49, para comprimentos desejados de funcionamento do aparelho.

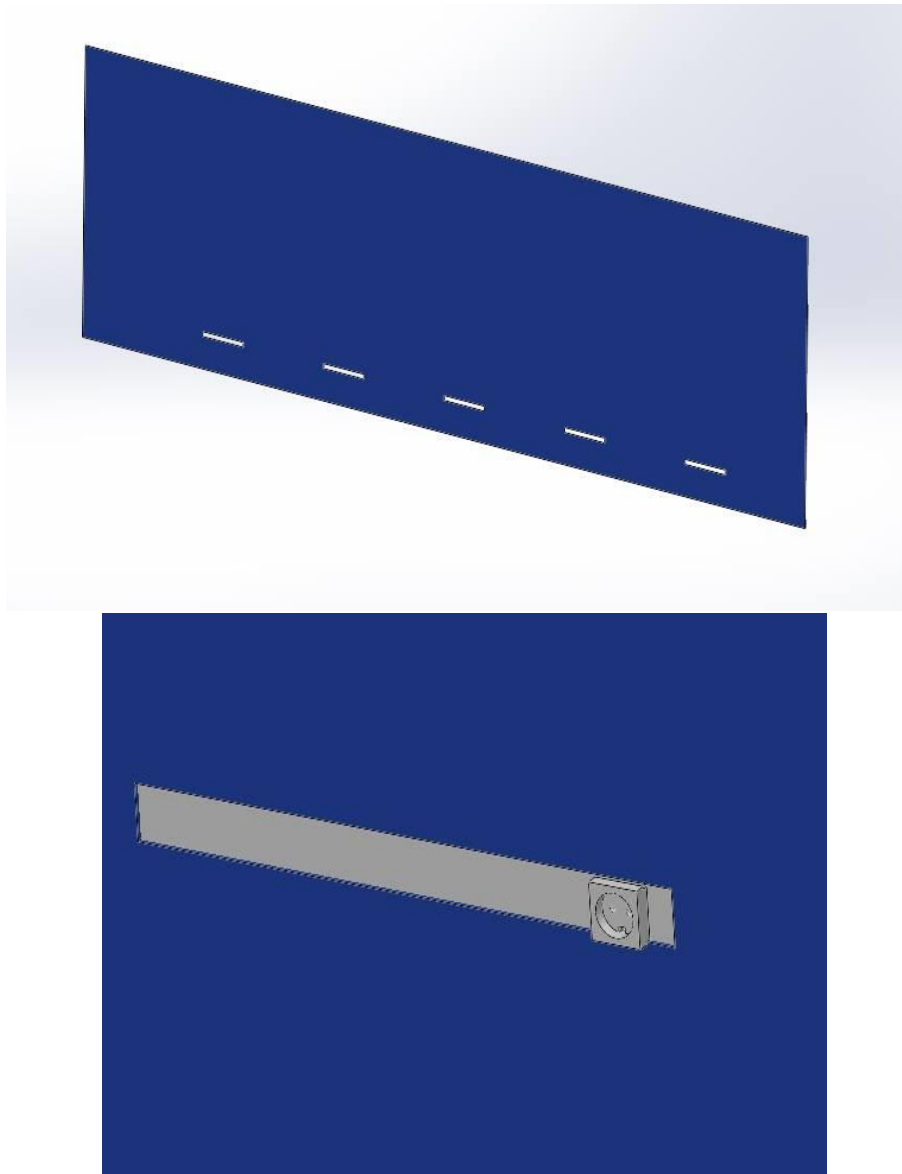


Figura 49 – Fixação de tomada elétrica no local pretendido

3.6 Escoamento das águas das chuvas

As águas das chuvas têm de ser direcionadas para que não fiquem acumuladas no teto o que causaria infiltrações indesejadas dentro do edifício.

O laboratório irá possuir uma laje mista, assim chamada para edifícios na base de estruturas metálicas, que tem de ser apoiada numa superfície perfeitamente horizontal para que não haja flechas que obriguem à criação de fissuras ou de instabilidade desta e onde será fixa às vigas da parte de cima.

Esta laje poderá ser moldada para o ângulo e direção de inclinação consoante o fornecedor escolhido para aplicação da mesma. Este ângulo irá contribuir para a recolha das águas para o local conveniente.

Aquando o escoamento das águas, parte destas irão ser aproveitadas para um depósito que irá servir de alimentação/manutenção dos fotobiorreatores para as microalgas instaladas no *ZELab*, como mostra nas Figuras 50 e 51. Este depósito irá ficar situado por baixo da zona relvada do edifício.

Conhecimentos gerais no âmbito da construção civil, através do Arquiteto Nuno Trindade, sugerem que a inclinação necessária e suficiente para a drenagem das águas pluviais seja de cerca de 1°.

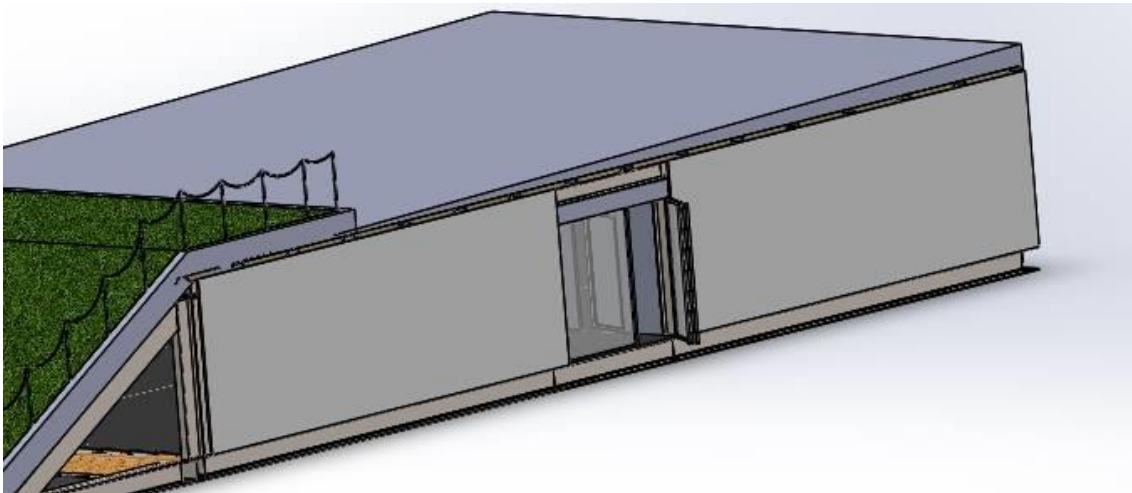


Figura 50 - Entrada *ZELab*

No armazém onde se encontra o depósito para a recolha das águas pluviais, as duas bombas que serão responsáveis pelo enchimento dos fotobiorreatores das microalgas. Esta particularidade já está apresentada na Figura 52, onde é possível observar a estrutura das vigas pousadas no chão e a zona a castanho será o armazém para o refúgio dos equipamentos e depósito referidos.

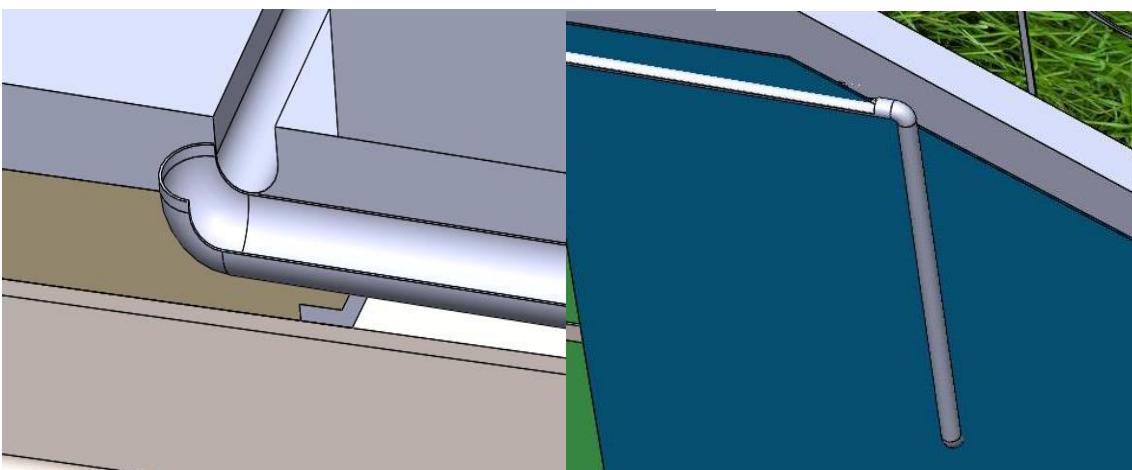


Figura 51 – Calha de escoamento das águas pluviais para o depósito

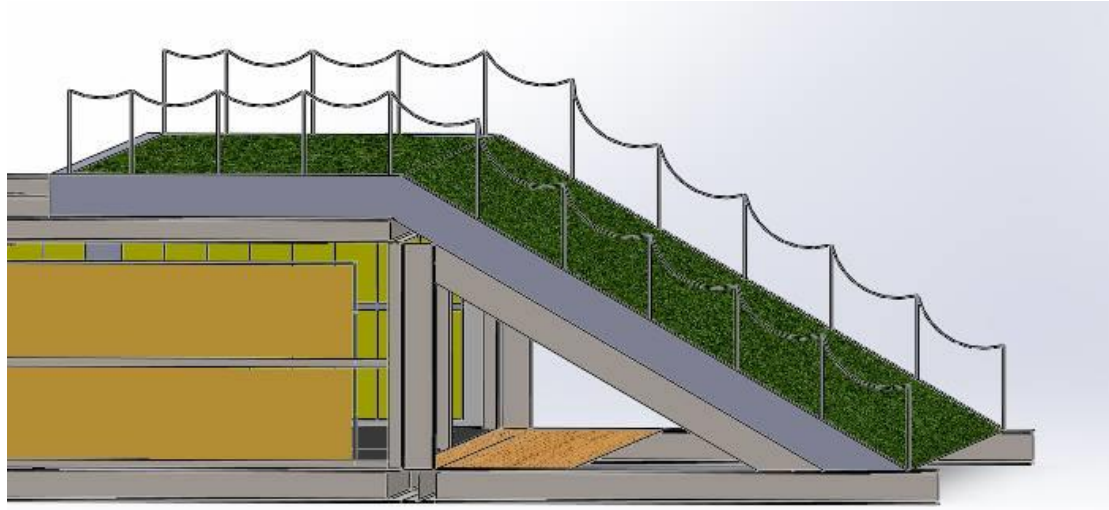


Figura 52 - Parte relvada do ZELab

3.7 Equipamentos elétricos e tubagens

Os cabos elétricos na laje serão direcionados dentro dos tubos, conforme a disposição e necessidade do edifício onde ficarão embutidos naquele mesmo espaço. Já no interior do edifício as vigas e as paredes serão furadas consoante as necessidades elétricas e de canalização.

O processo é relativamente mais rápido e adaptativo às necessidades do projeto, uma vez que é efetuado mesmo antes das paredes interiores existirem [32].

Na Figura 53 é visível a organização e distribuição da rede de tubagem mesmo antes da colocação da argamassa na laje.

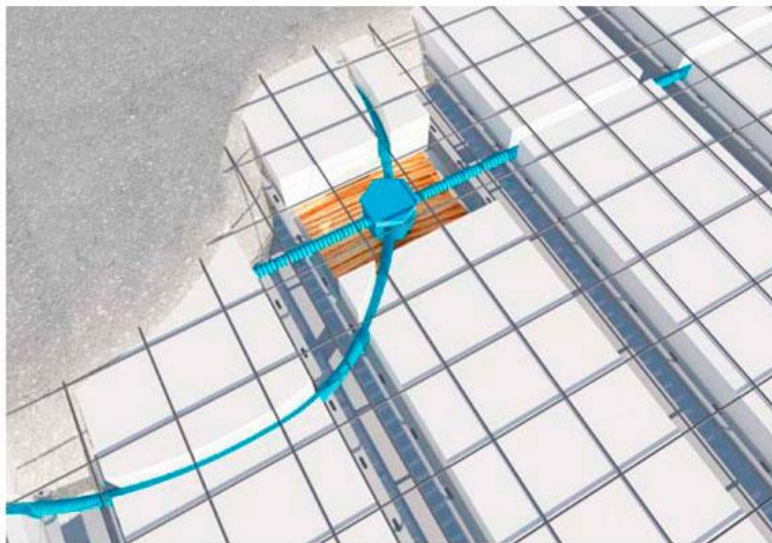


Figura 53 - Organização de tubagens na laje

Na Figura 54 é possível observar as típicas furações efetuadas nas estruturas metálicas mesmo antes da colocação das paredes o que permite uma melhor visualização das necessidades e facilidade da montagem da estrutura nesta vertente.



Figura 54 – Furações estruturas metálicas

3.8 Fontes de obtenção de energia para o laboratório

3.8.1 Microalgas

Para incrementar a sustentabilidade no projeto, é opção estudar a viabilidade da instalação de fotobiorreatores de placas planas nas envolventes externas do laboratório.

O objetivo passa por usar a água das chuvas do depósito do armazém com a mistura necessária ao sustento das microalgas e injetar a solução final por um tubo desde o depósito até ao fotobiorreator com auxílio de uma bomba de água.

A entrada de mistura e ar de insuflação será efetuada no nível inferior em todos os fotobiorreatores e a extração de ar será num nível superior ao nível da mistura microalgas/água.

A conceção dos fotobiorreatores implica uma estrutura de suporte em metal (de alumínio de preferência pelo seu baixo peso específico). Nesta estrutura estarão alojados os dois vidros do aquário. A estrutura irá cobrir a parte superior do aquário de modo a que apenas seja visível o fluido verde, deixando a superfície da mistura oculta. Na Figura 55, estão representados os dois orifícios criados para as entradas e na parte de cima, o orifício para a extração. A injeção de ar e extração do mesmo pode estar associado à extração do nosso sistema com possíveis válvulas antirretorno, para impedir a entrada de água nas condutas de ar. O circuito de água prevê o seu início no armazém onde estará um tanque de água que ocasionalmente recolherá água das chuvas. A partir de uma bomba peristáltica será escoada a água do tanque para os aquários. Quando necessário é possível a adição de microalgas ao sistema visto que a bomba permite a presença destas no seu leito. As

tubagens de água ou mistura terão de ser divididas com válvulas de fecho para os aquários de cima e os de baixo. (Figura 55)

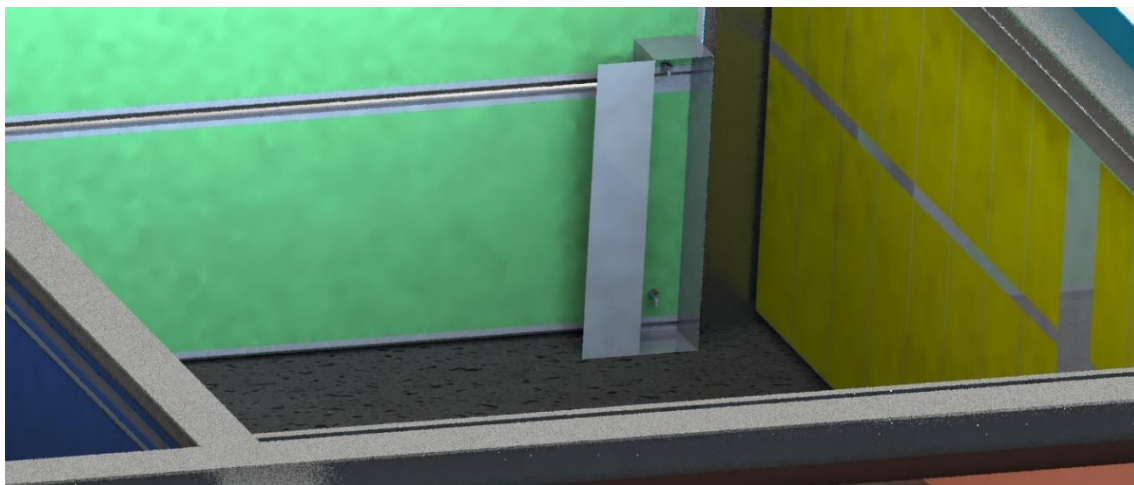


Figura 55 – Armazém de extração das microalgas

Na Figura 56 está esquematizado o circuito do abastecimento de água desde o reservatório (à esquerda) até às válvulas de fecho (à direita), passando pelos respetivos aquários (a verde).

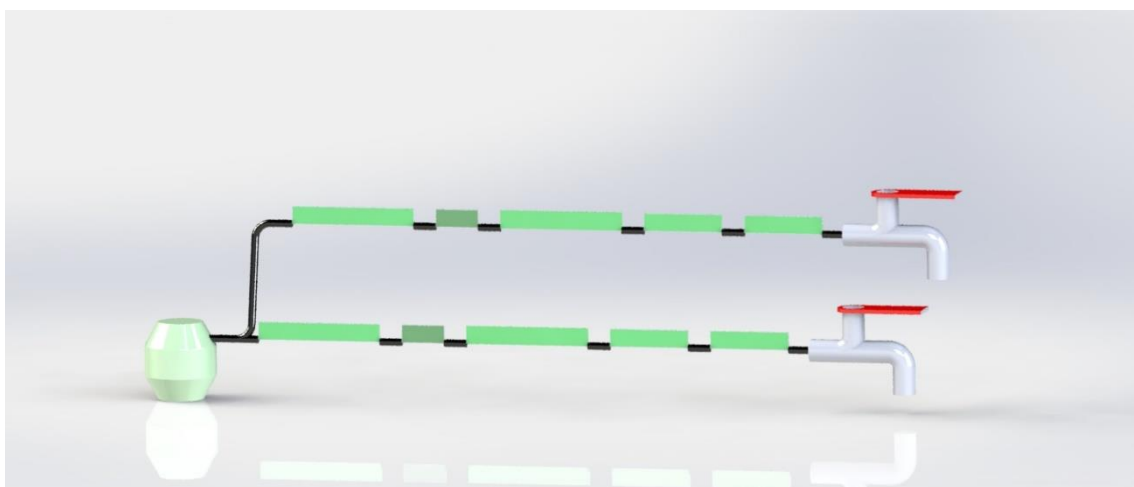


Figura 56 – Esquema de enchimento dos aquários

Analisando agora mais pormenorizadamente, a disposição geral dos aquários no edifício encontra-se representada na Figura 57.

O material de que os vidros são constituídos será o vidro laminado, pois em caso de acidente os vidros não se irão desagregar tão facilmente.

Irão ser colocados lado a lado, deixando uma “caixa de ar” onde irá levar a cultura. Serão espaçados de cerca de 0,05 m, permitindo também uma melhor climatização do espaço. A aplicação de vidros duplos reduz em cerca de 10% das necessidades de climatização no que diz respeito a uma melhoria do isolamento, contribuindo também para a melhoria da acústica.

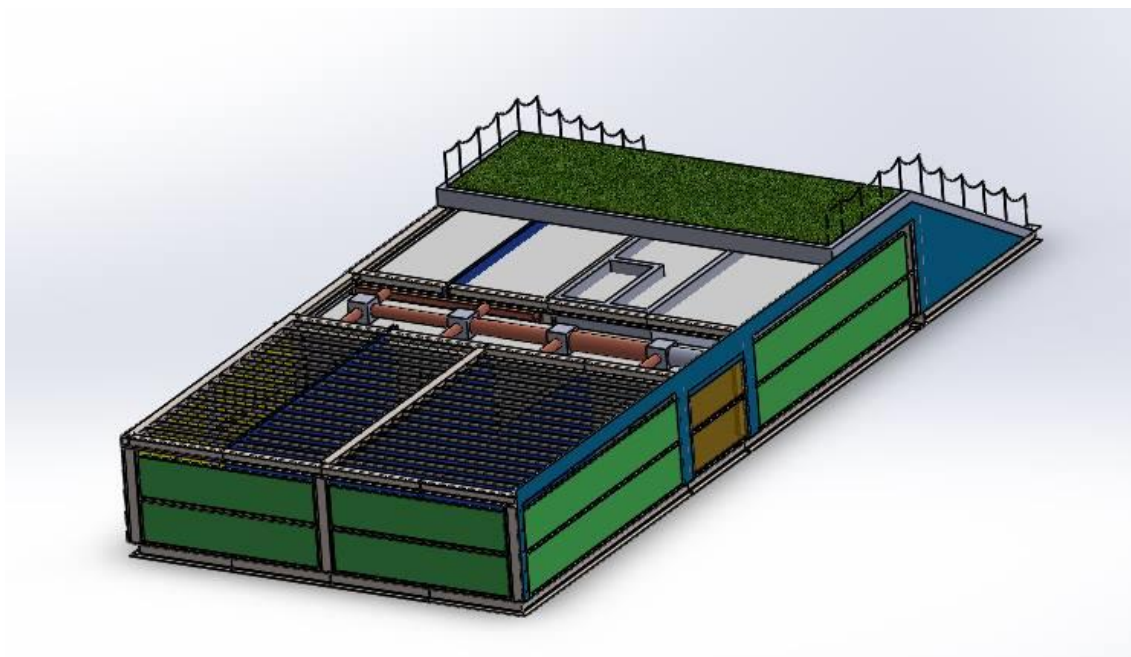


Figura 57 – Edifício com a disposição dos aquários

Para a extração do ar, existirá um nível máximo até onde os aquários poderão ser cheios. Ficarà uma folga entre o nível da água e do topo do “aquário” de cerca de 0,02 m. A espessura necessária para que o vidro agüente a pressão da água é de 12 mm [35].

3.8.2 Aproveitamento da energia do Sol

Para aproveitamento da energia do Sol já foram indicados os aquários de microalgas, no entanto, no terraço do *ZELab* também existe espaço útil para a colocação de coletores solares (Figura 58). Esta área foi definida como 12x8 m², do lado oposto ao lado do relvado.



Figura 58 – Distribuição da área do telhado

A geometria selecionada para os coletores é a plana (Figura 59). Este tipo de coletores é essencialmente utilizado para piscinas, aquecimento de águas sanitárias ou para aquecimento local. Para este edifício, o ideal será utilizar um coletor provido de água que poderá ser utilizada para os vários fins para que esta é necessária. A geometria plana permite a captação solar de todas as direções e permite a fixação do coletor sendo desnecessários movimentos de rotação ao longo do dia.

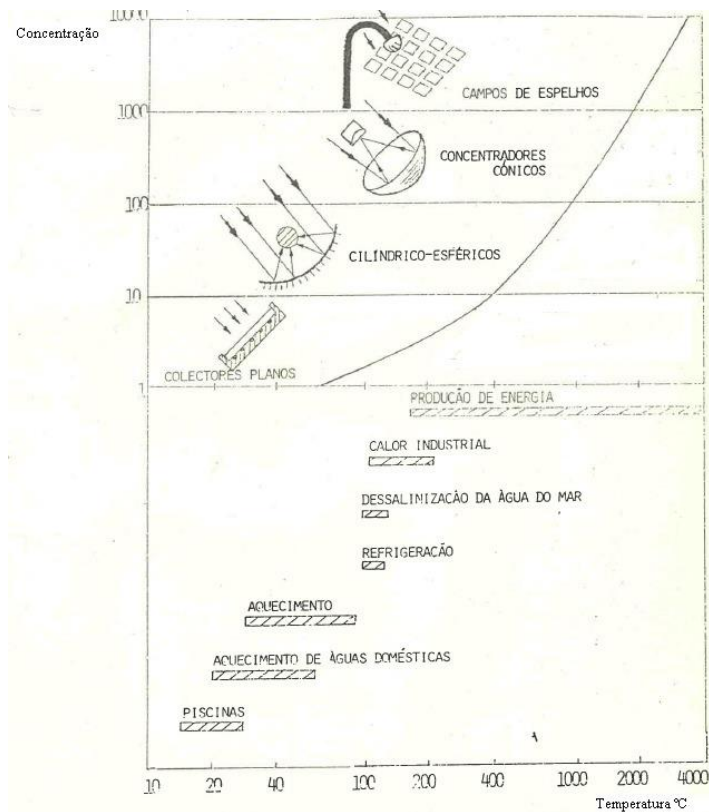


Figura 59 – Gráfico de potência dos coletores solares

3.8.3 Painel solar térmico

Sendo o sol uma energia renovável pode-se juntar a necessidade de aquecimento das águas sanitárias pelo uso de painéis solares térmicos e incluir um piso radiante apesar de não se saber o que o ZELab irá conter a nível de equipamentos e ocupação, mas pode-se fazer uma breve previsão de acordo com o seguinte estudo, para uma área de instalação de cerca de 50 m² [35]. Na Figura 60 é possível ver os custos económicos associados à instalação destes painéis.

Componente	Custo unitário	Fonte
Colectores	€801,19 por painel	[16], custo médio por painel
Depósito 600L	€1.803,47	[17], [18], [19]
Depósito 1000L	€3.426,37	[17], [18], [19]
Bomba	€120,00	[20]
Obras	€80,00 por m ²	conversa pessoal com empreiteiro local

Componente	Cenário 1
Colectores	€6.409,54
Depósito	€1.803,47
Bomba	€120,00
Obras	€4.000,00
Total	€12.333,01

Figura 60 – Energia solar térmica: estudo orçamental

3.9 Iluminação

A iluminação é algo que se torna indispensável nas tarefas do dia-a-dia e, em caso de não se recorrer a soluções mais certas, os custos acarretados à atividade podem ser dispendiosos. Por isso, a melhor opção implica resultados energéticos e, por consequente, resultados económicos bastante mais compensatórios.

Algumas das seguintes condições contribuem para condições globais de iluminação satisfatórias ligadas a resultados económicos:

- Aproveitar o máximo da luz natural que o dia nos proporciona, desobstruindo todos os acessos à entrada desta no edifício;
- Dimensionar o sistema de iluminação para os diferentes postos de trabalho, de forma a usufruir apenas da luz necessária, sem criar excedentes;
- Escolha dos equipamentos de iluminação com o maior rendimento possível;
- Poupança de energia através do uso de sistemas de automatização da iluminação;
- Criar um plano de manutenção para substituição de equipamentos em más condições de trabalho, de modo a que sejam substituídos para melhoria da qualidade e para evitar gastos desnecessários de energia.

O facto de as tecnologias relacionadas com a iluminação se estarem a desenvolver ao longo dos anos, mostra a relação da sua importância na vida do ser humano.

O resultado do desempenho está diretamente ligado à qualidade do meio em que a ação é efetuada, afetando o estado emocional e bem-estar do Homem.

3.9.1 Iluminação a LEDs

Uma escolha possível para aplicação no laboratório em causa é a aplicação de lâmpadas LED (*Lighting Emitted Diode*).

LED é um díodo semiconductor que emite luz por excitação de elétrons quando sujeitos a uma alta tensão, dentro do material semiconductor da lâmpada. Assim, surge a luz fruto do aquecimento dos semicondutores, provocado pela pequena corrente elétrica que os atravessou. Funciona com tensões baixas correntes, sendo necessária corrente contínua, sendo que por isso tem de estar presente um transformador que forneça as condições propícias para esta opção ser viável. Na Figura 61 está apresentada a forma física das lâmpadas LED.

Existem várias vantagens associadas à escolha desta forma de iluminação tais como as que a seguir se apresentam:

- Maior tempo de vida útil em relação a outro tipo de lâmpada, o que, portanto, implica menor manutenção;
- Não emite luz ultravioleta, o que se torna ideal para museus ou exposições de obras de arte;
- Possuem um baixo consumo e uma boa eficiência energética, cerca de 10 vezes mais do que uma lâmpada incandescente comum;
- Possuem uma maior qualidade e segurança para o ser humano, pois trabalham em baixas tensões e não contêm mercúrio;
- Têm uma boa resistência a impactos e vibrações;
- Emitem a coloração de luz desejada ao operador, quando requisitado;
- Podem ser projetadas para a incidência da luz num determinado foco, promovendo a estética pelas dimensões reduzidas que cada lâmpada apresenta;
- Quando a variável da intensidade da luz é alterada, a qualidade da luz imitada não é afetada.

No entanto, possui algumas desvantagens nomeadamente:

- Possui um custo de aquisição maior;
- Para LEDs de alta potência pode ser necessário intervir a fontes de dissipação de calor ao redor da lâmpada.

Mesmo tendo em conta as desvantagens apresentadas anteriormente, a escolha desta solução a longo prazo trará a nível económico e energético uma mais-valia em relação a uma outra escolha de iluminação comum.



Figura 61 – Lâmpadas LED

3.9.2 Iluminação por tubo de luz solar

Uma opção menos vulgar, mas não menos interessante é o tubo solar, onde o objetivo da sua função assenta em guiar a luz solar por um tubo revestido por material apropriado até ao interior do edifício.

Trata-se de um sistema ecológico e igualmente eficiente, onde a luz natural é captada para o interior de um tubo com material refletor, como apresentado na figura 64, não desperdiçando a captação dos raios solares, atingindo distâncias significativas sem recorrer a uso de fontes de energia, concebendo a iluminação ao interior do edifício de forma totalmente natural e gratuita.

Trata-se de uma ideia excelente para a captação da luz solar, onde cada tubo pode possuir uma proteção mecânica exterior que lhe dará uma alta resistência para o seu manuseamento em obra, ou outro de aplicações que impliquem riscos de amolgadelas. O seu exterior pode ser ajustável para cores, aspetos ou revestimentos de forma a que a parte estética seja realçada (Figura 62).

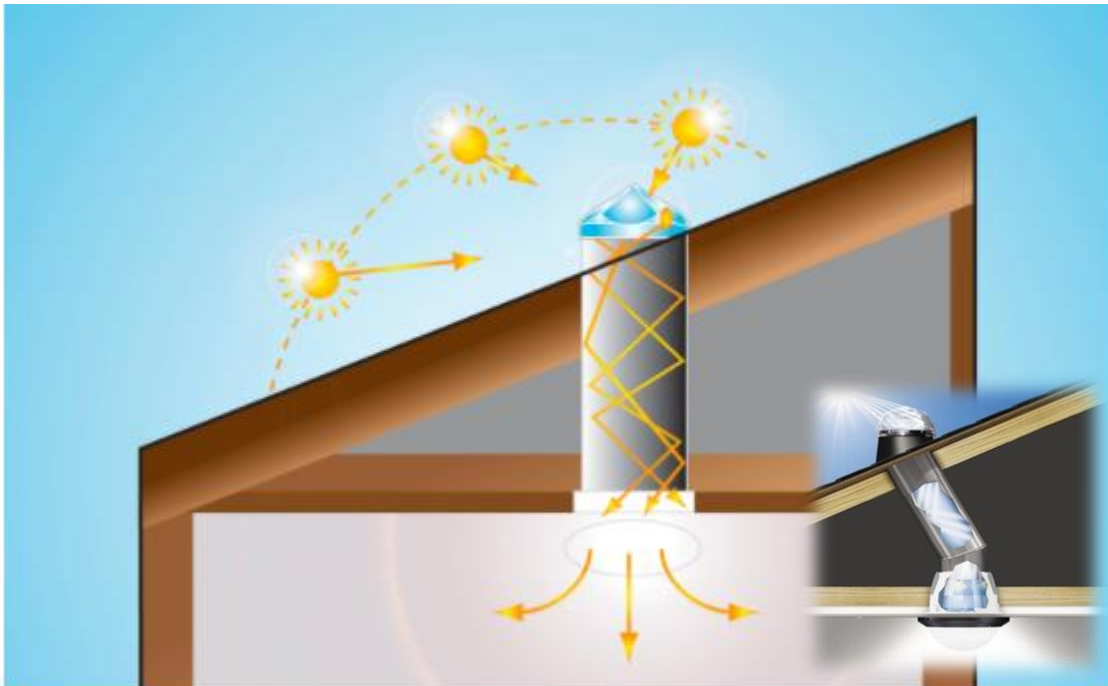


Figura 62 – Tubo de luz solar

3.10 Climatização

Hoje em dia estar confinado a um espaço interior é uma rotina da qual não se pode abdicar.

Para que o ar dentro de um espaço, onde se vai estar a maioria do tempo, esteja limpo e agradável é necessário recorrer à climatização do interior do edifício, permitindo uma melhor oxigenação concebida pela renovação do ar. A climatização tem inúmeras vantagens entre as quais [36]:

- Baixo custo de energia;
- Reduzido custo de implementação;
- Manutenção simples e de custo reduzido;
- Aumenta o bem-estar;
- Diminui o cansaço.

3.10.1 Temperaturas de Projeto

Esperando um nível de exigência de categoria II, onde o nível mais exigente é para espaços que serão ocupados por pessoas sensíveis e considerando que os ocupantes do laboratório possuíram uma atividade sedentária, as temperaturas de conforto recomendadas pela EN 15251 são:

- Temperatura de Conforto no Verão 26 °C;
- Temperatura de Conforto no Inverno 20 °C

3.10.2 Ventilação

Utilizando o método prescritivo recomendado pelo Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS) considerando-se 5 pessoas por módulo (uma equipa de trabalho) em atividade laboratorial. Isto resulta numa taxa metabólica de 35 m³/(h.ocupante).

$$5 \times 35 = 175 \text{ m}^3/\text{h}$$

Os poluentes devido aos elementos do edifício que possuem emissão de poluentes 5 m³/h.m² área por módulo $3 \times 9 = 27 \text{ m}^2$.

$$5 \times 27 = 135 \text{ m}^3/\text{h}$$

Caudal mínimo de ar novo é 175 m³/h.

Com um rendimento de 0,8

$$Q_{anf} = 175/0,8 = 219 \text{ m}^3/\text{h por módulo}.$$

8 módulos = 1752 m³/h de ar novo debitado pela UTA.

3.10.3 Unidade de tratamento de ar

A Unidade de Tratamento de Ar (UTA) escolhida necessita de debitar um caudal máximo de 1750 m³/h de ar novo. Considerando que ela possui 50% de ar de retorno, o caudal máximo que ela debita é de 3500 m³/h. Este valor é o considerado para o dimensionamento da UTA a partir do catálogo da Contimetra.

Para um valor de 3500 m³/h o Tamanho da UTA é do tipo 2, e os módulos serão adicionados de acordo com esse tamanho. Os componentes essenciais da UTA são o

módulo da entrada, as baterias, o ventilador e filtros. Neste caso, onde está previsto o funcionamento do laboratório é necessário incluir na UTA um humidificador.

Os filtros obrigatórios segundo o RECS são os seguintes:

- F5 antes de qualquer bateria ou recuperador de calor (3 F5);
- F7 após ventiladores com motores por correias (1 F7).

UTA com 3500 m³/h 50% de ar novo e 50% de ar de retorno.

3.10.4 Sistema de Conduatas

Para dimensionar o diâmetro das conduatas é necessário saber o caudal volúmico, e estabelecer uma perda de carga aceitável. Esta perda de carga que tem influência direta na velocidade do ar dentro da conduata. Para esta tarefa o mais prático é utilizar o ábaco da Ashrae.

Antes de utilizar o ábaco é necessário desenhar um esboço do sistema de conduatas para que o dimensionamento seja feito de forma organizada e coerente (Figura 63).

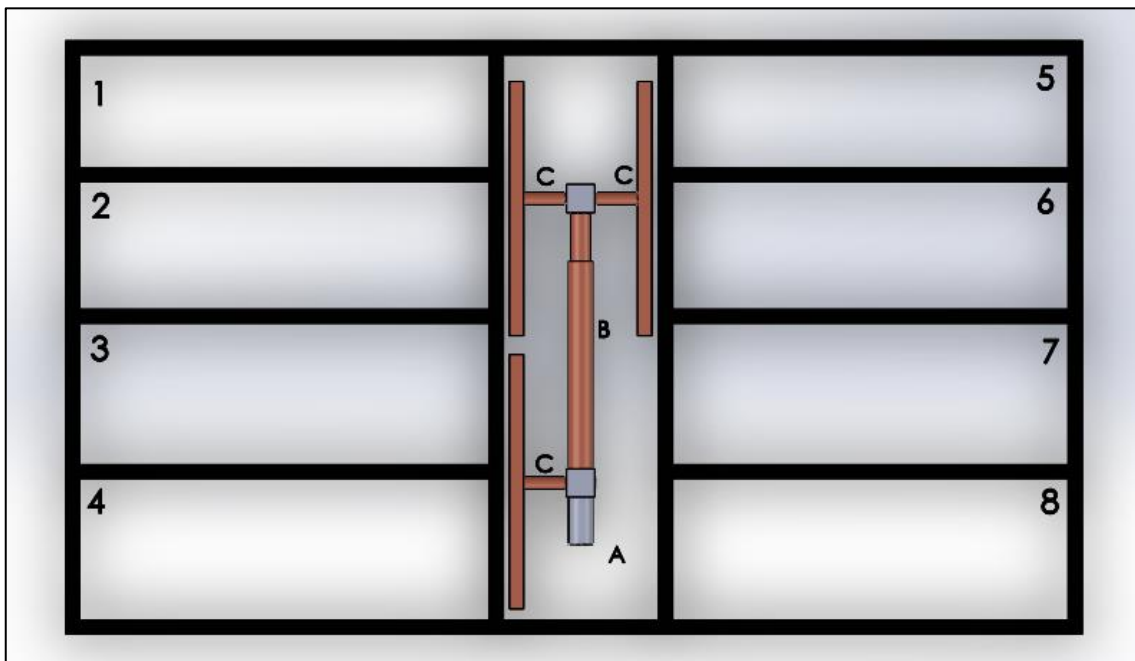


Figura 63 – Primeiro esquema das conduatas de insuflação

Tendo em conta que o ar impulsionado pela UTA entra diretamente na conduata A é dividido inicialmente pelas conduatas B e C. Esta conduata C conduz o ar destinado até aos módulos 3 e 4. A conduata B divide-se depois em duas conduatas que insuflam o ar nos quatro módulos a Norte. Os módulos 7 (Casa de banho) e 8 (Arrumação) não necessitam de insuflação. Na tabela estão representados os valores associados à determinação do diâmetro das conduatas. Os troços C possuem todos o mesmo caudal, o que não justifica a sua individualização.

Tabela 4 – Caudais de ar

Conduta	Caudal [m ³ /h]	Caudal [m ³ /s]	Diâmetro [mm]	Velocidade [m/s]
A	3500	0,972222222	400	7
B	2333	0,648055556	350	6
C	1167	0,324166667	125	3

Os valores dos diâmetros da tabela já permitem a construção do sistema de insuflação. (Figura 64)

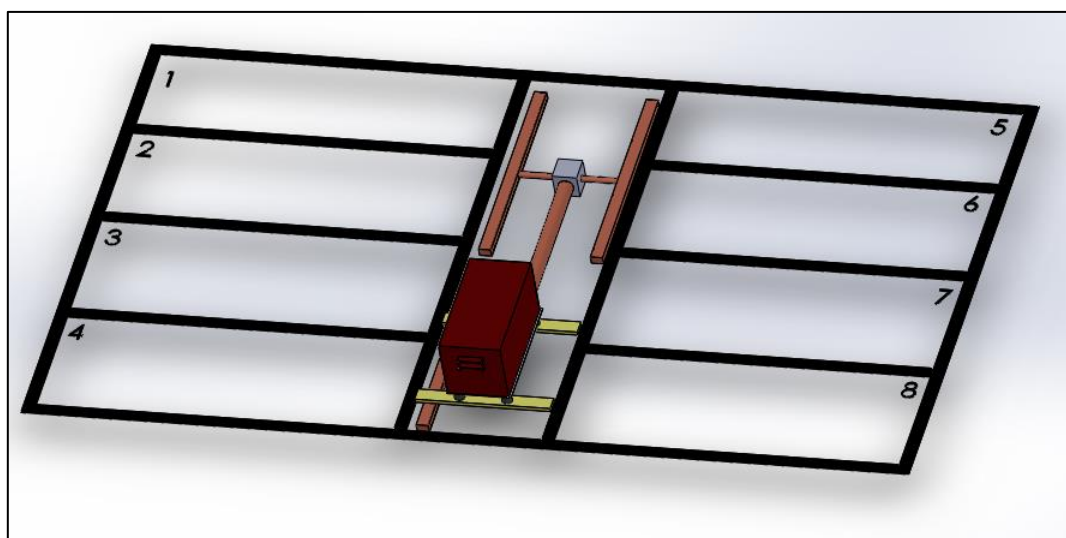


Figura 64 – Esquema da solução de insuflação

A conduta A precisa de um diâmetro de 400 mm, no entanto o teto falso só possui 300 mm de espaçamento. Daqui partem duas soluções, deixar parte da conduta visível no teto do corredor ou adaptar a conduta para uma forma retangular com 275 mm de altura e 500 mm de largura. A forma retangular permite obter 25 mm de folga para que haja a possibilidade de cruzar outros tipos de cabos com a conduta dentro do teto falso. A extração do ar é apenas necessária nos W.C. Esta estratégia permite que o ar flua dos módulos em direção aos sanitários e não o oposto. Para esta solução é recomendado um ventilador de extração de telhado ligado à conduta de extração da instalação sanitária. Tratando-se de uma instalação sanitária pública o RECS atribui valores mínimos de caudal de extração para assegurar a higiene do espaço. O valor é de 90 m³/h por sanita. Numa instalação que prevê a instalação de uma sanita para cada sexo o valor de extração total é de 180 m³/h. Na Figura está representada a instalação da conduta de extração (a verde) na instalação sanitária. Nesta Figura 65 não estão incluídos o teto falso e o suporte da conduta.

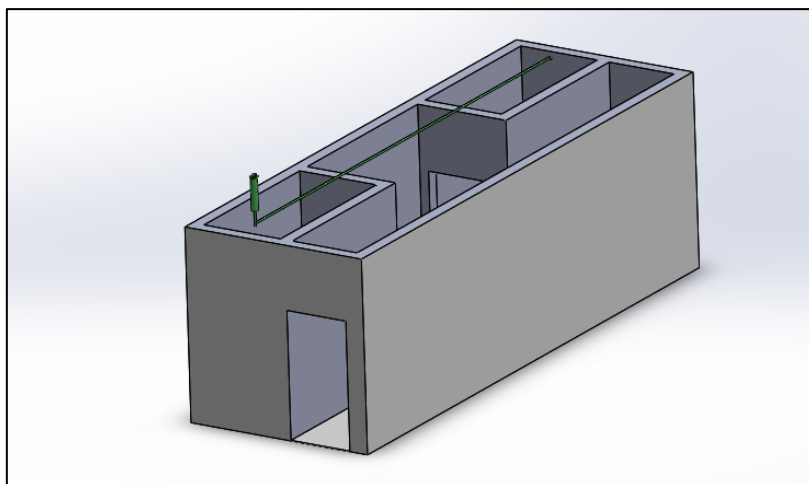


Figura 65 – Sistema de extração nos W.C.

3.10.5 Proposta de solução de aquecimento e arrefecimento

Tendo em atenção a política de utilização responsável de energia que se pretende neste edifício é de salientar que se espera um aproveitamento do conforto adaptativo de modo a que o consumo de energia seja reduzido. Este conforto adaptativo cinge-se numa participação ativa dos ocupantes no seu próprio conforto, utilizando as vestimentas adequados à situação meteorológica e utilizando a possibilidade de abrir e fechar janelas e portas para regular as condições interiores.

No entanto, é de grande importância instalar uma solução de climatização para as situações em que o conforto adaptativo juntamente com o ar insuflado não sejam suficientes. A solução proposta é um pavimento radiante que funcione em conjunto com a ventilação, atuando para arrefecimento e aquecimento.

A situação ideal é funcionar apenas a ventilação, sendo o ar aquecido ou arrefecido na UTA através do permutador de calor situado nesta unidade.

O pavimento radiante funciona otimizado em situação de aquecimento porque provoca uma homogeneização de temperatura do espaço devido à movimentação ascendente do “ar quente”.

Neste caso a movimentação conjunta em modo de arrefecimento dos insufladores e do piso radiante a funcionar em arrefecimento também conseguem manter uma temperatura uniforme nos espaços.

As partes essenciais dum sistema de arrefecimento são a parte do controlo e a tubagem que passa por baixo do pavimento dos espaços a climatizar. A parte de controlo deve ficar no armazém que é a zona destinada aos equipamentos do edifício e a pode dividir o fluxo de água com o permutador da UTA.

O condicionamento da temperatura da água para climatização pode ser feito utilizando algumas tecnologias que aproveitam a energia das microalgas que são criadas nos aquários do edifício.

A Figura 66 serve apenas como uma representação do que poderá ser a disposição do pavimento radiante, mostrando a localização do painel de controlo a cinzento a as linhas de tubagem do pavimento a vermelho. Para a representação desta vista foram ocultados alguns elementos do edifício, visto que o sistema de controlo terá de ser fixo à parede que separa o armazém dos módulos (Parede esta que também está oculta).



Figura 66 – Painel de controlo e pavimento radiante (a vermelho)

3.11 Funcionamentos gerais do edifício

Ao longo do capítulo 3 foram abordados vários temas em separado, no entanto o funcionamento do edifício depende da ação conjunta dos vários setores. Esta interação não pode ser explicada completamente num tópico que só relate um tema e este subcapítulo pretende mostrar como o conjunto funciona.

3.11.1 Considerações elétricas

Os circuitos elétricos devem conter as seguintes três secções:

- Geração ou Receção de energia elétrica;
- Ligações elétricas entre os vários componentes;
- Dispositivos utilizadores de energia

A partir do momento em que existem consumidores de energia como a UTA, e tomadas elétricas é necessário fazer chegar a energia elétrica. Tendo em conta que este edifício não tem elementos que produzam energia elétrica, é necessário obter energia elétrica a partir da rede. No capítulo 3.7 já está demonstrado como a receção da energia é feita e será distribuída pelos diversos consumidores (Tabela 5).

Tabela 5 – Consumidores de energia

Consumidores de Energia			
UTA	Bombas hidráulicas	Tomadas elétricas	Iluminação

Para este efeito é necessário que haja espaço suficiente para os circuitos elétricos no teto falso.

3.11.2 Considerações hidráulicas

Este edifício possui bastantes necessidades de água (em grande parte de água aquecida). No entanto, para grande parte destes não é necessário que a água seja potável sendo possível utilizar a água das chuvas captada como demonstrado no capítulo 3.6. Os consumidores de água estão resumidos na Tabela 6.

Tabela 6 – Consumidores de água

Consumidores de água potável	Consumidores de água sem requisitos de qualidade
<ul style="list-style-type: none"> • Torneiras de consumo de água • W.C. 	<ul style="list-style-type: none"> • Permutador de calor da UTA • Pavimento radiante • Aquários de microalgas

Mesmo que os permutadores de calor não necessitem de reposição de água visto se tratarem de circuitos fechados, a água da chuva não será suficiente para satisfazer a exigência de água. Além disso é necessário separar a água das microalgas que precisará de uma temperatura de funcionamento menor que a dos permutadores. A conjugação dos circuitos de água pode ser melhor observada nos anexos 3 e 4 que representam as válvulas de não-retorno que impedem a água potável de se misturar com a água não potável (das chuvas) e do seu aquecimento.

A água potável terá de ser obtida através da rede.

3.12 Estudo orçamental

Fez-se o levantamento de dois exemplos de custos associados à construção deste edifício, para além dos custos acarretados, e já mencionados, sobre os painéis solares.

3.12.1 Custo de construção de estruturas metálicas face às convencionais

Na construção de um típico edifício de betão existe a análise de toda a matéria-prima envolvida assim como a mão-de-obra obrigatória para a execução do projeto. Na construção típica escolhida para o ZELab a análise assenta na mesma linha de raciocínio.

Em termos de matéria-prima, o aço custa cerca de 1,05 €/kg, preço que pode ser um pouco alterável. Sendo um material mais estável o preço é superior ao de uma construção convencional.

No que diz respeito à construção de estruturas metálicas, esta requer a intervenção de serralheiros mais especializados quando comparados aos serralheiros de uma estrutura convencional de betão. No entanto, e analisando o gráfico que a seguir se apresenta, a rapidez de construção de uma estrutura metálica é bastante inferior à de uma construção típica.

No fim, a construção de uma estrutura metálica terá uma fatura bem inferior à de uma estrutura convencional (Figura 67).

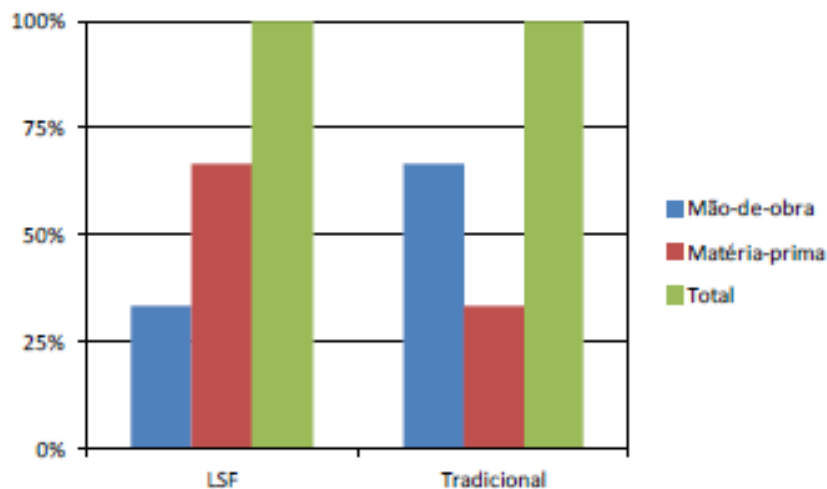


Figura 67 - Comparação de estruturas a nível de custos tendo em conta as mesmas condições

No geral o custo por metro quadrado de uma estrutura metálica em relação a uma estrutura de betão não é muito considerável, cerca de 550 €/m² a 750 €/m².

Para vãos entre 4 a 6 m, a diferença de preços continua ainda reduzida, mas para vãos superiores a 6 m, o custo de uma estrutura metálica em relação a uma estrutura convencional começa a salientar-se [32].

3.12.2 Custo de iluminação

Na Tabela 7 estão mencionados os valores de custos para as diferentes opções de iluminação. Claramente a iluminação a LED tem um balanço final na fatura muito superior, mas a sua função luminosa é em nada comparável com as restantes lâmpadas, assim como o seu tempo de duração.

	Incandescente	Halogéneo	Fluo. Compacta	Fluo. Linear T8	Fluo. Linear T5	LED
Rendimento Luminoso (lm/W)	10 a 20	18 a 25	60ª 100	100	>100	>100
Duração (h)	1000 a 1200	2000 a 3000	6000 a 15000	12000 a 1400	24000	50000
IRC	100	100	82 a 90	75 a 98	80 a 98	70 a 90
Preço (€)	2 a 3	2 a 5	5 a 15	3 a 15	9 a 20	20 a 35

Tabela 7 – Custos para os diferentes tipos de iluminação

CONCLUSÕES

4 CONCLUSÕES

Concluído este trabalho é possível verificar que o edifício está longe de estar completo, mas também está longe do seu curso inicial. Esta dissertação baseou-se no estudo de algumas das ideias inovadoras para a criação de um novo projeto, e teve como principal objetivo a criação de um edifício. Neste trabalho foram referenciados todos os fatores chave para a construção do *ZELab*:

- Estrutura e disposição das divisões;
- Necessidades de água;
- Necessidades energéticas;
- Climatização;
- Sustentabilidade do seu funcionamento.

Por outro lado, há muita informação que é preciso ser completada antes de se pensar em construir o edifício:

- Desenhos pormenorizados das ligações elétricas;
- Desenhos pormenorizados das tubagens de água;
- Catálogo dos componentes a utilizar;
- Certificação dos vários elementos do edifício;
- Configuração detalhada dos permutadores de calor.

Neste trabalho foi proposta uma configuração de um edifício modular com a ideia de o construir de uma forma sustentável, e cujas atividades que ocorram dentro deste espaço também não comprometam a sobrevivência e bem-estar das futuras gerações. Para isto, foram projetadas algumas soluções que tentem aproveitar o que tradicionalmente não possui utilidade energética. Por exemplo usar os fotobiorreatores para substituir algumas envolventes exteriores.

Foi realizada uma análise climática do local e sugeriu-se um sistema de climatização que à partida consegue vencer as adversidades climatéricas de um edifício modular localizado na região do Porto. O sistema de climatização teve em conta o aquecimento, arrefecimento e ventilação do edifício durante todo o ano e manterá o ar limpo e confortável, contado com o auxílio de um pavimento radiante e insuflação/extração de ar.

No que diz respeito à instalação elétrica e à instalação dos painéis fotobiorreatores, só está exposto/desenvolvido o projeto preliminar e algumas soluções de arranque para a construção. Da mesma forma, as certificações energéticas/construtivas teriam de ser analisadas em pormenor aquando a construção do *ZELab*, visto tratar-se de um edifício idealizado para no futuro contribuir para produção de um *Zero Building*.

Para isto, seria necessário o trabalho conjunto de várias equipas no que se refere aos pormenores construtivos que não poderão ser mencionados nesta dissertação, tal como todos os componentes das ligações elétricas e de outros sistemas para obtenção de energia.

Em relação aos painéis solares ou painéis fotovoltaicos é preciso ter uma melhor previsão do uso que será dado ao *ZELab*, visto que os primeiros são mais adequados para o aquecimento de fluidos e a sua instalação é muito mais económica, porém os segundos têm a possibilidade de produzir energia elétrica (mesmo no Inverno). Esta energia elétrica é interessante no *ZELab* visto que ele neste momento não têm nenhuma forma sustentável de produzir esta energia.

Em relação à instalação do piso radiante, uma opção que poderá ser analisada e testada é a utilização da energia geotérmica.

A energia geotérmica é concebida a partir do calor que provém do interior da Terra. Este calor é possível para a conversão de eletricidade de uma forma mais limpa, mas pode ter-se em conta o armazeno da temperatura para o funcionamento do piso radiante como apresentado na Figura 68.

A Terra é formada por grandes placas onde no seu interior se encontra o magma, que resume basicamente a rocha fundida, e onde com o aumento da profundidade aumenta a temperatura. Estas serão as zonas de maior elevado potencial geotérmico.

A energia geotérmica poderia ser mais aproveitada, já que o interior do solo se mantém a temperatura mais ou menos uniforme durante todo o ano. Assim poderíamos fornecer calor ou frio ao laboratório usando uma fonte limpa e reduzindo custos até 75% [37]. Esta poderá ser uma nova forma de obtenção de aquecimento de águas quentes sanitárias de uma possível fonte de aquecimento ou arrefecimento do clima.

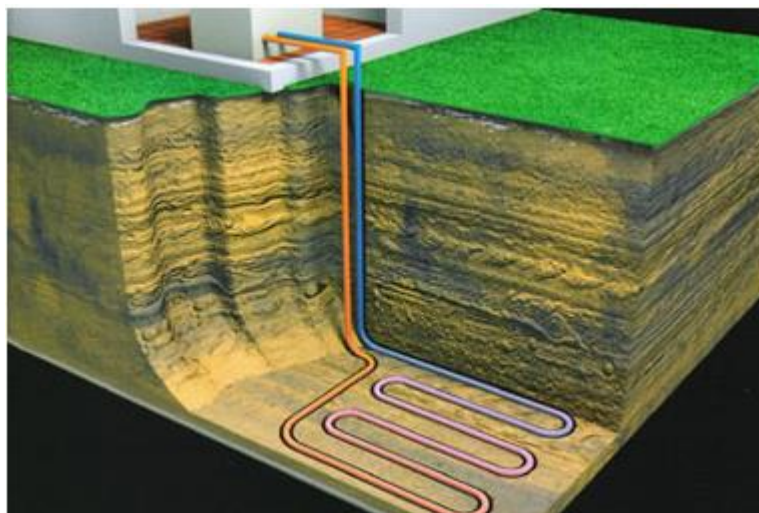


Figura 68 – Aproveitamento da energia geotérmica

Em tudo o que fazemos e em todas as ações que fazemos podemos começar a pensar que nisso pode estar uma criação de energia de forma gratuita e sustentável.

**BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES
DE INFORMAÇÃO**

5 Bibliografia

- [1] “Combustíveis fósseis e poluição,” [Online]. Available: <http://ambiente.kazulo.pt/5000/combustiveis-fosseis-e-poluicao.htm>.
- [2] A. F. P. Gouveia, “Estudo comparativo das metodologias de classificação energética de edifícios de escritórios no âmbito da revisão regulamentar (RSECE),” Lisboa, 2012.
- [3] D.-G. d. Energia, “Inquérito ao Consumo de Energia no Sector Doméstico 2010,” 2010.
- [4] L. Bayne, “Sustainability in Public Health Care: What Does It Mean?,” Health Council of Canada, Canada, 2008.
- [5] M. T. S. P. d. M. Grijó, “O IMPACTO DA PRODUÇÃO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO CRESCIMENTO ECONÓMICO,” Porto, 2014.
- [6] F. Cardoso, “NZEB: Uma definição incompleta para um conceito em evolução,” 26 Julho 2016. [Online]. Available: <http://edificioseenergia.pt/pt/noticia/nzeb-uma-definicao-incompleta-para-um-conceito-em-evolucao>. [Acedido em Setembro 2016].
- [7] “common definition zero energy buildings,” [Online]. Available: <http://energy.gov/eere/buildings/downloads/common-definition-zero-energy-buildings>.
- [8] Green Magic Homes, Estados Unidos da América.
- [9] P. Shinzato, “O impacto da vegetação nos microclimas urbanos,” Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, 2009.
- [10] M. Larsson, “Turning Dunes into architecture,” TedGlobal, 2009.
- [11] “Isover Saint - Gobain,” [Online]. Available: <https://www.isover.pt/sustentabilidade/concepcao-de-edificios-sustentaveis>.
- [12] V. Craveiro, “Idealize Verde,” 2 Outubro 2012. [Online]. Available: <https://idealizeverde.wordpress.com/2012/10/02/maneiras-inovadoras-de-reaproveitar-agua-em-casa/>.
- [13] “Painéis Solares Fotovoltaicos,” [Online]. Available: <http://www.paineissolaresfotovoltaicos.com/como-funcionam-os-paineis-solares-fotovoltaicos/>.
- [14] M. A. P. D. Nascimento, “Avaliação de qualidade de energia de um sistema fotovoltaico numa rede elétrica,” Lisboa, 2013.
- [15] “Inspiração para inovar - Época Negócios,” [Online]. Available: <http://epocanegocios.globo.com/Informacao/Acao/noticia/2014/09/empresa-lanca-primeiro-carro-tamanho-familia-movido-energia-solar.html>.
- [16] “Painéis Solares Fotovoltaicos - Invista na sua energia, invista no seu futuro,” [Online]. Available: <http://www.paineissolaresfotovoltaicos.com/paineis-fotovoltaicos/estradas-solares-serao-estas-as-estradas-do-futuro/>.

- [17] C. Felitti, "Galileu," [Online]. Available: <http://revistagalileu.globo.com/Revista/Common/0,,EMI314126-18537,00-ALEMANHA+BATE+RECORDES+DE+PRODUCAO+DE+ENERGIA+SOLAR.html>.
- [18] "Painéis Solares Fotovoltaicos - Invista na sua energia, invista no seu futuro," [Online]. Available: <http://www.paineissolaresfotovoltaicos.com/paineis-fotovoltaicos/telhados-britanicos-geram-energia-solar/>.
- [19] "Ecycle - Sua pegada mais leve," [Online]. Available: <http://www.ecycle.com.br/component/content/article/37-tecnologia-a-favor/1463-britanico-cria-tapete-que-gera-energia-eletrica-com-as-pisadas.html>.
- [20] "Ecycle - Sua pegada mais leve," [Online]. Available: <http://www.ecycle.com.br/component/content/article/37-tecnologia-a-favor/1305-designer-alemao-cria-aparelho-que-absorve-a-energia-dos-campos-eletromagneticos.html>.
- [21] G. E. G. V. e. A. K. M. Aderlânio da Silva Cardoso, "Revista Brasileira de Biociências," *O uso de microalgas para a obtenção de biocombustíveis*, 3 Dezembro 2010.
- [22] "Revista TAE especializada em tratamento de água e efluentes," 7 Dezembro 2011. [Online]. Available: <http://www.revistatae.com.br/noticialnt.asp?id=3375>.
- [23] E. Alisson, "Agência FAPESP," 15 Outubro 2014. [Online]. Available: http://agencia.fapesp.br/microalgas_transgenicas_sao_mais_eficientes_na_foto_ssintese_indica_estudo/20031/.
- [24] Y. Chisti, "Biodiesel from microalgae," *Biotechnology Advances*, vol. 25, pp. 294-306, 13 Fevereiro 2007.
- [25] M. D. TANGO, "CULTIVO DE MICROALGAS EM EFLUENTES DA INDÚSTRIA DE BENEFICIAMENTO DE CARNES EM FOTOBIOREATOR DO TIPO COLUNA DE BOLHAS," Brasil, 2015.
- [26] F. d. S. R. E. R. C. d. M. J. D. d. S. Laryssa Ramos de Holanda, "O Cultivo De Microalgas Para a Geração De Eletricidade," 2011.
- [27] ACME – Assessoria de Comunicação, Marketing e Eventos, "Mutua Caixa de Assistência dos Profissionais do CREA," [Online]. Available: <http://www.mutua.com.br/component/k2/item/6411-pesquisa-usa-microalgas-para-reduzir-emissoes-de-co2-na-industria-do-cimento>.
- [28] "Portal Energia - Energias Renováveis," 25 Agosto 2016. [Online]. Available: <http://www.portal-energia.com/primeira-empresa-auto-sustentavel-do-mundo-situa-paredes/>.
- [29] "Lidera," [Online]. Available: <http://www.lidera.info/>.
- [30] M. D. Pinheiro, "SISTEMA VOLUNTÁRIO PARA A SUSTENTABILIDADE DOS AMBIENTES CONSTRUÍDOS," Lisboa, 2011.

- [31] M. I. M. R. d. M. Cabral, "A CERTIFICAÇÃO AMBIENTAL DE EDIFÍCIOS EM PORTUGAL: O caso da reabilitação da arquitectura vernácula em áreas protegidas," Lisboa, 2009.
- [32] J. M. F. d. S. Pires, "O método prescritivo na construção de moradias em aço leve," Lisboa, 2013.
- [33] J. M. F. d. S. Pires, "O método prescritivo na construção de moradias em aço leve," Lisboa, 2013.
- [34] P. B. Andrade, "Eficiência Energética em Edifícios: Oportunidades e Desafios," Porto, 2012.
- [35] M. M. Fortes, "Fotobiorreatores para cultivo de microalgas destinadas à produção de Biodiesel," Rio de Janeiro, 2015.
- [36] P. P. B. R. Queiró, "Sistema solar térmico activo para melhoria do conforto habitacional," Lisboa.
- [37] "Controle o seu clima," [Online]. Available: <http://www.climauniao.com/>.
- [38] Soliclíma, "Energia Geotérmica," [Online]. Available: http://www.soliclíma.com/pt/energia_geotermica.html.
- [39] J. F. F. Berlenga, "Estudo de viabilidade de uma instalação," Lisboa, 2012.
- [40] "iluminação-led," [Online]. Available: <http://www.energia.pt/iluminacao-led>.
- [41] F. Alves, "Naturlink - A ligação à natureza," 29 05 2009. [Online]. Available: <http://naturlink.pt/article.aspx?menuid=5&cid=10094&bl=1&viewall=true>.
- [42] L. P. C. Guimarães, "Projeto e construção de um fotobiorreator para crescimento acelerado de microalgas," Minho, 2012.
- [43] P. R. Rech, "Fotobiorreatores para fixação de CO₂," Rio Grande do Sul.
- [44] "Meu aquário," [Online]. Available: <http://www.meuaquario.com/calculando-espessura-de-vidro-para-um-aquario/>.

ANEXOS

6.1 Cálculos para a climatização

6 ANEXOS

6.1 Cálculos para a climatização

Tomando por base a equação da carga térmica, procedeu-se aos cálculos necessários para o aquecimento do laboratório, não considerando as resistências concebidas pelas paredes das divisórias dos módulos, nem os OBS do pavimento assim como os OBS exterior e interior.

Para a pior situação, ou seja, para de noite o quadro seguinte mostra a capacidade de aquecimento necessário para o *ZELab*.

Tabela 8 – Carga térmica para ocorrência de 5%

Ocorrência 5% 2,9 °C

Envolvente	U	A	ΔT	Q(W)
Parede com microalgas 9m	0,32	27	17,1	293
Parede com microalgas 6m	0,32	18	17,1	195
Parede sólida 9 m	0,44	27	17,1	405
Parede sólida 6 m	0,44	18	17,1	270
Parede do corredor	0,32	6	17,1	33
Fachada	6,20	6	17,1	636
Teto	0,34	240	17,1	1406
Solo	0,22	240	17,1	889
Armazém	0,44	98,52	17,1	739
Total				4865
Total com 5% das pontes térmicas				5108

Tabela 9 – Carga térmica para ocorrência de 10%

Ocorrência 10% 4.0

Envolvente	U	A	ΔT	Q
Parede com microalgas 9m	0,32	27	16	274
Parede com microalgas 6m	0,32	18	16	183
Parede sólida 9 m	0,44	27	16	379
Parede sólida 6 m	0,44	18	16	253
Parede do corredor	0,32	6	16	30
Fachada	6,20	6	16	595
Teto	0,34	240	16	1316
Solo	0,22	240	16	832
Armazém	0,44	98,52	16	691
Total				4552
Total com 5% das pontes térmicas				4779

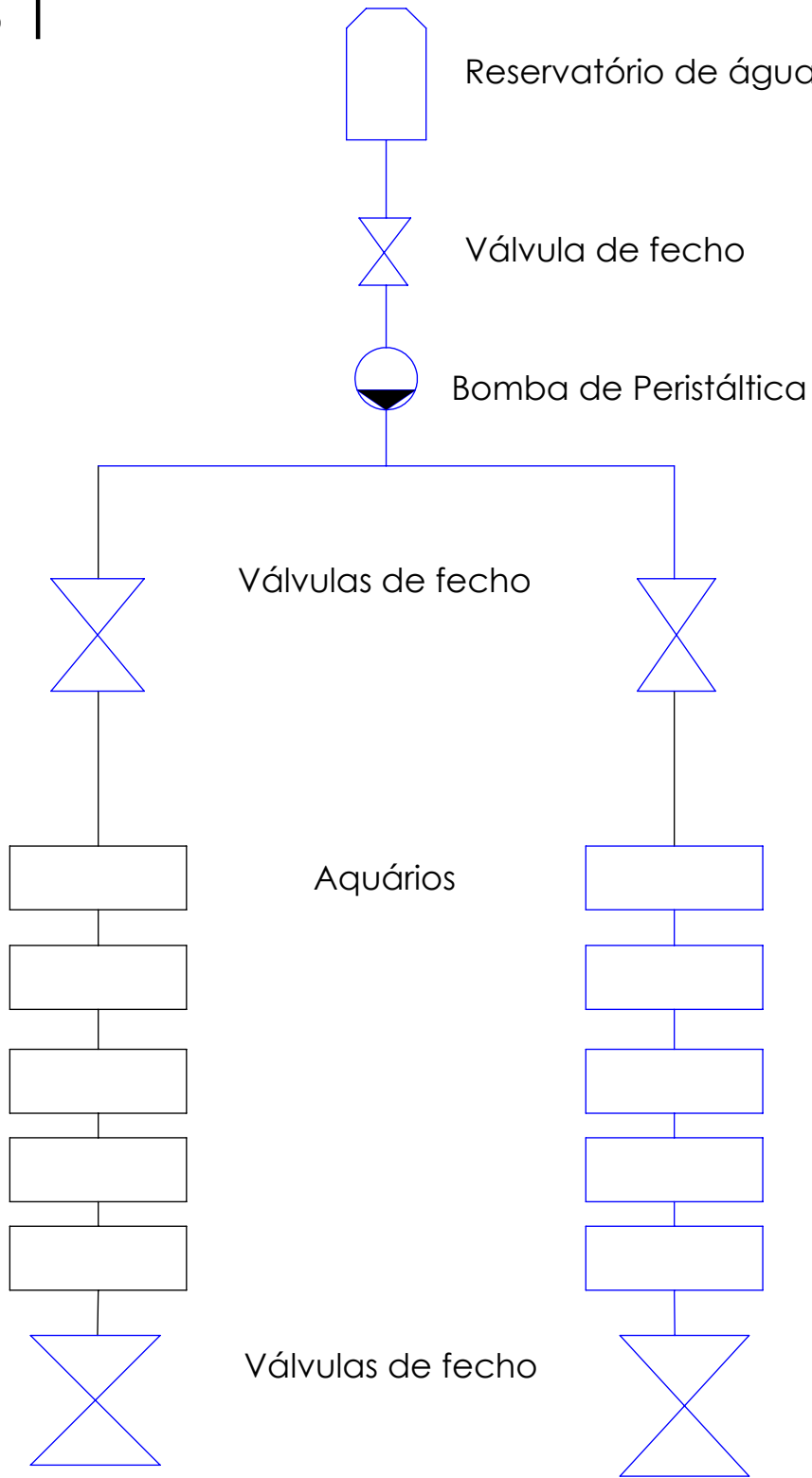
Tomou-se em consideração a necessidade de 4779 W de carga térmica de aquecimento, visto no período noturno (ocorrência 5%) ninguém se encontrar dentro do edifício, sendo, portanto, desnecessário dimensionar o edifício para essa carga térmica.

Por outro lado, não se levou muito em consideração os valores da carga térmica visto não se saber ao certo o tipo de equipamentos que irão ser colocados dentro de cada módulo, ou até mesmo aproveitar o aquecimento de alguns aparelhos para a própria climatização do edifício.

6.2 Desenhos esquemáticos

Agora serão mostrados alguns desenhos esquemáticos para melhor demonstrar o funcionamento pretendido do edifício.

Anexo 1



FINISH:

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN			
CHKD			
APPVD			
MFG			
Q.A			

TITLE:

Esquema de ligações da tubagem de fornecimento de mistura aos aquários

MATERIAL:

DWG NO.

Anexo 1

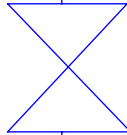
A4

SOLIDWORKS Educational Product. For Instructional Use Only

Anexo 2



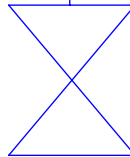
Botija de gás
(Dióxido de carbono)



Válvula de fecho



Aquários



Válvula de fecho

FINISH:

DEBURR AND
BREAK SHARP
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

NAME

SIGNATURE

DATE

TITLE:

Esquema de ligações de
fornecimento de gás aos
aquários

DRAWN

CHKD

APPVD

MFG

Q.A

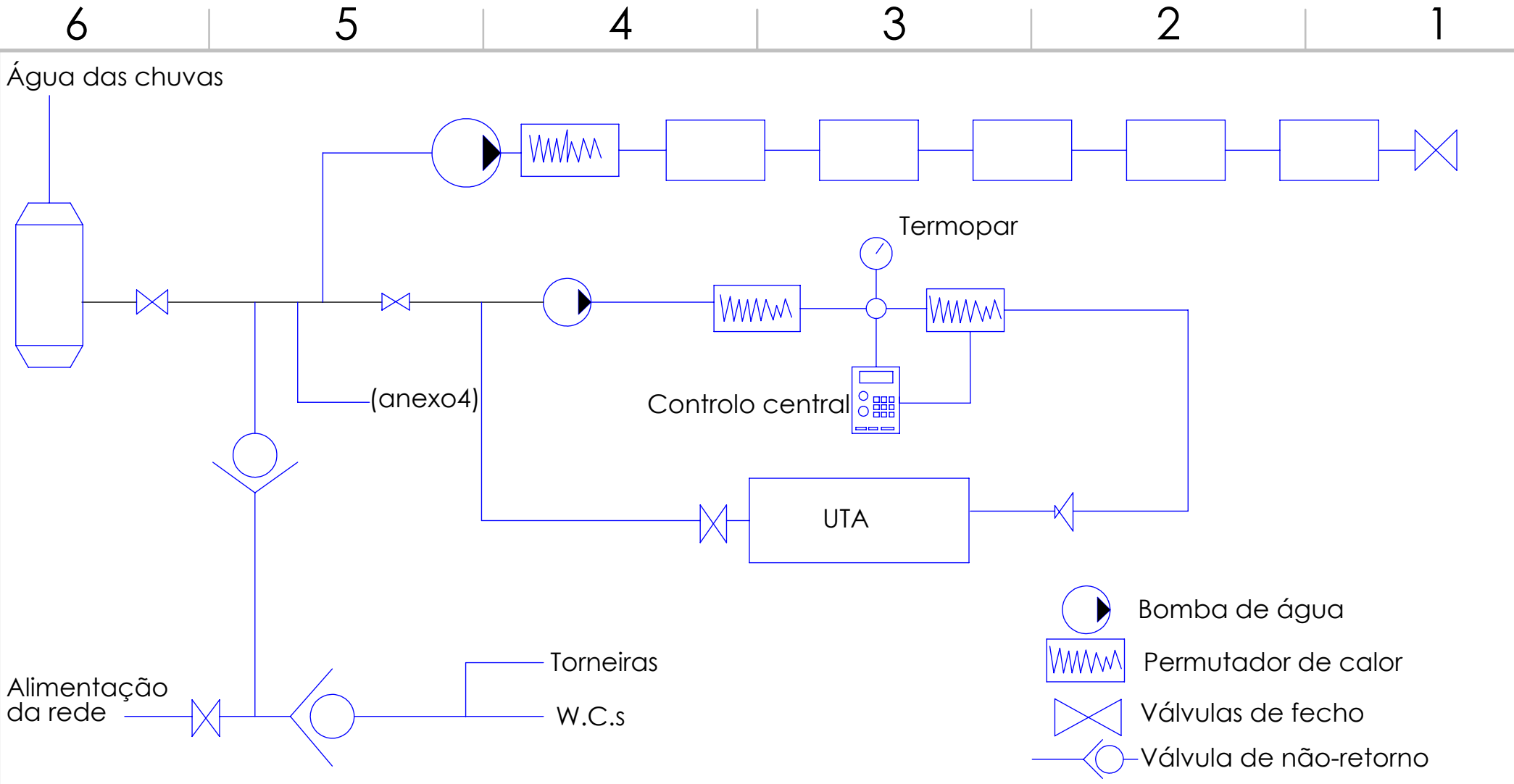
MATERIAL:

DWG NO.

SOLIDWORKS Educational Product. For Instructional Use Only

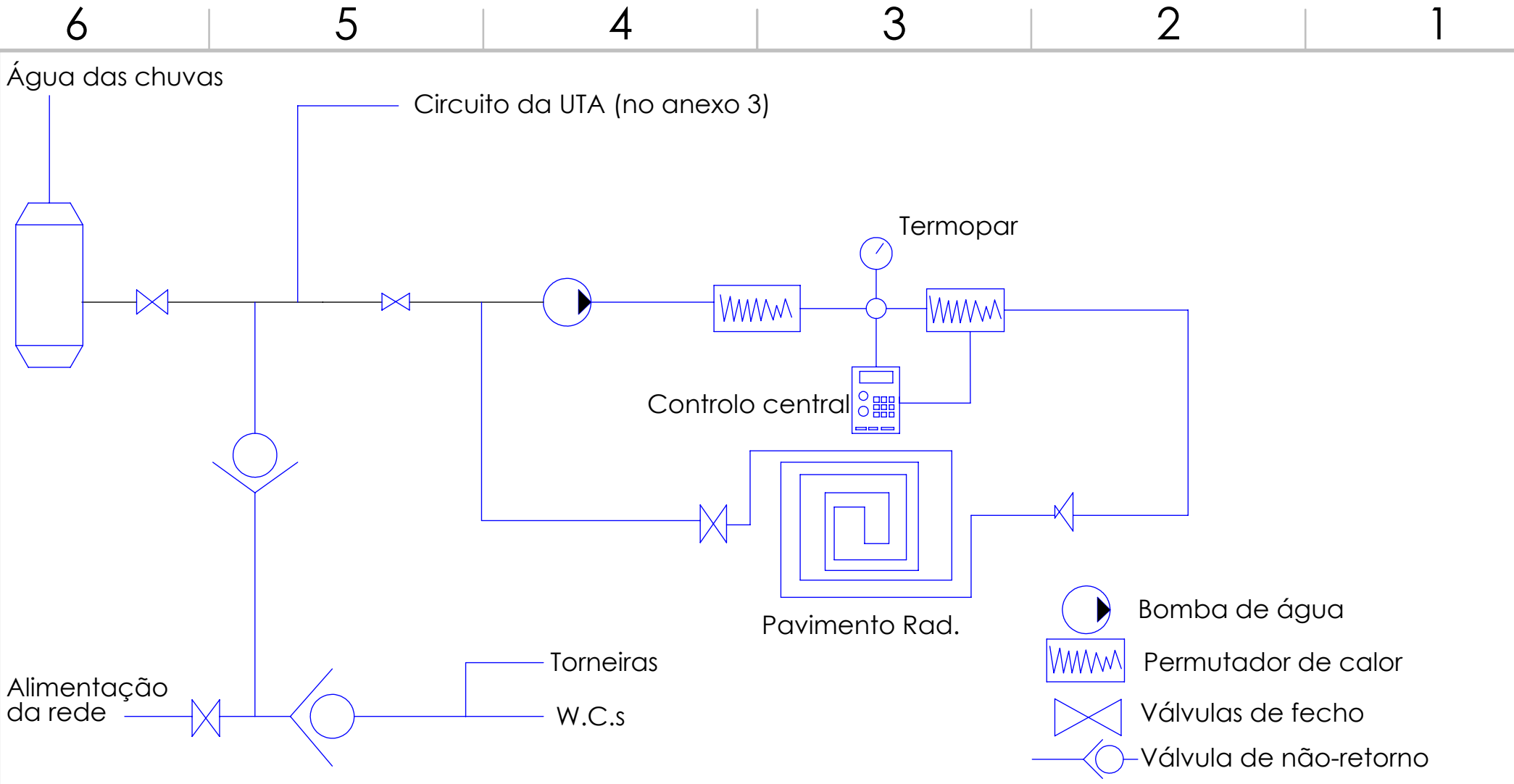
Anexo 2

A4



				DEBURR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
						TITLE:			
						Rede de água			
						DWG NO.			A4
						Folha 3 de 4			

	NAME	SIGNATURE	DATE		
DRAWN					
CHK'D					
APPV'D					
MFG					
Q.A					
			MATERIAL:		



				DEBURR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
						TITLE: Rede de água Parte 2			
						DWG NO. Anexo 4			A4
						Folha 4 de 4			

	NAME	SIGNATURE	DATE		
DRAWN					
CHK'D					
APPV'D					
MFG					
Q.A					
				MATERIAL:	

SOLIDWORKS Educational Product. For Instructional Use Only