



**ISEL**

**INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA**  
**Departamento de Engenharia Mecânica**



**Projecto integrado de AVAC e outras  
especialidades para um edifício com necessidades  
quase nulas de energia**

**VALTER GONÇALO FERRÃO DE CAMPOS**  
(Licenciado em Engenharia Electrotécnica)

Trabalho Final de Mestrado para obtenção do grau de Mestre  
em Engenharia Mecânica

Orientador (es):

Prof. Especialista João Antero Nascimento dos Santos  
Cardoso

Júri:

Presidente: Prof. Doutor Rui Pedro Chedas de Sampaio,  
Professor Coordenador do ISEL/IPL

Vogais:

Prof. Dra. Cláudia Séneca Casaca, Professor Adjunto  
do(a) ISEL/IPL

Prof. Especialista João Antero Nascimento dos Santos  
Cardoso, Professor Adjunto do ISEL/IPL

**Dezembro de 2014**



## **Agradecimentos**

Quero agradecer ao meu pai, minha mãe, meu irmão e à minha namorada Suzana Barroso pelo seu apoio incondicional na elaboração deste trabalho, sem eles não teria tido a mesma dedicação nem o teria conseguido fazer. Agradeço ao arquitecto Rui Mota pela disponibilização das arquitecturas do edificio e também ao meu Orientador Prof. João Cardoso, pelo seu apoio, orientação e conselhos, sempre claros que me guiaram ao longo da execução deste trabalho. Quero deixar também uma palavra especial a todos os colegas e amigos que de uma forma ou de outra me auxiliaram e tiveram sempre uma palavra de apoio.

A todos o meu muito obrigado!

(Página intencionalmente deixada em branco.)

## **Resumo**

Em finais de 2018 segundo a directiva europeia 2010/31/UE todos os edificios novos ocupados e detidos por autoridades públicas deverão ser edificios com necessidades quase nulas de energia e, no início de 2021 todos os edificios novos também o deverão ser.

Assim, surge a necessidade de obter soluções e estudar a sua conjugação para que esta directiva seja cumprida. Neste trabalho, através de simulações com o software DesignBuilder, foram testadas várias soluções com o objectivo de tornar um edificio com tipologia de um lar de idosos e características comuns de arquitectura dos dias de hoje, num edificio com necessidades quase nulas de energia.

A optimização passou pelo uso de uma tipologia de fornecimento de ar de forma descentralizada, o uso de bombas de calor geotérmicas, utilização de sistemas de iluminação de alta eficiência conjugados com iluminação natural, em combinação com sistemas de produção local de energia, fotovoltaico, eólico e solar térmico.

## **Palavras chave**

Edifícios com necessidades quase nulas de energia; NZEB; Directiva 2010/31/EU – Relativa ao desempenho energético em edificios (reformulação); eficiência em edificios;

(Página intencionalmente deixada em branco.)

## **Abstract**

By the end of 2018 accordingly to the European Directive 2010/31 all new buildings occupied and owned by public authorities are nearly zero energy buildings. And by the beginning of 2021 all new buildings are nearly zero energy buildings.

Therefore, appears the necessity of obtain solutions and study their capability of together comply with this directive. In this asset it will be tested trough simulations in the Design Builder software, solutions for a Rest House for elder people, with the main objective of obtain a nearly zero energy building with the construction materials and technics of nowadays.

Optimized solutions of distributed air supply and acclimatization as well the use of high efficiency geothermal heat pumps, high efficiency illumination systems, daylighting and the use of renewable energy production, such as wind power generators, photovoltaic, and thermal solar panel will be used to make this building a nearly zero energy building.

## **Key-Words**

Nearly Zero Energy Buildings; NZEB; Directive 2010/31/EU on the energy performance of buildings (recast); Building performance;

(Página intencionalmente deixada em branco.)



# Índice

Agradecimentos .....	i
Resumo .....	iii
Palavras chave.....	iii
Abstract.....	v
Key-Words.....	v
Lista de Abreviaturas .....	xv
1 Enquadramento do trabalho.....	1
1.1 Objectivos.....	1
1.2 NZEB – O que são.....	1
1.2.1 Como atingir o NZEB.....	1
1.2.2 Principais dificuldades.....	2
1.2.3 Enquadramento Legal.....	4
1.3 Caracterização do edifício .....	4
1.3.1 Espaços.....	4
1.3.2 Envolvente.....	8
1.3.3 Vãos.....	14
1.4 Condições de conforto previstas.....	14
1.4.1 “Weather” considerado.....	14
1.4.2 Condições de Conforto .....	18
2 Descrição das soluções técnicas a utilizar no edifício.....	19
2.1 Iluminação.....	19
2.1.1 Iluminação LED .....	19
2.1.2 Iluminação Natural .....	22
2.2 Sistema de Climatização.....	29
2.2.1 Sistemas Passivos .....	29
2.2.2 Solução Convencional – Chiller + Caldeira.....	36
2.2.3 Solução Alternativa – Bomba de Calor Geotérmica .....	40
2.2.4 Sistemas de distribuição e tratamento de ar .....	43
2.3 Sistemas de Produção de Energia .....	46
2.3.1 Solar Fotovoltaico .....	46
2.3.2 Solar Térmico .....	51
2.3.3 Eólico em Edifícios .....	54
3 Cálculos térmicos/energéticos, diversas soluções.....	59
3.1 Softwares Utilizados.....	59
3.1.1 Simulação Energética do Edifício.....	59

3.1.2	Simulação de Iluminação.....	61
3.1.3	Simulação Aproveitamento Solar .....	62
3.2	Simulação 1 (Simulação de Base) .....	62
3.2.1	Modelo Exterior.....	62
3.2.2	Resumo dados Inseridos no Software .....	63
3.2.3	Resultados Obtidos.....	71
3.2.4	Análise Resultados: Simulação 1 Caudal Constante → Simulação 1 Caudal Variável	72
3.3	Simulação 2.....	72
3.3.1	Resumo dados Inseridos no Software .....	72
3.3.2	Resultados Obtidos.....	74
3.3.3	Análise de Resultados: Simulação 1 Caudal Variável → Simulação 2 .....	74
3.4	Simulação 3.....	75
3.4.1	Resumo dados Inseridos no Software .....	75
3.4.2	Resultados Obtidos.....	78
3.4.3	Análise de Resultados: Simulação 2 → Simulação 3 .....	79
3.5	Simulação 4.....	79
3.5.1	Modelo Exterior.....	80
3.5.2	Resumo dados Inseridos no Software .....	81
3.5.3	Resultados Obtidos.....	86
3.5.4	Análise de Resultados: Simulação 3 → Simulação 4 .....	87
3.6	Simulação 5.....	87
3.6.1	Resumo dados Inseridos no Software .....	88
3.6.2	Resultados Obtidos.....	88
3.6.3	Análise de Resultados: Simulação 4 → Simulação 5 .....	88
3.7	Simulação 6.....	89
3.7.1	Resumo dados Inseridos no Software .....	89
3.7.2	Resultados Obtidos.....	93
3.7.3	Análise de Resultados: Simulação 5 → Simulação 6 .....	93
3.8	Resumo de Resultados.....	94
3.9	Evolução de resultados .....	94
4	Conclusões .....	97
5	Referencias Bibliográficas.....	100
Anexos .....		103
A. Directiva 2010/31/UE do PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO DE 19 de Maio de 2010 relativa ao desempenho energético dos edifícios (reformulação).....		103

B.	Arquitecturas de Base, Piso -1, 0 e 1 .....	105
C.	Pormenores Construtivos.....	107
D.	Output (parte) Energy Plus - Simulação 1 – Caudal Constante .....	109
E.	Output (parte) Energy Plus - Simulação 1 – Caudal Variável.....	111
F.	Output (parte) Energy Plus - Simulação 2 .....	113
G.	Output (parte) Energy Plus - Simulação 3 .....	115
H.	Output (parte) Energy Plus - Simulação 4 .....	117
I.	Output (parte) Energy Plus - Simulação 5 .....	119
J.	Output (parte) Energy Plus - Simulação 6 .....	121

(Página intencionalmente deixada em branco.)

## Índice de Figuras

Figura 1 – Metodologia NZEB – Relação entre Energia produzida e consumida.....	2
Figura 2 – Diagrama de blocos da metodologia seguida .....	3
Figura 3 – Alçado Nascente, Inicial .....	8
Figura 4 – Alçado Sul, Inicial .....	9
Figura 5 – Alçado Poente, Inicial .....	9
Figura 6 – Alçado Norte, Inicial.....	9
Figura 7 – Funcionamento de um LED, [6].....	19
Figura 8 – Impacto da corrente no fluxo luminoso [6] .....	20
Figura 9 – Depreciação do fluxo luminoso ao longo do tempo [6].....	20
Figura 10 – Valores típicos de tempo de vida útil por tecnologia [6] .....	21
Figura 11 – Lumens por Watt de uma Luminária LED R7.....	21
Figura 12 – Lumens por Watt de uma Luminária U5 (lâmpada fluorescente) .....	21
Figura 13 – Irradiação solar global em planos verticais – Lisboa [7] .....	24
Figura 14 – Alcance aproximado Iluminação Natural [8] .....	25
Figura 15 – Instalação de uma prateleira de iluminação num edifício [8] .....	25
Figura 16 – Penetração de iluminação natural usando prateleira de iluminação [8] .....	25
Figura 17 – Clarabóia piramidal convencional vs angular.....	26
Figura 18 – Tubo solar tipo .....	26
Figura 19 – Sombreamentos Exteriores Típicos [8] .....	27
Figura 20 – Sistema de Ganho Directo [7] .....	29
Figura 21 – Sistema de Ganho Indirecto – Parede de Trombe [7].....	30
Figura 22 – Esquema Funcionamento de uma parede de Trombe – Inverno, Meia-Estação e Verão [7].....	30
Figura 23 – Sistema de Ganho Isolado – Estufa [7] .....	30
Figura 24 – Colector de Ar – Funcionamento no Inverno [7].....	31
Figura 25 – Colector de Ar – Funcionamento no Verão [7] .....	31
Figura 26 – Ventilação Transversal [7] .....	32
Figura 27 – Princípio de funcionamento de uma chaminé solar [10].....	32
Figura 28 – Exemplo de uma chaminé solar 100[7] .....	33
Figura 29 – Edifício com espaços com aberturas em uma das paredes [22] .....	33
Figura 30 – Edifício com espaços com aberturas em duas das paredes [22].....	34
Figura 31 – Edifício com Arrefecimento pelo solo [7].....	35
Figura 32 – Arrefecimento Evaporativo Indirecto (editada) [9] .....	36
Figura 33 – Arrefecimento Evaporativo Directo [7].....	36
Figura 34 – Ciclo Frigorífico – Chiller condensação a água.....	37
Figura 35 – Circuito Frigorífico Chiller de Absorção [11] .....	39
Figura 36 – Caldeira de Convencional vs Condensação – Aquecimento [12] .....	40
Figura 37 – Sistema Aproveitamento Geotérmico Circuito Fechado Horizontal [13] .....	41
Figura 38 – Sistema Aproveitamento Geotérmico Circuito Fechado Vertical [13] .....	42
Figura 39 – Sistema Aproveitamento Geotérmico Circuito Fechado em Lago ou Lagoa [13] ...	42
Figura 40 – Sistema Aproveitamento Geotérmico Circuito Aberto [13] .....	43
Figura 41 – Exemplo de UTA com recuperação do tipo permutador de placas a funcionar em aquecimento .....	44
Figura 42 – Exemplo de Ventilconvector a 4 tubos.....	44
Figura 43 – Unidade Activa “chilled beam” em arrefecimento [14].....	45
Figura 44 – Unidade Activa “chilled beam” em aquecimento [14] .....	45

Figura 45 – Unidade Passiva “chilled beam” [14].....	45
Figura 46 – Módulo de variação de caudal, sem reaquecimento .....	46
Figura 47 - Funcionamento célula fotovoltaica [15].....	47
Figura 48 – Silício monocristalino [15] .....	47
Figura 49 - Silício multicristalino [15].....	47
Figura 50 – Silício amorfo[15].....	47
Figura 51 – Princípio de funcionamento sistema de reflexão – baixa concentração [15] .....	48
Figura 52 – Exemplo de fotovoltaico com tecnologia de reflexão – baixa concentração [15]....	48
Figura 53 – Princípio de funcionamento sistema de reflexão – alta concentração [15] .....	48
Figura 54 – Exemplo de fotovoltaico com tecnologia de reflexão – alta concentração [15].....	48
Figura 55 – Princípio de funcionamento sistema de refração – alta concentração [15].....	48
Figura 56 – Exemplo de fotovoltaico com tecnologia de refração – alta concentração [15]....	48
Figura 57 – Exemplo de fotovoltaico com aproveitamento térmico [15].....	49
Figura 58 – Esquema tipo de um sistema fotovoltaico e seus componentes [15] .....	49
Figura 59 – Diagrama de blocos, sistema fotovoltaico autónomo .....	50
Figura 60 – Diagrama de blocos, sistema fotovoltaico híbrido.....	50
Figura 61 – Diagrama de blocos, sistema fotovoltaico ligado à rede pública .....	51
Figura 62 – Corte Esquemático Colector Solar Térmico [16].....	51
Figura 63 – Colectores solares sem cobertura [16].....	52
Figura 64 – Colector solar com cobertura [16].....	52
Figura 65 – Colector solar parabólico composto [16].....	53
Figura 66 – Colectores com tubos de vácuo [16] .....	53
Figura 67 – Esquema tipo de um sistema de aproveitamento solar térmico [17].....	54
Figura 68 – Composição aerogerador de eixo horizontal [18].....	55
Figura 69 – Princípio de funcionamento das pás de um aerogerador de eixo vertical .....	55
Figura 70 - Composição aerogerador de eixo vertical [18].....	56
Figura 71 – Turbinas Eólicas do Bahrain World Trade Centrer .....	57
Figura 72 – Turbinas Eólicas do Adventure Aquarium em Camden, Nova Jersey .....	57
Figura 73 – Turbinas eólicas de eixo vertical sobre o edifício da Universidade Católica Australiana.....	57
Figura 74 – Modelo Inicial – Alçado Nascente .....	62
Figura 75 – Modelo Inicial – Alçado Poente.....	62
Figura 76 – Modelo Inicial – Alçado Norte.....	62
Figura 77 – Modelo Inicial – Alçado Sul .....	63
Figura 78 – Simulação 1 - Esquema Tipo Climatização.....	66
Figura 79 – Simulação 1 - Esquema Tipo AQS (DB).....	71
Figura 80 – Gráfico representativo do sistema de controlo de iluminação .....	75
Figura 81 – Simulação 3 - Esquema Tipo AQS+Solar (DB) .....	77
Figura 82 – Simulação 3 - Esquema Tipo AQS+Solar (SolTerm).....	78
Figura 83 – Simulação 4 – Alçado Nascente.....	80
Figura 84 – Simulação 4 – Alçado Poente.....	80
Figura 85 – Simulação 4 – Alçado Norte .....	80
Figura 86 – Simulação 4 – Alçado Sul .....	80
Figura 87 – Simulação 4 - Esquema Tipo Climatização.....	82
Figura 88 Simulação 6 - Esquema Tipo Climatização.....	89
Figura 89– Simulação 4 - Esquema Tipo Climatização (Cozinha e Lavandaria).....	90
Figura 90 – Gráfico da evolução do rácio de consumo anual por sistema .....	95

## Índice de Tabelas

Tabela 1 – Resumo de Áreas e Características .....	6
Tabela 2 – Relação de Potências de Equipamentos Considerados .....	8
Tabela 3 - Parâmetros para equipamentos eléctricos específicos .....	8
Tabela 4 – Características Térmicas Parede Exterior Piso -1 .....	10
Tabela 5 – Características Térmicas Parede Exterior Piso 0, com acabamento .....	10
Tabela 6 – Características Térmicas Parede Exterior Piso 0, sem acabamento .....	11
Tabela 7 – Características Térmicas Parede Exterior Piso 1, sem acabamento .....	11
Tabela 8 - Características Térmicas Parede Interior Alvenaria Cerâmica .....	12
Tabela 9 - Características Térmicas Pavimento 0 - Ground Floor .....	12
Tabela 10 – Características Térmicas Pavimento 1 – “Ground Floor” .....	13
Tabela 11 – Características Térmicas Cobertura Geral – “Roof” .....	13
Tabela 12 – Características Térmicas do Painel Sandwich .....	14
Tabela 13 – Temperatura de Bolbo Seco média horária .....	15
Tabela 14 – Humidade Relativa média horária .....	16
Tabela 15 – Direcção do Vento em percentagem .....	16
Tabela 16 – Estatística mensal da velocidade do vento em m/s .....	17
Tabela 17 – Estatística mensal radiação solar – Wh/m <sup>2</sup> .....	17
Tabela 18 – Estatística horária média para Radiação solar directa perpendicular Wh/m <sup>2</sup> .....	18
Tabela 19 – Temperatura mensal do solo °C .....	18
Tabela 20 – Resumo condições de conforto .....	18
Tabela 21 – Valores típicos de VT/SHGC consoante o tipo de vidro [8] .....	28
Tabela 22 – Parâmetros para obtenção do ESEER .....	38
Tabela 23 – Rendimentos médios células e módulos de silício [15] .....	47
Tabela 24 – Envolvente carregada no Software de Simulação .....	63
Tabela 25 – Perfis de utilização de Equipamentos .....	64
Tabela 26 – Perfil de Iluminação .....	65
Tabela 27 – Níveis/densidade de Iluminação - Solução Base .....	65
Tabela 28 – Simulação 1 - Relação de espaços climatizados e sistema .....	68
Tabela 29 – Simulação 1 – Resumo de equipamentos centrais de climatização .....	69
Tabela 30 – Níveis de Consumo de AQS previstos .....	70
Tabela 31 – Tabela resumo de equipamentos centrais de AQS .....	70
Tabela 32 – Simulação 1 Resultados Caudal constante .....	71
Tabela 33 – Simulação 1 Resultados Caudal Variável .....	72
Tabela 34 - Simulação 2 - Relação de espaços climatizados e sistema .....	74
Tabela 35 – Simulação 2 Resultados .....	74
Tabela 36 – Simulação 3 - Níveis/densidade de Iluminação .....	76
Tabela 37 – Simulação 3 - Tabela resumo de equipamentos centrais de AQS + Solar (DB) .....	76
Tabela 38 - Simulação 3 - Tabela resumo de equipamentos centrais de AQS + Solar (SolTerm) .....	77
Tabela 39 – Simulação 3 – Caracterização sistema de turbinas eólicas .....	78
Tabela 40 – Simulação 3 – Resultados (DB) .....	79
Tabela 41 – Simulação 3 - Resultados (SolTerm) .....	79
Tabela 42 – Simulação 4 - Perfis de utilização de Equipamentos .....	81
Tabela 43 - Simulação 4 - Relação de espaços climatizados e sistema .....	84
Tabela 44 – Simulação 4 – Resumo de equipamentos centrais de climatização .....	85
Tabela 45 – Simulação 4 – Resumo de equipamentos – sistema fotovoltaico .....	86

Tabela 46 – Simulação 4 – Resultados (DB).....	87
Tabela 47 – Simulação 4- Resultados (SolTerm PV) .....	87
Tabela 48 – Simulação 5 – Resultados .....	88
Tabela 49 - Simulação 6 - Relação de espaços climatizados e sistema.....	92
Tabela 50 – Simulação 6 – Resultados (DB).....	93
Tabela 51 – Tabela resumo de resultados todas as simulações .....	94



## Lista de Abreviaturas

AQS	-	Aguas Quentes Sanitárias
AVAC	-	Aquecimento Ventilação e Ar Condicionado
CIE	-	Comissão Internacional de Iluminação
COP	-	Coefficient of performance
CPC	-	Colector solar parabólico composto
EER	-	Índice de eficiência energética
I.S.	-	Instalação Sanitária
LED	-	Light Emitting Diode
LSG	-	Ganho de Luz
MSVD	-	Magnetic Sputtering Vapor Deposition
NZEB	-	Nearly Zero Energy Building
RSECE	-	Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios
SHGC	-	Coeficiente de Ganho de Calor Solar
UTA	-	Unidade de Tratamento de Ar
VAC	-	Volume de Ar Constante
VAV	-	Volume de Ar Variável
VC	-	Ventiloconvector
VRF	-	Variable refrigerant flow
VT	-	Transmissão de Luz Visível

(Página intencionalmente deixada em branco.)

# 1 Enquadramento do trabalho

## 1.1 Objectivos.

A eficiência energética é hoje e será no futuro próximo um assunto de importante relevo na concepção de edifícios. Pelo desafio que é aumentar a eficiência energética de um edifício iremos neste trabalho procurar soluções para tornar um edifício com arquitectura e construção dos dias de hoje num edifício NZEB. Para tal serão estudadas diversas tecnologias que visam o aumento da eficiência em sistemas vitais de um edifício, iluminação e climatização. Serão também estudadas soluções de produção de energia a partir de fontes de energia renovável.

## 1.2 NZEB – O que são.

Um NZEB –Nearly Zero Energy Building é definido pela Directiva 2010/31/EU [1], “ «Edifício com necessidades quase nulas de energia», um edifício com um desempenho energético muito elevado, determinado nos termos do Anexo A. Para o qual as necessidades de energia quase nulas ou muito pequenas devem ser cobertas em grande medida por energia proveniente de fontes renováveis, incluindo energia proveniente de fontes renováveis produzida no local ou nas proximidades ”.

A necessidade de criação deste tipo de edifícios surge do facto de nos nossos tempos a energia consumida por edifícios representar 40% do total de energia consumida na União Europeia e com tendência para aumentar. Assim, e para que seja possível à União Europeia honrar o compromisso assumido com a assinatura do protocolo de Quioto surge a necessidade de tornar os edifícios muito mais eficientes.

### 1.2.1 Como atingir o NZEB

Para se atingir o balanço energético nulo ou muito próximo disso é necessário ter uma abordagem baseada na alta eficiência dos sistemas dos edifícios. Para dar corpo a este conceito é necessário primeiro que tudo incluir medidas de eficiência para se poder reduzir ao mínimo o consumo energético do edifício:

#### Tecnologias

- Melhoria da envolvente do edifício, reduzindo infiltrações de ar e utilizando materiais que garantam o isolamento desejado em cada momento;
- Utilização de sistemas solares, sejam eles térmicos ou fotovoltaicos

#### Sistemas Eficientes:

- Sistemas eficazes de iluminação, com base no estudo de cada divisão e das suas necessidades reais, bem como o recurso a luminárias de alta eficiência, com tecnologia de lâmpadas fluorescentes ou led.
- O recurso a equipamentos com alta classe energética.

#### Estratégias:

- Arrefecimento/aquecimento através de sistemas passivos;
- Privilegiar sistemas de iluminação natural, o chamado Daylighting, dado que a iluminação representa uma importante fatia do consumo de um edifício.
- Utilizar ventilação natural.

O gráfico da Figura 1 procura explicitar o que anteriormente foi referido, assim no eixo das abcissas temos as necessidades energéticas do edifício e nas ordenadas a energia fornecida ao edifício, considerando a energia fornecida como renovável, a recta  $y=x$  representa um edifício net-zero energy building (necessidades nulas de energia). A estratégia passa em primeiro lugar por reduzir as necessidades energéticas do edifício através de medidas sobre os sistemas consumidores de energia. Quando o limite inferior for atingido então deve ser dimensionada a fonte de energia renovável capaz de suprir as necessidades energéticas do edifício. Aos dias de hoje o limite inferior não se encontra definido, no entanto quanto mais baixo for este limite, menor será a necessidade de instalação de fontes de energia renovável.

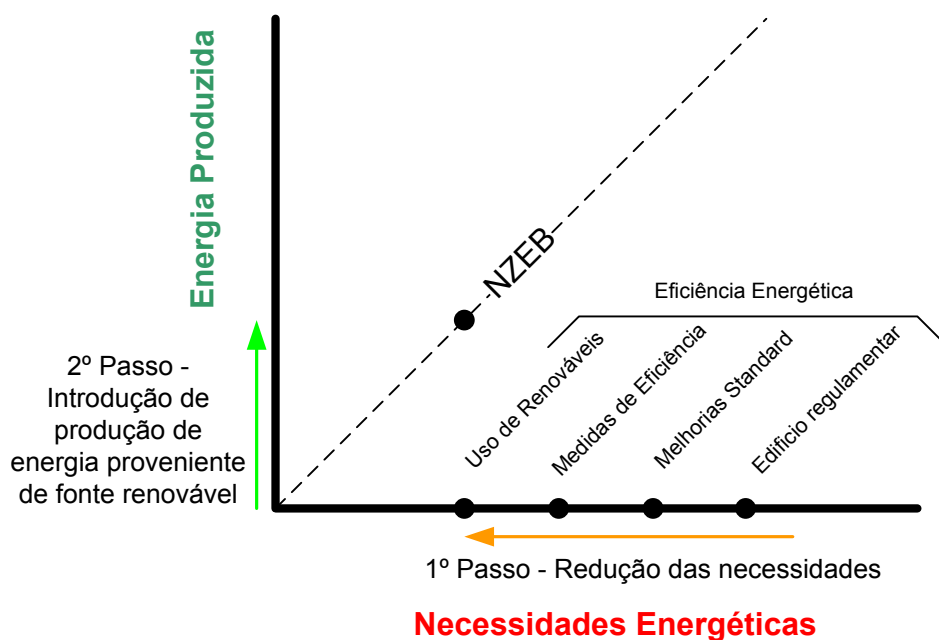


Figura 1 – Metodologia NZEB – Relação entre Energia produzida e consumida

### 1.2.2 Principais dificuldades

Nos últimos anos a tecnologia de construção evoluiu bastante, mas, segundo Carlos Lisboa na apresentação intitulada “Net-Zero energy performance em edifícios de serviços” realizada no LNEG em Junho de 2012, a preocupação com a eficiência energética foi por vezes sacrificada em relação ao aspecto estético, chega-se mesmo à conclusão de que muitos dos edifícios que são hoje construídos seriam totalmente inabitáveis se não fossem os sistemas de climatização neles instalados. Esta preocupação com uma arquitectura, eficiente e adaptada ao meio que a rodeia é um dos desafios de um NZEB.

No entanto as dificuldades não se resumem só a arquitecturas com poucas preocupações com a eficiência energética. Os edifícios têm elevadas cargas internas, que advêm de iluminação, equipamentos e ocupação. Veja-se o exemplo de carga interna de um CallCenter, possui elevada densidade de ocupação e muitos equipamentos em funcionamento permanente, resultando indubitavelmente em altas necessidades energéticas.

Os sistemas de climatização existentes são concebidos maioritariamente numa óptica de conforto, com poucas preocupações ao nível da eficiência.

Existem grandes exigências regulamentares no que se refere à qualidade do ar interior e ao tratamento do ar exterior, nomeadamente o RSCECE – Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios [2], Implicando o “transporte” de grandes caudais em regime constante e ainda o filtrar desse caudal resulta em perdas de carga elevadas a vencer por parte dos ventiladores, o que por conseguinte resulta em ventiladores de maior potência, maiores consumos e até mesmo maiores ganhos térmicos ao caudal transportado.

O alto preço e a baixa eficiência de muitas das tecnologias de energias renováveis, resulta invariavelmente em paybacks elevadíssimos que dificultam a sua implementação. Um payback elevado é um obstáculo para a integração destas tecnologias e um obstáculo à construção de edifícios com eficiência elevada.

As dificuldades em atingir “NZEB” são imensas pelos factos anteriormente expostos, e encontram-se todas interligadas dependendo umas das outras, no entanto o conhecimento destas dificuldades permite ambicionar à sua resolução. A Figura 2 é um diagrama de blocos que representa o método seguido e que foi desenvolvido ao longo deste trabalho para se tentar chegar ao “NZEB”

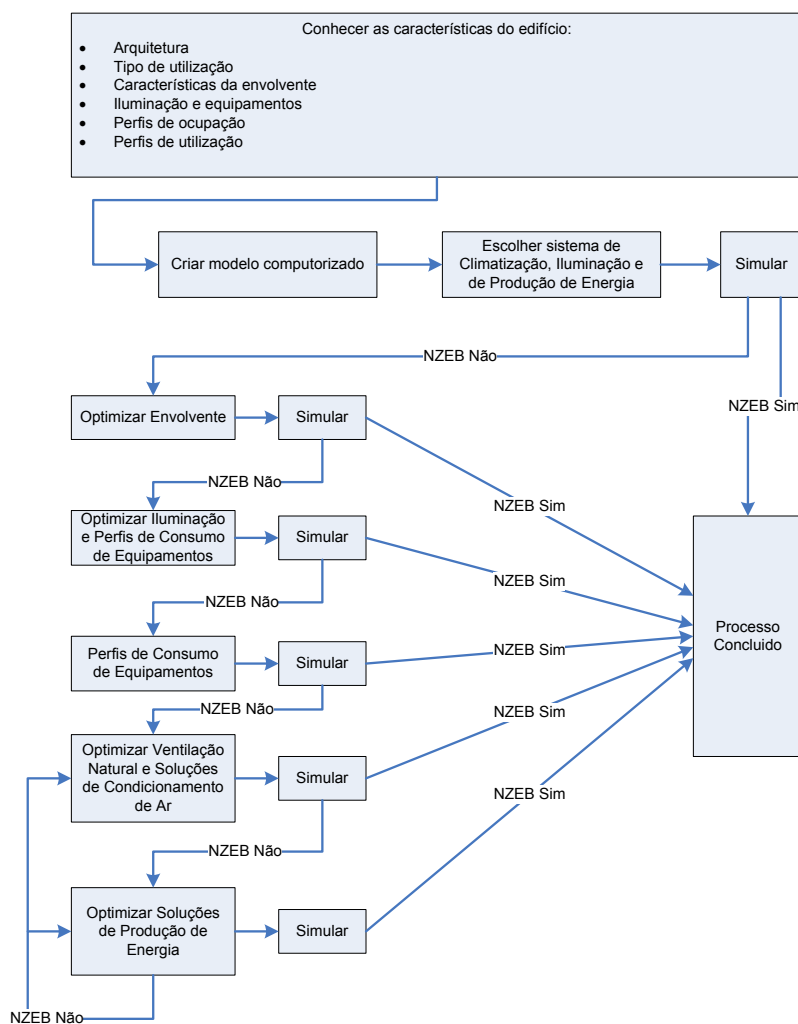


Figura 2 – Diagrama de blocos da metodologia seguida

### 1.2.3 Enquadramento Legal

A DIRECTIVA 2010/31/UE DO PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO de 19 de Maio de 2010 [1] relativa ao desempenho energético dos edifícios, dá o mote a todo o processo de criação de edifícios eficientes do ponto de vista energético e que se possam considerar NZEB esta directiva justifica a necessidade destes edifícios e estabelece as metas a cumprir.

A directiva é composta por 31 Artigos e cinco anexos, sendo que para o edifício aqui em estudo os artigos mais importantes são os seguintes:

#### *Artigo 2º - Definições,*

Ponto 2 – “Edifício com necessidades quase nulas de energia”

#### *Artigo 9º - Edifícios com necessidades quase nulas de energia,*

Ponto 1 – Os Estados Membros asseguram que:

- a) O mais tardar em 31 de Dezembro de 2020, todos os edifícios novos sejam edifícios com necessidades quase nulas de energia;
- b) Após 31 de Dezembro de 2018, os edifícios novos ocupados e detidos por autoridades públicas sejam edifícios com necessidades quase nulas de energia.

Os Estados-Membros elaboram planos nacionais para aumentar o número de edifícios com necessidades quase nulas de energia. Os planos nacionais podem incluir objectivos diferenciados consoante a categoria de edifícios em causa.

A directiva na sua totalidade encontra-se no Anexo A a este documento.

### 1.3 Caracterização do edifício

O edifício escolhido para desenvolver este projecto é um edifício com a tipologia de “lar de idosos” com três pisos, cave, rés-do-chão e primeiro andar. Considerou-se que o edifício possui a sua localização em Lisboa. No Anexo B é possível encontrar as plantas de arquitectura e no Anexo C os pormenores construtivos do edifício.

#### 1.3.1 Espaços

O edifício é composto por 90 espaços com vários tipos de utilização. A cada espaço foi atribuído um código para mais fácil referência, C1 – Cave 1, P0 – Piso 0 e P1 – Piso 1. A Tabela 1 resume os espaços bem como as suas principais características físicas e de ocupação:

Código do Espaço	Espaço	Piso	Área	Altura	Ocupação	Equipamento
					Pessoas	W/m <sup>2</sup>
C1.1	Arrecadação - Generos Alimentares	-1	19,60	2,6	0	0,0
C1.2	Arrecadação - Geral	-1	28,35	2,6	0	0,0
C1.3	Arrecadação Material Limpeza	-1	13,95	2,6	0	0,0
C1.4	Area Técnica	-1	26,25	2,6	0	0,0
C1.5	Sala Tratamento Corpos	-1	11,70	2,6	0	5,1
C1.6	C Lixo	-1	7,25	2,6	0	0,0
C1.7	Cave/Estacionamentos	-1	358,10	2,6	0	0,0

Código do Espaço	Espaço	Piso	Área	Altura	Ocupação	Equipamento
					Pessoas	W/m <sup>2</sup>
P0.1	Quarto 0.1	0	24,36	3	2	2,1
P0.2	I.S. 0.1	0	6,69	3	0	226,8
P0.3	Quarto 0.2	0	16,38	3	2	3,1
P0.4	I.S. 0.2	0	6,12	3	0	247,9
P0.5	Quarto 0.3	0	23,87	3	2	2,1
P0.6	I.S. 0.3	0	6,05	3	0	250,7
P0.7	Quarto 0.4	0	16,61	3	2	3,1
P0.8	I.S. 0.4	0	5,72	3	0	265,2
P0.9	G. Médico	0	13,30	3	3	13,5
P0.10	I.S. 0.5	0	4,13	3	0	367,3
P0.11	Hall	0	15,83	3	0	0,0
P0.12	I.S. 0.6	0	8,61	3	0	176,2
P0.13	Corredor I	0	35,18	3	0	0,0
P0.14	C.B.Ajuda	0	10,83	3	0	140,1
P0.15	G. Direcção	0	17,30	3	3	13,4
P0.16	Gab. Admin	0	12,34	3	1	18,8
P0.17	S. Reuniões	0	11,52	3	6	31,9
P0.18	Arquivo	0	5,14	3	0	0,0
P0.19	Fisioterapia	0	32,15	3	4	46,0
P0.20	Cabeleireira	0	6,35	3	3	316,5
P0.21	S. Pessoal	0	15,91	3	7	139,6
P0.22	I.S. / Vest (fem)	0	15,84	3	0	202,0
P0.23	I.S. / Vest (Masc)	0	16,19	3	0	197,7
P0.24	Lavandaria	0	25,69	3	2	961,6
P0.25	Corredor II	0	36,46	3	0	0,0
P0.26	Atelier	0	15,85	3	9	17,0
P0.27	Hall + IS 0.9/ISO 0.8	0	17,83	3	0	224,3
P0.28	Cozinha	0	64,60	3	8	34,9
P0.29	Hall Entrada	0	64,81	3	4	1,5
P0.30	Refeitório	0	103,53	3	44	0,5
P0.31	I.S. 0.10 / I.S. 0.11	0	27,74	3	0	115,4
P0.32	Biblioteca/Espaço Net	0	15,69	3	7	18,5
P0.33	Sala Conv. + Cafeteria	0	153,33	3	53	1,1
P0.34	Sala de Culto	0	15,71	3	9	0,0
P1.01	Quarto 1.1	1	17,41	3	1	2,9
P1.02	I.S. 1.1	1	5,71	3	0	265,7
P1.03	Quarto 1.2	1	22,95	3	2	2,2
P1.04	I.S. 1.2	1	5,66	3	0	268,0
P1.05	Quarto 1.3	1	16,36	3	1	3,1
P1.06	I.S. 1.3	1	5,96	3	0	254,5
P1.07	Quarto 1.4	1	23,42	3	2	2,2
P1.08	I.S. 1.4	1	5,88	3	0	258,0

Código do Espaço	Espaço	Piso	Área	Altura	Ocupação	Equipamento
					Pessoas	W/m <sup>2</sup>
P1.09	Quarto 1.5	1	19,48	3	1	2,6
P1.10	I.S. 1.5	1	6,01	3	0	252,4
P1.11	Quarto 1.6	1	23,40	3	2	2,2
P1.12	I.S. 1.6	1	5,89	3	0	257,6
P1.13	Sala Convivio	1	77,63	3	28	0,7
P1.14	Corredor Norte	1	24,69	3	0	0,0
P1.15	Corredor Sul	1	46,51	3	0	0,0
P1.16	Quarto 1.8	1	23,36	3	2	2,2
P1.17	I.S. 1.8	1	5,98	3	0	253,7
P1.18	Farmácia	1	2,66	3	0	109,4
P1.19	C.B.Ajuda	1	12,09	3	0	125,5
P1.20	Hall	1	3,66	3	0	0,0
P1.21	Arr Sujos	1	15,88	3	0	0,0
P1.22	Quarto 1.7	1	23,42	3	2	2,2
P1.23	I.S. 1.7	1	5,99	3	0	253,3
P1.24	Quarto 1.10	1	17,13	3	1	3,0
P1.25	I.S. 1.10	1	6,03	3	0	251,6
P1.26	Quarto 1.9	1	23,46	3	2	2,2
P1.27	I.S. 1.9	1	5,99	3	0	253,3
P1.28	Quarto 1.11	1	23,46	3	2	2,2
P1.29	I.S. 1.11	1	5,99	3	0	253,3
P1.30	Quarto 1.14	1	17,17	3	1	3,0
P1.31	I.S. 1.14	1	6,03	3	0	251,6
P1.32	Quarto 1.13	1	23,46	3	2	2,2
P1.33	I.S. 1.13	1	5,99	3	0	253,3
P1.34	Quarto 1.16	1	17,06	3	1	3,0
P1.35	I.S. 1.16	1	6,17	3	0	245,9
P1.36	A. Tecnic	1	3,53	3	0	0,0
P1.37	Quarto 1.17	1	23,46	3	1	2,2
P1.38	I.S. 1.17	1	5,99	3	0	253,3
P1.39	Quarto 1.18	1	19,91	3	1	2,6
P1.40	I.S. 1.18	1	5,97	3	0	254,1
P1.41	Quarto 1.19	1	23,46	3	1	2,2
P1.42	I.S. 1.19	1	5,99	3	0	253,3
P1.43	Quarto 1.20	1	24,12	3	1	2,1
P1.44	I.S. 1.20	1	6,02	3	0	252,0
P1.45	Arrumos	1	20,86	3	0	0,0
P1.46	Quarto 1.12	1	16,94	3	1	3,0
P1.47	I.S. 1.12	1	6,01	3	0	252,4
P1.48	Quarto 1.15	1	23,46	3	2	2,2
P1.49	I.S. 1.15	1	5,99	3	0	253,3

Tabela 1 – Resumo de Áreas e Características



O número de ocupantes por espaço foi calculado através do levantamento em planta dos lugares sentados para cada espaço (quartos, gabinetes, salas de reunião, salas de trabalho), no caso de vestiários corredores e instalações sanitárias, como não se prevê uma ocupação dita permanente não foram considerados ocupantes.

Foram considerados os valores presentes no *ASHRAE Handbook Fundamentals Chapter 18 - NONRESIDENCIAL COOLING AND HEATING LOAD CALCULATIONS* [3], nos equipamentos para os quais a ASHRAE não fornece esta informação, considerou-se, ou a nominal do equipamento ou a média fornecida pelo fabricante. No entanto em caso de omissão de informação ou dúvida optou-se por uma escolha de valores bastante conservadora, procurando assim não favorecer o cálculo.

Na Tabela 2 apresenta-se o resumo dos equipamentos considerados para cada espaço e assim a proveniência da densidade de equipamento apresentada na Tabela 1.

<b>Código do Espaço</b>	<b>Espaço</b>	<b>Equipamentos</b>	<b>Potência Considerada [W]</b>
“Genérico”	Quartos	Rádio despertador	5
		Televisão LED 22”	46 (*)
“Genérico”	Instalações Sanitárias – Quartos	Toalheiro Eléctrico	317
		Secador Cabelo	1200
P0.9	G. Médico	1 PC-Desktop	97
		Ap. Visualização RX	82
P0.15	G. Direcção	1 PC-Desktop	97
		1 Multifunções	135
P0.16	G. Admin	1 PC-Desktop	97
		1 Multifunções	135
P0.17	S. Reuniões	1 PC- Desktop	97
		1 Datashow	270
P0.19	Fisioterapia	Ultra-sons	1050
		Laser	229
		Outros	200
P0.20	Cabeleireira	Secador Cabelo	2000
		Maquina Corte	10
P0.21	S. Pessoal	TV LED 22”	46
		M. Vending	575
		Maquina Café	1600
P0.22 e P.023	Vestiários	Secador Cabelo	1200
		Secador Mãos	2000
P0.24	Lavandaria	Maquina Lavar	8000
		Máquina Secar	14200
		Calandra	4,55
		Ferro Engomar	2500
P0.26	Atelier	Datashow	270
P0.27	Hall + IS 0.9/IS0 0.8	2 x Secador de Mãos	4000
P0.28	Cozinha	Fritadeira	302,573 (*)
		Panela Sopa	17,27 (*)
		Arcas Congelação	500
		Arcas Frigorificas	420
		Mq. Lavar Pratos	1013
P0.29	Hall Entrada	1 x Desktop	97
P0.30	Refeitório	1 x TV LED 40”	52

Código do Espaço	Espaço	Equipamentos	Potência Considerada [W]
P0.31	I.S. 0.10/ I.S. 0.11	Secador de Mãos	2000
		Secador Cabelo	1200
P0.32	Biblioteca/Espaço Net	3 x Desktop	291
P0.33	Sala Conv. + Cafeteria	1 x TV LED 42"	52
		Maquina Café	119 (*)
P1.13	Sala Convívio	1 x TV LED 42"	52
P1.18	Farmácia	Eq. Diversos	291

Tabela 2 – Relação de Potências de Equipamentos Considerados

**Nota:**

Os valores assinalados com (\*) foram calculados considerando a expressão constante no capítulo 18 do ASHRAE Handbook Fundamentals [3], para equipamentos em que não temos acesso ao valor médio consumido pelo equipamento:

$$q_s = q_{input} \cdot F_U \cdot F_R \quad (1)$$

Onde:

- $q_s$  = ganho de calor sensível;
- $q_{input}$  = energia fornecida ao equipamento;
- $F_U$  = factor de utilização;
- $F_R$  = factor de radiação

Designação	Considerado ASHRAE	Energia Fornecida ao equipamento [W]	Factor de Utilização $F_U$	Factor de Radiação $F_r$
Fritadeira	Fryer: open deep-fat, 1 – vat	14008	0,06	0,36
Panela de Sopa	Steam kettle-small	21599	0,02	0,04
Maquina Café Expresso	Espresso Machine	2403	0,15	0,33

Tabela 3 - Parâmetros para equipamentos eléctricos específicos

Nestas unidades apenas foi considerada a parcela sensível de energia fornecida ao meio, pois considera-se que a parcela latente é extraída directamente por mecanismos dedicados colocados sobre estes equipamentos, nomeadamente hotes.

**1.3.2 Envolvente**

Como já foi anteriormente indicado o edifício desenvolve-se em 3 pisos, cave, rés-do-chão e primeiro andar. Na Figura 3, Figura 4, Figura 5 e Figura 6 são apresentadas algumas imagens que correspondem aos alçados da arquitectura inicial do edifício.



Figura 3 – Alçado Nascente, Inicial



**Figura 4 – Alçado Sul, Inicial**



**Figura 5 – Alçado Poente, Inicial**



**Figura 6 – Alçado Norte, Inicial**

Recorrendo à publicação do LNEC – “Coeficientes de transmissão térmica de elementos da envolvente dos edifícios”[4] e com base nas definições da arquitectura, do edifício (ANEXO C) estabeleceram-se os coeficientes de transmissão térmica para cada um dos elementos estruturais do edifício. Os nomes apresentados para cada “parede” referem-se a um nome atribuído para melhor introdução no software de simulação. A caracterização de cada material que constitui a o elemento da envolvente é feita através das seguintes características:

- $e$  (m) – Espessura do material
- $\lambda$  (W/m.K) – Coeficiente de condutividade térmica do material
- $R$  (m<sup>2</sup>.K/W) – Resistência térmica do material
- $U$  (W/m<sup>2</sup>.K) – Coeficiente de transmissão térmica do elemento
- $m_{ti}$  (kg/m<sup>3</sup>) – Densidade do material
- $m_t$  (kg/m<sup>2</sup>) – Densidade específica do elemento

Parede Exterior Piso -1						
Elemento de Camada	e (m)	$\lambda$ (W/m.K)	R (m <sup>2</sup> .K/W)	U (W/m <sup>2</sup> .K)	mti (kg/m <sup>3</sup> )	mt (kg/m <sup>2</sup> )
Resistência Interior	-	-	0,130	<b>0,840</b>	-	176
Reboco Tradicional	0,020	1,30	0,015		1950	
Alvenaria de Tijolo Cerâmico	0,070	0,368	0,190		1950	
Isolamento em Poliestireno Extrudido	0,020	0,035	0,571		30	
Betão	0,245	2,00	0,123		2350	
Membrana nodular de polietileno de alta densidade para drenagem	0,015	0,14	0,107		1000	
Geotêxtil anti-punção	0,002	0,14	0,014		1000	

Nota: Não se contabiliza a Resistência Exterior dado que confina com o terreno.

Tabela 4 – Características Térmicas Parede Exterior Piso -1

Parede Exterior Piso 0 - Com acabamento						
Elemento de Camada	e (m)	$\lambda$ (W/m.K)	R (m <sup>2</sup> .K/W)	U (W/m <sup>2</sup> .K)	mti (kg/m <sup>3</sup> )	mt (kg/m <sup>2</sup> )
Resistência Interior	-	-	0,130	<b>0,513</b>	-	302
Estuque Projectado	0,02	0,18	0,083		600	
Alvenaria de Tijolo Cerâmico	0,15		0,390		1950	
Isolamento em Poliestireno Extrudido	0,03	0,04	0,857		30	
Caixa de Ar	0,03	-	0,180			
Alvenaria de Tijolo Cerâmico	0,11		0,270		1950	
Resistência Exterior	-	-	0,040		-	

Tabela 5 – Características Térmicas Parede Exterior Piso 0, com acabamento

Parede Exterior Piso 0 - Sem Acabamento						
Elemento de Camada	e (m)	$\lambda$ (W/m.K)	R (m <sup>2</sup> .K/W)	U (W/m <sup>2</sup> .K)	mti (kg/m <sup>3</sup> )	mt (kg/m <sup>2</sup> )
Resistência Interior	-	-	0,130	<b>0,492</b>	-	302
Estuque Projectado	0,015	0,18	0,083		600	
Alvenaria de Tijolo Cerâmico	0,150	0,385	0,390		1950	
Isolamento em Poliestireno Extrudido	0,030	0,035	0,857		30	
Caixa de Ar	0,020	-	0,180			
Alvenaria de Tijolo Cerâmico	0,110	0,407	0,2703		1950	
Estuque Projectado	0,015	0,18	0,083		600	
Resistência Exterior	-	-	0,040		-	

Tabela 6 – Características Térmicas Parede Exterior Piso 0, sem acabamento

Parede Exterior Piso 1						
Elemento de Camada	e (m)	$\lambda$ (W/m.K)	R (m <sup>2</sup> .K/W)	U (W/m <sup>2</sup> .K)	mti (kg/m <sup>3</sup> )	mt (kg/m <sup>2</sup> )
Resistência Interior	-	-	0,130	<b>0,509</b>	-	302
Estuque Projectado	0,02	0,18	0,083		600	
Alvenaria de Tijolo Cerâmico	0,15		0,390		1950	
Isolamento em Poliestireno Extrudido	0,03	0,04	0,857		30	
Caixa de Ar	0,02	-	0,180			
Alvenaria de Tijolo Cerâmico	0,11		0,270		1950	
Reboco Tradicional	0,02	1,30	0,015		1950	
Resistência Exterior	-	-	0,040		-	

Tabela 7 – Características Térmicas Parede Exterior Piso 1, sem acabamento

Parede Interior Alvenaria Cerâmica						
Elemento de Camada	e (m)	$\lambda$ (W/m.K)	R (m <sup>2</sup> .K/W)	U (W/m <sup>2</sup> .K)	mti (kg/m <sup>3</sup> )	mt (kg/m <sup>2</sup> )
Resistência Interior	-	-	0,130	<b>1,224</b>	-	233
Estuque Projectado	0,02	0,18	0,083		600	
Alvenaria de Tijolo Cerâmico	0,11		0,390		1950	
Estuque Projectado	0,02	0,18	0,083		600	
Resistência Interior	-	-	0,130		-	

Tabela 8 - Características Térmicas Parede Interior Alvenaria Cerâmica

Pavimento 0 - Ground Floor						
Elemento de Camada	e (m)	$\lambda$ (W/m.K)	R (m <sup>2</sup> .K/W)	U (W/m <sup>2</sup> .K)	mti (kg/m <sup>3</sup> )	mt (kg/m <sup>2</sup> )
Resistência Interior	-	-	0,170	<b>0,498</b>	-	60
Revestimento de Piso (Material Cerâmico)	0,02	0,92	0,022		2000	
Betão Celular com Pendente	0,05	0,16	0,281		450	
Isolamento em Lã Mineral	0,05	0,04	1,250		32	
Laje em Betão Armado	0,20	2,30	0,087		2300	
Reboco Projectado	0,02	0,70	0,029		1450	
Resistência Interior	-	-	0,170		-	

Tabela 9 - Características Térmicas Pavimento 0 - Ground Floor

De notar que por limitação do programa de simulação, é necessário incluir nas lajes dos pisos superiores, todos os elementos nomeadamente os elementos de tecto falso do espaço inferior, caso existam claro.

Pavimento 1º piso - Internal Floor						
Elemento de Camada	e (m)	$\lambda$ (W/m.K)	R (m <sup>2</sup> .K/W)	U (W/m <sup>2</sup> .K)	mti (kg/m <sup>3</sup> )	mt (kg/m <sup>2</sup> )
Resistência Interior	-	-	0,170	<b>0,451</b>	-	60
Revestimento de Piso (Material Cerâmico)	0,02	0,92	0,022		2000	
Betão Celular com Pendente	0,05	0,16	0,281		450	
Isolamento em Lã Mineral	0,05	0,04	1,250		32	

Pavimento 1º piso - Internal Floor						
Elemento de Camada	e (m)	$\lambda$ (W/m.K)	R (m <sup>2</sup> .K/W)	U (W/m <sup>2</sup> .K)	mti (kg/m <sup>3</sup> )	mt (kg/m <sup>2</sup> )
Laje em Betão Armado	0,20	2,30	0,087	0,629	2300	-
Reboco Projectadto	0,02	<b>0,70</b>	0,029		1450	
Caixa de Ar	0,352		0,160			
Tecto falso, placas de gesso cartonado	0,013		0,050			
Resistência Interior	-	-	0,170		-	

Tabela 10 – Características Térmicas Pavimento 1 – “Ground Floor”

Cobertura Geral (Laje)						
Elemento de Camada	e (m)	$\lambda$ (W/m.K)	R (m <sup>2</sup> .K/W)	U (W/m <sup>2</sup> .K)	mti (kg/m <sup>3</sup> )	mt (kg/m <sup>2</sup> )
Resistência Exterior	-	-	0,040	<b>0,629</b>	-	407
Reboco Tradicional	0,015	1,30	0,012		1950	
Isolamento térmico tipo "Roofmate SL"	0,040	0,035	1,143		35	
Betão Armado	0,160	2,30	0,070		2300	
Reboco Tradicional	0,020	1,30	0,015		1950	
Caixa de Ar	0,352		0,160			
Tecto falso, placas de gesso cartonado	0,013		0,050			
Resistência Interior	-	-	0,100		-	

Tabela 11 – Características Térmicas Cobertura Geral – “Roof”

Painel Sandwich Cobertura						
Elemento de Camada	e (m)	$\lambda$ (W/m.K)	R (m <sup>2</sup> .K/W)	U (W/m <sup>2</sup> .K)	mti (kg/m <sup>3</sup> )	mt (kg/m <sup>2</sup> )
Resistência Exterior	-	-	0,040	<b>0,259</b>	-	4
Aço	0,0005	50,00	0,000		7800	
Espuma de Poliuretano	0,104	0,028	3,714		30	
Aço	0,0005	50,00	0,000		7800	
Resistência Interior	-	-	0,100		-	

Tabela 12 – Características Térmicas do Painel Sandwich

### 1.3.3 Vãos

#### 1.3.3.1 Janelas

As janelas consideradas para o edifício são de Caixilharia de PVC, tipo (REHAU - Thermo-Design 70) termolacado, com:

- Vidro Duplo com chapa exterior em vidro Parsol Verde 6mm, caixa de ar de 18mm, chapa interior vidro incolor 5mm;
- Dobradiças, fechos e puxadores com tratamento idêntico ao da caixilharia

Com base nestas características, considerou-se que o coeficiente de transmissão térmica U para este tipo de vãos é de cerca de: 2,698 W/m<sup>2</sup>/K.

Considera-se também que as janelas têm capacidade de abertura e que serão instaladas persianas interiores.

#### 1.3.3.2 Fachadas em Vidro

De modo a facilitar a construção do modelo a utilizar nas simulações, as fachadas em vidro foram consideradas como tendo características idênticas às janelas apresentadas.

## 1.4 Condições de conforto previstas

### 1.4.1 “Weather” considerado

Como já anteriormente referido considerou-se que o edifício se encontra localizado em Lisboa, pelo que foi adoptado o perfil climatológico fornecido pelo INETI<sup>1</sup> e que faz parte do programa, Design Builder, seleccionado para realizar as simulações. Na Tabela 13, Tabela 14, Tabela 15, Tabela 16, Tabela 17, Tabela 18 e Tabela 19 é apresentado um resumo dos principais dados constantes desse perfil climatológico.

<sup>1</sup> INETI - Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação



	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
0:01- 1:00	9,4	9,8	10,9	12,4	13,8	16,2	18,1	18,5	17,8	16,0	12,1	9,8
1:01- 2:00	9,2	9,7	10,7	12,1	13,3	15,7	17,5	18,0	17,3	15,7	11,9	9,6
2:01- 3:00	9,0	9,5	10,5	11,8	12,8	15,2	16,9	17,5	16,9	15,4	11,7	9,4
3:01- 4:00	8,8	9,3	10,3	11,5	12,4	14,6	16,3	17,0	16,4	15,1	11,5	9,2
4:01- 5:00	8,6	9,2	10,0	11,2	12,4	14,7	16,3	16,5	16,0	14,8	11,3	9,0
5:01- 6:00	8,4	9,0	9,8	11,3	12,6	15,0	16,7	16,7	16,0	14,5	11,1	8,8
6:01- 7:00	8,2	9,0	10,0	11,6	13,4	16,0	17,7	17,5	16,4	14,5	10,9	8,6
7:01- 8:00	8,4	9,3	10,6	12,4	14,7	17,4	19,2	19,0	17,5	15,0	11,1	8,7
8:01- 9:00	8,9	10,1	11,6	13,5	16,3	19,1	21,2	21,0	19,2	16,1	11,9	9,2
9:01-10:00	9,9	11,1	12,8	14,7	18,1	21,0	23,3	23,3	21,3	17,4	12,9	10,2
10:01-11:00	11,1	12,3	14,1	16,0	19,9	22,8	25,4	25,6	23,5	18,8	14,3	11,5
11:01-12:00	12,4	13,5	15,3	17,3	21,4	24,5	27,4	27,6	25,6	20,3	15,5	12,8
12:01-13:00	13,4	14,5	16,2	18,3	22,6	25,8	28,7	29,1	27,3	21,5	16,6	13,8
13:01-14:00	14,0	15,0	16,8	19,0	23,5	26,6	29,7	30,0	28,4	22,2	17,4	14,5
14:01-15:00	14,1	15,2	17,0	19,2	23,8	26,8	29,9	30,3	28,5	22,4	17,5	14,6
15:01-16:00	13,8	14,9	16,7	19,0	23,3	26,4	29,4	29,8	27,9	22,0	17,2	14,2
16:01-17:00	13,0	14,1	16,0	18,2	22,4	25,5	28,4	28,6	26,7	21,1	16,3	13,4
17:01-18:00	12,2	13,2	14,9	17,1	21,0	24,0	26,7	26,9	25,0	19,9	15,3	12,5
18:01-19:00	11,5	12,4	13,9	16,0	19,3	22,3	24,7	24,8	23,2	18,9	14,6	11,9
19:01-20:00	10,9	11,8	13,1	15,0	17,8	20,6	22,9	23,0	21,7	18,1	13,9	11,3
20:01-21:00	10,5	11,3	12,4	14,2	16,6	19,2	21,4	21,6	20,6	17,4	13,4	10,8
21:01-22:00	10,1	10,9	11,9	13,6	15,6	18,2	20,3	20,5	19,6	16,9	12,9	10,5
22:01-23:00	9,7	10,5	11,5	13,1	14,9	17,4	19,4	19,6	18,9	16,4	12,6	10,1
23:01-24:00	9,5	10,2	11,2	12,7	14,3	16,8	18,7	19,0	18,3	16,1	12,3	9,9
Máx. Horário	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Min. Horário	7	6	6	5	4	4	4	5	5	6	7	7

Tabela 13 – Temperatura de Bolbo Seco média horária

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
0:01- 1:00	86	84	83	80	83	83	81	79	81	82	85	85
1:01- 2:00	86	85	84	81	85	85	83	80	83	83	86	85
2:01- 3:00	87	86	85	82	87	87	85	82	85	84	87	86
3:01- 4:00	88	86	86	83	89	89	87	84	86	84	87	87
4:01- 5:00	88	87	86	84	89	88	87	86	88	85	88	87
5:01- 6:00	89	88	87	84	88	87	85	85	88	86	89	88
6:01- 7:00	90	88	86	83	85	84	82	82	87	86	90	88
7:01- 8:00	89	87	84	80	80	79	76	77	83	84	89	88
8:01- 9:00	87	84	81	76	75	73	70	70	77	80	86	86
9:01-10:00	84	80	76	72	69	66	62	62	69	76	83	83
10:01-11:00	80	76	72	67	62	60	55	54	62	71	78	78
11:01-12:00	75	72	68	62	57	54	48	46	54	65	74	74
12:01-13:00	72	68	65	59	53	49	43	41	48	61	70	70
13:01-14:00	70	66	62	57	49	47	40	38	44	59	68	68
14:01-15:00	69	66	62	56	49	46	39	37	44	58	67	67
15:01-16:00	71	67	63	57	50	47	41	38	46	59	69	69
16:01-17:00	73	69	65	59	53	51	44	43	50	63	72	72
17:01-18:00	76	73	69	63	58	56	50	49	56	67	75	75
18:01-19:00	79	76	73	67	64	62	57	56	63	70	77	77
19:01-20:00	80	78	76	71	70	68	64	63	68	73	79	79
20:01-21:00	82	80	78	74	74	73	69	68	72	76	81	80
21:01-22:00	83	81	80	76	77	76	73	72	75	78	83	82
22:01-23:00	84	82	81	78	80	79	76	75	78	79	84	83
23:01-24:00	85	83	82	79	82	81	78	77	80	80	85	84
Máx. Horário	7	6	6	5	4	4	4	5	5	6	7	7
Min. Horário	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15

Tabela 14 – Humidade Relativa média horária

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
North	34	29	28	41	50	26	46	50	36	42	42	49
NorthEast	30	18	23	20	13	9	8	6	23	27	25	19
East	3	11	14	13	8	7	9	0	11	6	4	2
SouthEast	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
South	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SouthWest	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
West	2	4	12	4	1	8	0	0	1	0	10	3
NorthWest	31	38	23	23	28	49	38	43	28	25	19	26

Tabela 15 – Direcção do Vento em percentagem

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Maximum	11,0	9,3	10,8	10,1	9,9	10,4	9,7	10,4	8,9	7,8	11,4	7,5
Day:Hour	5:15	1:18	1:14	28:14	24:15	3:18	3:17	5:15	27:17	19:15	19:15	3:15
Minimum	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Day:Hour	7:23	2:07	24:03	25:01	3:03	1:03	5:04	14:04	4:06	4:05	5:07	5:03
Daily Avg	4,9	5,0	4,9	5,3	5,5	5,8	5,6	5,7	4,8	4,2	4,1	4,1

Tabela 16 – Estatística mensal da velocidade do vento em m/s

Estatísticas mensais de radiação solar (Directa perpendicular, Difusa e Global Horizontal) – Wh/m<sup>2</sup>

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Direct Avg	3110	3477	3916	4621	5681	6002	6806	6671	5070	4077	3494	3417
Direct Max	5588	5948	7406	8050	8292	8502	8524	8176	7564	6758	5364	5297
Day	26	8	31	30	24	21	9	1	4	2	26	15
Diffuse Avg	922	1316	1604	2122	2327	2421	2405	2171	1797	1450	1050	868
Global Avg	2041	2882	3821	5193	6367	6893	7348	6770	4924	3466	2424	1947

Tabela 17 – Estatística mensal radiação solar – Wh/m<sup>2</sup>

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
0:01- 1:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1:01- 2:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2:01- 3:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3:01- 4:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4:01- 5:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5:01- 6:00	0	0	0	50	67	81	100	77	0	0	0	0
6:01- 7:00	0	108	120	133	266	263	289	264	132	118	0	0
7:01- 8:00	227	171	265	277	398	409	433	453	300	233	198	424
8:01- 9:00	205	326	333	346	446	493	540	581	419	347	295	181
9:01-10:00	294	339	391	423	504	551	621	645	515	396	338	295
10:01-11:00	370	394	425	438	567	596	670	709	601	429	423	399
11:01-12:00	443	445	454	527	550	622	692	727	629	487	432	453
12:01-13:00	410	430	421	511	600	638	662	693	612	529	468	455
13:01-14:00	400	368	436	526	581	587	690	668	566	483	453	430
14:01-15:00	317	377	400	496	556	567	633	603	447	414	388	321
15:01-16:00	254	324	332	407	455	487	605	549	379	357	295	237
16:01-17:00	191	178	243	308	362	393	472	436	325	241	204	223
17:01-18:00	0	17	97	149	246	255	283	232	142	43	0	0
18:01-19:00	0	0	0	31	79	47	116	32	3	0	0	0
19:01-20:00	0	0	0	0	3	13	1	0	0	0	0	0
20:01-21:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21:01-22:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22:01-23:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
23:01-24:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Max Hour	12	12	12	12	13	13	12	12	12	13	13	13
Min Hour	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Tabela 18 – Estatística horária média para Radiação solar directa perpendicular Wh/m<sup>2</sup>

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
0,5 m	11,4	10,9	11,8	13,1	16,6	19,3	21,1	21,7	20,8	18,6	15,8	13,2
2,0 m	13,2	12,3	12,5	13,2	15,5	17,7	19,4	20,3	20,1	18,9	17,0	14,9
4,0 m	14,6	13,8	13,6	13,8	15,2	16,6	17,9	18,8	19,0	18,5	17,4	16,0

Tabela 19 – Temperatura mensal do solo °C

#### 1.4.2 Condições de Conforto

As condições de conforto consideradas para os espaços foram as seguintes:

Tipo de Espaço	Climatização	Set-points °C	
		Aquecimento	Arrefecimento
Quartos, Gabinetes, Salas Conv., Pessoal e restantes	Aquecimento + Arrefecimento	20	26
Instalações Sanitárias	Aquecimento	20	N/D
Circulações	--	N/D	N/D

Tabela 20 – Resumo condições de conforto

## 2 Descrição das soluções técnicas a utilizar no edifício.

### 2.1 Iluminação

A iluminação representa uma importante fatia da energia consumida nos edifícios em geral, segundo o relatório Energy Efficiency Status Report 2012[5] da união europeia, para o sector residencial esta fatia situa-se nos 10%, e no sector terciário nos 21,57%. Atendendo a que estes valores são médios de toda a união é possível concluir que em bastantes casos serão mesmo superiores, pelo que podem se traduzir em importantes margens de poupança, através da instalação de sistemas com elevada eficiência conjugados com iluminação natural.

#### 2.1.1 Iluminação LED

A iluminação LED surge como uma alternativa válida à iluminação fluorescente, apesar de nem sempre o ter sido, actualmente com os avanços tecnológicos é possível afirmar que sim, sendo as suas principais vantagens o tempo de vida útil e a baixa potência a instalar (eficiência).[6]

##### 2.1.1.1 Como funcionam os LED

LED significa Light Emitting Diode (Díodo Emissor de Luz). Um LED é um semicondutor (díodo) que emite luz ao ser atravessado por corrente eléctrica. Os materiais semicondutores utilizados pelos LED convertem a energia eléctrica em radiação electromagnética visível, ou seja, em luz.

O estímulo é, portanto, criado pela corrente eléctrica que atravessa o díodo (mais especificamente, a derivação). O díodo atravessado pela corrente eléctrica, tal como todos os díodos, é unidireccional: só é produzida luz se a corrente contínua atravessar o díodo na direcção “certa”, ou seja, do ânodo (pólo positivo) para o cátodo (pólo negativo).

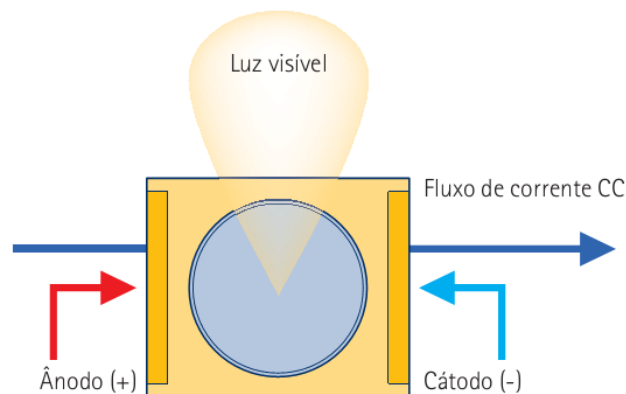


Figura 7 – Funcionamento de um LED, [6]

A quantidade de luz gerada é quase proporcional à quantidade de corrente que atravessa o díodo. Na Figura 8 é visível a evolução do fluxo luminoso em função da corrente fornecida ao LED. Assim com um aumento dessa corrente corresponde um aumento do fluxo luminoso do LED. Assim para fins de iluminação, utilizam-se sempre fontes de alimentação controladas por corrente, que conseguem assim variar a corrente fornecida ao LED variando também a sua emissão de fluxo luminoso.

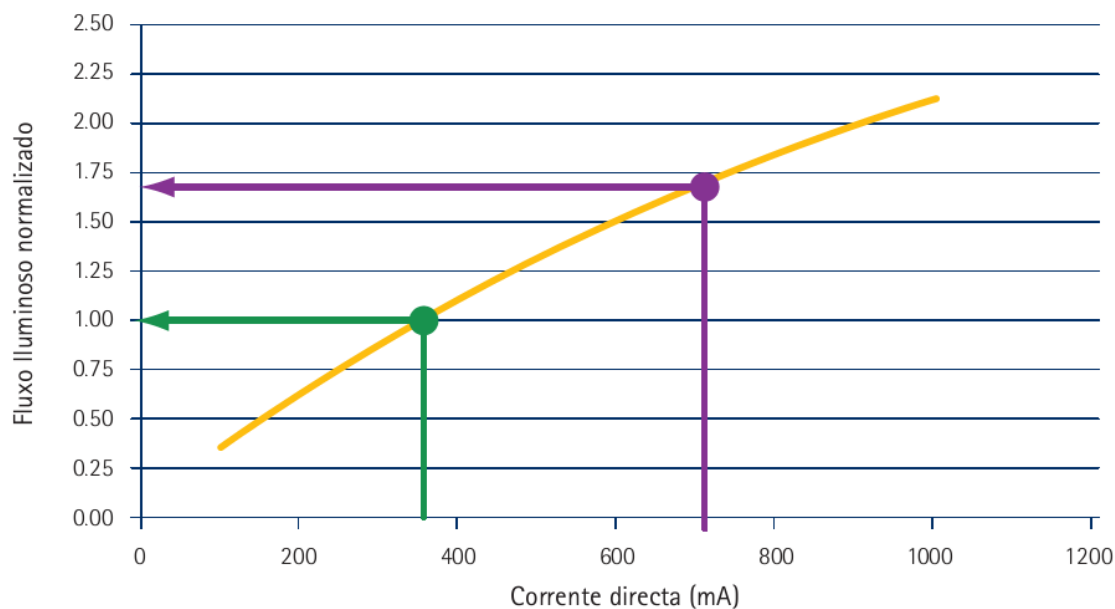


Figura 8 – Impacto da corrente no fluxo luminoso [6]

### 2.1.1.2 Vantagens dos LED

#### 2.1.1.2.1 Longa Vida Útil

O tempo de vida útil dos LED é fortemente afectado por condições específicas de utilização, das quais a potência e a temperatura interna (e, portanto, também a temperatura ambiente) são os factores mais importantes. Por norma estima-se o tempo de duração em 50.000 horas. Isto refere-se ao tempo que o fluxo luminoso leva, em média, a cair para 70% do seu valor inicial. Essa vida útil concretiza-se desde que o LED seja utilizado dentro dos limites de temperatura estabelecidos.

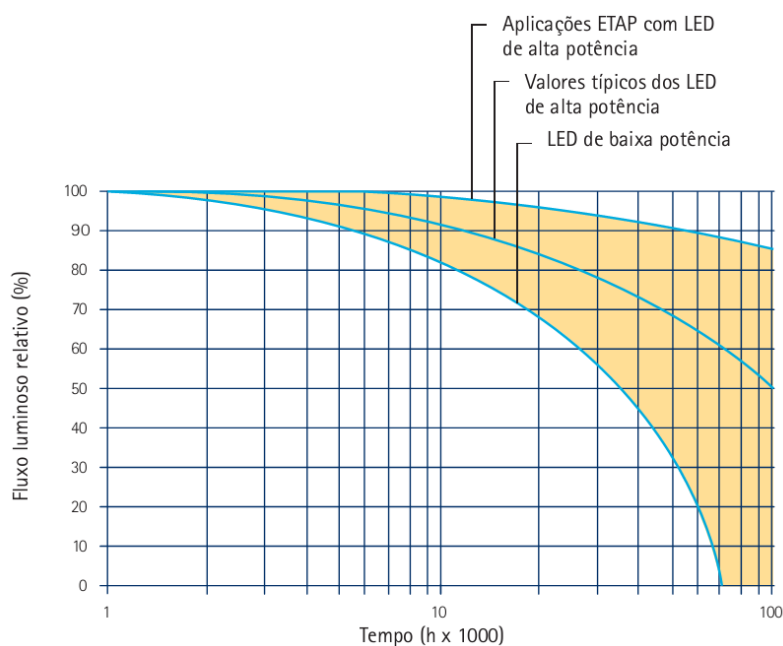


Figura 9 – Depreciação do fluxo luminoso ao longo do tempo [6]

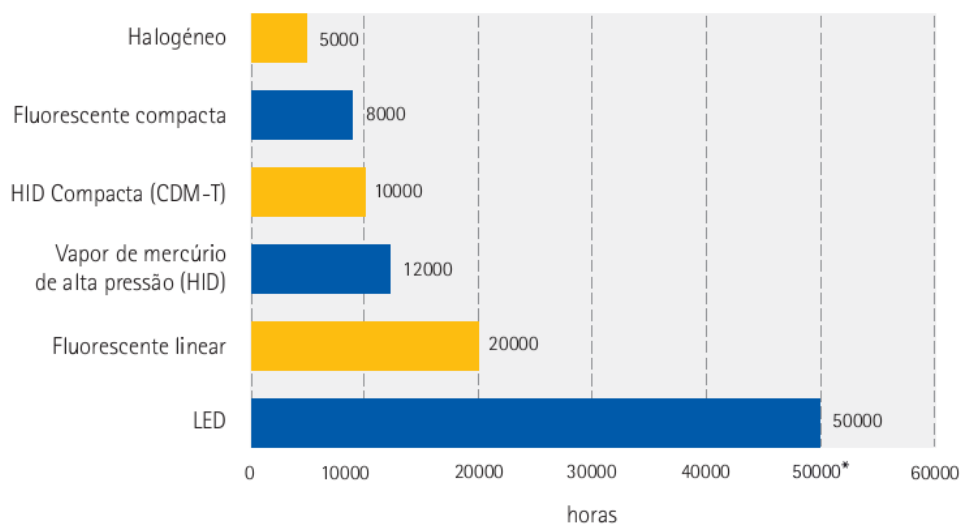


Figura 10 – Valores típicos de tempo de vida útil por tecnologia [6]

#### 2.1.1.2.2 Possibilidade de elevada eficiência energética

Actualmente, os LED brancos frios com uma temperatura de cor de 5.000 K (kelvin) atingem mais de 160 lm/W nas condições de referência. Os LED com uma temperatura da cor de 2700 a 4000 K (mais frequentemente utilizados para aplicações de iluminação na Europa) costumam oferecer um rendimento inferior. Nessas temperaturas da cor, estão hoje disponíveis no mercado rendimentos de 120 lm/W e superiores. Através da Figura 11 e Figura 12 é possível comparar entre uma luminária do tipo R7 a LED e uma luminária U5 com reflector, dessa comparação é possível concluir que a luminária LED apresenta sempre uma superioridade no desempenho.

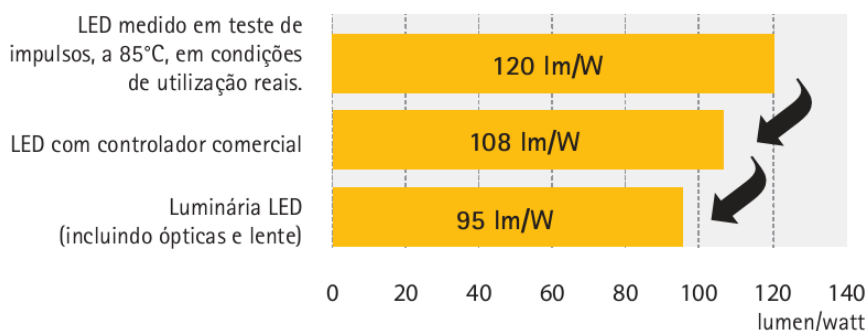


Figura 11 – Lumens por Watt de uma Luminária LED R7

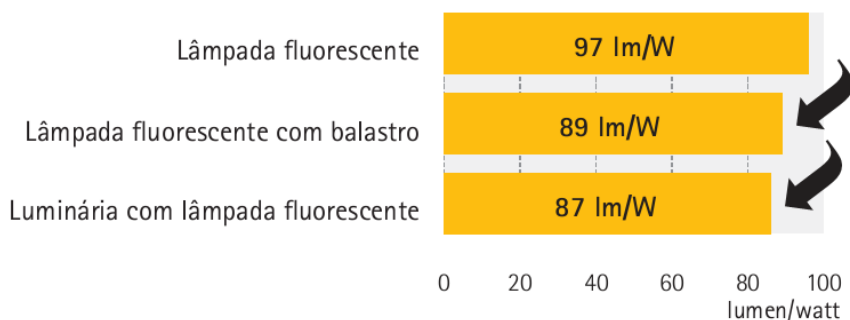


Figura 12 – Lumens por Watt de uma Luminária U5 (lâmpada fluorescente)

### 2.1.1.2.3 Ecológicos

Com base nos ACV<sup>2</sup> (estudos de Análise de Ciclo de Vida, que examinam o impacto ecológico de um produto desde a sua produção até à reciclagem e processamento), os LED são inegavelmente uma vantagem pois introduzem uma pegada ecológica 4x mais pequena. Além disso, ao contrário das lâmpadas fluorescentes, não contêm mercúrio.

## 2.1.2 Iluminação Natural

Se é pretendido obter um edifício altamente eficiente, então a iluminação natural deve ser amplamente utilizada, pois permite inúmeros benefícios para o edifício e para os seus habitantes e/ou utilizadores:

- A qualidade da iluminação obtida é melhor, pois a visão humana desenvolveu-se com a luz natural;
- A constante mudança da quantidade de luz natural é favorável, pois proporciona efeitos estimulantes nos ambientes;
- A luz natural permite valores mais altos de iluminação, se comparados à luz artificial; além disso, a carga térmica gerada pela luz artificial é maior do que a da luz natural, o que nos climas quentes representa um problema a mais;
- Um bom projecto de iluminação natural pode fornecer a iluminação necessária durante 80/90% das horas de luz diária, permitindo uma enorme economia de energia em luz artificial;
- A luz natural é fornecida por fonte de energia renovável: é o uso mais evidente da energia solar

No entanto para o máximo aproveitamento da iluminação natural existem diversos desafios que devem ser levados em consideração:

### 2.1.2.1 *Integração da iluminação natural na fase de projecto e concepção*

Uma má integração do projecto de iluminação natural pode levar a desconforto e também a uma fraca performance do sistema. Área útil, orientação de janelas, tamanho, angulo, bem como os factores de encobrimento ou de transmissão de luz são características que devem ser consideradas no início.

### 2.1.2.2 *Orientação do Edifício*

Para que seja alcançado uma boa iluminação natural devemos optar por uma boa orientação e um espaçamento correcto entre edifícios, o que contribuirá certamente também para uma melhor performance térmica do edifício.

Tanto em termos de iluminação como de aquecimento e arrefecimento, a orientação óptima dos edifícios é ao longo de um eixo este-oeste, ou seja, com as fachadas de maior área orientadas a sul e a norte e sendo a orientação sul preferível à orientação norte.

### Orientação Sul

Em termos anuais verifica-se que uma fachada envidraçada orientada a Sul, receberá um maior nível de radiação solar do que fachadas noutras orientações, sendo que no Verão é uma fachada mais facilmente protegida dessa mesma radiação.

---

<sup>2</sup> Baseado em, Preliminary Background Report, Eco-lighting project, Fevereiro de 2013



- No Inverno, sendo necessário aquecer os edifícios, a estratégia correcta será a de captar a radiação solar disponível. É a orientação a sul aquela que propicia maiores ganhos solares. O percurso do sol no Inverno é vantajoso para esta orientação, uma vez que o seu percurso se efectua para azimutes muito próximos do Sul geográfico.
- No Verão, torna-se necessário minimizar os ganhos solares, uma vez que, no seu percurso de nordeste (onde nasce) até noroeste (onde se põe), o sol “vê” todas as orientações, sendo que é a horizontal (coberturas), que maior nível de radiação recebem. Assim, verifica-se que o percurso do Sol, sendo próximo do zénite<sup>3</sup>, apresenta um ângulo de incidência de valor mais elevado sendo o mais próximo de um angulo normal. Carrega menos ganhos solares, facilmente atenuáveis se existir uma pala de sombreamento sobre o vidro, no caso de uma fachada orientada a sul.
- Nas fachadas orientadas a sul, para além da incidência de luz solar praticamente ao longo de todo o dia e ano, a entrada de luz solar directa através dos vão envidraçados é mais fácil de controlar, pois as altitudes solares são mais elevadas nesta orientação.

#### Orientação Este

- No Inverno, uma fachada com esta orientação recebe pouca radiação, uma vez que o sol nasce próximo da orientação Sudeste, incidindo na fachada durante poucas horas do período da manhã e com um pequeno ângulo de incidência.
- No Verão, a radiação solar incide em abundância numa fachada com esta orientação, durante longas horas da manhã, desde o nascer do Sol, que ocorre cedo e próximo da orientação Nordeste, até ao meio-dia. Os ângulos de incidência são próximos da perpendicular à fachada, o que maximiza a captação de energia solar, que nesta estação é indesejável.
- As baixas altitudes solares dificultam o controlo da iluminação no espaço.

#### Orientação Oeste

Na fachada orientada a Oeste, sendo simétrica em relação à fachada orientada a Este, os efeitos da acção Solar são semelhantes aos desta, diferindo apenas no período do dia em que ocorrem. É no período da tarde que ocorrem as maiores temperaturas do ar no exterior, conjugando-se assim dois efeitos muito negativos. Assim:

- No Inverno, uma fachada orientada a Oeste recebe pouca radiação durante poucas horas do período da tarde. Os ângulos de incidência são elevados, o que reduz o efeito da radiação.
- No Verão, a radiação solar incide em abundância numa fachada com esta orientação, durante longas horas da tarde, desde o meio-dia, até ao pôr do Sol, que ocorre tarde e próximo da orientação Noroeste. Esta é a fachada mais problemática em termos de Verão. Estas fachadas são responsáveis por grandes cargas térmicas nos edifícios, sendo necessário ter um maior cuidado com elas, quer em termos de áreas, tipos de vidros e sombreamentos.
- As baixas altitudes solares dificultam o controlo da iluminação no espaço.

#### Orientação Norte

---

<sup>3</sup> Zénite é um ponto imaginário (localizado sobre a esfera celeste) interceptado pela vertical traçada a partir da cabeça de um observador.

A fachada orientada a Norte é a fachada mais fria:

- No Inverno, não recebe nenhuma radiação directa, porém recebe radiação difusa a partir da abóbada celeste;
- No Verão, recebe uma pequena fracção de radiação directa do Sol no princípio da manhã e fim da tarde.
- A luz de norte (luz difusa do céu), branca e fria, é recomendável em ambientes de trabalho devido à sua constância e por não originar grandes problemas de encadeamento. Por vezes, em climas quentes, a orientação norte é escolhida em relação à orientação sul.

Na Figura 13 apresentam-se valores para a radiação solar ao longo do ano para a cidade de Lisboa. Neste gráfico pode comprovar-se como a orientação Sul é, de todas, a que fornece um maior contributo de energia solar nos meses mais frios. Pode também verificar-se como uma superfície envidraçada horizontal pode ser inconveniente no Verão, em que os ganhos de radiação solar se tornam indesejáveis.

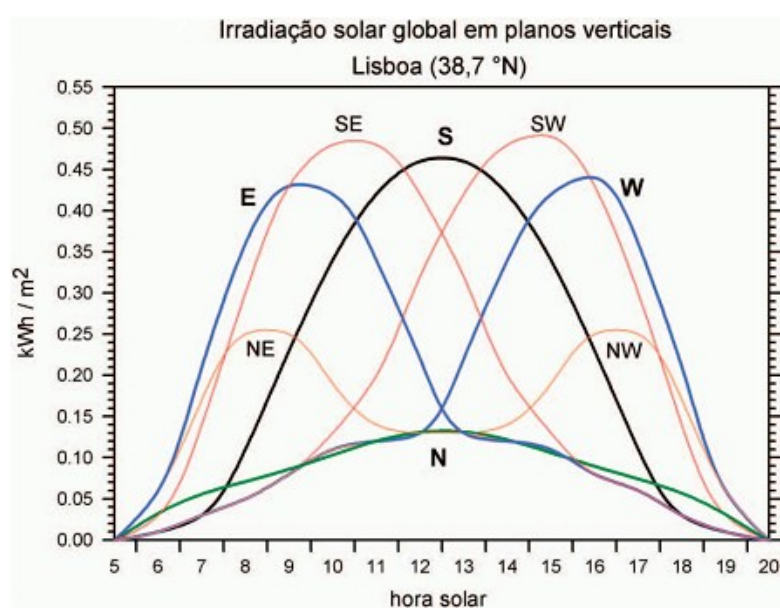


Figura 13 – Irradiação solar global em planos verticais – Lisboa [7]

### 2.1.2.3 Alcance da iluminação natural

Segundo o arquitecto Keith Robertson<sup>4</sup> os edifícios rectangulares são aqueles que permitem a maximização da iluminação natural, mediante uma correcta orientação. Em adição ou alternativa a esta característica podem ser adicionados pátios interiores e átrios, que podem adicionar luz natural ao edifício. A quantidade de luz que entra num espaço depende da orientação da janela, tamanho e sombreamento. A capacidade de alcance adequado de luz natural em um determinado espaço depende da localização das janelas e das superfícies interiores. Existe uma relação directa entre a altura da janela o seu topo e a profundidade do alcance da iluminação natural. Tipicamente a iluminação natural adequada tem um alcance num espaço na razão de uma a uma vez e meia a altura do topo da janela. Se bem que pode chegar às duas vezes aquando de exposição directa do sol.

<sup>4</sup> Conclusões retiradas do artigo Daylight Guide for Buildings de que é autor.

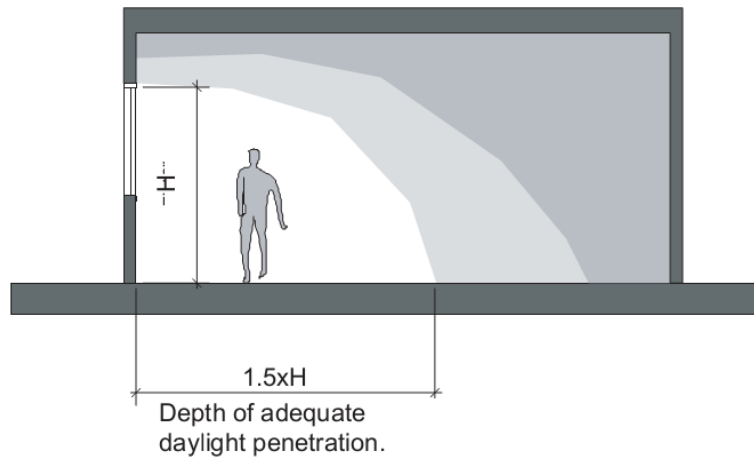


Figura 14 – Alcance aproximado Iluminação Natural [8]

Existem no entanto algumas formas de se procurar aumentar esta distância, uma delas trata-se da chamada prateleira de iluminação, “lightshelf”:



Figura 15 – Instalação de uma prateleira de iluminação num edifício [8]

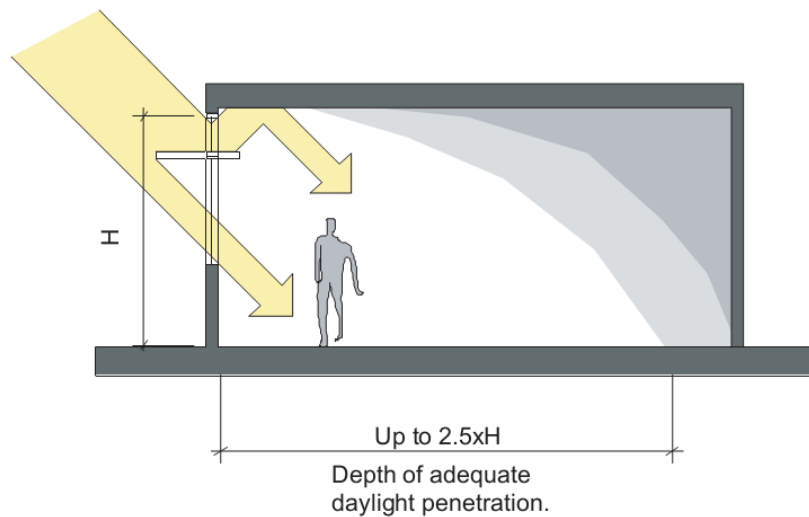


Figura 16 – Penetração de iluminação natural usando prateleira de iluminação [8]

As clarabóias e os tubos de luz podem promover iluminação natural através da cobertura para os espaços interiores. As clarabóias apresentam por vezes o problema de permitirem um ganho térmico indesejado no verão, para além de poderem ser uma fonte de brilho excessivo. Usar difusores para clarabóias pode ser a solução para estes casos.

A Figura 17 é o exemplo de uma clarabóia selectiva e como funciona:

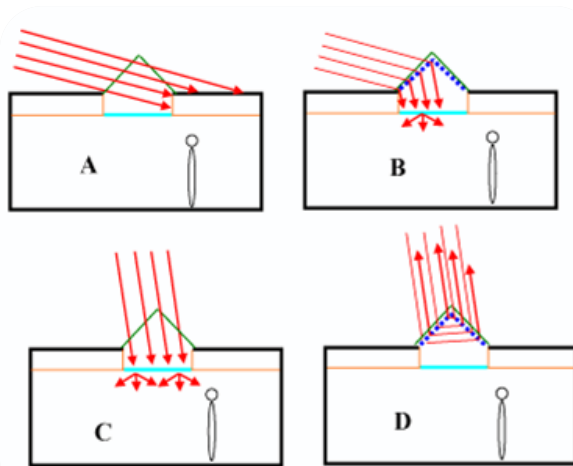


Figura 17 – Clarabóia piramidal convencional vs angular

- A. Penetração de luz numa clarabóia piramidal normal.
- B. Trata-se de uma clarabóia com capacidade selectiva. Mesmo os raios solares de angulo baixo são canalizados para o difusor permitindo assim a distribuição de luz natural no espaço
- C. Neste caso demonstra-se uma clarabóia convencional e a possibilidade que tem de fornecer durante as horas de maior exposição, luz solar em demasia
- D. Como uma clarabóia selectiva tem a capacidade de rejeitar, raios de angulo grande durante o verão e assim manter o espaço mais fresco.

Os tubos de luz têm a capacidade de colectar a luz na cobertura e transporta-la para o interior do edificio através de sistemas de reflexão, ao longo do tubo. Esta tecnologia é bastante simples apresentado apenas o problema das perdas nas distâncias e nas reflexões. Trata-se apenas de uma clarabóia combinada com uma rede de tubos revestidos com uma superfície espelhada desta forma é possível vencer todos os obstáculos que existam, quanto maior o comprimento e número de curvas maiores serão as perdas por reflexão.

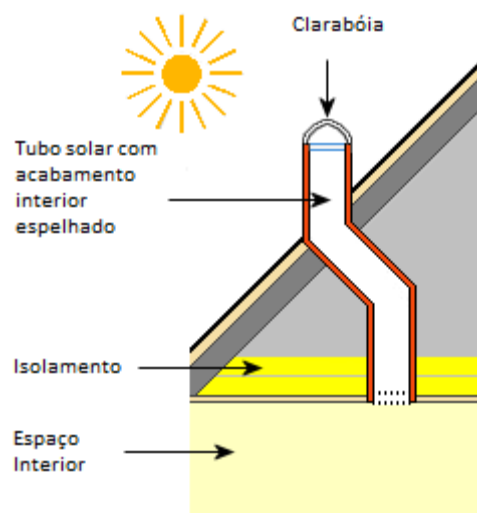


Figura 18 – Tubo solar tipo

Apesar de mostrar apenas aqui estas três tecnologias existem bastantes mais num mercado em constante evolução.

#### 2.1.2.4 Sombreamento

O sombreamento exterior permite controlar de forma eficaz os ganhos solares, já o sombreamento interior vai permitir que grande parte da energia contida nos raios solares entre no edifício permitindo assim também a entrada de mais calor, que por vezes é um companheiro indesejado da iluminação natural. O sombreamento interior de cores claras tem a capacidade de reflectir alguma desta energia de volta ao exterior através da janela.

O sombreamento interno é mais eficaz no controlo do brilho e proporciona aos ocupantes de um espaço adaptarem esta característica do ambiente ao seu gosto, especialmente se forem usados persianas com lâminas ascendentes ao invés das de lâminas descendentes.

As fachadas a sul, são as mais fáceis de sombrear, utilizando dispositivos de sombreamento horizontal que são os mais eficazes nesta situação pois permitem o bloqueio do sol de verão e a admissão do de inverno.

Nas fachadas este e oeste a melhor forma de se obter o sombreamento desejado será com o recurso a dispositivos verticais, no entanto estes são mais difíceis de incorporar num edifício e também limitam demasiado a visibilidade pela janela. Em edifícios de baixa altura a correcta colocação de árvores de folha caduca tanto a Este como a Oeste irá ajudar a reduzir o sobreaquecimento de verão e permitir os ganhos desejados no inverno.

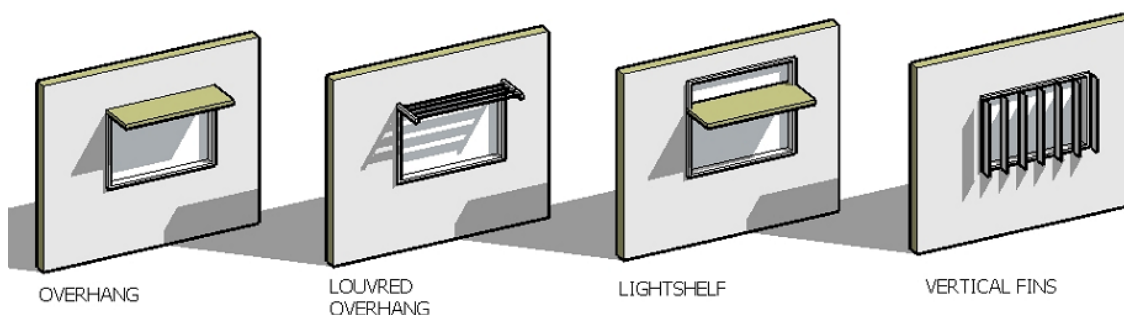


Figura 19 – Sombreamentos Exteriores Típicos [8]

#### 2.1.2.5 Janelas

Existem algumas características que são importantes na definição do vidro e estrutura a usar em janelas. São ainda de maior importância quando se procura uma alta eficiência no aproveitamento solar para o edifício, seja no conforto térmico ou no visual.

Ganho de Luz Solar (LSG) é a razão entre a transmissão de luz visível e o Coeficiente do Ganho de Calor Solar.  $LSG=VT/SHGC$ . Um índice maior de LSG significa que entra mais luz solar no ambiente com menor entrada de calor – isso é desejado especialmente no verão. Com essa razão, denomina-se o vidro como "espectro seletivo".

O Coeficiente de Ganho de Calor Solar (SHGC) é a percentagem da radiação solar incidente no vidro que é transferida internamente, directa e indirectamente através do envidraçamento. A porção de ganho directo é igual à transmissão de energia solar, enquanto a indirecta é a fracção da incidência da radiação solar no vidro que é absorvido e re-irradiado ou conduzido internamente.

Transmissão de luz visível (VT) é a quantidade de luz do espectro visível que é admitida por uma determinada janela.

Vidro de baixa emissividade (low-e) São revestimentos desenvolvidos para minimizar a quantidade de luz ultra violeta e infravermelha que consegue passar através do vidro. O vidro “Low-e” tem um revestimento que consiste numa camada transparente microscópica, muito mais fina que o cabelo humano, que tem a capacidade de reflectir energia proveniente das ondas longas de energia solar infravermelha. Existem também alguns vidros “Low-e” capazes até de reflectir valores significativos da energia proveniente das ondas curtas de energia solar infravermelha. Quando, no inverno, o calor no interior de um espaço tenta escapar para o exterior mais fresco, o revestimento “low-e” reflecte-o de novo para o interior do espaço, reduzindo assim as perdas através do vidro, no verão é o inverso que acontece. A analogia deste tipo de vidros pode ser feita com uma garrafa térmica que contem um forro de prata, permitindo assim o manter da temperatura da bebida que contem através de uma constante reflexão, bem como da caixa-de-ar que existe entre a parte interior e a exterior de uma garrafa térmica.

Existem dois grandes tipos de vidros “Low-e” que se baseiam no fundo com o seu método de fabrico, os “Hard” fabricados através de um processo pirolítico<sup>5</sup>, e os “Soft” fabricados através do processo MSVD<sup>6</sup>.

Normalmente para os usos em iluminação natural procura-se sempre maximizar o Ganho de Luz solar, através de baixos coeficientes de ganho de calor solar e altos coeficientes de transmissão de luz visível. Vidros espelhados não são recomendados para aplicações de iluminação natural.

Na tabela seguinte são apresentados valores típicos, em percentagem, de VT e SHGC para vários tipos de vidros:

Tipo de Envidraçado (6mm)	Incolor	Azul – Verde	Cinzento	Espelhado
Simple	89/81	75/62	43/56	20/29
Duplo	78/70	67/50	40/44	18/21
Duplo, “hard low-e”, argon	73/65	62/45	37/39	17/20
Duplo, “soft low-e”, árgon	70/37	59/29	35/24	16/15
Triplo, “hard low-e”, argon	64/56	55/38	32/36	15/17
Triplo, “soft low-e”, argon	55/31	52/29	30/26	14/13

Tabela 21 – Valores típicos de VT/SHGC consoante o tipo de vidro [8]

Vidro Electrocrómico: É um vidro que pertence a uma nova categoria que são os chamados vidros inteligentes que possuem a capacidade de alterar a sua cor, transmissão de luz e energia, transparência ou sombreamento em resposta a um input ambiente tal como a luz solar, temperatura ou eléctrico. Os vidros electrocrómicos possuem a capacidade de alterar as suas características ao serem controlados por um sinal eléctrico. Uma vez que permitem automaticamente alterar as suas características podem assim permitir uma poupança energética interessante.

<sup>5</sup> Processo pirolítico, consiste, muito resumidamente, na adição do revestimento ao vidro na fase em que ele ainda está quente, logo após a fusão.

<sup>6</sup> MSVD – Magnetic Sputtering Vapor Deposition, consiste muito resumidamente, num processo em que o revestimento é adicionado em camaras de vácuo de baixas temperaturas a placas de vidro já previamente cortadas.

Existem diversas tecnologias para este tipo de vidros, uma dessas tecnologia consiste em fornecer uma pequena tensão eléctrica para que o vidro escureça e uma tensão inversa para que o vidro fique mais claro, estas tensões actuam sobre uma fina camada de tinta que é sensível à tensão e que também possui memória, ou seja depois de escurecido a tensão pode ser retirada que o vidro ficará com as características criadas até então. Este sistema pode chegar aos 80% de escurecimento.

Outra forma de variar a cor e características do vidro são os chamados sistemas de cristais líquidos suspensos, em que são partículas suspensas numa solução entre as placas do vidro que no seu estado natural se encontram em movimento aleatório e em colisão bloqueando assim a passagem de luz. Quando se fornece energia ao sistema as partículas alinham rapidamente e tornam o vidro transparente, este sistema permite variar até praticamente 90% de escurecimento.

## 2.2 Sistema de Climatização

### 2.2.1 Sistemas Passivos

São sistemas compostos por dispositivos ou equipamentos que são integrados directamente na arquitectura do edifício, cujo objectivo é contribuir para o arrefecimento ou aquecimento natural do edifício.

#### 2.2.1.1 *Sistemas de Aquecimento Passivo*

Os sistemas de aquecimento passivo, tendem normalmente a promover a maximização da captação do sol, normalmente através de vãos envidraçados que permitem directamente ou indirectamente aquecer o espaço. Aos elementos envidraçados podem ainda ser associados elementos massivos, de modo a ser possível armazenar energia para uso posterior.

##### 2.2.1.1.1 Ganho Directo

Neste tipo de sistemas, o espaço que se pretende aquecer, dispõe de vão envidraçado correctamente orientados de modo a promover a incidência de radiação no espaço e nas envolventes, paredes e pavimentos. A construção corrente em Portugal tem em geral massa suficiente, o que em conjunto com uma correcta orientação dos vãos leva a uma fácil utilização deste tipo de sistemas.

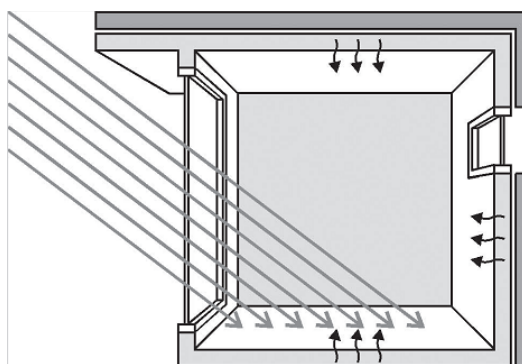


Figura 20 – Sistema de Ganho Directo [7]

##### 2.2.1.1.2 Ganho Indirecto ou Desfasado

Nestes sistemas, a massa térmica dos sistemas é colocada entre a superfície de ganho e o espaço a aquecer. A energia solar ao incidir na massa térmica é absorvida, sendo posteriormente libertada para o espaço. Esta transferência pode ser imediata ou desfasada, consoante exista ou não ventilação forçada.

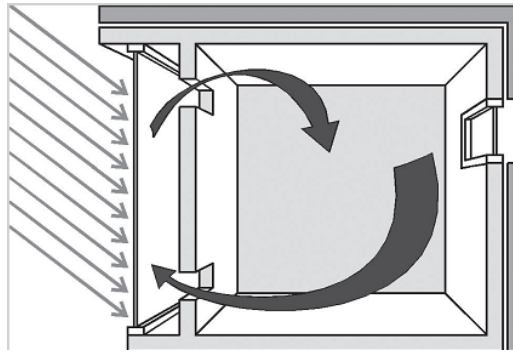


Figura 21 – Sistema de Ganho Indirecto – Parede de Trombe [7]

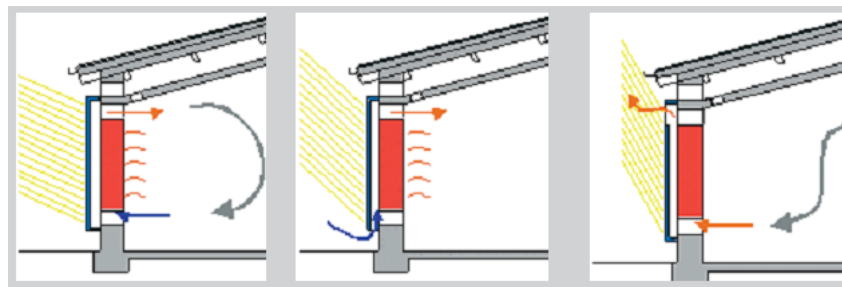


Figura 22 – Esquema Funcionamento de uma parede de Trombe – Inverno, Meia-Estação e Verão [7]

#### 2.2.1.1.3 Ganho Isolado

Nestes sistemas, a captação dos ganhos solares e o armazenamento da energia captada é feito fora das áreas ocupadas dos edifícios. Os espaços do tipo estufa são exemplos deste sistema e utilizam a combinação dos efeitos de ganho directo e indirecto. A energia solar é transmitida da estufa para o espaço adjacente à estufa por condução através da parede de armazenamento que os separa e ainda por convecção, no caso de existirem aberturas que permitam a circulação de ar.

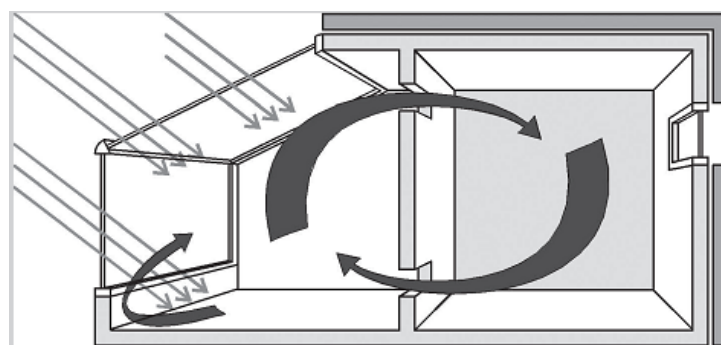


Figura 23 – Sistema de Ganho Isolado – Estufa [7]

São também exemplo destes sistemas os colectores solares, que são constituídos por uma superfície de vidro e uma outra absorvedora sem qualquer tipo de capacidade de armazenamento térmico, estes sistemas funcionam segundo o princípio do termossifão e permitem climatização ao longo de todo o ano.

No Inverno, o ar é aquecido e insuflado no espaço adjacente por ventilação natural, permitindo assim o aquecimento directo do espaço.

No período de Verão, o sistema permite a extracção do calor do interior para o exterior, sempre que for desejável.



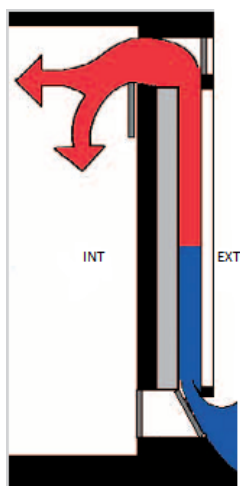


Figura 24 – Colector de Ar – Funcionamento no Inverno [7]

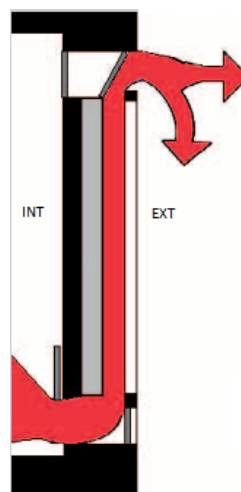


Figura 25 – Colector de Ar – Funcionamento no Verão [7]

### 2.2.1.2 *Sistemas de Arrefecimento Passivo*

São sistemas que através da utilização de fontes frias existentes nas imediações do edifício permitem diminuir a temperatura no interior deste. Com estes sistemas pode-se conseguir diminuir ou até eliminar as necessidades de climatização convencional.

Estes sistemas devem ser integrados na arquitectura de forma a permitir o seu máximo desempenho. É muito importante definir uma envolvente opaca com isolamento e vidros que controlem a entrada de radiação solar. O isolamento deve ser pensado com alto rigor para as coberturas uma vez que durante o verão são elas que sofrem uma maior exposição solar. Deve ser também levada em linha de conta as cores do edifício, sendo as cores claras a melhor opção para a reflexão dos raios solares.

#### 2.2.1.2.1 Ventilação Natural

A ventilação natural é conseguida à custa do aproveitamento do diferencial térmico entre o interior e o exterior dos edifícios em determinados períodos. Em Portugal existem amplitudes térmicas muito elevadas durante o Verão, podem mesmo chegar aos 20°C (dia-noite). Com base nesta amplitude é desejável que a ventilação natural seja utilizada em período nocturno para que dessa forma sejam expulsas as cargas adquiridas durante o dia. Apesar de ser durante a noite que o potencial de ventilação natural é superior, durante o dia sempre que se verifique uma temperatura exterior inferior à interior, por exemplo durante a manhã, pode ser utilizada como contributo para a climatização.

A ventilação natural é um processo promovido pelas diferenças de pressão de um lado e outro das janelas, portas, chaminés e frinças, quer por origem na diferença de temperaturas interior-exterior, quer por acção directa do vento sobre as edificações.

#### Ventilação Transversal

A circulação de ar contribui para a diminuição da temperatura interior e ainda para a remoção do calor sensível armazenado na massa térmica. Tem também implicações em termos de conforto térmico, ao incentivar perdas de calor por convecção e evaporação nos ocupantes.

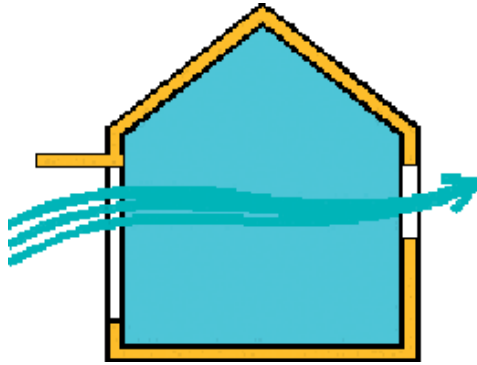


Figura 26 – Ventilação Transversal [7]

As aberturas previstas para a ventilação natural são da maior importância, a sua correcta localização e dimensão são vitais para que o sistema funcione como pretendido.

Ventilação Simples num só lado:

Os edifícios que só dispõem de abertura numa só parede são de ventilação difícil, mesmo que o vento incida directamente sobre eles. Nesta situação deve-se optar não por uma abertura mas sim por duas aberturas espaçadas ou em alternativa bandeiras de ventilação.

Chaminé Solar:

A chaminé solar é um sistema que permite extrair o ar quente dos espaços ocupados, adjacentes à chaminé, este sistema funciona através da criação de fenómenos térmicos de aquecimento do ar no pescoço da chaminé que obrigam o ar a circular por efeitos de convecção, para tal a chaminé é equipada com um vidro para deste modo permitir a passagem de energia proveniente do sol, esta energia incide sobre uma placa que irá aquecer e assim criar um efeito de convecção obrigando a uma circulação do ar, permitindo criar uma ventilação natural “maximizada” nos espaços servidos por esta chaminé. A Figura 27 exemplifica o processo.

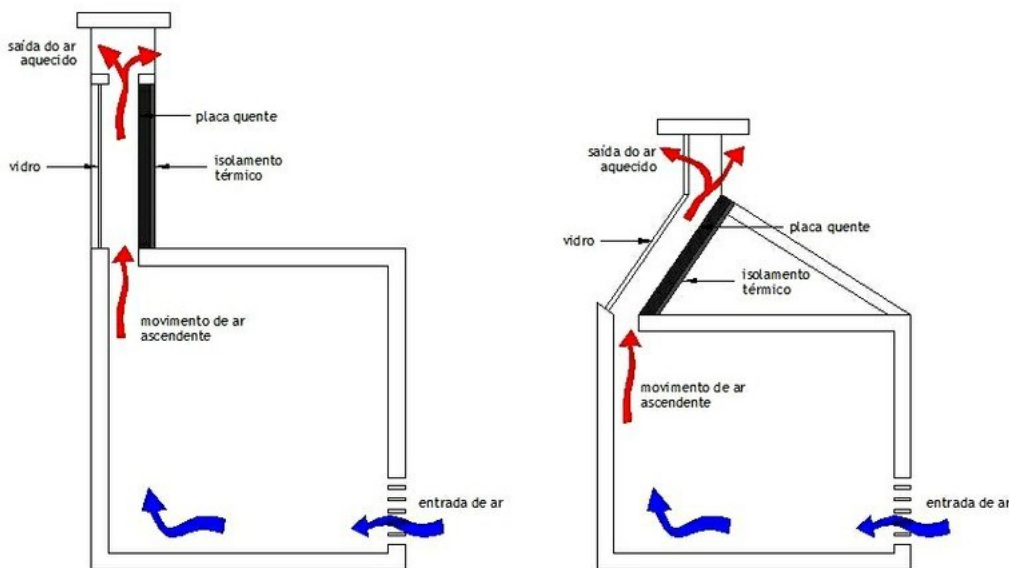


Figura 27 – Princípio de funcionamento de uma chaminé solar [10]

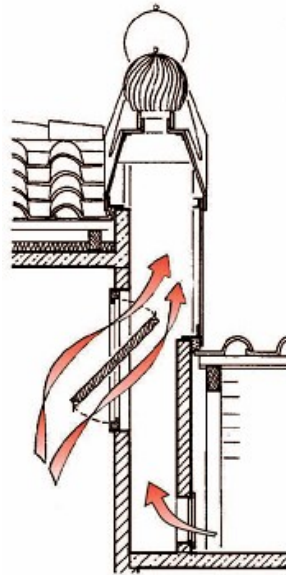


Figura 28 – Exemplo de uma chaminé solar 100[7]

Dimensionamento<sup>7</sup> de aberturas:

De acordo com o tipo de espaço e de ligação ao exterior, existem um conjunto de equações que permitem o cálculo da área de abertura recomendada para a promoção de ventilação natural. Considere-se o seguinte edifício em que os espaços apenas têm ligação ao exterior através de uma das paredes:

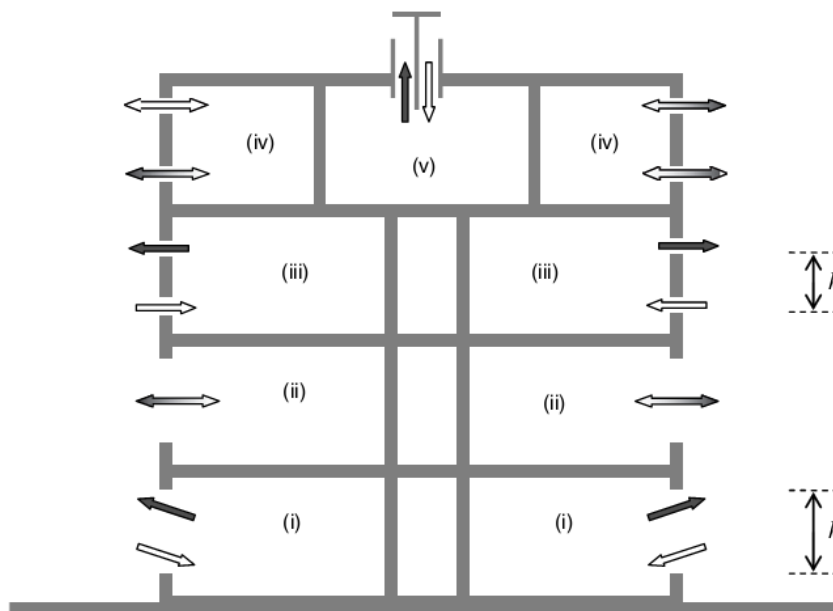


Figura 29 – Edifício com espaços com aberturas em uma das paredes [22]

<sup>7</sup> Expressões e fundamentos teóricos com base em Etheridge, David - Natural Ventilation of Building, Theory, Measurement and Design. United Kingdom: John Wiley and Sons, 2012. ISBN 978-0-470-66035-5

$$\text{Tipo (i)} A = \frac{q}{C_d} \sqrt{\frac{T_{int}}{\Delta T \cdot gh}} \quad (2)$$

$$\text{Tipo (ii)} A = \frac{q}{K \cdot U_{ref}} \quad (3)$$

$$\text{Tipo (iii)} A = \frac{q}{C_d} \sqrt{\frac{T_{int}}{\Delta T \cdot gh}} \quad (4)$$

$$\text{Tipo (iv)} A = \frac{q}{K \cdot U_{ref}} \quad (5)$$

Edifícios em que os espaços dispõem de pelo menos duas paredes com ligação ao exterior, todas as expressões são validas, sendo apenas o caudal reduzido para metade, com exceção da do Tipo (ii) que é apresentada na expressão (6) :

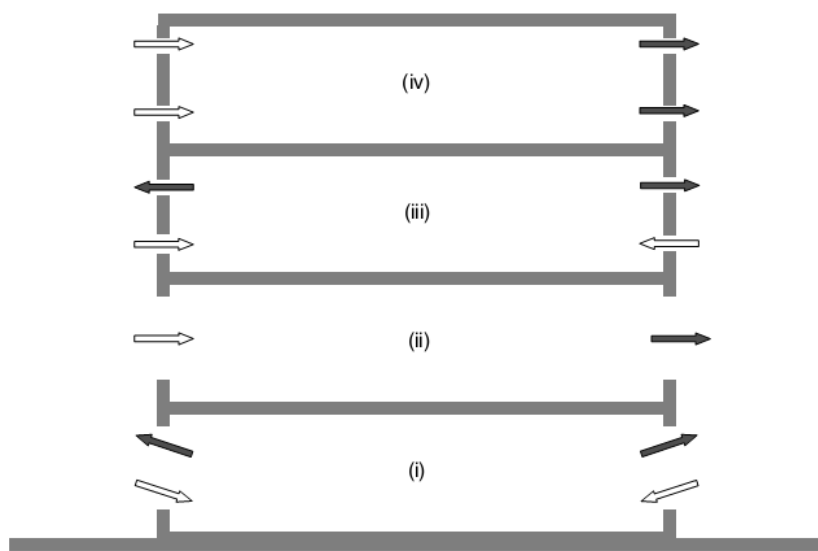


Figura 30– Edifício com espaços com aberturas em duas das paredes [22]

$$\text{Tipo (ii)} A = \frac{q}{C_d U_{ref}} \sqrt{\frac{2}{|\Delta C_p|}} \quad (6)$$

A = Área da abertura [m<sup>2</sup>]

q = Caudal de ar [m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>]

C<sub>d</sub>= Coeficiente de descarga, assume-se 0,2 na equação (2), (6)66 e 0,6 na equação (4)

C<sub>p</sub>= Calor específico do ar [J kg<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>]

T<sub>int</sub>= Temperatura no interior [°C]

ΔT= Diferença temperatura interior/exterior [°C]

g= aceleração da gravidade [ms<sup>-2</sup>]

h= Altura da abertura, na equação (4) trata-se da distância vertical entre as duas aberturas

$K$  = É um coeficiente empírico que pode variar entre 0,01 e 0,05, este coeficiente

$U_{ref}$  = Velocidade do vento de referência [ $ms^{-1}$ ]

#### 2.2.1.2.2 Arrefecimento pelo Solo

O arrefecimento pelo solo consiste no aproveitamento do solo como fonte fria, como é sabido o solo a partir de uma certa profundidade mantém uma temperatura praticamente constante ao longo de todo o ano. Assim no verão a temperatura do solo será inferior à temperatura do ar exterior, podendo assim ser usado como uma fonte para arrefecimento do espaço interior. Este pode ocorrer directamente ou indirectamente, considera-se directamente quando obtemos através da ligação directa ao solo trocas de calor, nomeadamente o pavimento paredes ou até mesmo uma cobertura. Indirectamente ocorre quando através da utilização de mecanismos, por exemplo tubagens se canaliza ar para o interior do edifício, usando as tubagens como permutadores.

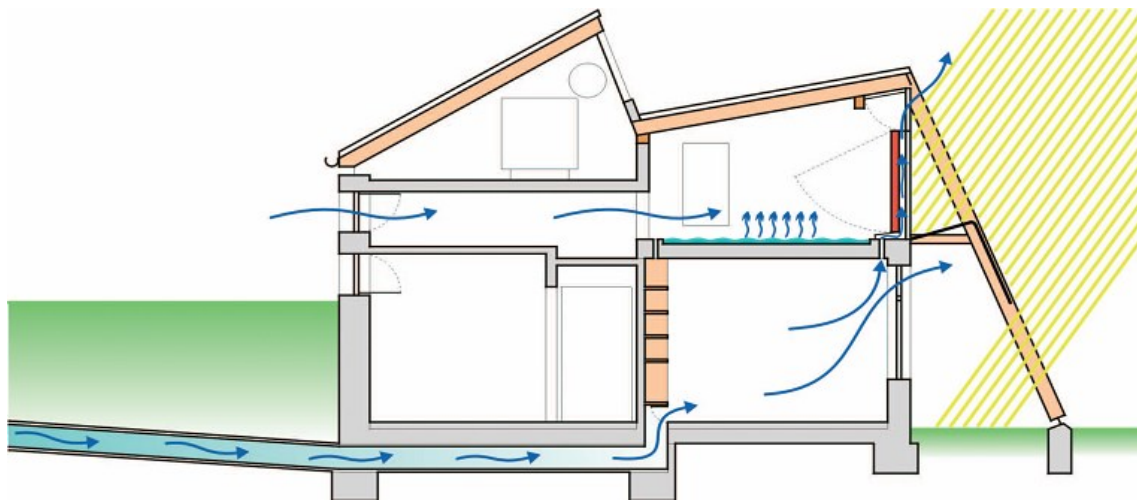


Figura 31 – Edifício com Arrefecimento pelo solo [7]

### 2.2.1.2.3 Arrefecimento Evaporativo

O arrefecimento evaporativo utiliza a o processo de diminuição de temperatura associada à evaporação de água (mudança de fase) como forma de promover o arrefecimento do edifício. Existem dois métodos, o indirecto, em que se provoca evaporação de água numa superfície, baixando a temperatura desta mas não havendo aumento de humidade no ar. E o directo, em que existe evaporação, ou fornecimento de água em gotículas à massa de ar que se pretende que penetre no edifício, neste caso a humidade do ar que irá entrar no edifício é superior. No processo directo, pode ser usado uma fonte, ou lago que exista nas imediações e promover uma correcta orientação do edifício face a ventos predominantes.

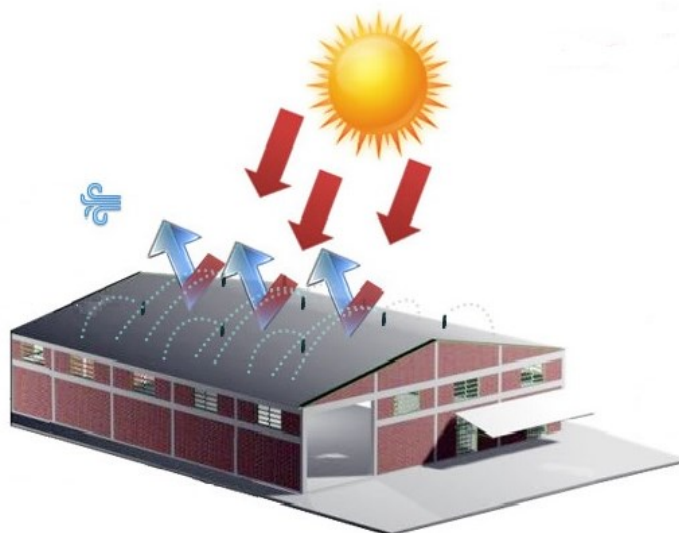


Figura 32 – Arrefecimento Evaporativo Indirecto (editada) [9]

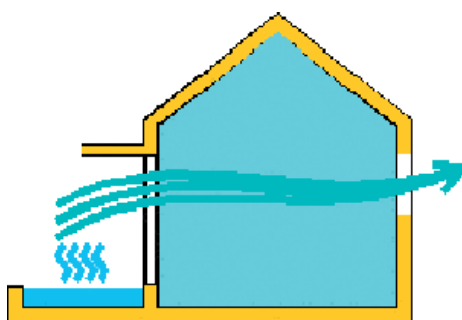


Figura 33 – Arrefecimento Evaporativo Directo [7]

## 2.2.2 Solução Convencional – Chiller + Caldeira

O conjunto Chiller + Caldeira é dos sistemas mais convencionais e usuais usados na geração de fluidos térmicos para climatização de edifícios em Portugal e talvez em todo o mundo. O Chiller é usado como fornecedor de água gelada para a climatização, tem um maior uso no verão e meia estação, podendo chegar a estar praticamente desligado de Inverno. A caldeira tem funcionamento praticamente contínuo ao longo do ano, com diferentes requisitos de potência, seja climatização (inverno e meia estação) ou suprimento de necessidades de águas quentes sanitárias.

### 2.2.2.1 Chiller

Existem diversos tipos de chillers podendo ser divididos em dois grandes grupos, os chillers de compressão e os chillers de absorção.

#### Chillers de Compressão

Um chiller de compressão tem o funcionamento baseado num ciclo frigorífico, em que um fluido refrigerante circula através de um compressor, condensador, válvula de expansão e evaporador. Sucintamente as etapas em um ciclo frigorífico de um chiller (condensação a água) são as seguintes:

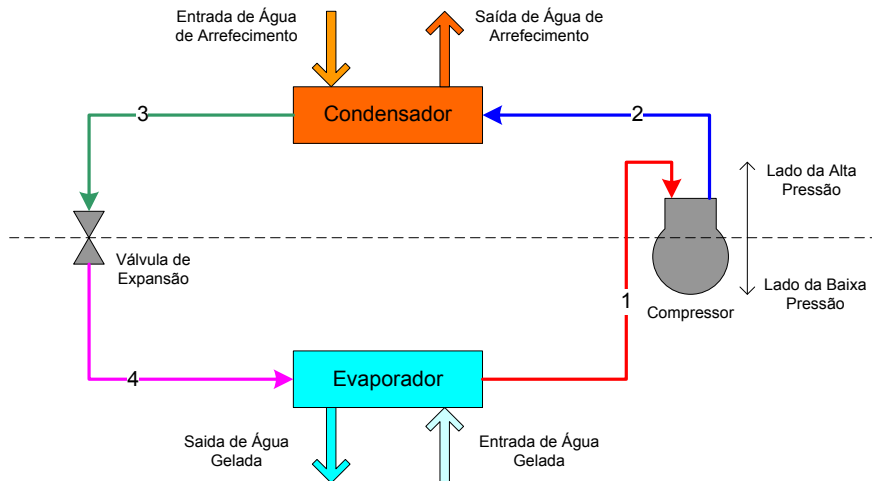


Figura 34 – Ciclo Frigorífico – Chiller condensação a água

#### Compressão do fluido refrigerante no compressor (Etapa 1-2)

O fluido frigorígeno encontra-se no estado gasoso à saída do evaporador entrando então na linha de aspiração (1) do compressor que lhe fornece energia, levando-o de um estado de baixa pressão e baixa temperatura, a um estado de alta pressão e alta temperatura (2).

#### Rejeição de Calor no condensador (Etapa 2-3)

O fluido frigorígeno encontra-se agora a alta temperatura e alta pressão depois do estágio de compressão, ao atravessar o condensador, irá trocar calor com uma fonte mais fria (seja água ou ar) ao longo deste processo de rejeição o fluido irá condensar e perder calor, sendo este captado pela água de arrefecimento (ou ar). Esta água aquecida pode ser arrefecida numa torre de arrefecimento, ou utilizada em soluções de aquecimento, chillers com recuperação de calor.

#### Expansão na válvula de expansão (Etapa 3 -4)

O fluido frigorígeno entra na válvula e é expandido, neste processo graças às características inerentes do fluido, este ao diminuir a sua pressão sofrerá uma diminuição de temperatura.

#### Absorção de calor no evaporador (Etapa 4-1)

Nesta etapa o fluido entra no evaporador no estado líquido, a baixa pressão e a baixa temperatura. É no evaporador que o mesmo troca calor com a água arrefecida que será utilizada para climatização, captando o calor existente na água gelada. Assim esta água entra no

evaporador normalmente a cerca de 12°C saindo a 7°C (temperaturas típicas). Neste processo de captação de calor o fluido irá evaporar saindo no estado gasoso para a linha de aspiração do compressor, podendo o ciclo assim ser reiniciado.

### Eficiência

A eficiência destes equipamentos é normalmente medida pelo Energy Efficiency Ratio (EER) que é uma relação entre a capacidade de arrefecimento e a energia eléctrica de entrada, necessária à obtenção dessa capacidade.

$$EER = \frac{\text{output cooling energy [kWh]}}{\text{input electrical energy [kWh]}} \quad (7)$$

Existe ainda o European Seasonal Energy Efficiency Ratio (ESEER), que corresponde a uma relação que considera a variação do EER de acordo com a carga e com as condições térmicas exteriores. No fundo avalia ao longo do ano a eficiência do chiller de acordo com a sazonalidade<sup>8</sup> das cargas.

$$ESEER = A \times EER(100\%) + B \times EER(75\%) + C \times EER(50\%) + D \times EER(25\%) \quad (8)$$

Em que:

Porcentagem de Carga do Equipamento	Parâmetros ESEER	
	Temperatura do Ar Exterior	Coefficientes de Ponderação
100%	35	A=3%
75%	30	33%=B
50%	25	41%=C
25%	20	23%=D

Tabela 22 – Parâmetros para obtenção do ESEER

Sempre que se opta pela solução de um chiller, estes parâmetros devem ser levados em conta e tentar que sejam o mais alto possível, promovendo assim uma maior eficiência energética e uma redução potencial nos consumos.

### Chillers de Absorção

Os chillers de absorção distinguem-se dos de compressão pelo facto do princípio de funcionamento associado, ser um processo termoquímico de absorção, utilizando para tal, uma solução de um sal. Estes chillers permitem gerar água gelada a partir de uma fonte de calor, sendo assim indicados por exemplo para cogerações, aproveitando calor que seria rejeitado. Existem também já casos em que são utilizados com painéis solares de elevada temperatura como fonte de calor. Este tipo de chillers apresenta o seguinte ciclo de funcionamento.

<sup>8</sup> Sazonalidade de cargas: Os chillers são dimensionados para uma capacidade de pico, esta necessidade da potência de pico possui sazonalidade, isto é, não é constante ao longo do ano, aliás a menor percentagem de funcionamento é normalmente no pico. Sendo o EER normalmente indicado para o pico o indicado ESEER reflecte melhor o desempenho energético ao longo de um ano.



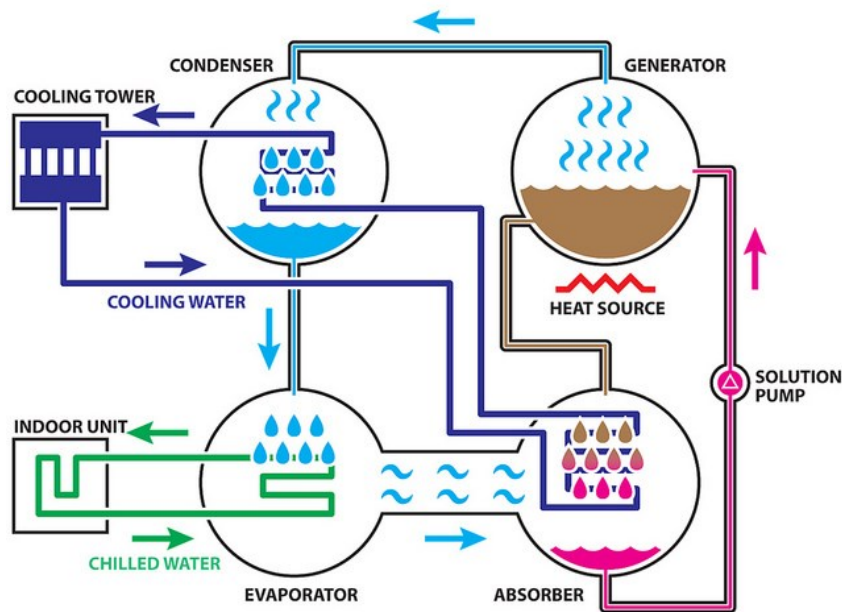


Figura 35 – Circuito Frigorífico Chiller de Absorção [11]

### Evaporador

A água gelada (chilled water) entra a cerca de 14°C nos tubos que compõem a serpentina do evaporador e o fluido refrigerante (água), é despejado sobre as alhetas a cerca de 4°C evaporando e absorvendo calor, a evaporação a tão baixas temperaturas ocorre pelo facto de a câmara do evaporador se encontrar sobre vácuo. Permitindo que a água gelada saia da serpentina a cerca de 7°C.

### Absorvedor

O fluido refrigerante no estado de vapor é atraído por um absorvedor. Uma solução salina tem a capacidade de captar o vapor, absorvendo-o. Esta solução salina é agora pouco concentrada e é bombeada para a próxima “etapa”.

### Gerador

É no gerador que será utilizada a fonte de calor necessária ao processo, seja ela de um aproveitamento de gases de cogeração ou solar. No gerador entra a solução salina com baixa concentração, mas já com alta pressão, é nesta altura que com auxílio da fonte de calor a solução será de novo concentrada à custa da evaporação da água de refrigeração. A solução agora concentrada volta ao absorvedor, o vapor, segue para o condensador.

### Condensador

O condensador recebe a água de refrigeração no estado de vapor, este vapor será obrigado a mudar de estado ao entrar em contacto com água de arrefecimento proveniente de um fonte fria, por exemplo uma torre de arrefecimento, ao condensar irá rejeitar o calor e ficará disponível para entrar novamente no evaporador, retomando assim o ciclo.

#### **2.2.2.2 Caldeira**

É a fonte de calor mais comum para a obtenção de águas quentes sanitárias ou de aquecimento presente em centrais térmicas de edifícios. Sucintamente é um sistema em que é realizada a

queima de combustível sobe uma serpentina/permutador onde circula a água a aquecer, esta água pode ser canalizada para um sistema fechado de aquecimento, um depósito ou até mesmo directamente para águas quentes sanitárias. Existem ainda um outro tipo de caldeiras muito usado, as caldeiras de condensação, em que são aproveitados os gases de escape para realizar um pré-aquecimento da água de retorno ao permutador da caldeira, diz-se de condensação pelo facto do vapor dos gases de escape acabar por condensar neste pré-aquecimento, sendo depois necessário encaminhar estes condensados.



Figura 36 – Caldeira de Convencional vs Condensação – Aquecimento [12]

### 2.2.3 Solução Alternativa – Bomba de Calor Geotérmica

Uma solução alternativa às anteriormente apresentadas passa por utilizar a temperatura do solo para realizar tanto o aquecimento como arrefecimento de todos os espaços do edifício. Para que seja possível este aproveitamento será necessário recorrer a um equipamento que é chamado de bomba de calor.

#### Bomba de Calor

Uma bomba de calor define-se pela capacidade de transferir calor de um ambiente para outro através do uso de um fluido frigorígeno.

#### Geotermia

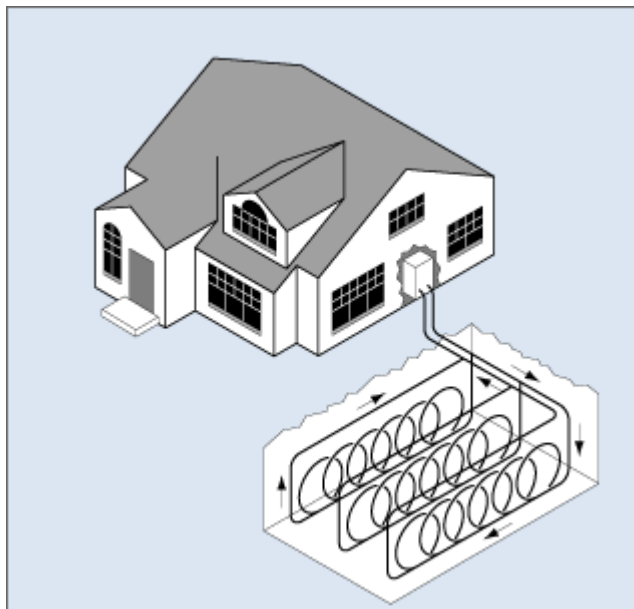
Uma bomba de calor geotérmica usa a temperatura relativamente constante abaixo do solo, seja do próprio solo ou de água em lençóis freáticos.

#### 2.2.3.1 *Sistemas Circuito Fechado*

Os sistemas de bomba de calor geotérmica de circuito fechado usam na sua maioria como fluido um solução anticongelante, normalmente o circuito fechado é estabelecido com tubagens em pvc no solo de forma vertical, horizontal ou por exemplo num lago. Esta tubagem é ligada a um permutador de calor que se encontra dentro da bomba de calor.

### Sistema Horizontal

A opção por estabelecer o circuito fechado de forma horizontal, é do ponto de vista económico o mais vantajoso, uma vez que permite menores gastos em furações, no entanto uma vez que as tubagens serão enterradas a uma profundidade mínima de 1,2m (normalmente estabelecem-se dois circuitos um a cerca de 1,2m e outra a cerca de 1,8m) existe a necessidade de ocupar uma grande área. Esta solução adequa-se a casos em que existe uma grande área de jardim.



**Figura 37 – Sistema Aproveitamento Geotérmico Circuito Fechado Horizontal [13]**

### Sistema Vertical

O sistema vertical usa-se quando a área necessária para a implementação de um sistema horizontal se torna incomportável, no caso de um edifício com grandes necessidades térmicas, ou quando o solo não apresenta características adequadas para a abertura de valas. O sistema vertical é composto por furos de cerca de 10 cm de diâmetro espaçados de cerca de 6 metros entre si, a profundidade destes furos varia entre os 30 e os 120 metros. Em cada furo são instalados dois tubos unidos na extremidade inferior por um acessório em U, é depois criada uma malha horizontal que une todos as tubagens verticais em colectores, estes colectores ligar-se-ão à bomba de calor.

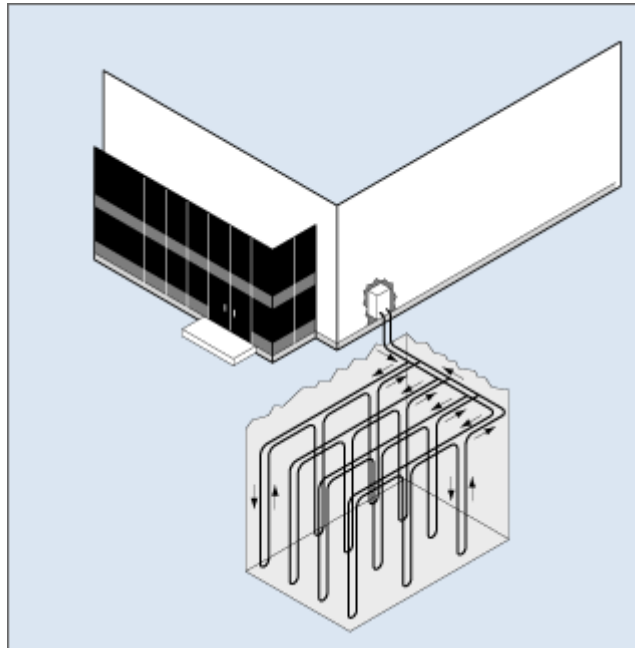


Figura 38 – Sistema Aproveitamento Geotérmico Circuito Fechado Vertical [13]

### Lagoa/Lago

Se nas imediações do edifício existir uma lagoa ou lagoa em que o volume de água, profundidade e qualidade seja adequado, então esta solução pode ser vista como uma possibilidade. É uma solução mais barata e consiste na instalação das tubagens em forma de espiral dentro da lagoa/lago a uma profundidade de cerca de 2,5m de modo a evitar congelamentos.

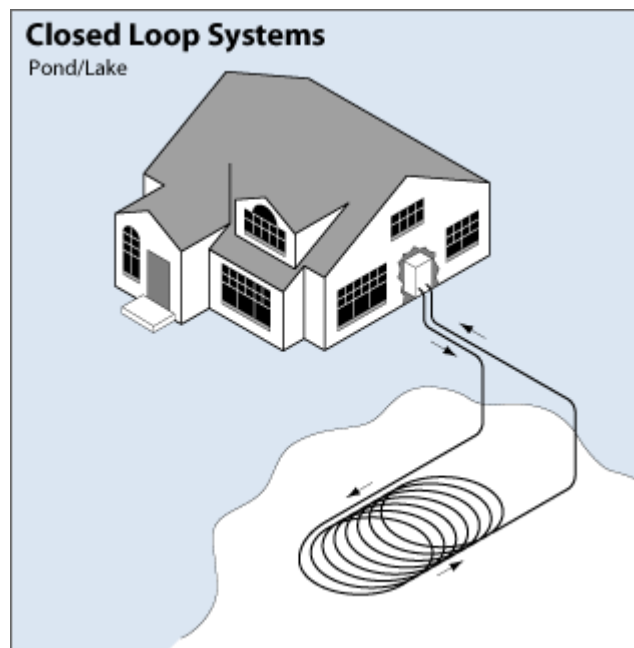


Figura 39 – Sistema Aproveitamento Geotérmico Circuito Fechado em Lago ou Lagoa [13]

### 2.2.3.2 *Sistemas Circuito Aberto*

Um sistema de circuito aberto usa água directamente como fluido para realizar as trocas de calor com o exterior e a bomba de calor, basicamente é um sistema em que são criados dois poços, um para retorno da água ao solo e outro para captação. Esta solução só pode ser implementada em situações muito específicas, pois há a necessidade de existir uma fonte de água relativamente limpa e também ao nível ambiental, pois poderão existir restrições

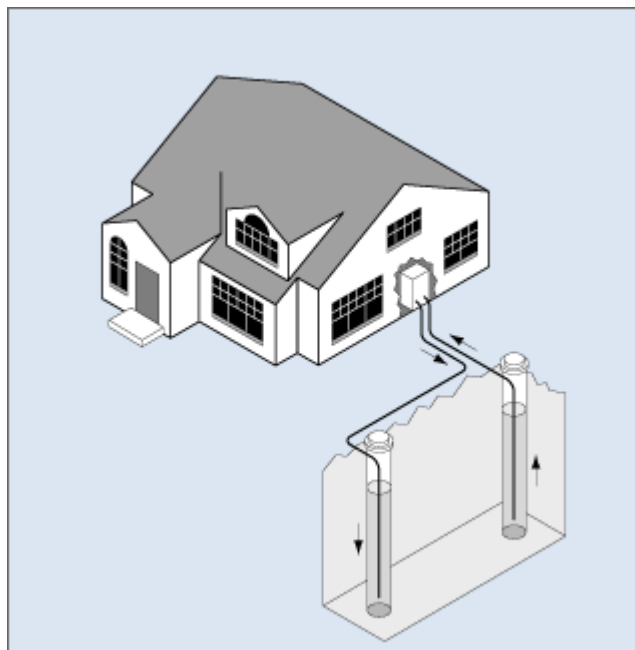


Figura 40 – Sistema Aproveitamento Geotérmico Circuito Aberto [13]

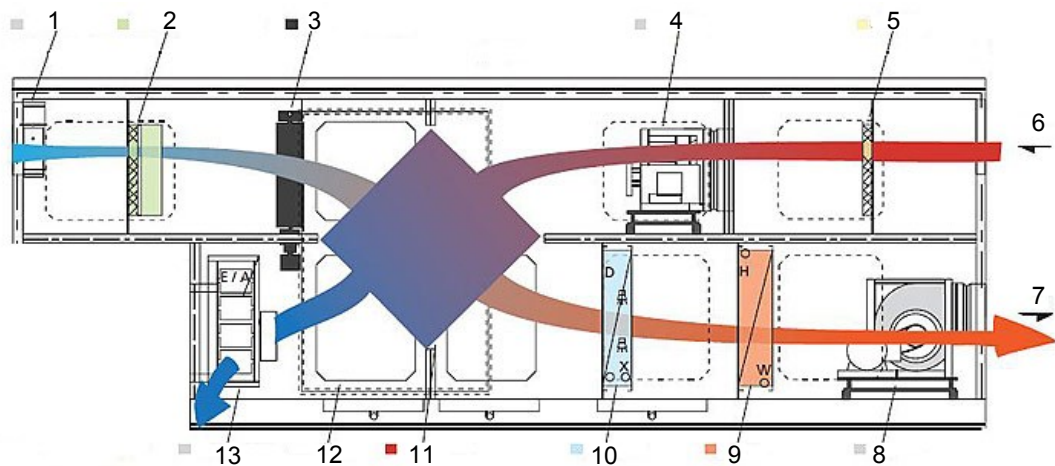
### 2.2.4 *Sistemas de distribuição e tratamento de ar*

Nos pontos anteriores 3.2.2 e 3.2.3 foram abordadas formas de produção de fluidos térmicos para climatização, no entanto existe depois a necessidade de utilizar equipamentos para “tratar” o ar dos espaços consequentemente climatizando-os. Estes equipamentos podem ser apenas a um nível de unidades terminais ou até mesmo a conjugação de vários tipos de unidades para o tratamento de um mesmo espaço, também eles permitem medidas de aproveitamento energético. De seguida serão descritos muito sucintamente estes equipamentos.

#### 2.2.4.1 *Unidades de tratamento de ar – UTA's*

São unidades de grandes dimensões, normalmente de composição modular, que têm capacidade para tratar o ar, ou seja, modificar as condições do ar tanto ao nível de temperatura como de humidade. São normalmente compostas por baterias de água quente e/ou de água arrefecida, ou até mesmo com baterias de expansão directa, também podem ter módulos de humedificação. Possuem módulos de filtragem e de ventilação.

Possuem diversas formas de aproveitamento energético, seja uma roda térmica, permutadores de placas, módulos de mistura ou sistemas de “run-around-coil”.



- |                                      |  |
|--------------------------------------|--|
| 1. Registo de entrada de ar exterior | 8. Ventilador de Insuflação                              |
| 2. Pré Filtro e Filtro de Admissão   | 9. Bateria de Aquecimento                                |
| 3. Registos de Bypass                | 10. Bateria de Arrefecimento                             |
| 4. Ventilador de Retorno             | 11. Módulo permutador placas para recuperação de energia |
| 5. Filtro de Ar de Retorno           | 12. Unidade de controlo                                  |
| 6. Ar de Retorno                     | 13. Registo de ar de exaustão                            |
| 7. Ar de Insuflação                  |  |

Figura 41 – Exemplo de UTA com recuperação do tipo permutador de placas a funcionar em aquecimento

#### 2.2.4.2 Ventiloconvectores

As unidades do tipo ventiloconvector são unidades terminais, isto é normalmente associadas a um só espaço e localizadas no espaço ou próximo deste. São normalmente unidades compostas por unidade de ventilação, baterias de aquecimento/arrefecimento e unidade de filtragem e tabuleiro de condensados. Dizem-se a 2 ou 4 tubos consoante possuam uma ou duas baterias para água. O ar novo fornecido ao espaço e que passe por estas unidades pode ser ar pré – tratado de uma UTA ou ar novo directamente do exterior.



Figura 42 – Exemplo de Ventiloconvector a 4 tubos.

#### 2.2.4.3 Vigas Arrefecidas (Chilled beams)

As vigas arrefecidas são constituídas por uma bateria de água fria, um pleno de ventilação para receber ar primário tratado e aberturas para difusão, não possuem ventilador. Podem ser passivas ou activas, consoante recebam directamente ar primário previamente tratado em uma UTA ou não. As unidades passivas apenas podem funcionar em modo de arrefecimento, pelo facto de o ar quente ter tendência a subir e o ar arrefecido não.

As unidades activas funcionam segundo o princípio de indução forçada, ou seja a unidade quando em funcionamento em modo de arrefecimento “obriga” o ar quente do espaço a subir e a

passar na bateria de arrefecimento graças ao ar primário que é debitado na unidade e ajuda a criar o referido efeito de indução, em aquecimento o princípio é o mesmo. Estas unidades requerem uma maior preocupação com o controlo de humidade do espaço, pois se o nível não for o acertado podem dar-se condensações, que são indesejáveis uma vez que por limitações construtivas estas unidades não possuem tabuleiro de condensados.

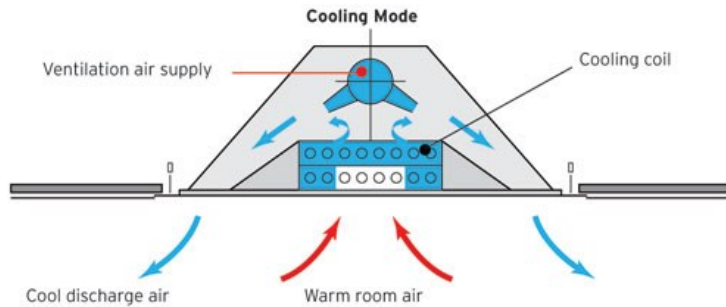


Figura 43 – Unidade Activa “chilled beam” em arrefecimento [14]

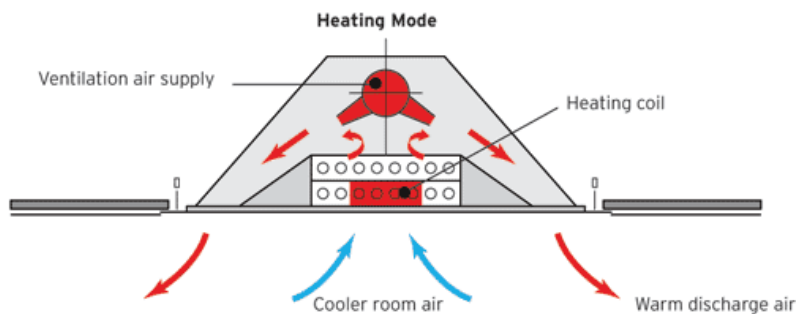


Figura 44 – Unidade Activa “chilled beam” em aquecimento [14]

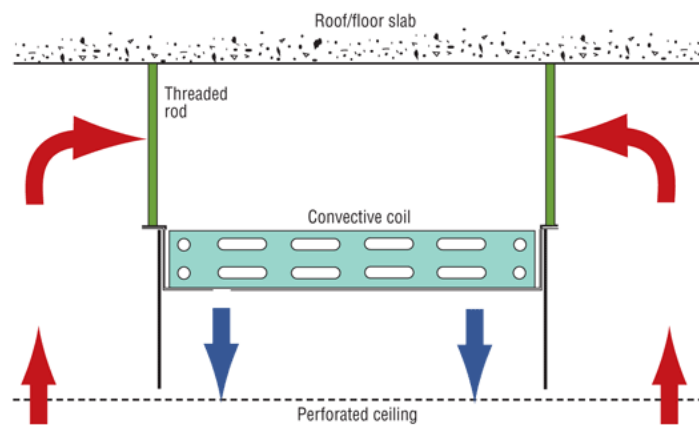


Figura 45 – Unidade Passiva “chilled beam” [14]

#### 2.2.4.4 Módulos de variação de caudal

Os módulos de variação de caudal são no fundo unidades de controlo de volume de ar que passa para um determinado espaço, possuem um registo motorizado com um actuador que consoante a temperatura do espaço, aumenta ou diminui a abertura do registo fornecendo mais ar ou menos. Estas unidades necessitam obrigatoriamente de uma unidade primária que lhes forneça o ar previamente tratado. São unidades que podem por vezes ter uma bateria de reaquecimento.



**Figura 46 – Módulo de variação de caudal, sem reaquecimento**

#### **2.2.4.5 Pavimento aquecido e/ou tecto arrefecido**

O pavimento aquecido pode ser eléctrico ou a água, mas acaba por seguir o mesmo princípio, que resulta da instalação de um cabo eléctrico de aquecimento ou uma tubagem para água quente na laje de pavimento sendo que a mesma irá funcionar como dissipador aquecendo o espaço. O tecto arrefecido segue o mesmo princípio mas apenas existe a água.

#### **2.2.4.6 Sistemas de Expansão Directa**

Os sistemas de expansão directa vão desde os vulgares splits, a sistemas bem mais complexos tais como os de volume de fluido refrigerante variável vulgo “VRF”. Estes sistemas têm a particularidade de não utilizar água mas sim fluido refrigerante, as unidades terminais são em tudo idênticas aos ventiloconvectores, exceptuando claro a bateria.

### **2.3 Sistemas de Produção de Energia**

De modo a ser possível atingir o NZEB existe a necessidade de produzir localmente ou nas imediações toda a energia que o edifício venha a consumir ao longo de um ano. Esta produção para contribuir activamente para o balanço terá de ser proveniente de fontes renováveis. Uma vez que será impossível um edifício sobreviver sem consumo eléctrico nos dias de hoje é então vital a geração de energia eléctrica.

#### **2.3.1 Solar Fotovoltaico**

O sistema de produção solar fotovoltaico baseia-se na capacidade de se obter energia eléctrica directamente da radiação solar. O efeito fotovoltaico consiste no aparecimento de uma diferença de potencial nos extremos de uma estrutura de material semiconductor, resultante da absorção de radiação solar. Este fenómeno foi relatado por Edmond Becquerel em 1839.

##### **2.3.1.1 Princípio de Funcionamento**

Um painel fotovoltaico genericamente é composto por diversas células fotovoltaicas ligadas entre si, é portanto a célula o elemento fundamental de um sistema fotovoltaico.

Eis como se dá o fenómeno:

A radiação solar incidente no material semiconductor da célula gera pares electrão-lacuna em ambos os lados da junção p-n que se movem por acção do campo eléctrico da junção em sentidos contrários. As lacunas no material do tipo p movem-se para a base da célula, enquanto que os electrões no material do tipo n se movem para a superfície superior. A corrente gerada no interior do semiconductor é recolhida através de uma rede de contactos metálicos colocados no topo e base da célula fechando o circuito.



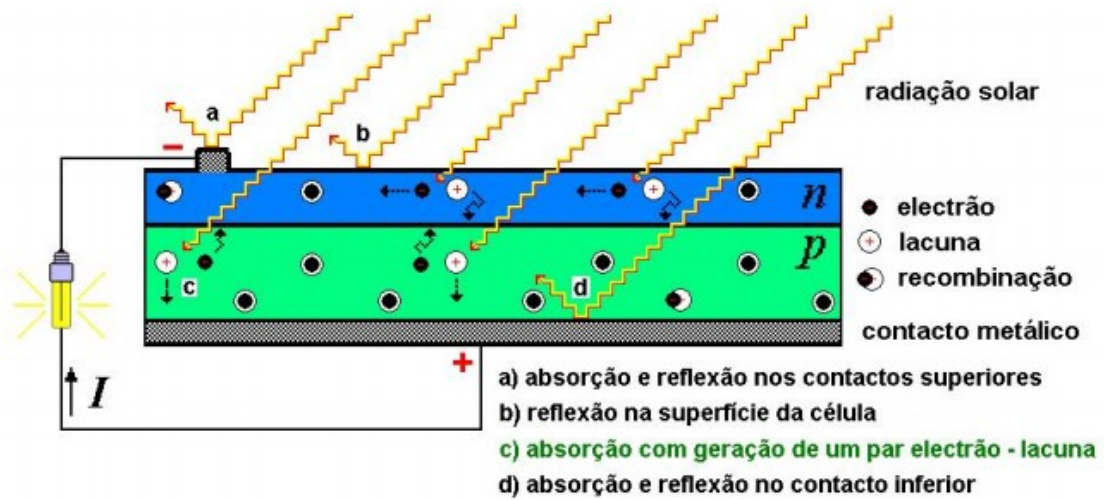


Figura 47 - Funcionamento célula fotovoltaica [15]

### 2.3.1.2 Tecnologias

Os painéis usados, são na grande maioria dos casos compostos por células fotovoltaicas com semicondutores em silício. Existem três tecnologias diferentes, o silício monocristalino, o silício multicristalino e o silício amorfo.



Figura 48 – Silício monocristalino [15]

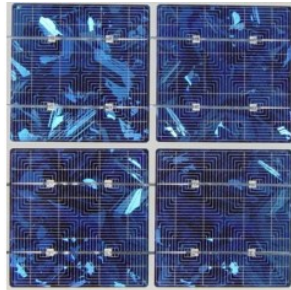


Figura 49 - Silício multicristalino [15]

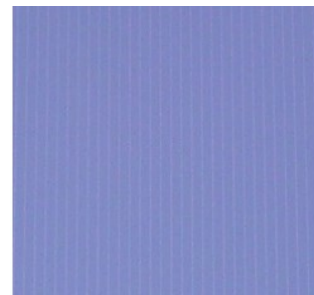


Figura 50 – Silício amorfo[15]

Os rendimentos médios são os seguintes:

Tecnologia	Célula em Laboratório	Módulos de Mercado
Silício monocristalino	24,7 %	17%
Silício multicristalino	19,8 %	14%
Silício amorfo	12,7 %	6%

Tabela 23 – Rendimentos médios células e módulos de silício [15]

Existem também outras tecnologias de aproveitamento solar que no fundo consistem no acto de adicionar aos módulos anteriormente apresentados dispositivos de concentração dos raios solares.

### Sistemas com óptica de reflexão (baixa concentração) $C < 10$

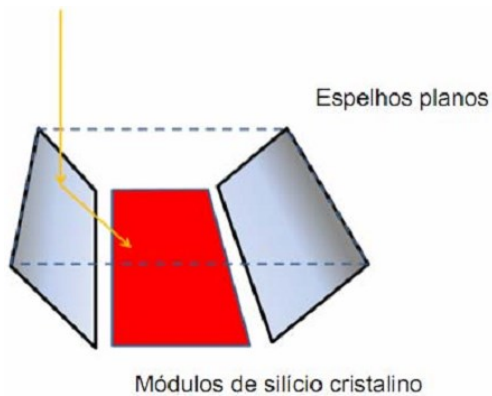


Figura 51 – Princípio de funcionamento sistema de reflexão – baixa concentração [15]



Figura 52 – Exemplo de fotovoltaico com tecnologia de reflexão – baixa concentração [15]

### Sistemas com óptica de reflexão (alta concentração) $C > 500$

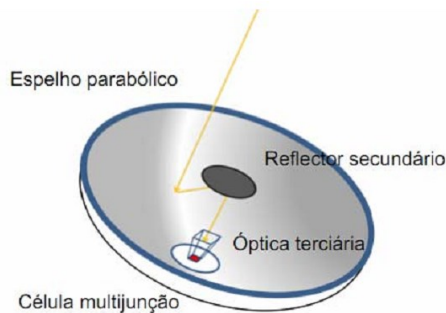


Figura 53 – Princípio de funcionamento sistema de reflexão – alta concentração [15]



Figura 54 – Exemplo de fotovoltaico com tecnologia de reflexão – alta concentração [15]

### Sistemas com óptica de refração (alta concentração) $C > 500$

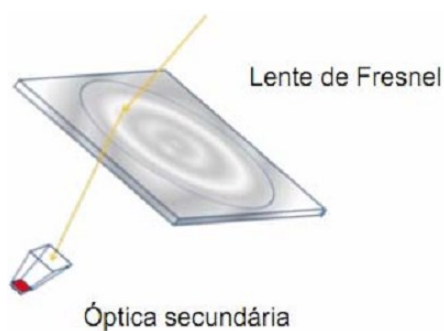


Figura 55 – Princípio de funcionamento sistema de refração – alta concentração [15]



Figura 56 – Exemplo de fotovoltaico com tecnologia de refração – alta concentração [15]

### Sistemas fotovoltaicos com aproveitamento térmico

Os sistemas fotovoltaicos são afectados pela temperatura, perdendo rendimento com o aumento de temperatura, assim é possível aproveitar a energia não absorvida pelos painéis fotovoltaicos e ainda promover o seu bom desempenho recolhendo a energia para aquecimento térmico.



Figura 57 – Exemplo de fotovoltaico com aproveitamento térmico [15]

### 2.3.1.3 Componentes de um Sistema Fotovoltaico

Os sistemas fotovoltaicos para funcionarem necessitam de outros componentes além dos módulos (painéis). Genericamente podem possuir equipamentos de conversão e controle (regulador de carga, inversor, fusíveis, etc.), e sistemas de armazenamento de energia (baterias, etc.).

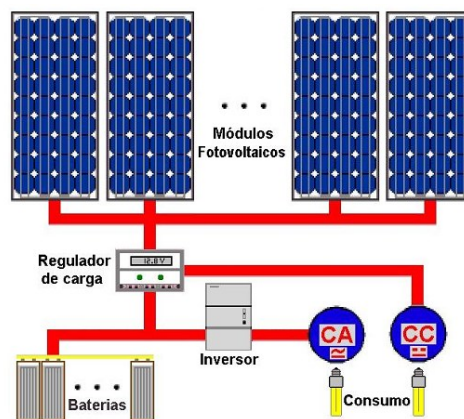


Figura 58 – Esquema tipo de um sistema fotovoltaico e seus componentes [15]

Os sistemas fotovoltaicos podem ser classificados basicamente em três tipos: sistemas autônomos, sistemas híbridos e sistemas ligados à rede pública.

### Sistemas Fotovoltaicos autónomos

Tipicamente utilizados em aplicações rurais, são sistemas que costumam ser dimensionados para satisfazer completamente o consumo de energia eléctrica do edifício.

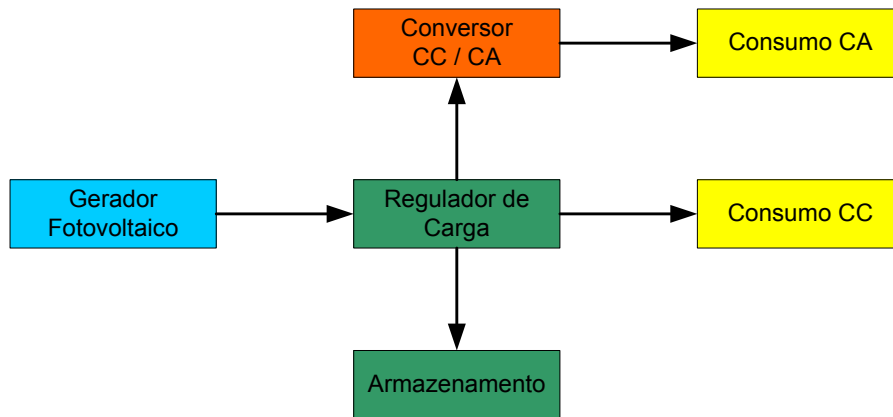


Figura 59 – Diagrama de blocos, sistema fotovoltaico autónomo

### Sistemas híbridos

São sistemas que combinam não só o módulo fotovoltaico para geração como também um outro gerador, que pode ser eólico ou até um gerador diesel. São sistemas mais complexos, mas do ponto de vista energético são mais fiáveis relativamente aos autónomos

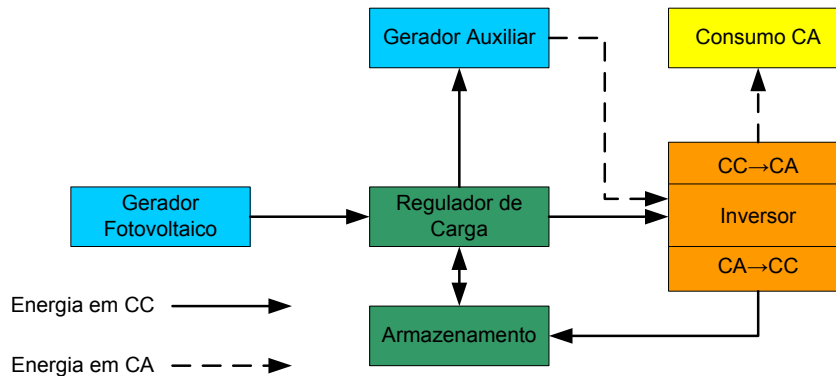


Figura 60 – Diagrama de blocos, sistema fotovoltaico híbrido

### Sistemas ligados à rede pública

Estes sistemas são caracterizados por normalmente injectarem a energia na rede durante o dia e consumirem energia da rede durante a noite ou quando a produzida não é suficiente para satisfazer o consumo. Geralmente não incluem sistema de armazenamento.

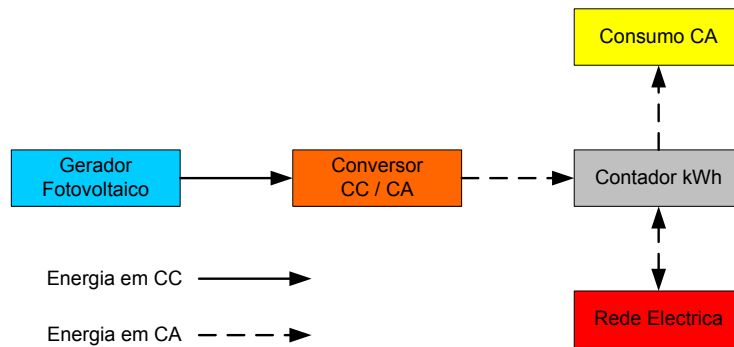


Figura 61 – Diagrama de blocos, sistema fotovoltaico ligado à rede pública

### 2.3.2 Solar Térmico

Os sistemas solares térmicos utilizam colectores para converter energia contida na radiação solar em energia em sistemas de aquecimento de água ou ar. Existem vários tipos de colectores.

Os colectores solares possuem uma geometria que pode ser dividida em três aspectos:

- Dimensão total do colector, que corresponde às suas dimensões exteriores
- Área da superfície de abertura que corresponde à área através da qual a radiação solar passa para o colector
- Área de captação que corresponde à área da superfície da placa absorvora

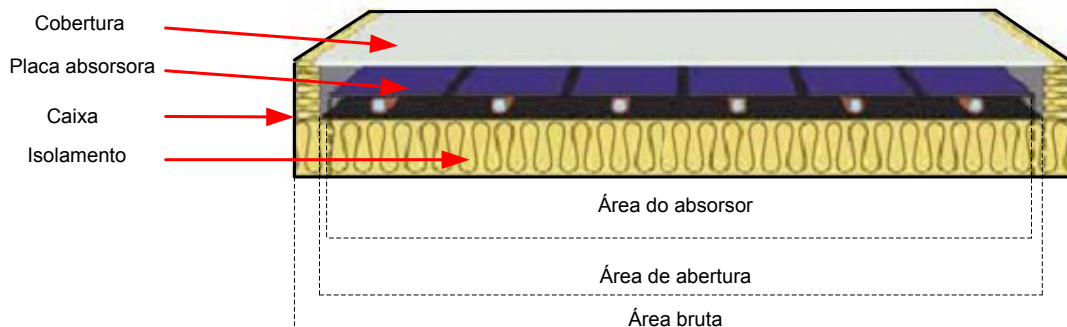


Figura 62 – Corte Esquemático Colector Solar Térmico [16]

A placa ou superfície absorvora corresponde a um componente do colector que absorve a energia da radiação solar e transfere-a para o fluido que nele circula (normalmente uma mistura de água e anticongelante) através de tubos ou canais de escoamento. Esta placa tem um elevado grau de absorvidade de calor e uma baixa emissão, normalmente é metálica e de cor escura.

Os colectores dispõem de isolamento que é instalado entre a caixa e a placa absorvora (paredes), este isolamento tem como objectivo diminuir as perdas por convecção.

A caixa tem como objectivo proteger e suportar os diversos elementos do colector. Tanto a placa absorvora como o isolamento encontram-se dentro da caixa sendo protegidos depois por uma cobertura transparente.

A cobertura tem como objectivo absorver a radiação térmica emitida pela placa absorvora, (tem por isso uma baixa reflexão), aumentar a sua temperatura e emitir por sua vez radiação pelas duas faces. Limitando assim as perdas por convecção da placa absorvora.

### 2.3.2.1 *Tipos de Colectores*

#### Colectores solares sem cobertura

Consistem apenas numa placa absorsora, sem cobertura revestimento e isolamento térmico. São tubos de plástico colocados em forma de esteira unidos por dois tubos de maior diâmetro nas partes inferior e superior. Possuem uma eficiência baixa relativamente aos colectores planos.



Figura 63 – Colectores solares sem cobertura [16]

#### Colectores solares com cobertura

São os colectores mais convencionais compostos por uma superfície absorsora, fixada a uma caixa estanque e com uma cobertura transparente. Possuem uma menor eficiência que os colectores de vácuo e parabólicos.

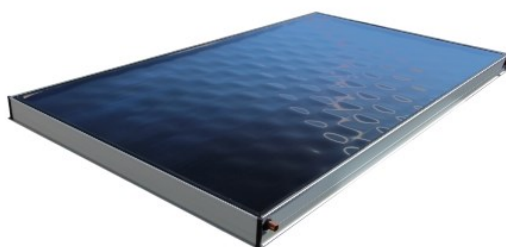


Figura 64 – Colector solar com cobertura [16]

#### Colectores solares parabólicos compostos (CPC's)

São compostos por uma série de reflectores, com uma forma que lhes confere uma óptica de baixa concentração. Por cima de cada reflector é colocada uma alheta (superfície absorsora) em contacto com o tubo por onde circula o fluido a aquecer. Possuem uma elevada eficiência mesmo com elevadas temperaturas entre o absorsor e o meio envolvente, elevada eficiência com baixa radiação.

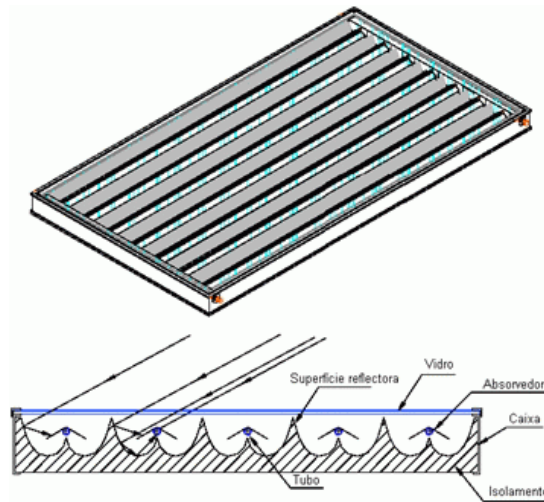


Figura 65 – Coletor solar parabólico composto [16]

### Colectores com tubos de vácuo

Consistem geralmente em tubos de vidro transparente (tubo de vácuo) cujo interior contém tubos metálicos (absorvedores). O calor captado por cada elemento é transferido para o absorvedor, geralmente de cobre, que está dentro do tubo. Desta maneira o fluido térmico aquece e pelo vácuo, reduzem-se as perdas térmicas para o exterior. No interior a pressão do ar é muito reduzida impedindo a troca de calor por convecção. De entre o tipo de colectores estão no grupo dos com maior eficiência.

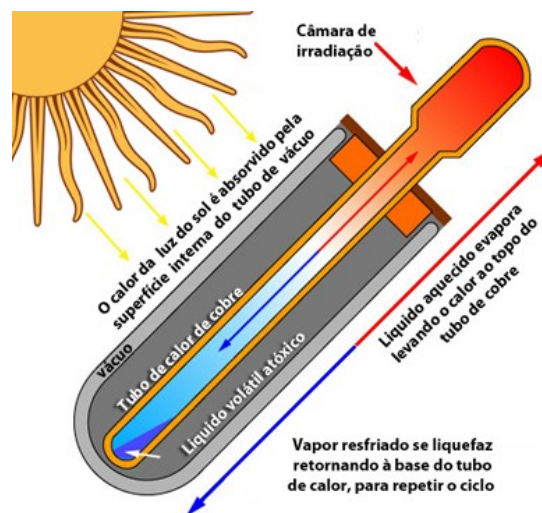


Figura 66 – Colectores com tubos de vácuo [16]

#### 2.3.2.2 *Esquema térmico*

Os sistemas solares térmicos tal como os fotovoltaicos não são só constituídos pelos colectores, assim compõem o sistema, captadores, circuladores, depósitos, válvulas, permutadores bem como os diversos dispositivos de comando e actuação.

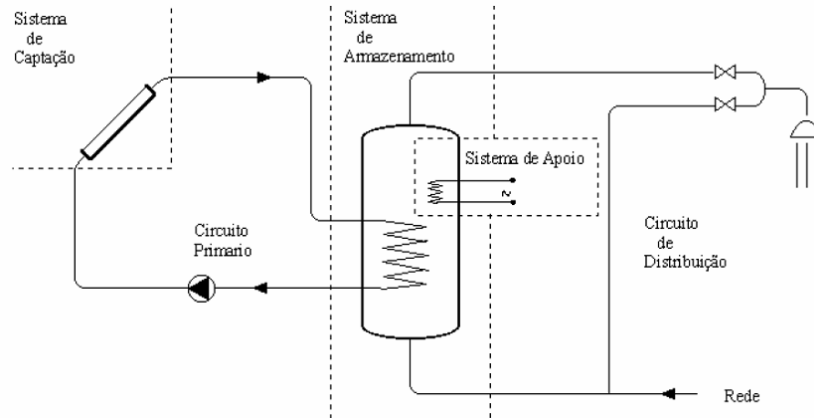


Figura 67 – Esquema tipo de um sistema de aproveitamento solar térmico [17]

### 2.3.3 Eólico em Edifícios

As turbinas eólicas usam a energia do vento para a produção de energia eléctrica, a sua aplicação directa em edifícios ainda é limitada. É uma solução que quando implementada directamente em edifícios apresenta alguns constrangimentos técnicos.

#### 2.3.3.1 Princípio de funcionamento

Existem duas grandes famílias de geradores eólicos, os de eixo vertical e os de eixo horizontal, tendencialmente os mais utilizados são os de eixo horizontal, pois o seu desempenho é superior.

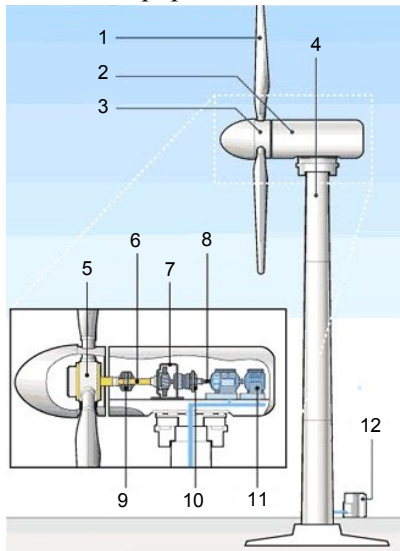
#### Aerogeradores de Eixo Horizontal

Os aerogeradores de eixo horizontal são os mais comuns, pois o seu rendimento aerodinâmico é superior em relação aos de eixo vertical sendo também passíveis de menores esforços mecânicos. Os geradores de eixo horizontal ainda se dividem em duas categorias:

- Frontais “Upwind”: Captam o vento pela parte frontal, são orientáveis de forma motorizada
- Retaguarda “Downwind”: Captam o vento pela retaguarda, apresentam a vantagem de ser auto-orientados



Os aerogeradores de eixo horizontal são na sua generalidade compostos pelos seguintes equipamentos:



1. Pá do Rotor
2. Nacele
3. Cubo
4. Torre
5. Cubo do Rotor
6. Eixo de Baixa velocidade
7. Caixa de Velocidades
8. Eixo de Alta velocidade
9. Travão (Disco)
10. Travão (Disco)
11. Gerador
12. Transformador

Figura 68 – Composição aerogerador de eixo horizontal [18]

### Aerogeradores de Eixo Vertical

São aerogeradores que possibilitam uma montagem muito perto do solo pois funcionam melhor com vento de fraca intensidade que os de eixo horizontal, tem a grande vantagem de funcionar independentemente da direcção do vento sem necessidade de ajuste, são também mais silenciosos e melhor tolerantes a escoamentos turbulentos sendo assim ideais para a utilização urbana.

A torre tal como nos aerogeradores horizontais suporta todo o equipamento auxiliar de geração no seu interior, com a vantagem de ser estático. A torre nestes aerogeradores está sujeita a esforços superiores.

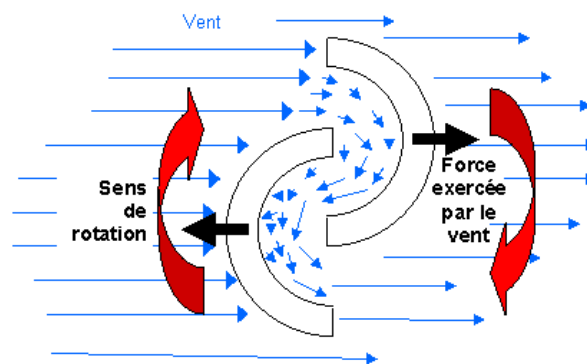
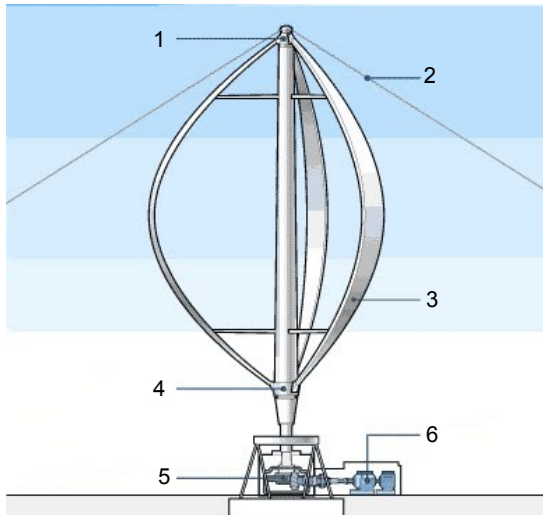


Figura 69 – Princípio de funcionamento das pás de um aerogerador de eixo vertical



1. Cubo superior
2. Cabo de amarração
3. Pá do rotor
4. Cubo inferior
5. Caixa de velocidades
6. Gerador

Figura 70 - Composição aerogerador de eixo vertical [18]

### 2.3.3.2 Soluções implementadas em edifícios

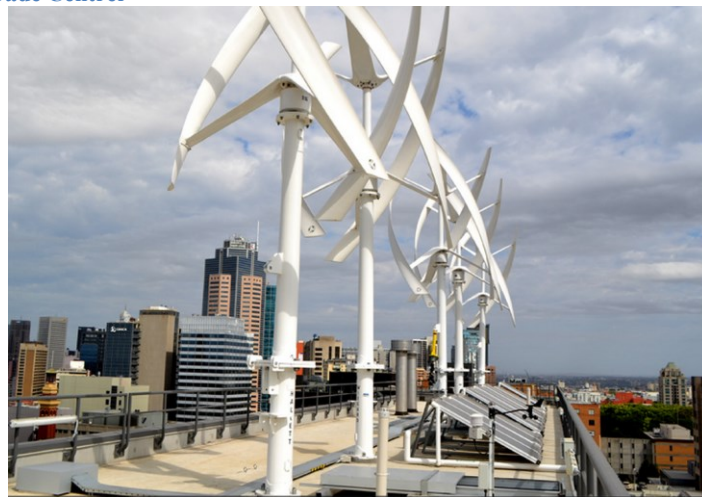
Existem algumas soluções com aerogeradores já implementados em edifícios, no entanto devido à turbulência que se faz sentir no vento que passa pelos edifícios, pela baixa eficiência, pelo custo elevado ou por razões de limitação sonora, estas instalações não têm sido grande aposta. No entanto pelo impacto visual que causam, têm a capacidade de dotar um edifício de uma boa reputação “verde” pois é “visível” a produção de energia.



**Figura 71 – Turbinas Eólicas do Bahrain World Trade Center**



**Figura 72 – Turbinas Eólicas do Adventure Aquarium em Camden, Nova Jersey**



**Figura 73 – Turbinas eólicas de eixo vertical sobre o edifício da Universidade Católica Australiana**

(Página intencionalmente deixada em branco.)

## 3 Cálculos térmicos/energéticos, diversas soluções

### 3.1 Softwares Utilizados

#### 3.1.1 Simulação Energética do Edifício

Após alguma pesquisa de como poderia ser feita a simulação energética do edifício na sua totalidade, optei em consonância com o meu orientador, pelo EnergyPlus. O EnergyPlus é um programa gratuito de simulação de edifícios desenvolvido pelo *U.S. Department of Energy* que permite realizar o cálculo térmico, baseando-se na descrição dos elementos que compõem o edifício por parte do utilizador.

O EnergyPlus, permite o cálculo das necessidades de aquecimento e arrefecimento, bem como a energia consumida e produzida pelo edifício. É assim o simulador ideal para realizar a tarefa que me propus.

No entanto o EnergyPlus não dispõe de uma plataforma “user friendly” para inserção de dados, uma vez que todos os dados são introduzidos sob a forma de páginas de texto sendo para tal necessário conhecer o código de construção destas páginas, é aí que entra o software em que realizei todas as simulações. O DesignBuilder (DB), é um software certificado e desenvolvido no Reino Unido que permite de forma gráfica e visual criar com relativa facilidade o edifício a simular, com todas as suas características, sejam ao nível de arquitectura, sombreamentos do edifício ou exteriores a este, ocupação, actividade, climatização, produção de energia, consumo de energia, consumo de águas quentes sanitárias, iluminação artificial e natural, ventilação natural etc.

No fundo o que o DB faz é criar as páginas de texto necessárias e carregá-las no EnergyPlus de forma a ser feita a simulação, após a simulação ser concluída o DB interpreta os outputs do EnergyPlus e apresenta-os de uma forma também “UserFriendly”, o programa DB trás integrado nele uma cópia do EnergyPlus, assim não é necessário sair do programa para correr as simulações, tudo é feito no DB, criação do modelo simulação, e obtenção de resultados. É possível portanto considerar o DB o software de simulação deste trabalho.

O DB não é gratuito, mas perante as hipóteses gratuitas existentes, nomeadamente o SketchUp (anteriormente SkecthUp da Google, dispõe de uma versão gratuita com capacidade de exportar dados para o EnergyPlus) tem bastantes vantagens, desde logo a facilidade com que se percebe a introdução de dados, bem como os vários tutoriais online e a sua vocação para a simulação, pois não é uma ferramenta de design de arquitectura que permite simulação, mas sim uma ferramenta dedicada à simulação a partir de introdução gráfica. Daí ter sido escolhido este software para o desenvolvimento da simulação.

As principais características do DB são as seguintes:

- O cálculo é realizado através de médias mensais usando perfis climatológicos, densidade de ocupação e perfis de utilização;
- Capacidade de definição para cada tipo de edifício de várias actividades, de acordo com a ocupação e horário dessa mesma ocupação;
- O edifício pode ser dividido em zonas, cada uma com um tipo de actividade. Capacidade para realizar a cálculo da influência de zonas adjacentes independentemente de climatizadas ou não. Estas zonas são caracterizadas globalmente por:
  - A actividade desenvolvida pelos ocupantes;

- O sistema de climatização existente;
- O sistema de iluminação existente;
- O acesso a iluminação natural (através de janelas ou clarabóias)
- Ventilação natural (grelhas ou abertura programada de vãos).

Se por um lado a capacidade de introdução de dados de forma detalhada é uma enorme vantagem, também acarreta um custo, nomeadamente o tempo de introdução, pois para se obter um edifício o mais aproximado possível da realidade, existe uma enorme quantidade de pormenores a serem introduzidos e verificados, pois uma má introdução de dados pode colocar em causa a veracidade dos resultados obtidos.

Apesar de ser muito completo, este programa não permite testar todos os sistemas de climatização ou produção de energia que seriam elegíveis nos testes para a obtenção de um edifício “NZEB”. Os sistemas pré-definidos (“templates”) existentes no software são os seguintes:

Climatização:

- Sistema VAC com Reaquecimento – chiller arrefecido a ar;
- Sistema VAC com unidades terminais de indução a 4 tubos – chiller arrefecido a ar + Caldeira;
- Teto arrefecido – chiller arrefecido a ar;
- Convector de parede eléctrico;
- Convector de parede a água quente;
- Vigas arrefecidas + convector de parede eléctrico – chiller arrefecido a ar;
- Unidade de tratamento de ar central com bateria de expansão directa e recuperação de calor;
- Unidade de tratamento de ar central com pré-aquecimento (eléctrico) e recuperação de calor;
- Ventiloinvectores a quatro tubos (sem unidade de tratamento de ar) - chiller arrefecido a ar e caldeira;
- Ventiloinvectores a quatro tubos (com unidade de tratamento de ar) - chiller arrefecido a ar e caldeira;
- Pavimento aquecido – bomba de calor geotérmica;
- Pavimento aquecido e vigas arrefecidas (com unidade de tratamento de ar) – bomba de calor geotérmica;
- Pavimento aquecido – caldeira;
- Unidade terminal com bateria de expansão directa – arrefecimento e bateria eléctrica de aquecimento;
- Unidade terminal com bateria de expansão directa – arrefecimento e bateria de aquecimento a água proveniente de caldeira;
- Unidade terminal com duas baterias de expansão directa (aquecimento e arrefecimento) e uma bateria de aquecimento eléctrica;
- Radiadores eléctricos;
- Radiadores a água quente – caldeira;
- Pavimento radiante, sistema combinado de caldeira com sistema de colectores solares;
- Sistema com unidade tratamento de ar equipada com bateria de expansão directa para arrefecimento e bateria eléctrica para aquecimento;

- Sistema com unidade tratamento de ar equipada com bateria de expansão directa para arrefecimento e bateria expansão directa para aquecimento e bateria eléctrica para aquecimento;
- Sistema VAV com reaquecimento terminal, composto por unidade de tratamento de ar e módulo de variação de caudal com bateria de aquecimento – Chiller arrefecido a ar e caldeira.
- Sistema VAV com reaquecimento terminal, composto por unidade de tratamento de ar com humidificação, e módulo de variação de caudal com bateria de aquecimento – Chiller arrefecido a ar e caldeira.
- Sistema VAV com reaquecimento terminal, composto por unidade de tratamento de ar, e módulo de variação de caudal com bateria de aquecimento – arrefecimento por expansão directa e aquecimento por caldeira;
- Sistema VAV com reaquecimento terminal, composto por unidade de tratamento de ar com arrefecimento e aquecimento a água – chiller arrefecido a água e caldeira;
- Sistema VAV com reaquecimento terminal, composto por unidade de tratamento de ar com arrefecimento e aquecimento a água e ainda controlo de humidade – chiller arrefecido a água e caldeira;

#### Produção de AQS

- Aquecimento de água e acumulação por termoacumulador eléctrico;
- Aquecimento de água e acumulação por termoacumulador eléctrico + painéis solares;

#### Produção de Energia Eléctrica

- Geração através de turbinas eólicas;
- Solar fotovoltaico com e sem acumulação

Apesar das inúmeras capacidades do programa, encontram-se ausentes soluções como bombas de calor de condensador a ar, chillers com recuperação, chillers bomba de calor, chillers de absorção e painéis solares do tipo tubos de vapor.

Versão utilizada:

Software: Design Builder (DB), Versão 3.4.0.021 BETA

#### **3.1.2 Simulação de Iluminação**

Apesar do programa escolhido para as simulações gerais, realizar também cálculo luminotécnico, optou-se por criar paralelamente num software próprio de luminotecnica uma optimização da iluminação dos espaços. O software utilizado foi o Dialux. Este é um software gratuito desenvolvido na Alemanha e que permite conjugar as principais marcas de iluminação.

Optei pela escolha deste software pela facilidade com que se consegue construir em 3D uma visualização da distribuição da iluminação nos diversos espaços, assim como a facilidade com que se pode incluir luminárias reais, para que desta forma a optimização que se pretende para a iluminação seja o mais verosímil possível.

Versão utilizada:

Software: Dialux 4.11 (4.11.0.3)

### 3.1.3 Simulação Aproveitamento Solar

Mais uma vez e apesar do software escolhido realizar este cálculo, para que fosse possível obter alguma confirmação dos valores obtidos no DB, optei por utilizar o SolTerm para averiguar das capacidades de aproveitamento solar, quer térmico quer fotovoltaico do edifício.

O SolTerm é uma ferramenta de análise de desempenho solar desenvolvida pelo LNEG – Laboratório Nacional de Energia e Geologia, e que realiza simulações numéricas nas condições climatéricas e técnicas de Portugal.

Versão utilizada:

Software: SolTerm V 5.1.3 e V 5.1.0 (vertente fotovoltaica)

## 3.2 Simulação 1 (Simulação de Base)

Nesta solução base procurou-se definir soluções convencionais para o edifício, de forma a estabelecer os valores de arranque, e onde poderá ser aprimorada a simulação.

### 3.2.1 Modelo Exterior

O edifício foi modulado no Software DesignBuilder, ficando com o aspecto exterior apresentado nas figuras Figura 74, Figura 75, Figura 76 e Figura 77:

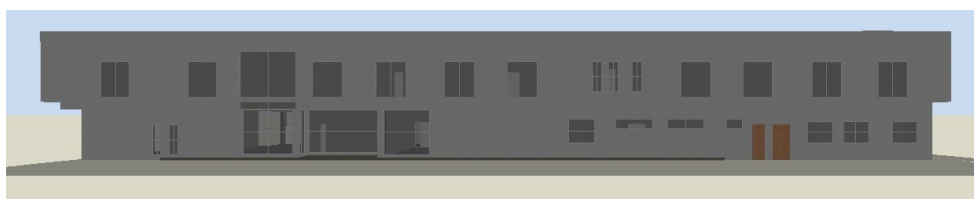


Figura 74 – Modelo Inicial – Alçado Nascente



Figura 75 – Modelo Inicial – Alçado Poente

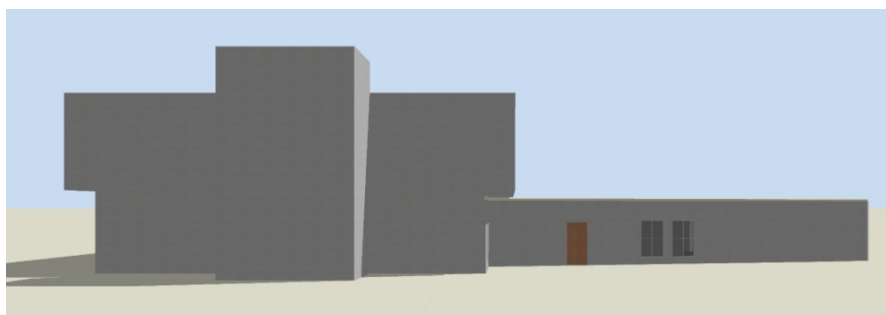


Figura 76 – Modelo Inicial – Alçado Norte





Figura 77 – Modelo Inicial – Alçado Sul

### 3.2.2 Resumo dados Inseridos no Software

#### 3.2.2.1 Características Construtivas

Atendendo à caracterização permitida pelo software foram consideradas as seguintes características construtivas:

Campo no Menu do Software	Descrição
Paredes Exteriores	Parede Piso 0 – Sem Acabamento
Paredes Enterradas	Parede Exterior Piso -1
Paredes Interiores	Parede Interior Alvenaria Cerâmica
Cobertura Plana	Cobertura Geral (Laje)
Cobertura Inclinada	Painel Sandwich
Laje do Piso 0 e “Ground”	Pavimento 0 – Ground Floor
Laje restantes Pisos	Pavimento 1º Piso – Internal Floor

Tabela 24 – Envoltente carregada no Software de Simulação

#### 3.2.2.2 Equipamentos

Os equipamentos anteriormente enunciados foram agrupados por tipo de utilização, correspondendo a cada tipo, um Horário<sup>9</sup> diário que tem uma aplicação semanal ao longo do ano.

Espaço	Equipamentos	Horário Considerado	Repetibilidade	
			Semanal	Anual
Quartos	Rádio despertador	0-24h	Seg - Dom	Jan – Dez
	Televisão LED 22”	0-2;8-10;14-16;20-24h	Seg – Dom	Jan – Dez
IS’s (quartos)	Toalheiro Eléctrico	7-9; 20-22h	Seg – Dom	Jan – Dez
	Secador Cabelo	9/30-10; 20/30-21h	Seg – Dom	Jan – Dez
G. Médico	1 PC-Desktop	8-18h	Seg – Sab	Jan – Dez
	Ap. Visualização RX	8-18h	Seg – Sab	Jan – Dez
G. Direcção	1 PC-Desktop	8-18h	Seg – Sab	Jan – Dez
	1 Multifunções	8-18h	Seg – Sab	Jan – Dez
G. Admin	1 PC-Desktop	8-18h	Seg – Sab	Jan – Dez
	1 Multifunções	8-18h	Seg – Sab	Jan – Dez
S. Reuniões	1 PC- Desktop	8-18h	Seg – Sab	Jan – Dez
	1 Datashow	8-18h	Seg – Sab	Jan – Dez
Fisioterapia	Ultra-sons	15min/h – 9-18h	Seg – Sab	Jan – Dez
	Laser	15min/h – 9-18h	Seg – Sab	Jan – Dez

<sup>9</sup> Horário – Trata-se de uma definição de tempo de funcionamento, neste caso horário (ou sub - horário) ao longo de um dia. Assim é possível dotar um equipamento da sua sazonalidade de funcionamento.

Espaço	Equipamentos	Horário Considerado	Repetibilidade	
			Semanal	Anual
	Outros	8-18h	Seg – Sab	Jan – Dez
Cabeleireira	Secador Cabelo	30min/h – 9-18h	Seg – Sab	Jan – Dez
	Maquina Corte	30min/h – 9-18h	Seg – Sab	Jan – Dez
S. Pessoal	TV LED 22”	8-23h	Seg – Dom	Jan – Dez
	M. Vending	15min/h – 0-24h	Seg – Dom	Jan – Dez
	Maquina Café	1h/Dia	Seg – Dom	Jan – Dez
Vestiários	Secador Cabelo	3h/Dia	Seg – Dom	Jan – Dez
	Secador Mãos	3h/Dia	Seg – Dom	Jan – Dez
Lavandaria	Maquina Lavar	30min/h – 9-18h	Seg – Sex	Jan – Dez
	Máquina Secar	30min/h – 9-18h	Seg – Sex	Jan – Dez
	Calandra	30min/h – 9-18h	Seg – Sex	Jan – Dez
	Ferro Engomar	30min/h – 9-18h	Seg – Sex	Jan – Dez
Atelier	Datashow	8-18h	Seg – Sex	Jan – Dez
Hall + IS 0.9/ISO 0.8	2 x Secador de Mãos	3h/Dia	Seg – Dom	Jan – Dez
Cozinha	Fritadeira	9-12; 15-18h	Seg – Dom	Jan – Dez
	Panela Sopa	9-12; 15-18h	Seg – Dom	Jan – Dez
	Arcas Congelação	15min/h – 0-24h	Seg – Dom	Jan – Dez
	Arcas Frigorificas	15min/h – 0-24h	Seg – Dom	Jan – Dez
	Mq. Lavar Pratos	14-15; 20-21h	Seg – Dom	Jan – Dez
Hall Entrada	1 x Desktop	8-18h	Seg – Sab	Jan – Dez
Refeitório	1 x TV LED 40”	8-23h	Seg – Dom	Jan – Dez
I.S. 0.10/ I.S. 0.11	Secador de Mãos	3h/Dia	Seg – Dom	Jan – Dez
	Secador Cabelo	3h/Dia	Seg – Dom	Jan – Dez
Biblioteca/Espaço Net	3 x Desktop	8-18h	Seg – Sab	Jan – Dez
Sala Conv. + Cafeteria	1 x TV LED 42”	8-23h	Seg – Dom	Jan – Dez
	Maquina Café	8-23h	Seg – Dom	Jan – Dez
Sala Convívio (1P)	1 x TV LED 42”	8-23h	Seg – Dom	Jan – Dez
Farmácia	Eq. Diversos	8-18h	Seg – Sab	Jan – Dez

Tabela 25 – Perfis de utilização de Equipamentos

### 3.2.2.3 Iluminação

Nesta primeira simulação foi considerada uma solução Standard de iluminação fluorescente. Calculada pelo próprio software de simulação, para os valores de iluminância pretendidos de acordo com o CIE<sup>10</sup>. O perfil de iluminação escolhido para foi o de Estabelecimentos de saúde com internamento do RSECE<sup>11</sup>.

<sup>10</sup> Comissão internacional de iluminação

<sup>11</sup> Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios

Horas	%Iluminação		
	Segunda a Sexta	Sábados	Domingos e Feriados
0h – 6h	10	10	10
6h – 7h	45	45	45
7h – 8h	50	50	50
8h – 17h	100	100	100
17h – 18h	50	50	50
18h – 20h	45	45	45
20h-24h	10	10	10

Tabela 26 – Perfil de Iluminação

Espaço	Nível de Iluminação Recomendado [Lux]	Densidade Iluminação [W/m <sup>2</sup> ]
Quartos	100	3,3
IS's	200	6,6
G. Médico	500	16,5
Corredores e Hall	100	3,3
G. Direcção	500	16,5
G. Admin	300	9,9
S. Reuniões	300	16,5
Arquivo	200	6,6
Fisioterapia	300	9,9
Cabeleireira	500	16,5
S. Pessoal	200	6,6
Lavandaria	300	9,9
Atelier	500	16,5
Biblioteca	500	16,5
Salas Conv.	200	6,6
Sala de Culto	100	3,3
Farmácia	300	9,9
Arrumos	100	3,3

Tabela 27 – Níveis/densidade de Iluminação - Solução Base

### 3.2.2.4 Climatização

Para a climatização dos espaços optou-se por uma solução de unidades de tratamento de ar com um ventilador, baterias de água arrefecida e aquecida, com admissão directa de ar exterior e capacidade de recirculação. Por cada espaço climatizado, considera-se uma unidade deste tipo. As instalações sanitárias não foram alvo de qualquer tipo de tratamento de ar. Optou-se por esta solução ao invés de uma unidade de tratamento de ar por grupo de espaços para procurar diminuir os gastos com tratamento de ar, pois as perdas serão sempre maiores no transporte de ar climatizado em relação ao transporte de água.

As unidades produtoras de água quente e água arrefecida são uma caldeira e um chiller arrefecido a ar, respectivamente. A Figura 78 apresenta o esquema de climatização obtido no programa de simulação.

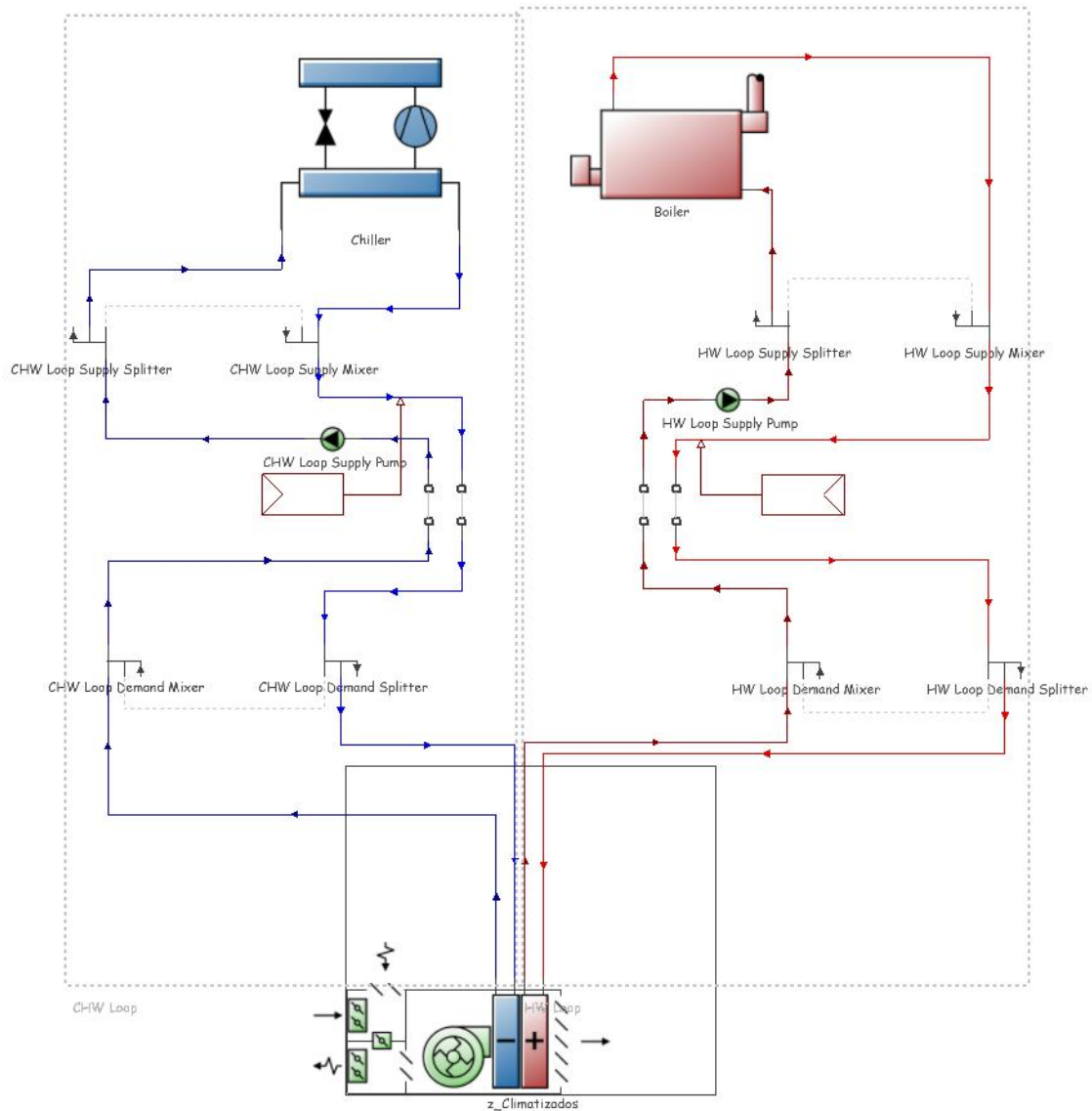


Figura 78 – Simulação 1 - Esquema Tipo Climatização

Na Tabela 28 são indicados os espaços para os quais se considerou equipamento de climatização:

Código	Nome do Espaço	Climatizado	Tipo
P0.1	Quarto 0.1	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P0.2	I.S. 0.1	Não	-
P0.3	Quarto 0.2	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P0.4	I.S. 0.2	Não	-
P0.5	Quarto 0.3	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P0.6	I.S. 0.3	Não	-
P0.7	Quarto 0.4	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P0.8	I.S. 0.4	Não	-

<b>Código</b>	<b>Nome do Espaço</b>	<b>Climatizado</b>	<b>Tipo</b>
P0.9	G. Médico	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P0.10	I.S. 0.5	Não	-
P0.11	Hall	Não	-
P0.12	I.S. 0.6	Não	-
P0.13	Corredor I	Não	-
P0.14	C.B.Ajuda	Não	-
P0.15	G. Direcção	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P0.16	Gab. Admin	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P0.17	S. Reuniões	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P0.18	Arquivo	Não	-
P0.19	Fisioterapia	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P0.20	Cabeleireira	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P0.21	S. Pessoal	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P0.22	I.S. / Vest (fem)	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P0.23	I.S. / Vest (Masc)	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P0.24	Lavandaria	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P0.25	Corredor II	Não	-
P0.26	Atelier	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P0.27	Hall + IS 0.9/ISO 0.8	Não	-
P0.28	Cozinha	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P0.29	Hall Entrada	Não	-
P0.30	Refeitório	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P0.31	I.S. 0.10 / I.S. 0.11	Não	-
P0.32	Biblioteca/Espaço Net	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P0.33	Sala Conv. + Cafeteria	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P0.34	Sala de Culto	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P1.01	Quarto 1.1	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P1.02	I.S. 1.1	Não	-
P1.03	Quarto 1.2	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P1.04	I.S. 1.2	Não	-
P1.05	Quarto 1.3	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P1.06	I.S. 1.3	Não	-
P1.07	Quarto 1.4	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P1.08	I.S. 1.4	Não	-
P1.09	Quarto 1.5	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P1.10	I.S. 1.5	Não	-
P1.11	Quarto 1.6	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P1.12	I.S. 1.6	Não	-
P1.13	Sala Convivio	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P1.14	Corredor Norte	Não	-
P1.15	Corredor Sul	Não	-
P1.16	Quarto 1.8	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P1.17	I.S. 1.8	Não	-

Código	Nome do Espaço	Climatizado	Tipo
P1.18	Farmácia	Não	-
P1.19	C.B.Ajuda	Não	-
P1.20	Hall	Não	-
P1.21	Arr Sujos	Não	-
P1.22	Quarto 1.7	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P1.23	I.S. 1.7	Não	-
P1.24	Quarto 1.10	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P1.25	I.S. 1.10	Não	-
P1.26	Quarto 1.9	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P1.27	I.S. 1.9	Não	-
P1.28	Quarto 1.11	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P1.29	I.S. 1.11	Não	-
P1.30	Quarto 1.14	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P1.31	I.S. 1.14	Não	-
P1.32	Quarto 1.13	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P1.33	I.S. 1.13	Não	-
P1.34	Quarto 1.16	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P1.35	I.S. 1.16	Não	-
P1.36	A. Tecnic	Não	-
P1.37	Quarto 1.17	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P1.38	I.S. 1.17	Não	-
P1.39	Quarto 1.18	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P1.40	I.S. 1.18	Não	-
P1.41	Quarto 1.19	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P1.42	I.S. 1.19	Não	-
P1.43	Quarto 1.20	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P1.44	I.S. 1.20	Não	-
P1.45	Arrumos	Não	-
P1.46	Quarto 1.12	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P1.47	I.S. 1.12	Não	-
P1.48	Quarto 1.15	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P1.49	I.S. 1.15	Não	-

Tabela 28 – Simulação 1 - Relação de espaços climatizados e sistema.

Na Tabela 29 são apresentadas as características principais dos equipamentos considerados nesta simulação:

Equipamento	Características		Modelo base do equipamento
Chiller	P. Nominal	133 kW (*)	Daikin/McQuay AGZ040D
	EER	2,96	
	Temperatura de Saída de Água Fria Min.	6,98	
Bomba de Água Fria	P. Nominal	1030 W (*)	"Genérico"
	Caudal	7,2 l/s (*)	

Equipamento	Características		Modelo base do equipamento
	Altura Manométrica	100kPa	
	Eficiência do Motor	90%	
Caldeira	P. Nominal	120 kW (*)	"Genérico"
	Eficiência	89%	
Bomba de Água Quente	P. Nominal	405 W (*)	"Genérico"
	Caudal	2,8 l/s (*)	
	Altura Manométrica	100kPa	
	Eficiência do Motor	90%	

Tabela 29 – Simulação 1 – Resumo de equipamentos centrais de climatização

(\*) – Valores Calculados pelo software de simulação

### 3.2.2.5 Águas quentes sanitárias

Para o sistema de águas quentes sanitárias previu-se um depósito para acumulação/aquecimento. Estimou-se<sup>12</sup> o consumo diário de 90 litros diários por ocupante, e de 30 litros diários por cada refeição servida a cada ocupante.

Código	Nome do Espaço	Número de ocupantes para cálculo	Consumo por ocupante [l]	Consumo [l/m <sup>2</sup> – Dia]
P0.2	I.S. 0.1	2	90	26,91
P0.4	I.S. 0.2	2	90	29,42
P0.6	I.S. 0.3	2	90	29,76
P0.8	I.S. 0.4	2	90	31,47
P0.10	I.S. 0.5	2	90	43,59
P0.12	I.S. 0.6	2	90	20,91
P0.14	C.B.Ajuda	2	90	16,63
P0.20	Cabeleireira	3	90	42,52
P0.22	I.S. / Vest (fem)	7	90	39,78
P0.23	I.S. / Vest (Masc)	7	90	38,92
P0.24	Lavandaria	2	90	7,01
P0.27	Hall + IS 0.9/ISO 0.8	2	90	10,1
P0.28	Cozinha	44	120	81,74
P0.31	I.S. 0.10 / I.S. 0.11	2	90	6,49
P1.02	I.S. 1.1	1	90	15,77
P1.04	I.S. 1.2	2	90	31,81
P1.06	I.S. 1.3	1	90	15,11
P1.08	I.S. 1.4	2	90	30,62
P1.10	I.S. 1.5	1	90	14,98
P1.12	I.S. 1.6	2	90	30,57
P1.17	I.S. 1.8	2	90	30,11
P1.23	I.S. 1.7	2	90	30,06
P1.25	I.S. 1.10	1	90	14,93

<sup>12</sup> Este valor por pessoa, foi utilizado tendo em conta o Trabalho Final de Mestrado - Energia Solar Térmica. Uma contribuição para a melhoria do RCCTE de GUILHERME VEIGA E VASCONCELOS VIEIRA MARTINS.

Código	Nome do Espaço	Número de ocupantes para cálculo	Consumo por ocupante [l]	Consumo [l/m <sup>2</sup> – Dia]
P1.27	I.S. 1.9	2	90	30,06
P1.29	I.S. 1.11	2	90	30,06
P1.31	I.S. 1.14	1	90	14,93
P1.33	I.S. 1.13	2	90	30,06
P1.35	I.S. 1.16	1	90	14,59
P1.38	I.S. 1.17	1	90	15,03
P1.40	I.S. 1.18	1	90	15,08
P1.42	I.S. 1.19	1	90	15,03
P1.44	I.S. 1.20	1	90	14,96
P1.47	I.S. 1.12	1	90	14,98
P1.49	I.S. 1.15	2	90	30,06

Tabela 30 – Níveis de Consumo de AQS previstos

As características do equipamento considerado na simulação para as AQS foi o seguinte:

Equipamento	Características		Modelo base do equipamento
Caldeira	P. Nominal	250 kW (*)	"Genérico"
	Eficiência	90%	
Depósito	Capacidade	3 m <sup>3</sup>	
Bomba	P. Nominal	11 W (*)	"Genérico"
	Caudal	0,4 l/s (*)	
	Altura Manométrica	20kPA	
	Eficiência do Motor	90%	

Tabela 31 – Tabela resumo de equipamentos centrais de AQS

(\*) – Valores Calculados pelo software de simulação

A Figura 79 é o esquema obtido do software de simulação, que representa a solução prevista nesta simulação inicial para o sistema de AQS.



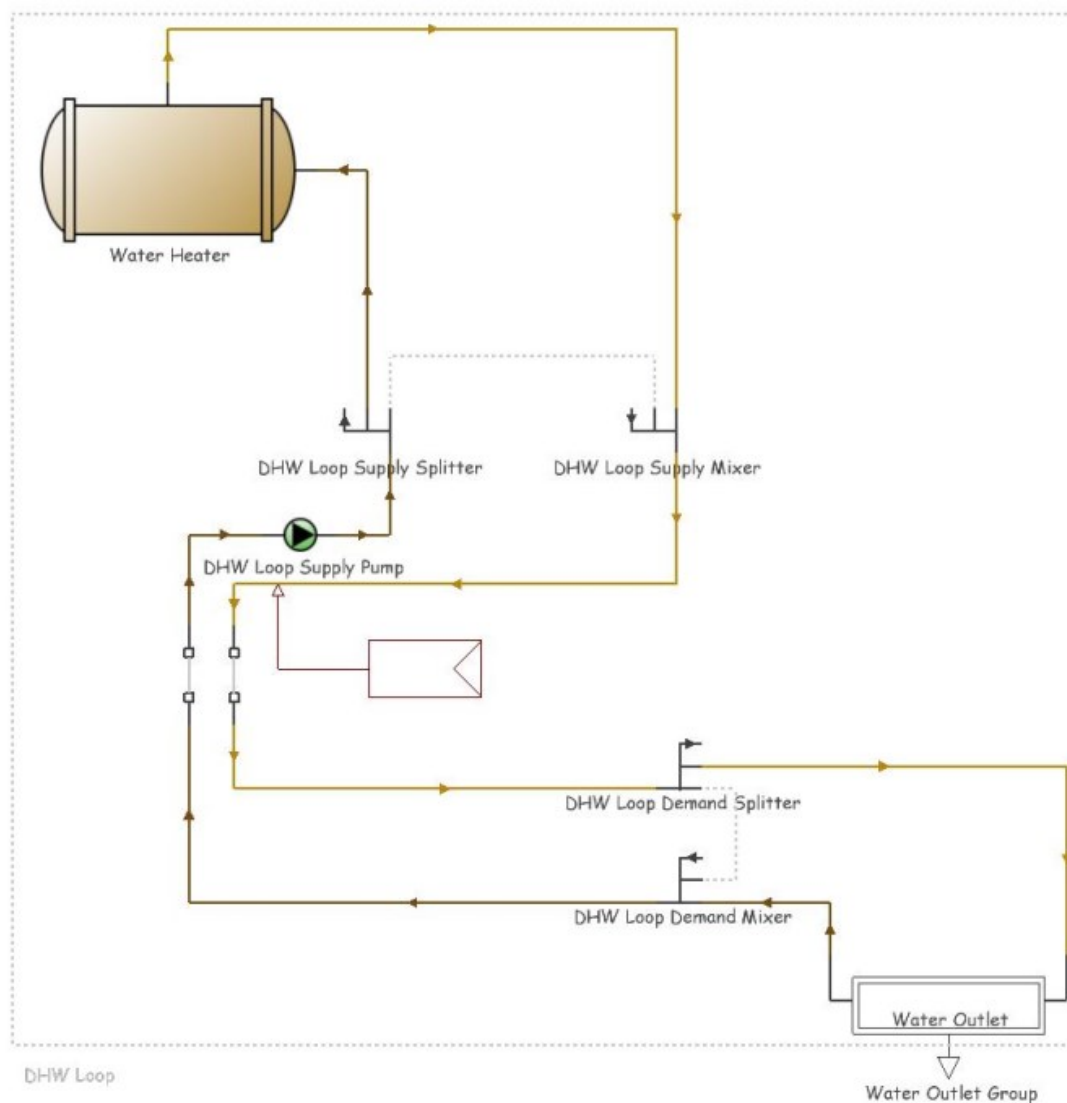


Figura 79 – Simulação 1 - Esquema Tipo AQS (DB)

### 3.2.3 Resultados Obtidos

Na Tabela 32 e Tabela 33 são resumidos os resultados obtidos na simulação anual com base nos dados anteriormente indicados carregados no software de simulação e simulados no EnergyPlus.

Resultados com sistemas de produção de caudal constante:

	Electricidade [kWh]	Gás Natural [kWh]	Água [m <sup>3</sup> ]
Aquecimento	11,57	54170,24	-
Arrefecimento	35766,90	-	-
Iluminação	51554,58	-	-
Equipamento	86332,67	-	-
Ventiladores	9902,61	-	-
Bombas	9901,50	-	-
Sistemas de Água	-	252753,89	4066,14
<b>TOTAL</b>	<b>193469,83</b>	<b>303311,05</b>	<b>4066,14</b>

Tabela 32 – Simulação 1 Resultados Caudal constante

Resultados com sistemas de produção de caudal variável:

	Electricidade [kWh]	Gás Natural [kWh]	Água [m <sup>3</sup> ]
Aquecimento	7,2	37000,93	-
Arrefecimento	36354,40	-	-
Iluminação	51554,58	-	-
Equipamento	86332,67	-	-
Ventiladores	9812,18	-	-
Bombas	962,55	-	-
Sistemas de Água	-	252753,89	4066,14
<b>TOTAL</b>	<b>185023,59</b>	<b>289754,82</b>	<b>4066,14</b>

Tabela 33 – Simulação 1 Resultados Caudal Variável

### 3.2.4 Análise Resultados: Simulação 1 Caudal Constante → Simulação 1 Caudal Variável

Ao nível do aquecimento foi possível verificar que a escolha por um sistema com bombas de caudal variável trouxe uma redução de cerca de 32% em relação ao sistema inicial, para a central geradora. No arrefecimento a opção pelo uso do caudal variável resultou num aumento de 2% de consumo ao nível da central geradora. Em termos de ventilação e bombagem existiram poupanças que se fixaram em 1% e 90% respectivamente.

### 3.3 Simulação 2

Nesta simulação a alteração efectuada consistiu na inclusão de uma solução para aquecimento dedicado às instalações sanitárias. Nomeadamente um radiador.

#### 3.3.1 Resumo dados Inseridos no Software

Assim teremos:

Código	Nome do Espaço	Climatizado	Tipo
P0.1	Quarto 0.1	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P0.2	I.S. 0.1	Sim (aquecimento)	Convector a água
P0.3	Quarto 0.2	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P0.4	I.S. 0.2	Sim (aquecimento)	Convector a água
P0.5	Quarto 0.3	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P0.6	I.S. 0.3	Sim (aquecimento)	Convector a água
P0.7	Quarto 0.4	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P0.8	I.S. 0.4	Sim (aquecimento)	Convector a água
P0.9	G. Médico	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P0.10	I.S. 0.5	Sim (aquecimento)	Convector a água
P0.11	Hall	Não	-
P0.12	I.S. 0.6	Sim (aquecimento)	Convector a água
P0.13	Corredor I	Não	-
P0.14	C.B.Ajuda	Sim (aquecimento)	Convector a água
P0.15	G. Direcção	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P0.16	Gab. Admin	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P0.17	S. Reuniões	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P0.18	Arquivo	Não	-

<b>Código</b>	<b>Nome do Espaço</b>	<b>Climatizado</b>	<b>Tipo</b>
P0.19	Fisioterapia	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P0.20	Cabeleireira	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P0.21	S. Pessoal	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P0.22	I.S. / Vest (fem)	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P0.23	I.S. / Vest (Masc)	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P0.24	Lavandaria	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P0.25	Corredor II	Não	-
P0.26	Atelier	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P0.27	Hall + IS 0.9/ISO 0.8	Sim (aquecimento)	Convector a água
P0.28	Cozinha	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P0.29	Hall Entrada	Não	-
P0.30	Refeitório	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P0.31	I.S. 0.10 / I.S. 0.11	Sim (aquecimento)	Convector a água
P0.32	Biblioteca/Espaço Net	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P0.33	Sala Conv. + Cafetaria	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P0.34	Sala de Culto	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P1.01	Quarto 1.1	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P1.02	I.S. 1.1	Sim (aquecimento)	Convector a água
P1.03	Quarto 1.2	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P1.04	I.S. 1.2	Sim (aquecimento)	Convector a água
P1.05	Quarto 1.3	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P1.06	I.S. 1.3	Sim (aquecimento)	Convector a água
P1.07	Quarto 1.4	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P1.08	I.S. 1.4	Sim (aquecimento)	Convector a água
P1.09	Quarto 1.5	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P1.10	I.S. 1.5	Sim (aquecimento)	Convector a água
P1.11	Quarto 1.6	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P1.12	I.S. 1.6	Sim (aquecimento)	Convector a água
P1.13	Sala Convivio	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P1.14	Corredor Norte	Não	-
P1.15	Corredor Sul	Não	-
P1.16	Quarto 1.8	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P1.17	I.S. 1.8	Sim (aquecimento)	Convector a água
P1.18	Farmácia	Não	-
P1.19	C.B.Ajuda	Não	-
P1.20	Hall	Não	-
P1.21	Arr Sujos	Não	-
P1.22	Quarto 1.7	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P1.23	I.S. 1.7	Sim (aquecimento)	Convector a água
P1.24	Quarto 1.10	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P1.25	I.S. 1.10	Sim (aquecimento)	Convector a água
P1.26	Quarto 1.9	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P1.27	I.S. 1.9	Sim (aquecimento)	Convector a água

Código	Nome do Espaço	Climatizado	Tipo
P1.28	Quarto 1.11	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P1.29	I.S. 1.11	Sim (aquecimento)	Convector a água
P1.30	Quarto 1.14	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P1.31	I.S. 1.14	Sim (aquecimento)	Convector a água
P1.32	Quarto 1.13	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P1.33	I.S. 1.13	Sim (aquecimento)	Convector a água
P1.34	Quarto 1.16	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P1.35	I.S. 1.16	Sim (aquecimento)	Convector a água
P1.36	A. Tecnic	Não	-
P1.37	Quarto 1.17	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P1.38	I.S. 1.17	Sim (aquecimento)	Convector a água
P1.39	Quarto 1.18	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P1.40	I.S. 1.18	Sim (aquecimento)	Convector a água
P1.41	Quarto 1.19	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P1.42	I.S. 1.19	Sim (aquecimento)	Convector a água
P1.43	Quarto 1.20	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P1.44	I.S. 1.20	Sim (aquecimento)	Convector a água
P1.45	Arrumos	Não	-
P1.46	Quarto 1.12	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P1.47	I.S. 1.12	Sim (aquecimento)	Convector a água
P1.48	Quarto 1.15	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P1.49	I.S. 1.15	Sim (aquecimento)	Convector a água

Tabela 34 - Simulação 2 - Relação de espaços climatizados e sistema.

### 3.3.2 Resultados Obtidos

Na Tabela 35 são resumidos os resultados obtidos na simulação anual com base nos dados anteriormente indicados carregados no software de simulação e simulados no EnergyPlus.

	Electricidade [kWh]	Gás Natural [kWh]	Água [m <sup>3</sup> ]
Aquecimento	11,13	54278,99	-
Arrefecimento	35485,16	-	-
Iluminação	51554,58	-	-
Equipamento	86332,67	-	-
Ventiladores	8941,75	-	-
Bombas	9302,03	-	-
Sistemas de Água	-	249140,80	4066,14
<b>TOTAL</b>	<b>191627,33</b>	<b>303419,80</b>	<b>4066,14</b>

Tabela 35 – Simulação 2 Resultados

### 3.3.3 Análise de Resultados: Simulação 1 Caudal Variável → Simulação 2

Ao se introduzir um sistema de aquecimento para as instalações sanitárias houve, tal como era expectável, um aumento de energia consumida por parte da central de água aquecida, o que resultou num aumento de cerca de 47% da energia consumida por esta unidade. Os gastos com ventilação diminuíram ligeiramente, cerca de 9%, esta diminuição poderá ser explicada pelo facto da existência agora de uma contribuição térmica favorável das instalações sanitárias para

com os espaços adjacentes. O consumo com bombagem aumentou, também tal como esperado, o aumento foi de cerca de 10 vezes face à simulação anterior.

### 3.4 Simulação 3

As alterações efectuadas ao modelo da simulação 2 centraram-se na iluminação e na introdução de um sistema colectores solares para reduzir as necessidades energéticas com AQS, e a inclusão de produção eléctrica com quatro pequenos aerogeradores. Não houve alterações realizadas ao nível da arquitectura exterior, nem ao tipo de soluções de climatização.

#### 3.4.1 Resumo dados Inseridos no Software

##### 3.4.1.1 Envolvente

Foi realizada uma alteração ao modelo, incluindo uma solução de sombreamento inteligente baseada no vidro Eletrocromico reflectivo, com um perfil de promoção do arrefecimento e do bloqueio de raios solares durante o dia sempre que a radiação ultrapasse os 120 W/m<sup>2</sup>.

##### 3.4.1.2 Iluminação

A iluminação foi revista e introduzido um sistema baseado em iluminação LED (para os principais espaços ocupados), os cálculos para se obter as densidades de iluminação foram efectuados com recurso ao programa DiaLux e os resultados encontram-se em anexo.

Outro factor que também foi introduzido no programa de simulação foi o controlo do nível de iluminação de acordo com o nível de iluminação natural fornecido pelo exterior, o seguinte gráfico representa o sistema de controlo previsto, sendo o valor mínimo de iluminação “0”, ou seja em caso do nível de iluminação natural proveniente do exterior ser suficiente para ser atingido o valor de iluminação previsto, a iluminação artificial será desligada.

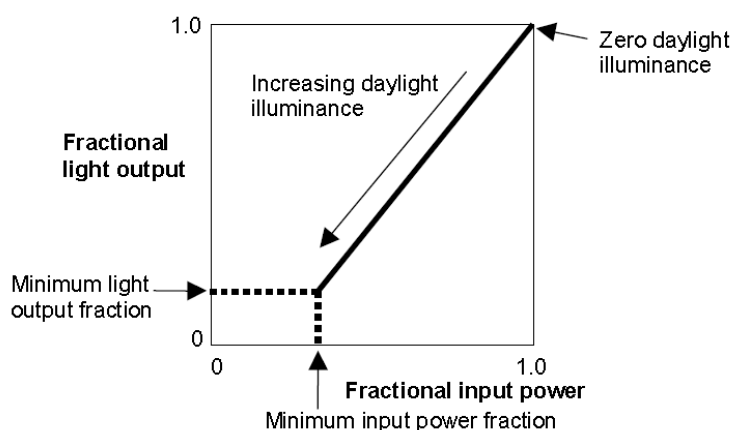


Figura 80 – Gráfico representativo do sistema de controlo de iluminação

Na Tabela 36 é apresentado o resumo dos dados introduzidos no software de simulação.

Espaço	Nível de Iluminação Recomendado [Lux]	Densidade Iluminação [W/m <sup>2</sup> ]
Quartos	100	1,4
IS's	200	4,2 – 6
G. Médico	500	10,8
Corredores e Hall	100	2,5
G. Direcção	500	9,5

Espaço	Nível de Iluminação Recomendado [Lux]	Densidade Iluminação [W/m <sup>2</sup> ]
G. Admin	300	4,4
S. Reuniões	300	9,4
Arquivo	200	10,1
Fisioterapia	300	6,4
Cabeleireira	500	4,1
S. Pessoal	200	3,5
Lavandaria	300	6,4
Atelier	500	10,3
Biblioteca	500	10,5
Salas Conv.	200	3,7
Sala de Culto	100	1,7
Farmácia	300	9,9
Arrumos	100	3,3

Tabela 36 – Simulação 3 - Níveis/densidade de Iluminação

### 3.4.1.3 Águas quentes sanitárias

No sistema de águas quentes sanitárias foram efectuadas alterações de forma a reduzir o consumo energético associado. Nomeadamente a colocação de uma área considerável de colectores solares, cerca de 135 m<sup>2</sup>, assistidos por uma caldeira a gás.

Equipamento	Características		Modelo base do equipamento
Caldeira	P. Nominal	100 kW (*)	"Genérico"
	Eficiência	90%	
Depósitos	Capacidade	3 m <sup>3</sup>	"Genérico"
	Coefficiente de Perdas, na superfície do depósito	16 W/m <sup>2</sup>	
Bomba	P. Nominal	11 W (*)	"Genérico"
	Caudal	0,4 l/s (*)	
	Altura Manométrica	20kPA	
	Eficiência do Motor	90%	
Colectores Solares	Área Bruta por Painel	2,8775 m <sup>2</sup>	Viessmann Manufacturing Company US Inc SV1 SH1
	Caudal de Teste	0,059 l/s	
	Rendimento Óptico	0,7162	
	a1	3,056 W/m <sup>2</sup> -K	
	a2	0,00674 W/m <sup>2</sup> -K <sup>2</sup>	

Tabela 37 – Simulação 3 - Tabela resumo de equipamentos centrais de AQS + Solar (DB)

A Figura 81 apresenta o esquema obtido do software de simulação e que reflecte esta intensão:

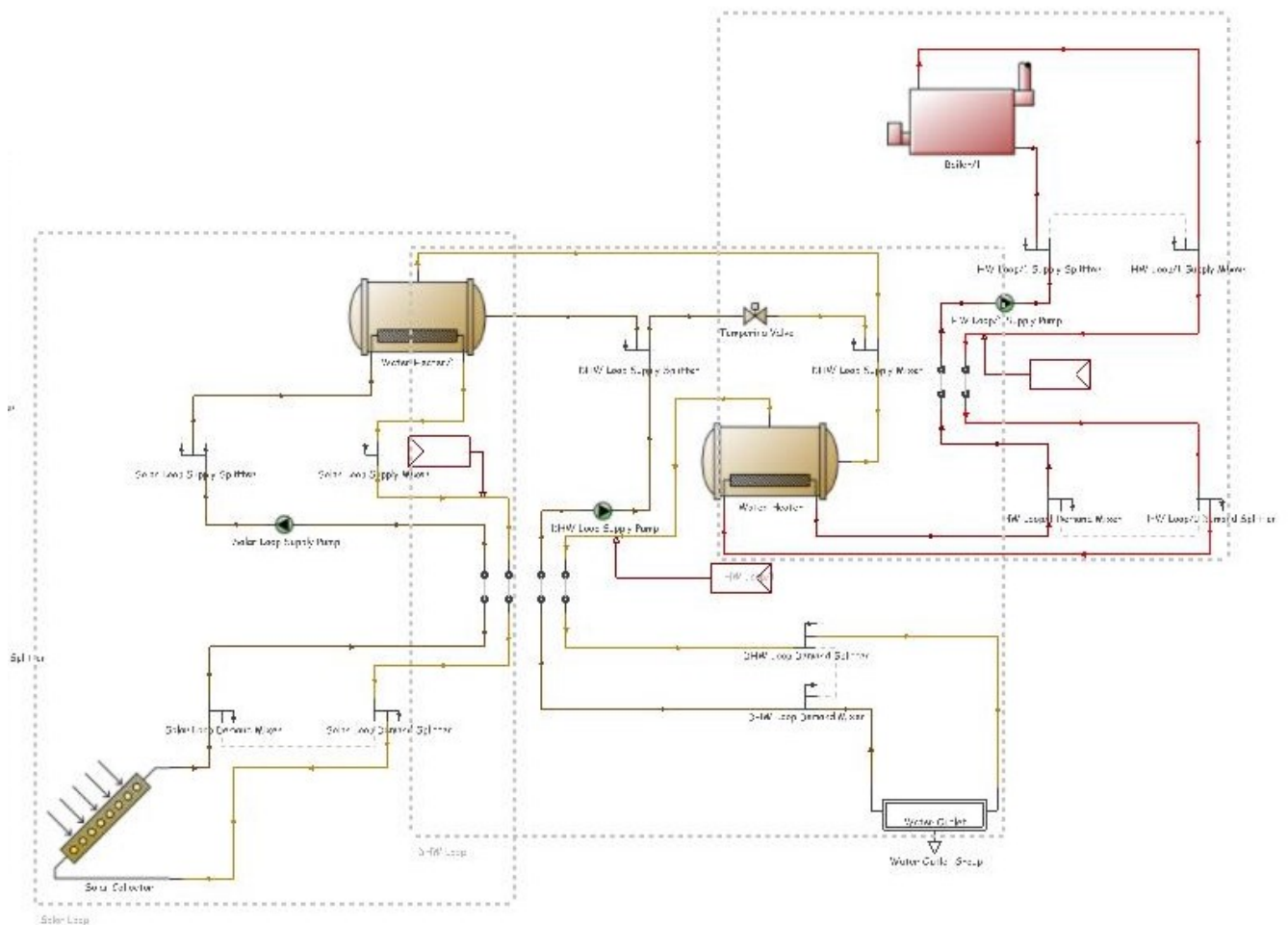


Figura 81 – Simulação 3 - Esquema Tipo AQS+Solar (DB)

Para efeitos comparativos foi efectuada uma simulação em condições semelhantes no software SolTerm:

Equipamento	Características		Modelo base do equipamento
Depósito	Capacidade	3 m <sup>3</sup>	"Genérico"
	Coeficiente de Perdas, na superfície do depósito	16 W/m <sup>2</sup>	
Bombas	Caudal	1,65 l/s	"Genérico"
Colectores Solares	Área Bruta por Painel	2,29 m <sup>2</sup>	Solius - Gigasol
	Rendimento Óptico	0,81	
	a1	3,7 W/m <sup>2</sup> -K	
	a2	0,0111 W/m <sup>2</sup> -K <sup>2</sup>	

Tabela 38 - Simulação 3 - Tabela resumo de equipamentos centrais de AQS + Solar (SolTerm)

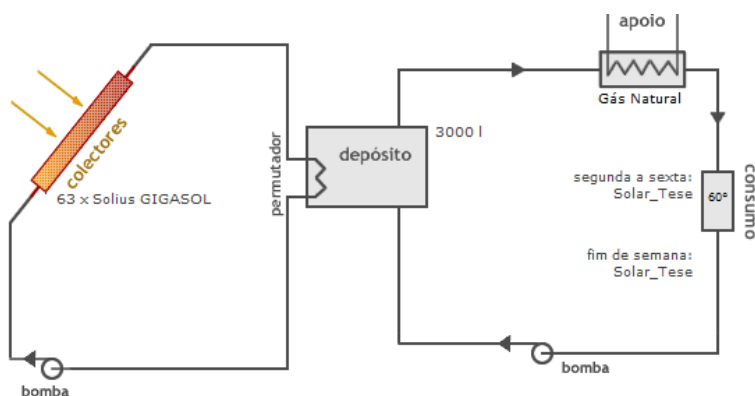


Figura 82 – Simulação 3 - Esquema Tipo AQS+Solar (SolTerm)

### 3.4.1.4 Produção de Energia Eléctrica

Com o intuito de começar a balancear a energia consumida com a produzida foram adicionadas 4 pequenas turbinas eólicas de 1 kW cada com as seguintes características:

Equipamento	Características	
Turbinas Eólicas	Eixo	Horizontal
	Controlo	Velocidade Variável – Pitch Fixo
	Velocidade do rotor	15 rot/min
	Diâmetro do Rotor	3 m
	Altura total	12 m
	Número de pás	3
	Potência Nominal	1 kW
	Velocidade nominal vento	12 m/s
	Velocidade do vento mínima para arranque	2,5 m/s
	Velocidade máxima do vento	25 m/s
	Rendimento global do aerogerador	0,835
	Relação de velocidade máxima do “tip”	5

Tabela 39 – Simulação 3 – Caracterização sistema de turbinas eólicas

### 3.4.2 Resultados Obtidos

Na Tabela 40 e Tabela 41 são resumidos os resultados obtidos na simulação anual com base nos dados anteriormente indicados carregados no software de simulação.

	Electricidade [kWh]	Gás Natural [kWh]	Água [m <sup>3</sup> ]
Aquecimento	14,69	71710,51	-
Arrefecimento	24728,04	-	-
Iluminação	24955,54	-	-
Equipamento	86332,67	-	-
Ventiladores	6650,93	-	-
Bombas	701,10	-	-
Sistemas de Água	-	0	4066,14
<b>Sub-TOTAL</b>	<b>143382,97</b>	<b>74710,51</b>	<b>4066,14</b>
Energia Eólica Produzida	(-) 2984,64	-	-



	<b>Electricidade [kWh]</b>	<b>Gás Natural [kWh]</b>	<b>Água [m<sup>3</sup>]</b>
<b>TOTAL</b>	<b>140398,33</b>	<b>74710,51</b>	<b>4066,14</b>

Tabela 40 – Simulação 3 – Resultados (DB)

	<b>Energia [kWh]</b>	<b>Água [m<sup>3</sup>]</b>
Sistemas de Água - Necessidades	95205	4066,14
Sistemas de Água – Colectores	(-) 74784	
<b>TOTAL</b>	<b>20420</b>	<b>4066,14</b>

Tabela 41 – Simulação 3 - Resultados (SolTerm)

### 3.4.3 Análise de Resultados: Simulação 2 → Simulação 3

Ao se introduzir um sistema mais eficiente de iluminação foi possível reduzir o seu consumo em cerca de 52%, no entanto esta melhoria como reduziu a carga térmica dentro dos espaços provocou um aumento no consumo de aquecimento cerca de 32% e uma diminuição do arrefecimento em cerca de 30%. Em valores absolutos a diminuição do consumo de iluminação foi de cerca de 26599 kWh/ano, o ganho de consumo em aquecimento de 17434,57 kWh/ano e a diminuição no arrefecimento foi de 10757,12 kW/h, representando este balanço cerca de 4% de diminuição no total anual do edifício.

Nesta simulação foram pela primeira vez introduzidos sistemas de produção de energia. A colocação de colectores solares térmicos permitiria segundo o software DB a produção da totalidade de energia necessária ao AQS, no entanto após uma avaliação do sistema nas mesmas bases no SolTerm foi possível verificar que não só tal não era possível, como a própria avaliação de energia necessária sem nenhum sistema auxiliar se encontrava muito acima do que o SolTerm apresenta. No DB temos uma indicação que as necessidades para o AQS (sem sistema auxiliar) são de 252753,89 kWh/ano, e com sistema auxiliar são 0 kWh/ano. Já no SolTerm obteve-se que a necessidade de AQS (sem sistema auxiliar) é de 95205 kWh/ano e com sistema auxiliar é de 20421 kWh/ano. Esta diferença pode ser justificada pelo facto de os colectores solares térmicos no DB serem ainda uma versão “Beta”, pelo que, e dado o SolTerm ser um software confiável, neste caso os resultados do DB, para colectores solares, serão ignorados nesta e nas simulações seguintes e considerados os do SolTerm.

O sistema eólico que foi introduzido permitiu produzir cerca de 3000 kWh/ano o que representa cerca de 1% da energia total necessária para o edifício. É uma solução interessante ainda assim, mas dado que para ser representativo teria que ser criado um verdadeiro parque eólico com bastantes mais aerogeradores e de maior dimensão do que os quatro que foram simulados.

Ainda assim conseguiu-se que com os sistema auxiliares tornar o edifício independente em 25% da energia total que consome.

## 3.5 Simulação 4

Nesta simulação efectuaram-se basicamente alterações arquitecturais para procurar promover o aumento da iluminação natural (“lightshelf”), inclusão de painéis fotovoltaicos, e mudança do tipo de central produtora de fluidos térmicos para uma bomba de calor com condensador geotérmico.

### 3.5.1 Modelo Exterior

Após as alterações promovidas o edifício ficou com o seguinte aspecto, segundo renderização do simulador:

O edifício foi modulado no Software DesignBuilder, ficando com o seguinte aspecto exterior:

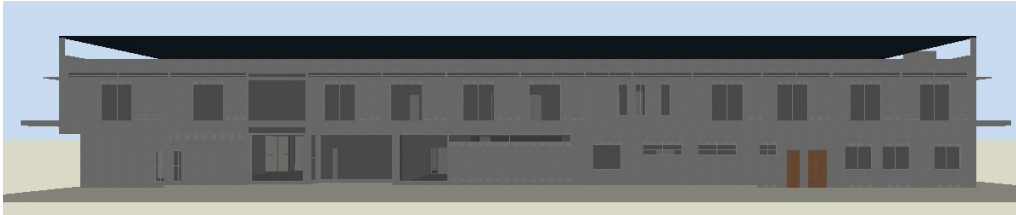


Figura 83 – Simulação 4 – Alçado Nascente



Figura 84 – Simulação 4 – Alçado Poente

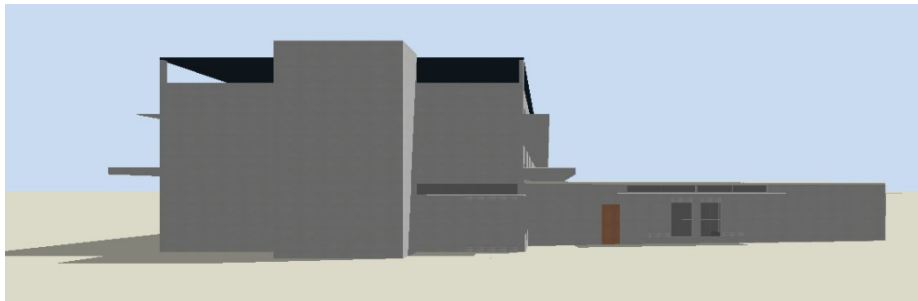


Figura 85 – Simulação 4 – Alçado Norte



Figura 86 – Simulação 4 – Alçado Sul

### 3.5.2 Resumo dados Inseridos no Software

#### 3.5.2.1 Equipamentos

Realizou-se pequenas afinações com o intuito de conferir alguma poupança com medidas “razoáveis” sobre a utilização de equipamentos.

Espaço	Equipamentos	Horário Considerado	Repetibilidade	
			Semanal	Anual
IS's (quartos)	Toalheiro Eléctrico	7-9; 20-22h	Seg – Dom	Oct – Fev
Farmácia	Eq. Diversos	Off	Seg – Sab	Jan – Dez

Tabela 42 – Simulação 4 - Perfis de utilização de Equipamentos

#### 3.5.2.2 Climatização

Ao nível da climatização a principal alteração efectuada consistiu na substituição tanto da central geradora de água arrefecida (chiller) como da central geradora de água aquecida (caldeira) por uma bomba de calor com condensador geotérmico. Manteve-se a solução de ventiloconvectores com admissão de ar directamente do exterior e com módulo de mistura. Nas instalações sanitárias promoveu-se a colocação de pavimento radiante. A Figura 87 retirada do software de simulação representa os princípios indicados:

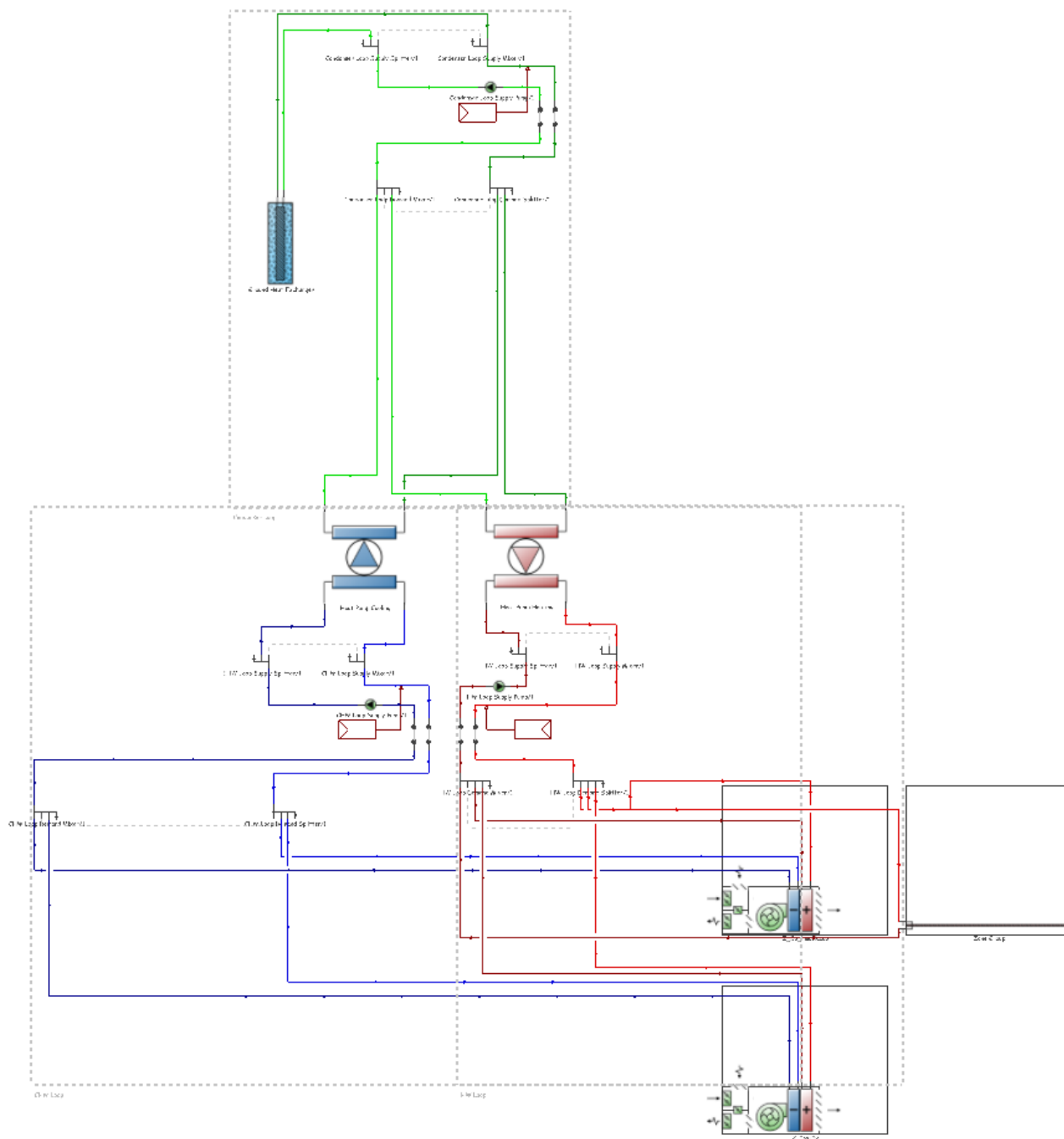


Figura 87 – Simulação 4 - Esquema Tipo Climatização

Código	Nome do Espaço	Climatizado	Tipo
P0.1	Quarto 0.1	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P0.2	I.S. 0.1	Sim (aquecimento)	Pavimento Radiante
P0.3	Quarto 0.2	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P0.4	I.S. 0.2	Sim (aquecimento)	Pavimento Radiante
P0.5	Quarto 0.3	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P0.6	I.S. 0.3	Sim (aquecimento)	Pavimento Radiante

<b>Código</b>	<b>Nome do Espaço</b>	<b>Climatizado</b>	<b>Tipo</b>
P0.7	Quarto 0.4	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P0.8	I.S. 0.4	Sim (aquecimento)	Pavimento Radiante
P0.9	G. Médico	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P0.10	I.S. 0.5	Sim (aquecimento)	Pavimento Radiante
P0.11	Hall	Não	-
P0.12	I.S. 0.6	Sim (aquecimento)	Pavimento Radiante
P0.13	Corredor I	Não	-
P0.14	C.B.Ajuda	Não	-
P0.15	G. Direcção	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P0.16	Gab. Admin	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P0.17	S. Reuniões	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P0.18	Arquivo	Não	-
P0.19	Fisioterapia	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P0.20	Cabeleireira	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P0.21	S. Pessoal	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P0.22	I.S. / Vest (fem)	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P0.23	I.S. / Vest (Masc)	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P0.24	Lavandaria	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P0.25	Corredor II	Não	-
P0.26	Atelier	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P0.27	Hall + IS 0.9/ISO 0.8	Sim (aquecimento)	Pavimento Radiante
P0.28	Cozinha	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P0.29	Hall Entrada	Não	-
P0.30	Refeitório	Sim	
P0.31	I.S. 0.10 / I.S. 0.11	Sim (aquecimento)	Pavimento Radiante
P0.32	Biblioteca/Espaço Net	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P0.33	Sala Conv. + Cafetaria	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P0.34	Sala de Culto	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P1.01	Quarto 1.1	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P1.02	I.S. 1.1	Sim (aquecimento)	Pavimento Radiante
P1.03	Quarto 1.2	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P1.04	I.S. 1.2	Sim (aquecimento)	Pavimento Radiante
P1.05	Quarto 1.3	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P1.06	I.S. 1.3	Sim (aquecimento)	Pavimento Radiante
P1.07	Quarto 1.4	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P1.08	I.S. 1.4	Sim (aquecimento)	Pavimento Radiante
P1.09	Quarto 1.5	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P1.10	I.S. 1.5	Sim (aquecimento)	Pavimento Radiante
P1.11	Quarto 1.6	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P1.12	I.S. 1.6	Sim (aquecimento)	Pavimento Radiante
P1.13	Sala Convivio	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P1.14	Corredor Norte	Não	-
P1.15	Corredor Sul	Não	-

<b>Código</b>	<b>Nome do Espaço</b>	<b>Climatizado</b>	<b>Tipo</b>
P1.16	Quarto 1.8	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P1.17	I.S. 1.8	Sim (aquecimento)	Pavimento Radiante
P1.18	Farmácia	Não	-
P1.19	C.B.Ajuda	Não	-
P1.20	Hall	Não	-
P1.21	Arr Sujos	Não	-
P1.22	Quarto 1.7	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P1.23	I.S. 1.7	Sim (aquecimento)	Pavimento Radiante
P1.24	Quarto 1.10	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P1.25	I.S. 1.10	Sim (aquecimento)	Pavimento Radiante
P1.26	Quarto 1.9	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P1.27	I.S. 1.9	Sim (aquecimento)	Pavimento Radiante
P1.28	Quarto 1.11	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P1.29	I.S. 1.11	Sim (aquecimento)	Pavimento Radiante
P1.30	Quarto 1.14	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P1.31	I.S. 1.14	Sim (aquecimento)	Pavimento Radiante
P1.32	Quarto 1.13	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P1.33	I.S. 1.13	Sim (aquecimento)	Pavimento Radiante
P1.34	Quarto 1.16	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P1.35	I.S. 1.16	Sim (aquecimento)	Pavimento Radiante
P1.36	A. Tecnic	Não	-
P1.37	Quarto 1.17	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P1.38	I.S. 1.17	Sim (aquecimento)	Pavimento Radiante
P1.39	Quarto 1.18	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P1.40	I.S. 1.18	Sim (aquecimento)	Pavimento Radiante
P1.41	Quarto 1.19	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P1.42	I.S. 1.19	Sim (aquecimento)	Pavimento Radiante
P1.43	Quarto 1.20	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P1.44	I.S. 1.20	Sim (aquecimento)	Pavimento Radiante
P1.45	Arrumos	Não	-
P1.46	Quarto 1.12	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P1.47	I.S. 1.12	Sim (aquecimento)	Pavimento Radiante
P1.48	Quarto 1.15	Sim	VC c/ ar directo exterior e mistura
P1.49	I.S. 1.15	Sim (aquecimento)	Pavimento Radiante

Tabela 43 - Simulação 4 - Relação de espaços climatizados e sistema.

Na Tabela 44 são apresentadas as características principais dos equipamentos de climatização utilizados nesta simulação:

<b>Equipamento</b>	<b>Características</b>		<b>Modelo base do equipamento</b>
Bomba de Calor para Arrefecimento	P. Nominal	90 kW	Carrier 50PSW036-360
	EER	Até 25,7	

Equipamento	Características		Modelo base do equipamento
Bomba de Água Fria	P. Nominal	850 W (*)	"Genérico"
	Caudal	4 l/s (*)	
	Altura Manométrica	150kPa	
	Eficiência do Motor	90%	
Bomba de Calor para Aquecimento	P. Nominal	90 kW	Carrier 50PSW036-360
	COP	Até 5	
Bomba de Água Quente	P. Nominal	520 W (*)	"Genérico"
	Caudal	2,4 l/s (*)	
	Altura Manométrica	150kPa	
	Eficiência do Motor	90%	
Bomba Circuito de Condensação Geotérmica	P. Nominal	126 W (*)	"Genérico"
	Caudal	4,4 l/s (*)	
	Altura Manométrica	20kPa	
	Eficiência do Motor	90%	
Condensador	Número de furos	24	"Genérico"
	Profundidade dos Furos	76 m	
	Diâmetro dos Furos	12,7 cm	
	Diâmetro da Externo do tubo	2,7 cm	
	Distância do tubo em U	2,5 cm	
	Condutividade Térmica do tubo	0,391 W/m-k	

Tabela 44 – Simulação 4 – Resumo de equipamentos centrais de climatização

### 3.5.2.3 Iluminação

O sistema de iluminação é o da simulação 3, tendo sido apenas criadas aberturas do tipo "lightshelf", os vãos escolhidos são idênticos em características aos demais existentes no edifício. Apenas diferindo no sombreamento interno, uma vez que estas aberturas são destinadas a promover a entrada de luz natural, as mesmas foram equipadas com vidro inteligente só que com controlo para "Daylight" ou seja funciona para garantir o nível de iluminação definido.

### 3.5.2.4 Águas quentes sanitárias

Solução igual à da simulação 3 baseada no software SolTerm.

### 3.5.2.5 Produção de Energia Eléctrica

A produção de energia eléctrica foi realizada com recurso à instalação em toda a área da cobertura de um sistema de painéis fotovoltaicos, desta forma foi possível verificar qual o máximo de energia obtida desta fonte de energia.

Optou-se pelo esquema mais simples de ligação, sendo a linha de colectores ligada a um inversor e directamente à rede, sem acumulação. Esta opção visa a diminuição de perdas, tanto na acumulação como nas transformações/rectificações que daí advêm.

O sistema previsto na simulação (DB) possui as seguintes características:

Equipamento	Características		Modelo base do equipamento	
Colector Solar	Tipo de Célula	Silicio Multicristalino	BP Solar 3160	
	N.º Células em Série	36		
	Área do Colector	1,26 m		
	Energia de Condução do semicondutor (Band gap)	1,12 eV		
	Temperatura de Referencia	25°		
	Potência nominal de saída	160 W		
	Corrente de Curto Circuito	4,80 A		
	Corrente à máxima potência (por módulo)	4,55 A		
	Tensão em Vazio	44,2 V		
	Tensão à máxima potência	35,1		
	Temperaturas nominais da célula – Temperatura ambiente	20°C		
	Temperaturas nominais da célula – Temperatura da célula	47°C		
Temperaturas nominais da célula - Radiação Solar	800 W/m <sup>2</sup>			
Inversor	Potencia Nominal		Studer 3324	
	Rendimento	10% da Carga		80%
		Plena Carga		95%
Sistema	Módulos em Série	1		
	Módulos em Paralelo	646		

Tabela 45 – Simulação 4 – Resumo de equipamentos – sistema fotovoltaico

Para comparação (tal como no solar térmico) o sistema também foi simulado no SolTerm versão PV, para as características dos mesmos colectores.

### 3.5.3 Resultados Obtidos

	Electricidade [kWh]	Gás Natural [kWh]	Água [m <sup>3</sup> ]
Aquecimento	9968,93	-	-
Arrefecimento	7721,67	-	-
Iluminação	21819,00	-	-
Equipamento	83970,22	-	-
Ventiladores	5388,16	-	-
Bombas	8063,00	-	-
Geração	3022,83		
Sistemas de Água (SolTerm)	-	<b>95205</b>	4066,14
<b>Sub-TOTAL</b>	<b>139955,81</b>	<b>95205</b>	4066,14
Energia Solar Produzida	(-) 129198,99	-	-
Energia Solar Termico	-	(-) 74785	



<b>TOTAL</b>	<b>10754,82</b>	<b>20420</b>	<b>4066,14</b>
--------------	-----------------	--------------	----------------

Tabela 46 – Simulação 4 – Resultados (DB)

	<b>Energia [kWh]</b>
Fotovoltaico (Azimute sul, inclinação 34°) – Energia Sistema	<b>120101</b>
<b>TOTAL</b>	<b>120101</b>

Tabela 47 – Simulação 4- Resultados (SolTerm PV)

### 3.5.4 Análise de Resultados: Simulação 3 → Simulação 4

Nesta simulação foi substituída a central térmica, e realizadas algumas outras optimizações ao nível da iluminação, sombreamentos e utilização de equipamentos. Também foi introduzido um sistema de aproveitamento solar fotovoltaico.

As alterações efectuadas surtiram um efeito de redução de energia consumida muito elevado, praticamente em todos os sistemas, com excepção da bombagem que subiu para aproximadamente o nível da simulação 2. Esta redução fica a dever-se em grande parte à troca da central térmica por uma de aproveitamento geotérmico de alta eficiência, o que permite reduzir os gastos com aquecimento e arrefecimento em 86% e 69% respectivamente. A redução das necessidades energéticas da iluminação em 13% graças à introdução do sistema “lightshelf” que também contribui para um melhor sombreamento. Esta melhoria também contribuiu para uma redução dos gastos com ventilação, pois com as menores necessidades térmicas de um espaço vem sempre um menor gasto com ventilação associado.

A introdução de produção fotovoltaica permitiu obter valores que tornam o edifício muito mais próximo do NZEB. Os valores obtidos no DB foram confrontados com o mesmo sistema no SolTerm e neste caso os valores diferem em cerca de 5% pelo que é possível serem considerados válidos.

O consumo de energia face à simulação anterior reduziu em cerca de 24% e a produção aumentou 162%.

Atendendo a todas as medidas inseridas e todos os processos de produção de energia foi possível reduzir o balanço para que o edifício necessite que 13,3% da energia que consome seja proveniente de fontes externas. Este valor já permite afirmar que esta simulação traduz um edifício com necessidades praticamente nulas de energia.

Ao se aumentar a eficiência dos equipamentos, e levando as soluções técnicas para níveis de consumo baixos, torna-se evidente que tanto os AQS como os equipamentos assumem um valor preponderante, só se permitindo a sua redução alterando os hábitos de ocupação.

## 3.6 Simulação 5

Esta simulação é idêntica à 4 tendo-se apenas introduzido ventilação natural durante os meses considerados de Verão. A opção por ventilação natural apenas nos meses de verão, deve-se a uma limitação de software que impossibilitou o correcto controlo das aberturas durante o inverno. Este controlo provocava a admissão de ar exterior, sem respeitar as condições impostas de admissão de ar só em caso da temperatura exterior ser superior à temperatura de conforto

prevista para o inverno. Então só foi possível simular o sistema com ventilação natural para o Verão, onde a situação anterior não se verificou.

### 3.6.1 Resumo dados Inseridos no Software

#### 3.6.1.1 Climatização

Nesta solução apenas foram introduzidas grelhas de ventilação comandadas de acordo com as condições de temperatura interior e exterior. O dimensionamento foi feito considerando as expressões anteriormente apresentadas para Tipo IV.

$$\text{Tipo (iv) } A = \frac{q}{K \cdot U_{ref}} \quad (9)$$

$q = 0,0168$  (referente a 2 ocupantes)

$$k = 0,01 \text{ e } U_{ref} = 5,8$$

$$A = 0,289 \text{ m}^2$$

que resulta em duas aberturas com as dimensões de:

$$L = 1,2\text{m e } A = 0,24\text{m}$$

Estas grelhas foram introduzidas nas áreas de quartos e comuns.

### 3.6.2 Resultados Obtidos

	Electricidade [kWh]	Gás Natural [kWh]	Água [m <sup>3</sup> ]
Aquecimento	9968,93	-	-
Arrefecimento	7721,67	-	-
Iluminação	21797,04	-	-
Equipamento	83970,22	-	-
Ventiladores	5406,16	-	-
Bombas	7813,83	-	-
Geração	3022,83		
Sistemas de Água (SolTerm)	-	<b>95205</b>	4066,14
<b>Sub-TOTAL</b>	<b>138921,49</b>	<b>95205</b>	4066,14
Energia Solar Produzida	(-) 129198,99	-	-
Energia Solar Termico	-	(-) 74785	
<b>TOTAL</b>	<b>9722,50</b>	<b>20420</b>	<b>4066,14</b>

Tabela 48 – Simulação 5 – Resultados

### 3.6.3 Análise de Resultados: Simulação 4 → Simulação 5

Nesta simulação a introdução de ventilação natural (ainda que parcial) veio evidenciar a possibilidade de uma redução de consumos. Pelo motivo já anteriormente exposto, as dificuldades de controlo do sistema com ventilação natural no software de simulação bem como o tempo demorado que cada simulação com ventilação natural leva a correr, limitou um pouco a exploração desta solução. No entanto os resultados são encorajadores. Ao nível do arrefecimento e só tendo esta solução implementada durante os chamados meses de verão foi possível uma redução de 14% e uma redução 3% com bombas, já o aquecimento aumentou cerca de 3% e a ventilação manteve-se idêntica (ligeiríssima redução). Ao nível do balanço foi

possível redução em 3% do valor pedido a fontes externas, tornando o edifício auto-suficiente em cerca de 77,1%.

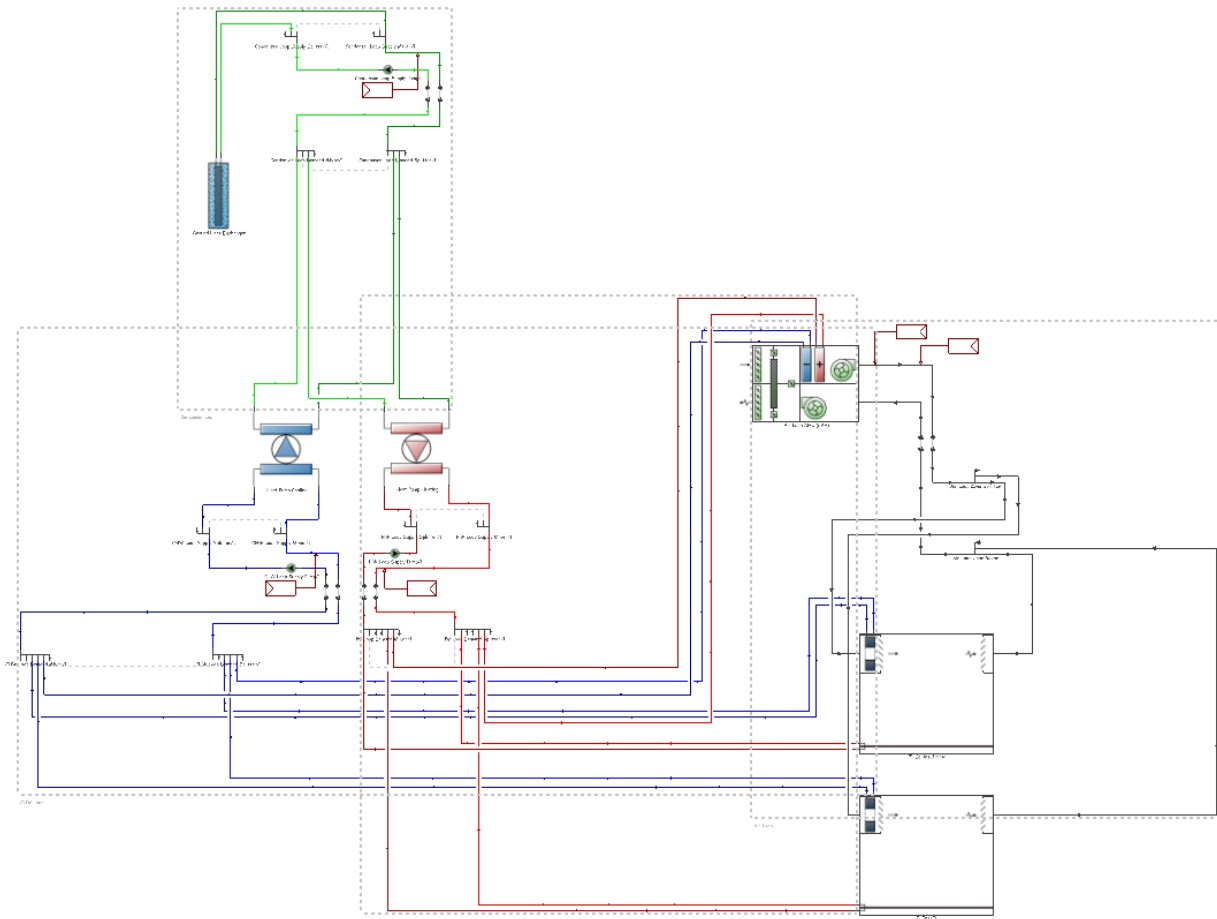
### 3.7 Simulação 6

Sistema com central térmica idêntica à da “Simulação 4” mas com unidades terminais do tipo vigas arrefecidas e pavimento radiante nos espaços.

#### 3.7.1 Resumo dados Inseridos no Software

##### 3.7.1.1 Climatização

O sistema de climatização a ensaiar nesta simulação é um sistema passivo, em que no arrefecimento funciona o princípio da indução, e no aquecimento radiação. Este sistema tem a particularidade de necessitar um controlo rigoroso da humidade dos espaços climatizados durante os meses em que existam necessidades de arrefecimento. Pois uma vez que as vigas arrefecidas não possuem tabuleiros de condensados, o ar interior nunca poderá possuir uma humidade relativa superior à de condensação do ar em contacto com a bateria de arrefecimento. A central de produção de fluidos térmicos é igual à utilizada na simulação anterior.



O sistema apresenta o seguinte esquema de princípio:

Figura 88 Simulação 6 - Esquema Tipo Climatização

Para os espaços da cozinha e da lavandaria, colocou-se uma unidade de ar novo para fornecer a quantidade de mínima de ar novo ao espaço e uma unidade com bateria de expansão directa. No fundo é uma unidade para simular um “split”, mas por limitações do software de simulação não é possível que a unidade realize frio e calor. Assim é necessário dotar esta unidade de uma bateria eléctrica de aquecimento, o que acaba por não ser problemático uma vez que dado a carga térmica destes espaços ser elevada não se esperam grandes necessidades de aquecimento.

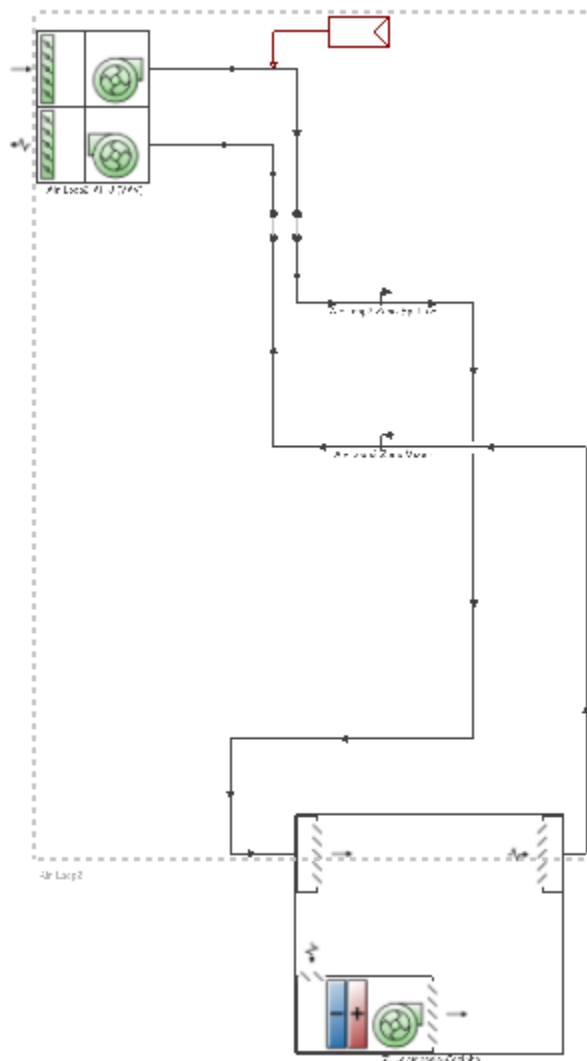


Figura 89– Simulação 4 - Esquema Tipo Climatização (Cozinha e Lavandaria)

Código	Nome do Espaço	Climatizado	Tipo
P0.1	Quarto 0.1	Sim	Viga Arrefecida – activa + Pav. Radiante
P0.2	I.S. 0.1	Sim (aquec.)	Pavimento Radiante
P0.3	Quarto 0.2	Sim	Viga Arrefecida – activa + Pav. Radiante
P0.4	I.S. 0.2	Sim (aquec.)	Pavimento Radiante
P0.5	Quarto 0.3	Sim	Viga Arrefecida – activa + Pav. Radiante
P0.6	I.S. 0.3	Sim (aquec.)	Pavimento Radiante

<b>Código</b>	<b>Nome do Espaço</b>	<b>Climatizado</b>	<b>Tipo</b>
P0.7	Quarto 0.4	Sim	Viga Arrefecida – activa + Pav. Radiante
P0.8	I.S. 0.4	Sim (aquec.)	Pavimento Radiante
P0.9	G. Médico	Sim	Viga Arrefecida – activa + Pav. Radiante
P0.10	I.S. 0.5	Sim (aquec.)	Pavimento Radiante
P0.11	Hall	Não	-
P0.12	I.S. 0.6	Sim (aquec.)	Pavimento Radiante
P0.13	Corredor I	Não	-
P0.14	C.B.Ajuda	Não	-
P0.15	G. Direcção	Sim	Viga Arrefecida – activa + Pav. Radiante
P0.16	Gab. Admin	Sim	Viga Arrefecida – activa + Pav. Radiante
P0.17	S. Reuniões	Sim	Viga Arrefecida – activa + Pav. Radiante
P0.18	Arquivo	Não	-
P0.19	Fisioterapia	Sim	Viga Arrefecida – activa + Pav. Radiante
P0.20	Cabeleireira	Sim	Viga Arrefecida – activa + Pav. Radiante
P0.21	S. Pessoal	Sim	Viga Arrefecida – activa + Pav. Radiante
P0.22	I.S. / Vest (fem)	Sim	Viga Arrefecida – activa + Pav. Radiante
P0.23	I.S. / Vest (Masc)	Sim	Viga Arrefecida – activa + Pav. Radiante
P0.24	Lavandaria	Sim	Sistema com unidade de ar novo e unidade de expansão directa (serpentina de frio) + bateria eléctrica de aquecimento
P0.25	Corredor II	Não	-
P0.26	Atelier	Sim	Viga Arrefecida – activa + Pav. Radiante
P0.27	Hall + IS 0.9/ISO 0.8	Sim (aquec.)	Pavimento Radiante
P0.28	Cozinha	Sim	Sistema com unidade de ar novo e unidade de expansão directa (serpentina de frio) + bateria eléctrica de aquecimento
P0.29	Hall Entrada	Não	-
P0.30	Refeitório	Sim	
P0.31	I.S. 0.10 / I.S. 0.11	Sim (aquec.)	Pavimento Radiante
P0.32	Biblioteca/Espaço Net	Sim	Viga Arrefecida – activa + Pav. Radiante
P0.33	Sala Conv. + Cafeteria	Sim	Viga Arrefecida – activa + Pav. Radiante
P0.34	Sala de Culto	Sim	Viga Arrefecida – activa + Pav. Radiante
P1.01	Quarto 1.1	Sim	Viga Arrefecida – activa + Pav. Radiante
P1.02	I.S. 1.1	Sim (aquec.)	Pavimento Radiante
P1.03	Quarto 1.2	Sim	Viga Arrefecida – activa + Pav. Radiante
P1.04	I.S. 1.2	Sim (aquec.)	Pavimento Radiante
P1.05	Quarto 1.3	Sim	Viga Arrefecida – activa + Pav. Radiante
P1.06	I.S. 1.3	Sim (aquec.)	Pavimento Radiante
P1.07	Quarto 1.4	Sim	Viga Arrefecida – activa + Pav. Radiante
P1.08	I.S. 1.4	Sim (aquec.)	Pavimento Radiante
P1.09	Quarto 1.5	Sim	Viga Arrefecida – activa + Pav. Radiante

<b>Código</b>	<b>Nome do Espaço</b>	<b>Climatizado</b>	<b>Tipo</b>
P1.10	I.S. 1.5	Sim (aquec.)	Pavimento Radiante
P1.11	Quarto 1.6	Sim	Viga Arrefecida – activa + Pav. Radiante
P1.12	I.S. 1.6	Sim (aquec.)	Pavimento Radiante
P1.13	Sala Convivio	Sim	Viga Arrefecida – activa + Pav. Radiante
P1.14	Corredor Norte	Não	-
P1.15	Corredor Sul	Não	-
P1.16	Quarto 1.8	Sim	Viga Arrefecida – activa + Pav. Radiante
P1.17	I.S. 1.8	Sim (aquec.)	Pavimento Radiante
P1.18	Farmácia	Não	-
P1.19	C.B.Ajuda	Não	-
P1.20	Hall	Não	-
P1.21	Arr Sujos	Não	-
P1.22	Quarto 1.7	Sim	Viga Arrefecida – activa + Pav. Radiante
P1.23	I.S. 1.7	Sim (aquec.)	Pavimento Radiante
P1.24	Quarto 1.10	Sim	Viga Arrefecida – activa + Pav. Radiante
P1.25	I.S. 1.10	Sim (aquec.)	Pavimento Radiante
P1.26	Quarto 1.9	Sim	Viga Arrefecida – activa + Pav. Radiante
P1.27	I.S. 1.9	Sim (aquec.)	Pavimento Radiante
P1.28	Quarto 1.11	Sim	Viga Arrefecida – activa + Pav. Radiante
P1.29	I.S. 1.11	Sim (aquec.)	Pavimento Radiante
P1.30	Quarto 1.14	Sim	Viga Arrefecida – activa + Pav. Radiante
P1.31	I.S. 1.14	Sim (aquec.)	Pavimento Radiante
P1.32	Quarto 1.13	Sim	Viga Arrefecida – activa + Pav. Radiante
P1.33	I.S. 1.13	Sim (aquec.)	Pavimento Radiante
P1.34	Quarto 1.16	Sim	Viga Arrefecida – activa + Pav. Radiante
P1.35	I.S. 1.16	Sim (aquec.)	Pavimento Radiante
P1.36	A. Tecnic	Não	-
P1.37	Quarto 1.17	Sim	Viga Arrefecida – activa + Pav. Radiante
P1.38	I.S. 1.17	Sim (aquec.)	Pavimento Radiante
P1.39	Quarto 1.18	Sim	Viga Arrefecida – activa + Pav. Radiante
P1.40	I.S. 1.18	Sim (aquec.)	Pavimento Radiante
P1.41	Quarto 1.19	Sim	Viga Arrefecida – activa + Pav. Radiante
P1.42	I.S. 1.19	Sim (aquec.)	Pavimento Radiante
P1.43	Quarto 1.20	Sim	Viga Arrefecida – activa + Pav. Radiante
P1.44	I.S. 1.20	Sim (aquec.)	Pavimento Radiante
P1.45	Arrumos	Não	-
P1.46	Quarto 1.12	Sim	Viga Arrefecida – activa + Pav. Radiante
P1.47	I.S. 1.12	Sim (aquec.)	Pavimento Radiante
P1.48	Quarto 1.15	Sim	Viga Arrefecida – activa + Pav. Radiante
P1.49	I.S. 1.15	Sim (aquec.)	Pavimento Radiante

Tabela 49 - Simulação 6 - Relação de espaços climatizados e sistema.

### 3.7.1.2 Iluminação

Solução de Iluminação igual à simulação 5.

### 3.7.1.3 Águas quentes sanitárias

Solução de águas quentes sanitárias igual à simulação 5.

### 3.7.1.4 Produção de Energia Eléctrica

Solução de produção de energia eléctrica semelhante à simulação 5.

## 3.7.2 Resultados Obtidos

	Electricidade [kWh]	Gás Natural [kWh]	Água [m <sup>3</sup> ]
Aquecimento	21279,82	-	-
Arrefecimento	52182,70	-	-
Iluminação	21856,72	-	-
Equipamento	83970,22	-	-
Ventiladores	90049,22	-	-
Bombas	6205,90	-	-
Geração	3022,83		
Sistemas de Água (SolTerm)	-	<b>95205</b>	4066,14
<b>Sub-TOTAL</b>	<b>171981,42</b>	<b>95205</b>	4066,14
Energia Solar Produzida	(-) 129198,99	-	-
Energia Solar Termico (Solterm)	-	(-) 74785	
<b>TOTAL</b>	<b>42782,43</b>	<b>20420</b>	<b>4066,14</b>

Tabela 50 – Simulação 6 – Resultados (DB)

### 3.7.3 Análise de Resultados: Simulação 5 → Simulação 6

Nesta simulação a introdução de um sistema passivo poderia possibilitar, e esperava-se uma redução significativa nos consumos, no entanto, tal não aconteceu. As necessidades de aquecimento, arrefecimento e ventilação sofreram aumentos brutais. Sendo a única redução na bombagem. O aumento com esta solução ficou-se a dever ao facto deste sistema de climatização, aquando do seu funcionamento em arrefecimento necessitar de um apertado controlo de humidade. Então houve a necessidade de desumidificar muito o ar novo que entra no espaço, pois só assim se pode desumidificar em um sistema passivo deste tipo, resultando desta forte desumidificação um aumento enorme das necessidades de arrefecimento e ventilação. O aumento das necessidades de aquecimento surge do facto do ar novo ser tratado de forma centralizada em uma unidade de tratamento de ar, então aquando da desumidificação, o ar poderá ter que ser reaquecido para que cumpra com os requisitos de insuflação nas unidades terminais.

### 3.8 Resumo de Resultados

Na Tabela 51 apresenta-se um resumo de todos resultados obtidos por simulação.

		SIMULAÇÃO						
		1 C_CTE	1 C_VAR	2	3	4	5	6
Consumo [kWh]	Aquecimento	54181,81	37008,13	54290,12	71724,69	9968,93	10294,43	21279,82
	Arrefecimento	35766,90	36354,40	35485,16	24728,04	7721,67	6616,98	52182,70
	Iluminação	51554,58	51554,58	51554,58	24955,54	21819,00	21797,04	21856,72
	Equipamento	86332,67	86332,67	86332,67	86332,67	83970,00	83970,22	83970,22
	Ventiladores	9902,61	9812,18	8941,75	6650,93	5388,16	5406,16	90049,22
	Bombas	9901,50	962,55	9302,03	701,10	8063,00	7813,83	6205,90
	Geração	0,00	0,00	0,00	0,00	3022,83	3022,83	3022,83
	Sistema AQS	252753,89	252753,89	249140,80	95205,00	95205,00	95205,00	95205,00
	TOTAL CONSUMO	500393,96	474778,40	495049,11	310300,97	235162,59	234131,49	373778,41
Produção [kWh]	Solar Térmico				74784,00	74784,00	74784,00	74784,00
	Solar Fotovoltaico					129198,99	129198,99	129198,99
	Eólico				2984,64			
	TOTAL PRODUÇÃO	0,00	0,00	0,00	77768,64	203982,99	203982,99	203982,99
Balança Consumo-Produção		500393,96	474778,40	495049,11	232532,33	31179,60	30148,50	169795,42
		100%	100%	100%	74,9%	13,3%	12,9%	45,4%

Tabela 51 – Tabela resumo de resultados todas as simulações

### 3.9 Evolução de resultados

Na Figura 90 é possível verificar a evolução dos consumos por simulação e os impactos que cada sistema tem sobre o valor global da energia consumida pelo edifício. É possível verificar que ao longo de todas as simulações, o maior impacto energético é proveniente dos equipamentos e dos sistemas de águas quentes sanitárias (AQS). Neste caso dado o tipo de ocupação do edifício ainda mais se acentua estas necessidades de AQS. De salientar que o impacto da iluminação no consumo energético andou sempre entre os 6 a 11% do consumo total, o que no seu valor mais elevado (11%) está ao nível dos valores médios percentuais para edifícios de habitação.



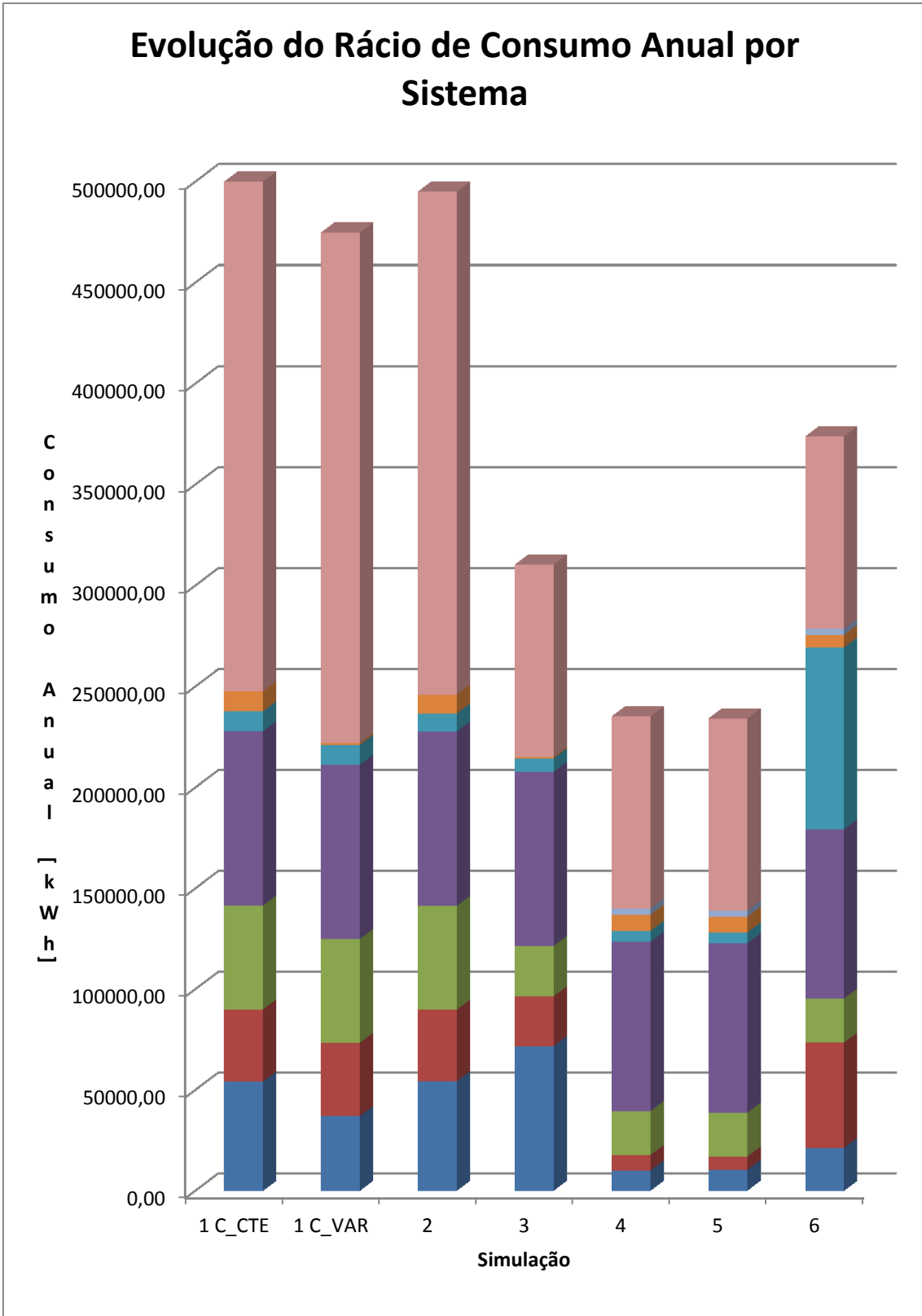


Figura 90 – Gráfico da evolução do rácio de consumo anual por sistema

(Página intencionalmente deixada em branco.)

## 4 Conclusões

Após o realizar destas simulações foi possível concluir que é possível atingir o NZEB, não na óptica do “Net Zero” mas do “Nearly Zero”. A solução que permite atingir este estado (solução simulação 5) é uma solução que engloba o fornecimento de ar distribuído e também o máximo de eficiência dos sistemas de produção de fluidos térmicos. Esta produção tem que ser obtida com o máximo de rendimento e o sistema de aproveitamento geotérmico é um sistema que apresenta tais características. Para além do sistema de climatização, é necessário que todos os outros sistemas sejam de alta eficiência nomeadamente ventilação natural, iluminação natural e artificial, vidros e sombreamentos.

Estes considerando referem-se ao lado do consumo, no que toca à produção é necessário dotar o edifício de grandes centrais produtoras, pois, por mais que se optimizem as soluções, os consumos associados a águas quentes sanitárias e aos equipamentos representarão na maioria dos casos grandes parcelas do consumo do edifício.

Neste trabalho nunca foi abordado o factor “custo” em cada uma das soluções pois o objectivo foi sempre dotar um edifício de capacidade de auto-suficiência, para respeitar a directiva 2010/31/EU, e nunca avaliar a rentabilidade destas medidas, no entanto é fácil de perceber que qualquer uma destas medidas representa custos elevadíssimos. Nomeadamente um sistemas com condensador geotérmico, as furações possuem um custo elevado, e também a quantidade de painéis fotovoltaicos simulados. É possível concluir que estes dois sistemas seriam os com maior peso numa avaliação de custo a fazer num edifício em que se fosse implementar estas soluções.

Quando o trabalho foi iniciado a solução da simulação 6, era a que em teoria melhor se adequava a um edifício NZEB, pois a sua característica passiva indicava que poderiam ser feitos enormes poupanças em termos de ventilação e um maior aproveitamento da inércia do edifício. No entanto a necessidade de um controlo bastante fino do nível de humidade e a incapacidade de desumidificação nas unidades terminais, provoca um grande consumo de energia, o que apesar de ser uma solução atractiva deixa-a distante dos resultados obtidos na simulação 5. Esta mesma solução sem controlo de humidade apresenta valores bastante interessantes, no entanto registaram-se valores inoportáveis de humidade nos espaços.

Ao se elaborar este trabalho foi possível entender a enorme dificuldade que será possuir uma ferramenta que permita simular com exactidão e rapidez um edifício justificando a sua característica NZEB ou não. As dificuldades mais sentidas são as seguintes:

- Dificuldades na parametrização de software, muitas variáveis logo muito tempo a introduzir dados;
- Dificuldades em acertar o modelo, dificuldades na simulação em si, pelo tempo que demora;
- Por vezes surgem erros de introdução de dados que levam a que a simulação não seja como que “aceite” pelo algoritmo do Energy Plus, então é necessário despender muitas horas a perceber qual o motivo da simulação não correr;
- Será difícil correr simulações em tempo útil que contemplem tudo e que seja elegíveis para mercado, ou seja uma empresa que tenha vários projectos de médio porte, precisará de computadores muito potentes de modo a realizar estas simulações. Coisa que até hoje só se faria no âmbito da certificação, se em fase de projecto for necessário efectuar a simulação a mesma poderá aumentar o tempo de produção do próprio design o que

poderá tornar o projecto muito caro e/ou não rentável, dadas as horas que são necessárias despende para a sua concepção. Para ordem de ideia a simulação deste edifício contemplando os diversos sistemas, e ventilação natural, demora cerca de uma semana completa a simular num computador com dois processadores de 2.0 GHz e 4 Gb de memória RAM;

- Este software (DesignBuilder) apesar de indicar que o faz, não deve ser considerado para a simulação de sistemas de águas quentes sanitárias com e sem colectores solares, tal como ficou indicado pelos resultados obtidos;
- Por ultimo uma licença comercial deste software ascende a cerca de 1100€ por utilizador habilitado a realizar simulação;

Neste trabalho procurou-se que o edifício fosse realmente NZEB, dotando-o do máximo de fontes de produção de energia, no entanto enquanto a directiva não for esclarecida relativamente à distância a que tem de estar a produção de energia renovável, será possível considerar a energia da rede como já ela “verde”. Assim e tendo em conta que a média dos últimos cinco anos a energia eléctrica em Portugal apresentou um balanço anual de energia renovável produzida de 54%, seria possível considerar que apenas os restantes 46% é que teriam de ser produzidos pelo edifício para que fosse atingido o NZEB.

O aspecto arquitectónico será, sem dúvida, algo que irá levantar muitos problemas do ponto de vista da concepção de um edifício deste tipo, dado o tipo de soluções. A solução de climatização em que o ar é distribuído e não centralizado implica tomadas de ar na fachada, implica também a reserva de uma maior quantidade de espaços seja no tecto falso ou em área técnica, para colocação destas máquinas. A ventilação natural também obrigará a que as fachadas possuam grelhas para admissão do ar. A própria solução proposta para o aumento do rendimento da iluminação natural “lighshelf” é uma solução que mexe directamente com o aspecto exterior de do edifício de uma forma muito visível.

Ao nível da produção de energia, o impacto será ainda maior, coberturas totalmente preenchidas com colectores solares, painéis fotovoltaicos, e/ou algumas turbinas eólicas serão de certa forma impossíveis de evitar neste tipo de edifícios, limitando por aí as opções de embelezamento dos edifícios. Será um grande desafio integrar de forma harmoniosa todas estas ideias e sistemas num edifício que se pretenda NZEB.

Este trabalho abordou apenas uma pequena parte do que há ainda a fazer na preparação para a concepção destes novos tipo de edifícios, apenas foi simulado um pequeno rol de soluções a implementar, e também não foram esgotadas todas as possibilidades do próprio software de simulação, faltando por exemplo testar fachadas com paredes de Trompe, ou simular um edifício que faça aproveitamento de ventilação natural ou mista durante todo o ano.

É também importante perceber que será necessário um estudo mais aprofundado sobre a solução escolhida de modo a que a mesma possa ser implementada trazendo aquilo que é teórico para o mundo prático. A selecção de todos os equipamentos e seus dispositivos de controlo será um dos passos mais importantes e complexos para dar seguimento a este trabalho.

A avaliação de custo, bem como o seu retorno ao longo do tempo de vida do edifício é também de vital importância, de modo a ser possível legitimar estas soluções junto de quem as irá pagar, pois todos estes edifícios irão ser sem dúvida projectos de grande investimento inicial, sendo que sem um retorno minimamente atractivo terão muita dificuldade em passar do papel.

(Página intencionalmente deixada em branco.)

## 5 Referencias Bibliográficas

- [1] Directiva 2010/31/UE do PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO DE 19 de Maio de 2010 relativa ao desempenho energético dos edifícios (reformulação).
- [2] DECRETO-LEI nº 79/2006. D.R. I Série-A (06-04-04) 2416-2468
- [3] ASHRAE Handbook Fundamentals SI Edition - 2009: American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers, Inc, cop. 2009. 1 disco óptico (CD-ROM).
- [4] SANTOS, Carlos A. Pina dos; MATIAS, Luís – Coeficientes de Transmissão Térmica de Elementos da Envolvente dos Edifícios. 2ª Edição Lisboa: LNEC, 2006 ISBN-10: 972-49-2065-8
- [5] Energy Efficiency Status Report 2012, Electricity Consumption and Efficiency Trends in the EU-27, Paolo Bertoldi, Bittina Hirl, Nicola Labanca 2012
- [6] Dossier LED – Iluminação com uma nova fonte de luz – 4ª Edição, Outubro de 2013 – ETAP
- [7] GONÇALVES, Helder; GRAÇA, João Mariz – Conceitos Bioclimáticos para os Edifícios em Portugal. Lisboa, 2004, ISBN 972-8268-34-3.
- [8] ROBERTSON, Keith; Daylighting Guide for Buildings. Canada Mortgage and Housing Corporation
- [9] Climatização Eva Frio [Em Linha]. [Consult. 25 Setembro 2014] Disponível na: <http://www.evafrio.com.br/index.php/introducao>
- [10] Ciência Hoje [Em Linha]. [Consult. 25 Setembro 2014] Disponível na: <http://cienciahoje.uol.com.br/noticias/2012/11/chamine-que-refresca>
- [11] Snapthepix [Em Linha] [Consult. 25 Setembro 2014] Disponível na: [http://www.snapthepix.com/download/Absorption-cycle-R718-com/https:%7C%7Cc1\\*staticflickr\\*com%7C9%7C8304%7C7743950488\\_52a7716c35\\_z\\*jpg](http://www.snapthepix.com/download/Absorption-cycle-R718-com/https:%7C%7Cc1*staticflickr*com%7C9%7C8304%7C7743950488_52a7716c35_z*jpg)
- [12] Deco.proteste.pt [Em Linha] [Consult. 25 Setembro 2014] Disponível na: <http://www.deco.proteste.pt/casa/aquecimento/dicas/caldeiras-murais-a-gas-faca-bem-as-contas>
- [13] Geothermal Heat Pumps [Em Linha] [Consult. 25 Setembro 2014] Disponível na: <http://energy.gov/energysaver/articles/geothermal-heat-pumps>
- [14] McGraw Hill Construction Continuing Education [Em Linha] [Consult. 25 Setembro 2014] Disponível na: [http://continuingeducation.construction.com/article\\_print.php?L=5&C=463](http://continuingeducation.construction.com/article_print.php?L=5&C=463)
- [15] VIANA, Susana – Sistemas Solares Fotovoltaicos [Apresentação para Pós-Graduação em energias renováveis]: 3.1 – Tecnologias e Mercados Fotovoltaicos: TÜV Rheinland, Março/2011.

mod\_03\_01\_tecnologias\_mercados\_fotovoltaticos\_ed2.pdf

[16] SENO, Nuno – Sistemas Solares Térmicos [Apresentação para Pós-Graduação em energias renováveis]: Estudo energético no coletor: TÜV Rheinland, Outubro/2010.

02\_02\_01\_tecnologia\_de\_colectores\_.pdf

[17] SENO, Nuno – Sistemas Solares Térmicos [Apresentação para Pós-Graduação em energias renováveis]: Esquema Solar: TÜV Rheinland, Fevereiro/2011.

02\_02\_02esquema\_termico.pdf

[18] How Wind Power Works [Em Linha]. [Consult. 20 Julho 2014] Disponível na: <http://science.howstuffworks.com/environmental/green-science/wind-power2.htm>

[19] Eficiencia Energética – Equipamentos Hidrónicos – Daikin

[20] Jarek Kurnitski, Francis Allard, Derrick Braham, Guillaume Goeders, Per Heiselberg, Lennart Jagemar, Risto Kosonen, Jean Lebrun, Livio Mazzarella, Jorma Railio, Olli Seppänen, Michael Schmidt, Maija Virta – How to define nearly net zero energy buildings nZEB. Rehva Journal – Maio 2011

[21] ALEXANDER Darren, O'ROURKE Mike - Design Considerations for Active Chilled Beams – ASHRAE Journal, Setembro 2008

[22] ETHRIDGE David - Natural Ventilation of Buildings – Theory, Measurement and Design. John Wiley & Sons Ltd. 2012

[23] Criação France Air – Vigas Arrefecidas 2009

[24] WILSON, Alex – The Folly of Building – Integrated Wind [Em Linha]. [Consult. 9 Julho 2014] Disponível na: <http://www2.buildinggreen.com/article/folly-building-integrated-wind>

[25] Photovoltaic (Solar Electric) [Em Linha]. [Consult. 25 Setembro 2014] Disponível na: <http://www.seia.org/policy/solar-technology/photovoltaic-solar-electric>

[26] John, What is Electrochromic Glass? [Em Linha]. [Consult. 25 Setembro 2014] Disponível na: <http://www.smartglassinternational.com/what-is-electrochromic-glass/>

[27] DUTRA Ricardo, Energia Eólica – Princípios e Tecnologia: CEPEL-Sistema Eletrobrás, CRESESB,. [Consult. 9 de Julho 2014] Disponível na: [http://www.cresesb.cepel.br/tutorial/tutorial\\_eolica\\_2008\\_e-book.pdf](http://www.cresesb.cepel.br/tutorial/tutorial_eolica_2008_e-book.pdf)

[28] BAUER, Prof. Dr. Michael; MÖSLE, Peter; SCHAWRZ, Dr. Michael - Green Building - Guidebook for Sustainable Architecture. Munique, 2007. ISBN 978-3-642-00634-0.

(Página intencionalmente deixada em branco.)



## **Anexos**

- A. Directiva 2010/31/UE do PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO DE 19 de Maio de 2010 relativa ao desempenho energético dos edifícios (reformulação).**

(Página intencionalmente deixada em branco.)

**DIRECTIVA 2010/31/UE DO PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO****de 19 de Maio de 2010****relativa ao desempenho energético dos edifícios****(reformulação)**

O PARLAMENTO EUROPEU E O CONSELHO DA UNIÃO EUROPEIA,

Tendo em conta o Tratado sobre o Funcionamento da União Europeia, nomeadamente o n.º 2 do artigo 194.º,

Tendo em conta a proposta da Comissão Europeia,

Tendo em conta o parecer do Comité Económico e Social Europeu <sup>(1)</sup>,

Tendo em conta o parecer do Comité das Regiões <sup>(2)</sup>,

Deliberando de acordo com o processo legislativo ordinário <sup>(3)</sup>,

Considerando o seguinte:

- (1) A Directiva 2002/91/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 16 de Dezembro de 2002, relativa ao desempenho energético dos edifícios <sup>(4)</sup>, foi alterada <sup>(5)</sup>. Devendo ser introduzidas novas alterações substanciais, é conveniente, por razões de clareza, proceder à sua reformulação.
- (2) Uma utilização prudente, racional e eficiente da energia deverá abranger, nomeadamente, os produtos petrolíferos, o gás natural e os combustíveis sólidos, que constituem fontes de energia essenciais e, simultaneamente, as principais fontes de emissão de dióxido de carbono.
- (3) Os edifícios representam 40 % do consumo de energia total na União. O sector está em expansão, pelo que será de esperar um aumento do seu consumo de energia. Por conseguinte, a redução do consumo de energia e a utilização de energia proveniente de fontes renováveis no sector dos edifícios constituem medidas importantes necessárias para reduzir a dependência energética da União e as emissões de gases com efeito de estufa. Conjugadas com uma utilização de energia proveniente de fontes renováveis, as medidas tomadas para reduzir o consumo

de energia na União permitirão à União cumprir o Protocolo de Quioto da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre as Alterações Climáticas, e honrar o seu compromisso a longo prazo de manter a subida da temperatura global abaixo dos 2 °C e o seu compromisso de reduzir até 2020 as emissões globais de gases com efeito de estufa em pelo menos 20 % em relação aos níveis de 1990, e em 30 % no caso de se alcançar um acordo internacional. A redução do consumo de energia e o aumento da utilização de energia proveniente de fontes renováveis têm igualmente um importante papel a desempenhar na promoção da segurança do aprovisionamento energético, na promoção dos avanços tecnológicos e na criação de oportunidades de emprego e desenvolvimento regional, especialmente nas zonas rurais.

- (4) A gestão da procura de energia é um instrumento importante, que permite à União influenciar o mercado global da energia e, por conseguinte, a segurança do abastecimento energético a médio e longo prazo.
- (5) O Conselho Europeu de Março de 2007 sublinhou a necessidade de aumentar a eficiência energética na União a fim de alcançar o objectivo de redução de 20 % do consumo de energia até 2020 e apelou a uma aplicação rápida e completa das prioridades estabelecidas na Comunicação da Comissão intitulada «Plano de Acção para a Eficiência Energética: Concretizar o Potencial». Este Plano de Acção identificou o potencial significativo de poupança de energia em condições economicamente rentáveis no sector dos edifícios. Na sua Resolução de 31 de Janeiro de 2008, o Parlamento Europeu preconizou o reforço das disposições da Directiva 2002/91/CE, tendo apelado por diversas vezes, a última das quais na sua Resolução de 3 de Fevereiro de 2009, relativa à Segunda Análise Estratégica da Política Energética, para que o objectivo de eficiência energética de 20 % em 2020 passe a ter carácter vinculativo. Além disso, a Decisão n.º 406/2009/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de Abril de 2009, relativa aos esforços a realizar pelos Estados-Membros para redução das suas emissões de gases com efeito de estufa a fim de respeitar os compromissos de redução das emissões de gases com efeito de estufa da União até 2020 <sup>(6)</sup>, fixa objectivos vinculativos de redução de CO<sub>2</sub> para os quais a eficiência energética no sector dos edifícios será essencial, e a Directiva 2009/28/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de Abril de 2009, relativa à promoção da utilização de energia proveniente de fontes renováveis <sup>(7)</sup>, prevê a promoção da eficiência energética no contexto de um objectivo vinculativo para a energia proveniente de fontes renováveis equivalente a 20 % do consumo de energia total da União em 2020.

<sup>(1)</sup> JO C 277 de 17.11.2009, p. 75.

<sup>(2)</sup> JO C 200 de 25.8.2009, p. 41.

<sup>(3)</sup> Posição do Parlamento Europeu de 23 de Abril de 2009 (ainda não publicada no Jornal Oficial), posição do Conselho em primeira leitura de 14 de Abril de 2010 (ainda não publicada no Jornal Oficial), posição do Parlamento Europeu de 18 de Maio de 2010 (ainda não publicada no Jornal Oficial).

<sup>(4)</sup> JO L 1 de 4.1.2003, p. 65.

<sup>(5)</sup> Ver anexo IV, parte A.

<sup>(6)</sup> JO L 140 de 5.6.2009, p. 136.

<sup>(7)</sup> JO L 140 de 5.6.2009, p. 16.

- (6) O Conselho Europeu de Março de 2007 reafirmou o compromisso da União no desenvolvimento da energia proveniente de fontes renováveis à escala da União, tendo subscrito como objectivo obrigatório uma quota de 20 % de energia proveniente de fontes renováveis até 2020. A Directiva 2009/28/CE estabelece um quadro comum para a promoção da energia proveniente de fontes renováveis.
- (7) É necessário instituir acções mais concretas para realizar o grande potencial não concretizado de poupança de energia nos edifícios e para reduzir as grandes diferenças entre os Estados-Membros no que respeita aos resultados neste sector.
- (8) As medidas destinadas a melhorar o desempenho energético dos edifícios deverão ter em conta as condições climáticas e locais, bem como o ambiente interior e a rentabilidade económica. Essas medidas não deverão afectar outros requisitos relativos aos edifícios, tais como a acessibilidade, a segurança e a utilização prevista do edifício.
- (9) O desempenho energético dos edifícios deverá ser calculado com base numa metodologia que poderá ser diferenciada a nível nacional e regional. Esta metodologia abrange, para além das características térmicas, outros factores com influência crescente, como as instalações de aquecimento e ar condicionado, a aplicação de energia proveniente de fontes renováveis, os sistemas de aquecimento e arrefecimento passivo, os sombreamentos, a qualidade do ar interior, a luz natural adequada e a concepção dos próprios edifícios. A metodologia para o cálculo do desempenho energético deverá abranger o desempenho energético do edifício ao longo de todo o ano, e não apenas durante a estação do ano em que o aquecimento é necessário. Essa metodologia deverá ter em conta as normas europeias em vigor.
- (10) É da exclusiva responsabilidade dos Estados-Membros estabelecer requisitos mínimos para o desempenho energético dos edifícios e dos elementos construtivos. Esses requisitos deverão ser estabelecidos tendo em vista alcançar um equilíbrio óptimo em termos de rentabilidade entre os investimentos efectuados e os custos de energia economizados ao longo do ciclo de vida do edifício, sem prejuízo do direito dos Estados-Membros de fixarem requisitos mínimos mais eficientes em termos energéticos do que os níveis de eficiência óptimos em termos de minimização de custos. Deverá prever-se a possibilidade de os Estados-Membros procederem periodicamente à revisão dos seus requisitos mínimos de desempenho energético em função do progresso técnico.
- (11) O objectivo de alcançar níveis rentáveis ou óptimos de eficiência energética pode justificar, em certas circunstâncias, como, por exemplo, variações climáticas, que os Estados-Membros fixem, para componentes de edifícios, requisitos de desempenho rentáveis ou óptimos que, na prática, limitariam a instalação de produtos de construção que cumprem as normas estabelecidas pela legislação da União, desde que esses requisitos não constituam um entrave injustificável ao mercado.
- (12) Ao estabelecerem requisitos de desempenho energético para os sistemas técnicos dos edifícios, os Estados-Membros deverão utilizar, sempre que disponível e adequado, instrumentos harmonizados, nomeadamente métodos de ensaio e de cálculo e categorias de eficiência energética desenvolvidos ao abrigo de medidas de aplicação da Directiva 2009/125/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 21 de Outubro de 2009, relativa à criação de um quadro para definir os requisitos de concepção ecológica dos produtos relacionados com o consumo de energia <sup>(1)</sup>, e da Directiva 2010/30/UE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de Maio de 2010, relativa à indicação do consumo de energia e de outros recursos por parte dos produtos relacionados com a energia, por meio de rotulagem e outras indicações uniformes relativas aos produtos (reformulação) <sup>(2)</sup>, a fim de garantir a coerência com iniciativas conexas e de minimizar, na medida do possível, a eventual fragmentação do mercado.
- (13) A presente directiva não prejudica os artigos 107.º e 108.º do Tratado sobre o Funcionamento da União Europeia (TFUE). Consequentemente, o termo «incentivo» utilizado na presente directiva não deverá ser interpretado como constituindo um auxílio estatal.
- (14) A Comissão deverá estabelecer um quadro para uma metodologia comparativa para calcular os níveis óptimos de rentabilidade dos requisitos mínimos de desempenho energético. Os Estados-Membros deverão utilizar este quadro para comparar os resultados com os requisitos mínimos de desempenho energético que tenham aprovado. Caso se verifiquem discrepâncias significativas, isto é, que excedam 15 %, entre os níveis óptimos de rentabilidade calculados para os requisitos mínimos de desempenho energético e os requisitos mínimos de desempenho energético em vigor, os Estados-Membros deverão justificar a diferença ou prever medidas adequadas para reduzir essa discrepância. O ciclo de vida económico estimado de um edifício ou de um seu componente deverá ser fixado pelos Estados-Membros, tendo em conta as práticas correntes e a experiência na definição de ciclos de vida económicos típicos. Os resultados dessa comparação e os dados utilizados para os obter deverão ser regularmente comunicados à Comissão. Esta poderá assim avaliar e comunicar os progressos efectuados pelos Estados-Membros para atingir os níveis óptimos de rentabilidade dos requisitos mínimos de desempenho energético.

<sup>(1)</sup> JO L 285 de 31.10.2009, p. 10.

<sup>(2)</sup> Ver página 1 do presente Jornal Oficial.

- (15) Os edifícios têm impacto no consumo de energia a longo prazo. Por conseguinte, dado o longo ciclo de renovação para os edifícios existentes, os edifícios novos e os edifícios existentes sujeitos a grandes obras de renovação deverão cumprir requisitos mínimos de desempenho energético adaptados ao clima local. Uma vez que a aplicação de sistemas alternativos de fornecimento de energia não é em geral aproveitada em todo o seu potencial, deverão ser tidos em conta sistemas alternativos de fornecimento de energia para os novos edifícios, independentemente da sua dimensão, em conformidade com o princípio de garantir antes de mais que as necessidades energéticas para aquecimento e arrefecimento sejam reduzidas aos níveis óptimos de rentabilidade.
- (16) As grandes renovações de edifícios existentes, independentemente da sua dimensão, constituem uma oportunidade para tomar medidas rentáveis para melhorar o desempenho energético. Por razões de rentabilidade, deverá ser possível limitar os requisitos mínimos de desempenho energético às partes renovadas mais relevantes para o desempenho energético do edifício. Os Estados-Membros poderão optar por definir «grandes obras de renovação» quer em termos de uma percentagem da superfície envolvente do edifício, quer em termos do valor do edifício. Se um Estado-Membro decidir definir as grandes obras de renovação em termos do valor do edifício, poderão ser utilizados valores como o valor actuarial ou o valor corrente baseado no custo da reconstrução, excluindo o valor do terreno no qual o edifício se encontra.
- (17) São necessárias medidas para aumentar o número de edifícios que não se limitem a cumprir os actuais requisitos mínimos de desempenho energético, mas que os ultrapassem, reduzindo assim tanto o consumo de energia como as emissões de dióxido de carbono. Para tal, os Estados-Membros deverão elaborar planos nacionais para aumentar o número de edifícios com necessidades quase nulas de energia e comunicá-los regularmente à Comissão.
- (18) Estão a ser postos em prática ou adaptados os instrumentos financeiros da União e outras medidas com o objectivo de estimular a adopção de medidas de eficiência energética. Esses instrumentos financeiros a nível da União incluem, nomeadamente, o Regulamento (CE) n.º 1080/2006 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 5 de Julho de 2006, relativo ao Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional<sup>(1)</sup>, alterado para permitir maiores investimentos em eficiência energética na habitação; a parceria público-privada relativa a uma iniciativa intitulada «Edifícios europeus eficientes em termos energéticos», destinada a promover as tecnologias verdes e o desenvolvimento de sistemas e materiais eficientes em termos energéticos em edifícios novos e renovados; a iniciativa do Banco Europeu de Investimento (BEI) intitulada «Iniciativa de financiamento da energia sustentável da UE», destinada a permitir nomeadamente investimentos na eficiência energética, e o Fundo «Marguerite», liderado pelo BEI: Fundo Europeu 2020 para a Energia, as Alterações Climáticas e as Infra-estruturas; a Directiva 2009/47/CE do Conselho, de 5 de Maio de 2009, que altera a Directiva 2006/112/CE relativa às taxas reduzidas de Imposto sobre o Valor Acrescentado<sup>(2)</sup>; o instrumento dos fundos estruturais e de coesão Jeremie (Recursos Europeus Comuns para as Micro e as Médias Empresas); o Mecanismo de Financiamento em matéria de Eficiência Energética; o Programa-Quadro para a Competitividade e a Inovação, que inclui o Programa «Energia Inteligente-Europa II», centrado especificamente na eliminação de entraves ao mercado relativos à eficiência energética e à energia proveniente de fontes renováveis através, por exemplo, do mecanismo de assistência técnica ELENA (Assistência Europeia à Energia Local); o Pacto de Autarcas; o Programa Empreendedorismo e Inovação; o Programa de Apoio à Política das TIC – 2010, e o Sétimo Programa-Quadro de Investigação. Refira-se também o apoio financeiro do Banco Europeu de Reconstrução e Desenvolvimento às medidas relacionadas com a promoção da eficiência energética.
- (19) Os instrumentos financeiros da União deverão ser utilizados para conferir efeito prático aos objectivos da presente directiva, sem no entanto substituir as medidas nacionais. Deverão ser utilizados, nomeadamente para proporcionar meios adequados e inovadores de financiamento para catalisar o investimento em medidas de eficiência energética. Poderão desempenhar um papel importante no desenvolvimento de fundos, instrumentos ou mecanismos de eficiência energética nacionais, regionais e locais, que ofereçam essas possibilidades de financiamento aos proprietários privados, às pequenas e médias empresas e às empresas de serviços energéticos.
- (20) A fim de proporcionar informação adequada à Comissão, os Estados-Membros deverão elaborar listas de medidas em vigor e de medidas propostas, inclusive de natureza financeira, para além das previstas na presente directiva, susceptíveis de promover os objectivos da presente directiva. As medidas em vigor e as medidas propostas identificadas pelos Estados-Membros podem incluir, nomeadamente, medidas destinadas a reduzir os entraves jurídicos e de mercado existentes e a fomentar investimentos e/outras actividades que visem aumentar a eficiência energética dos edifícios novos e existentes, contribuindo potencialmente para reduzir a pobreza energética. Tais medidas podem incluir, nomeadamente, assistência e aconselhamento técnico gratuitos ou subsidiados, subsídios directos, sistemas de empréstimo subsidiados, empréstimos a baixo juro, regimes de subsídios e regimes de garantia de empréstimos. As autoridades públicas e outras entidades poderão ligar a aplicação dessas medidas financeiras ao desempenho energético indicado e às recomendações dos certificados de desempenho energético.

<sup>(1)</sup> JO L 210 de 31.7.2006, p. 1.

<sup>(2)</sup> JO L 116 de 9.5.2009, p. 18.

- (21) A fim de limitar a sobrecarga que os relatórios representam para os Estados-Membros, deveria ser possível integrar os relatórios exigidos pela presente directiva nos planos de acção para eficiência energética a que se refere o n.º 2 do artigo 14.º da Directiva 2006/32/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 5 de Abril de 2006, relativa à eficiência na utilização final de energia e aos serviços energéticos<sup>(1)</sup>. O sector público dos Estados-Membros deverá dar o exemplo no domínio do desempenho energético dos edifícios e, conseqüentemente, os planos nacionais deverão estabelecer objectivos mais ambiciosos para os edifícios ocupados por autoridades públicas.
- (22) Os potenciais compradores e inquilinos de um edifício ou de uma fracção autónoma deverão receber, através do certificado de desempenho energético, informações correctas sobre o desempenho energético do edifício e conselhos práticos sobre a forma de o melhorar. As campanhas de informação podem servir para incentivar os proprietários e inquilinos a melhorar o desempenho energético dos seus edifícios ou fracções. Os proprietários e inquilinos de edifícios comerciais deverão ser igualmente incentivados a trocar informações sobre o consumo de energia real, a fim de garantir que estejam disponíveis todos os dados para tomarem decisões informadas sobre as melhorias necessárias. O certificado deverá conter também informações sobre o impacto real dos sistemas de aquecimento e arrefecimento nas necessidades energéticas do edifício, no seu consumo de energia primária e nas suas emissões de dióxido de carbono.
- (23) As autoridades públicas deverão dar o exemplo e procurar executar as recomendações incluídas no certificado de desempenho energético. Os Estados-Membros deverão incluir nos respectivos planos nacionais medidas destinadas a incentivar as autoridades públicas a adoptarem atempadamente melhorias em matéria de eficiência energética e a executarem as recomendações incluídas no certificado de desempenho energético logo que possível.
- (24) Os edifícios ocupados por autoridades públicas e os edifícios frequentemente visitados pelo público deverão dar o exemplo mostrando que as considerações ambientais e energéticas são tomadas na devida conta, pelo que deverão ser sujeitos regularmente à certificação energética. A divulgação ao público de informações sobre o desempenho energético deverá ser reforçada afixando de forma visível os certificados de desempenho energético, em especial nos edifícios acima de certa dimensão ocupados por autoridades públicas ou frequentemente visitados pelo público, como lojas e centros comerciais, supermercados, restaurantes, teatros, bancos e hotéis.
- (25) Nos últimos anos tem vindo a aumentar o número de aparelhos de ar condicionado nos países europeus. Este facto cria importantes dificuldades nas horas de ponta, devido ao aumento do preço da energia eléctrica e à deterioração do equilíbrio energético. Deverá ser dada prioridade a estratégias que contribuam para melhorar o desempenho térmico dos edifícios durante o Verão. Para tal, deverão privilegiar-se medidas que evitem o sobreaquecimento, tais como a protecção solar e uma inércia térmica suficiente na construção do edifício, e o desenvolvimento e aplicação de técnicas de arrefecimento passivo, principalmente as que melhoram a qualidade do clima interior e o microclima em torno dos edifícios.
- (26) A manutenção e a inspecção regular dos sistemas de aquecimento e de ar condicionado por pessoal qualificado contribuem para manter estes dispositivos correctamente regulados de acordo com as suas especificações e garantem o seu funcionamento optimizado do ponto de vista do ambiente, da segurança e da energia. Deverá proceder-se a uma avaliação independente de todo o sistema de aquecimento e de ar condicionado a intervalos regulares durante o seu ciclo de vida, e em especial antes da sua substituição ou modernização. Para minimizar os encargos administrativos para os proprietários e inquilinos, os Estados-Membros deverão procurar combinar, na medida do possível, as inspecções e as certificações.
- (27) Uma abordagem comum da certificação do desempenho dos edifícios e da inspecção dos sistemas de aquecimento e de ar condicionado, executadas por peritos qualificados e/ou acreditados, cuja independência deverá ser garantida com base em critérios objectivos, contribuirá para nivelar as condições no que respeita aos esforços desenvolvidos nos Estados-Membros em matéria de economia de energia no sector dos edifícios e proporcionará transparência aos potenciais proprietários ou utentes no que respeita ao desempenho energético do mercado imobiliário da União. A fim de garantir a qualidade dos certificados de desempenho energético e da inspecção dos sistemas de aquecimento e de ar condicionado em toda a União, deverá ser estabelecido um mecanismo de controlo independente em cada Estado-Membro.
- (28) As autoridades locais e regionais são essenciais para a correcta aplicação da presente directiva, pelo que deverão ser consultadas e chamadas a participar, sempre que adequado e nos termos da legislação nacional aplicável, nas questões de planeamento, no desenvolvimento dos programas destinados a providenciar informação e formação e a aumentar a sensibilização do público, e na aplicação da presente directiva a nível nacional e regional. Essas consultas podem servir igualmente para promover a prestação de orientação adequada aos responsáveis locais pelo planeamento e aos inspectores dos edifícios no desempenho das tarefas necessárias. Além disso, os Estados-Membros deverão habilitar e incentivar os arquitectos e responsáveis pelo planeamento a ponderar a combinação óptima das melhorias em matéria de eficiência energética, o recurso a energia proveniente de fontes renováveis e às redes urbanas de aquecimento e arrefecimento no planeamento, concepção, construção e renovação de zonas industriais ou residenciais.

<sup>(1)</sup> JO L 114 de 27.4.2006, p. 64.

- (29) Os instaladores e os construtores são essenciais para a correcta aplicação da presente directiva. Nessa medida, um número adequado de instaladores e de construtores deverá possuir, através de formação e de outras medidas, as qualificações adequadas para a instalação e integração das tecnologias necessárias eficientes em termos energéticos e que utilizem energias renováveis.
- (30) Os Estados-Membros deverão ter em conta a Directiva 2005/36/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 7 de Setembro de 2005, relativa ao reconhecimento das qualificações profissionais <sup>(1)</sup>, no que diz respeito ao reconhecimento mútuo dos peritos profissionais contemplados na presente directiva, e a Comissão deverá prosseguir as suas actividades ao abrigo do Programa Energia Inteligente-Europa sobre as orientações e recomendações relativas às normas para a formação desses peritos profissionais.
- (31) A fim de reforçar a transparência do desempenho energético no mercado imobiliário não residencial da União, deverão ser estabelecidas condições uniformes para um regime facultativo comum para a certificação do desempenho energético dos edifícios não residenciais. Nos termos do artigo 291.º do TFUE, as regras e princípios gerais aplicáveis ao controlo pelos Estados-Membros do exercício das competências de execução conferidas à Comissão deverão ser previstos previamente num regulamento aprovado de acordo com o processo legislativo ordinário. Continua a aplicar-se a Decisão 1999/468/CE, de 28 de Junho de 1999, que fixa as regras de exercício das competências de execução atribuídas à Comissão <sup>(2)</sup>, com excepção do procedimento de regulamentação com controlo, que não é aplicável.
- (32) Deverão ser atribuídos poderes à Comissão para aprovar actos delegados, nos termos do artigo 290.º do TFUE, destinados a adaptar ao progresso técnico certas partes do enquadramento geral estabelecido no anexo I e a elaborar um quadro metodológico para o cálculo dos níveis óptimos de rentabilidade dos requisitos mínimos de desempenho energético. É particularmente importante que a Comissão proceda às consultas adequadas durante os trabalhos preparatórios, nomeadamente a nível de peritos.
- (33) Atendendo a que o objectivo da presente directiva, a saber, a melhoria do desempenho energético dos edifícios, não pode ser suficientemente alcançado pelos Estados-Membros, devido à complexidade do sector dos edifícios e à incapacidade dos mercados imobiliários nacionais para dar uma resposta adequada aos desafios da eficiência energética, e pode, pois, devido à dimensão e aos efeitos da acção proposta, ser mais bem alcançado ao nível da União, a União pode tomar medidas em conformidade com o princípio da subsidiariedade consagrado no artigo 5.º do Tratado da União Europeia. Em conformidade com o princípio da proporcionalidade consa-
- grado no mesmo artigo, a presente directiva não excede o necessário para alcançar aquele objectivo.
- (34) A obrigação de transpor a presente directiva para o direito nacional deverá limitar-se às disposições que tenham sofrido alterações substantivas relativamente à Directiva 2002/91/CE. A obrigação de transpor as disposições que não foram alteradas decorre dessa directiva.
- (35) A presente directiva não prejudica as obrigações dos Estados-Membros relativas aos prazos de transposição para o direito nacional e de aplicação da Directiva 2002/91/CE.
- (36) Nos termos do ponto 34 do Acordo Interinstitucional «Legislar Melhor» <sup>(3)</sup>, os Estados-Membros são incentivados a elaborar, para si próprios e no interesse da União, os seus próprios quadros, que ilustrem, na medida do possível, a correlação entre a presente directiva e as medidas de transposição, e a divulgá-los,

APROVARAM A PRESENTE DIRECTIVA:

#### Artigo 1.º

##### Objecto

1. A presente directiva promove a melhoria do desempenho energético dos edifícios na União, tendo em conta as condições climáticas externas e as condições locais, bem como exigências em matéria de clima interior e de rentabilidade.
2. A presente directiva estabelece requisitos no que se refere:
  - a) Ao quadro geral comum para uma metodologia de cálculo do desempenho energético integrado dos edifícios e das fracções autónomas;
  - b) À aplicação de requisitos mínimos para o desempenho energético dos edifícios novos e das fracções autónomas novas;
  - c) À aplicação de requisitos mínimos para o desempenho energético dos:
    - i) edifícios existentes, fracções autónomas e componentes de edifícios sujeitos a grandes renovações,
    - ii) elementos construtivos da envolvente dos edifícios com impacto significativo no desempenho energético da envolvente quando forem renovados ou substituídos, e
    - iii) sistemas técnicos dos edifícios quando for instalado um novo sistema ou quando o sistema existente for substituído ou melhorado;

<sup>(1)</sup> JO L 255 de 30.9.2005, p. 22.

<sup>(2)</sup> JO L 184 de 17.7.1999, p. 23.

<sup>(3)</sup> JO C 321 de 31.12.2003, p. 1.

- d) Aos planos nacionais para aumentar o número de edifícios com necessidades quase nulas de energia;
- e) À certificação energética dos edifícios ou das fracções autónomas;
- f) À inspecção regular das instalações de aquecimento e de ar condicionado nos edifícios; e
- g) Aos sistemas de controlo independente dos certificados de desempenho energético e dos relatórios de inspecção.

3. Os requisitos previstos na presente directiva constituem requisitos mínimos e não obstam a que os Estados-Membros mantenham ou introduzam medidas de protecção mais estritas. Essas medidas devem ser compatíveis com o Tratado sobre o Funcionamento da União Europeia e notificadas à Comissão.

#### Artigo 2.º

#### Definições

Para efeitos da presente directiva, entende-se por:

1. «Edifício», uma construção coberta, com paredes, na qual é utilizada energia para condicionar o clima interior;
2. «Edifício com necessidades quase nulas de energia», um edifício com um desempenho energético muito elevado, determinado nos termos do anexo I. As necessidades de energia quase nulas ou muito pequenas deverão ser cobertas em grande medida por energia proveniente de fontes renováveis, incluindo energia proveniente de fontes renováveis produzida no local ou nas proximidades;
3. «Sistema técnico do edifício», o equipamento técnico para o aquecimento, o arrefecimento, a ventilação, a preparação de água quente e a iluminação de um edifício ou de uma fracção autónoma, ou para uma combinação destas funções;
4. «Desempenho energético de um edifício», a energia calculada ou medida necessária para satisfazer a procura de energia associada à utilização típica do edifício, que inclui, nomeadamente, a energia utilizada para o aquecimento, o arrefecimento, a ventilação, a preparação de água quente e a iluminação;
5. «Energia primária», a energia proveniente de fontes renováveis e não renováveis que não passou por um processo de conversão ou de transformação;
6. «Energia proveniente de fontes renováveis», a energia proveniente de fontes não fósseis renováveis, nomeadamente eólica, solar, aerotérmica, geotérmica, hidrotérmica e dos

oceanos, hídrica, de biomassa, de gases dos aterros, de gases das instalações de tratamento de águas residuais e de biogases;

7. «Envolvente do edifício», o conjunto dos elementos de um edifício que separam o seu ambiente interior do exterior;
8. «Fracção autónoma», uma secção, um andar ou um apartamento num edifício, concebidos ou modificados para serem usados autonomamente;
9. «Componente de um edifício», um sistema técnico do edifício ou um elemento da sua envolvente;
10. «Grandes renovações», as obras de renovação de um edifício em que:
  - a) O custo total da renovação relacionada com a envolvente do edifício ou com os sistemas técnicos do edifício é superior a 25 % do valor do edifício, excluindo o valor do terreno em que este está situado, ou
  - b) É renovada mais de 25 % da superfície da envolvente do edifício.

Os Estados-Membros podem decidir aplicar as opções a) ou b).

11. «Norma europeia», uma norma aprovada pelo Comité Europeu de Normalização, pelo Comité Europeu de Normalização Electrotécnica ou pelo Instituto Europeu de Normas de Telecomunicações, posta à disposição do público;
12. «Certificado de desempenho energético», um certificado reconhecido por um Estado-Membro ou por uma pessoa colectiva por ele designada, que indica o resultado do cálculo do desempenho energético do edifício ou de uma fracção autónoma segundo uma metodologia aprovada nos termos do artigo 3.º;
13. «Co-geração», a geração simultânea, num só processo, de energia térmica e eléctrica e/ou de energia mecânica;
14. «Nível óptimo de rentabilidade», o desempenho energético que leva ao custo mais baixo durante o ciclo de vida económico estimado, em que:
  - a) O custo mais baixo é determinado tendo em conta os custos de investimento, de manutenção e de funcionamento relacionados com a energia (incluindo custos e poupanças de energia, a categoria do edifício em causa e as receitas resultantes da energia produzida), quando aplicável, e os custos de eliminação, quando aplicável; e



- b) O ciclo de vida económico estimado é determinado pelos Estados-Membros. Diz respeito ao ciclo de vida económico restante estimado de um edifício, se os requisitos de desempenho energético forem fixados para o edifício no seu conjunto; ou ao ciclo de vida económico de um componente, se os requisitos de desempenho energético forem fixados para os componentes do edifício.

O nível óptimo de rentabilidade situa-se dentro dos níveis de desempenho se a análise de custo-benefício calculada em função do ciclo de vida económico estimado for positiva;

15. «Sistema de ar condicionado», a combinação dos componentes necessários para fornecer uma forma de tratamento do ar interior, em que a temperatura é controlada ou pode ser baixada;
16. «Caldeira», o conjunto formado pelo corpo da caldeira e pelo queimador, destinado a transmitir a fluidos o calor libertado por um processo de queima;
17. «Potência nominal útil», a potência calorífica máxima, expressa em kW, fixada e garantida pelo construtor, que pode ser fornecida em funcionamento contínuo, respeitando o rendimento útil por ele anunciado;
18. «Bomba de calor», uma máquina, um dispositivo ou uma instalação que transferem calor dos elementos naturais circundantes, como o ar, a água ou o solo, para os edifícios ou processos industriais invertendo o fluxo de calor natural de forma a que este passe de uma temperatura mais baixa para uma temperatura mais alta. No caso de bombas de calor reversíveis, a transferência de calor pode fazer-se também do edifício para os elementos naturais circundantes;
19. «Redes urbanas de aquecimento» ou «Redes urbanas de arrefecimento», a distribuição de energia térmica sob a forma de vapor, de água quente ou de líquidos refrigerados a partir de uma fonte de produção central através de um sistema de transporte e distribuição para múltiplos edifícios ou locais, para o aquecimento ou arrefecimento de espaços ou processos industriais.

#### Artigo 3.º

#### Aprovação da metodologia de cálculo do desempenho energético dos edifícios

Os Estados-Membros aplicam uma metodologia para o cálculo do desempenho energético dos edifícios em conformidade com o quadro geral comum estabelecido no anexo I.

Esta metodologia é aprovada a nível nacional ou regional.

#### Artigo 4.º

#### Estabelecimento de requisitos mínimos de desempenho energético

1. Os Estados-Membros tomam as medidas necessárias para assegurar que sejam estabelecidos requisitos mínimos de desempenho energético dos edifícios ou das fracções autónomas a fim de alcançar níveis óptimos de rentabilidade. O desempenho energético é calculado de acordo com a metodologia a que se refere o artigo 3.º. Os níveis óptimos de rentabilidade são calculados de acordo com o quadro de metodologia comparativa a que se refere o artigo 5.º, quando esse quadro estiver definido.

Os Estados-Membros tomam as medidas necessárias para assegurar que sejam estabelecidos requisitos mínimos de desempenho energético para os elementos construtivos que façam parte da envolvente do edifício e que tenham um impacto significativo no desempenho energético da envolvente quando forem substituídos ou reabilitados, a fim de alcançar níveis óptimos de rentabilidade.

Ao estabelecer estes requisitos, os Estados-Membros podem fazer uma distinção entre edifícios novos e edifícios existentes e entre diferentes categorias de edifícios.

Estes requisitos devem ter em conta as condições gerais de clima interior a fim de evitar possíveis impactos negativos, como uma ventilação inadequada, e as condições locais, a utilização a que se destina o edifício e a sua idade.

Os Estados-Membros não são obrigados a estabelecer requisitos mínimos de desempenho energético que não sejam rentáveis durante o ciclo de vida económico estimado.

Os requisitos mínimos de desempenho energético devem ser revistos periodicamente, no mínimo de cinco em cinco anos, e, se necessário, actualizados a fim de reflectir o progresso técnico no sector dos edifícios.

2. Os Estados-Membros podem decidir não estabelecer ou não aplicar os requisitos a que se refere o n.º 1 às seguintes categorias de edifícios:

- a) Edifícios oficialmente protegidos como parte de um ambiente classificado ou devido ao seu valor arquitectónico ou histórico especial, na medida em que o cumprimento de certos requisitos mínimos de desempenho energético poderia alterar de forma inaceitável o seu carácter ou o seu aspecto;
- b) Edifícios utilizados como locais de culto ou para actividades religiosas;

- c) Edifícios temporários com um período de utilização máximo de dois anos, instalações industriais, oficinas e edifícios agrícolas não residenciais com necessidades reduzidas de energia e edifícios agrícolas não residenciais utilizados por um sector abrangido por um acordo sectorial nacional sobre desempenho energético;
- d) Edifícios residenciais utilizados ou destinados a ser utilizados quer durante menos de quatro meses por ano quer por um período anual limitado e com um consumo de energia previsto de menos de 25 % do que seria previsível em caso de utilização durante todo o ano;
- e) Edifícios autónomos com uma área útil total inferior a 50 m<sup>2</sup>.

#### Artigo 5.º

#### **Cálculo dos níveis óptimos de rentabilidade dos requisitos mínimos de desempenho energético**

1. Até 30 de Junho de 2011, a Comissão estabelece, por meio de actos delegados ao abrigo dos artigos 23.º, 24.º e 25.º, um quadro para uma metodologia comparativa para o cálculo dos níveis óptimos de rentabilidade dos requisitos mínimos de desempenho energético dos edifícios e dos componentes de edifícios.

O quadro para a metodologia comparativa é estabelecido de acordo com o anexo III e deve distinguir entre edifícios novos e edifícios existentes e entre diferentes categorias de edifícios.

2. Os Estados-Membros calculam os níveis óptimos de rentabilidade dos requisitos mínimos de desempenho energético utilizando o quadro para a metodologia comparativa estabelecido em conformidade com o n.º 1 e parâmetros relevantes, como as condições climáticas e a acessibilidade prática da infra-estrutura energética, e comparam os resultados deste cálculo com os requisitos mínimos de desempenho energético em vigor.

Os Estados-Membros apresentam à Comissão um relatório com todos os dados e hipóteses utilizados para estes cálculos, e os resultados desses cálculos. O relatório pode ser incluído nos planos de acção para a eficiência energética a que se refere o n.º 2 do artigo 14.º da Directiva 2006/32/CE. Os Estados-Membros apresentam estes relatórios à Comissão a intervalos regulares não superiores a cinco anos. O primeiro relatório é apresentado até 30 de Junho de 2012.

3. Caso o resultado da comparação efectuada nos termos do n.º 2 mostre que os requisitos mínimos de desempenho energético em vigor são menos eficientes do ponto de vista energético que os níveis óptimos de rentabilidade dos requisitos mínimos de desempenho, o Estado-Membro em causa justifica essa diferença à Comissão no relatório a que se refere o n.º 2, e, se essa diferença não puder ser justificada, junta um plano indicando as medidas apropriadas para que essa diferença possa ser reduzida de forma significativa até à próxima revisão dos requisitos mínimos de desempenho energético a que se refere o n.º 1 do artigo 4.º

4. A Comissão publica um relatório sobre os progressos dos Estados-Membros para atingirem os níveis óptimos de rentabilidade dos requisitos mínimos de desempenho energético.

#### Artigo 6.º

#### **Edifícios novos**

1. Os Estados-Membros tomam as medidas necessárias para assegurar que os edifícios novos cumpram os requisitos mínimos de desempenho energético estabelecidos em conformidade com o artigo 4.º

Relativamente aos edifícios novos, os Estados-Membros asseguram que, antes do início da construção, seja estudada e tida em conta a viabilidade técnica, ambiental e económica de sistemas alternativos de elevada eficiência, tais como os a seguir enumerados, caso estejam disponíveis:

- a) Sistemas descentralizados de fornecimento energético baseados em energias provenientes de fontes renováveis;
- b) Co-geração;
- c) Redes urbanas ou colectivas de aquecimento ou arrefecimento, em especial baseadas total ou parcialmente em energia proveniente de fontes renováveis;
- d) Bombas de calor.

2. Os Estados-Membros asseguram que a análise dos sistemas alternativos a que se refere o n.º 1 seja documentada e esteja disponível para efeitos de verificação.

3. A análise dos sistemas alternativos pode ser efectuada em relação a edifícios individuais, a grupos de edifícios similares ou a tipologias comuns de edifícios na mesma zona. No que diz respeito aos sistemas colectivos de aquecimento e arrefecimento, a análise pode ser efectuada para o conjunto de todos os edifícios ligados ao sistema numa mesma zona.

#### Artigo 7.º

#### **Edifícios existentes**

Os Estados-Membros tomam as medidas necessárias para assegurar que, aquando da realização de grandes renovações em edifícios, o desempenho energético do edifício ou da sua parte renovada seja melhorado, a fim de cumprir os requisitos mínimos de desempenho energético estabelecidos em conformidade com o artigo 4.º, na medida em que tal seja possível do ponto de vista técnico, funcional e económico.

Os requisitos são aplicáveis ao edifício renovado ou à fracção autónoma no seu conjunto. Adicionalmente ou em alternativa, podem ser aplicados requisitos aos componentes renovados.

Os Estados-Membros tomam, além disso, as medidas necessárias para assegurar que quando um elemento da envolvente do edifício e que tenha um impacto significativo no seu desempenho energético for renovado ou substituído, o desempenho energético desse satisfaça os requisitos mínimos de desempenho energético, na medida em que tal seja possível do ponto de vista técnico, funcional e económico.

Os Estados-Membros determinam esses requisitos mínimos de desempenho energético em conformidade com o artigo 4.º

No que diz respeito aos edifícios sujeitos a grandes renovações, os Estados-Membros incentivam a análise e tomada em consideração dos sistemas alternativos de elevada eficiência a que se refere o n.º 1 do artigo 6.º, na medida em que tal seja possível do ponto de vista técnico, funcional e económico.

#### Artigo 8.º

##### Sistemas técnicos dos edifícios

1. Para efeitos de optimização da utilização de energia nos sistemas técnicos dos edifícios, os Estados-Membros estabelecem requisitos relativos ao desempenho energético geral, à instalação correcta e ao dimensionamento, ajustamento e controlo adequados dos sistemas técnicos instalados nos edifícios existentes. Os Estados-Membros podem aplicar igualmente esses requisitos aos sistemas técnicos a instalar nos novos edifícios.

Os requisitos para os sistemas são estabelecidos para a instalação de novos sistemas técnicos nos edifícios e para a substituição ou melhoria dos sistemas existentes, e são aplicados na medida em que tal seja possível do ponto de vista técnico, económico e funcional.

Os requisitos para os sistemas abrangem, pelo menos, os seguintes elementos:

- a) Sistemas de aquecimento;
- b) Sistemas de fornecimento de água quente;
- c) Sistemas de ar condicionado;
- d) Grandes sistemas de ventilação;

ou uma combinação destes elementos.

2. Os Estados-Membros incentivam a introdução de sistemas de contagem inteligentes para os edifícios em construção ou sujeitos a grandes renovações, não deixando de garantir, neste contexto, a observância do disposto no ponto 2 do anexo I da Directiva 2009/72/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 13 de Julho de 2009, que estabelece regras comuns para o mercado interno da electricidade<sup>(1)</sup>. Os Estados-Membros podem igualmente incentivar, se for caso disso, a instalação de

sistemas de controlo activos, nomeadamente sistemas de automatização, controlo e monitorização, destinados a poupar energia.

#### Artigo 9.º

##### Edifícios com necessidades quase nulas de energia

1. Os Estados Membros asseguram que:
  - a) O mais tardar em 31 de Dezembro de 2020, todos os edifícios novos sejam edifícios com necessidades quase nulas de energia; e
  - b) Após 31 de Dezembro de 2018, os edifícios novos ocupados e detidos por autoridades públicas sejam edifícios com necessidades quase nulas de energia.

Os Estados-Membros elaboram planos nacionais para aumentar o número de edifícios com necessidades quase nulas de energia. Os planos nacionais podem incluir objectivos diferenciados consoante a categoria de edifícios em causa.

2. Além disso, os Estados-Membros, seguindo o exemplo do sector público, desenvolvem políticas e tomam medidas, como, por exemplo, o estabelecimento de objectivos, para incentivar a transformação de todos os edifícios remodelados em edifícios com necessidades quase nulas de energia de energia, e informam a Comissão nos planos nacionais a que se refere o n.º 1.

3. Os planos nacionais devem incluir, nomeadamente, os seguintes elementos:

- a) Uma descrição pormenorizada da forma como a definição de edifícios com necessidades quase nulas de energia é aplicada na prática pelo Estado-Membro, que reflecta as condições nacionais, regionais ou locais dos edifícios, e que inclua um indicador numérico da utilização de energia primária, expressa em kWh/m<sup>2</sup> por ano. Os factores de energia primária aplicados para a determinação da utilização de energia primária podem basear-se em valores anuais médios a nível nacional ou regional, e podem ter em conta as normas europeias pertinentes;
- b) Objectivos intermédios para melhorar o desempenho energético dos edifícios novos, até 2015, a fim de preparar a execução do disposto no n.º 1;
- c) Informações sobre as políticas e as medidas financeiras ou de outro tipo tomadas no contexto dos n.ºs 1 e 2 para fomentar a criação de edifícios com necessidades quase nulas de energia, incluindo uma descrição pormenorizada dos requisitos e das medidas nacionais respeitantes à utilização de energia proveniente de fontes renováveis nos edifícios novos e nos edifícios existentes sujeitos a grandes renovações no contexto do n.º 4 do artigo 13.º da Directiva 2009/28/CE e dos artigos 6.º e 7.º da presente directiva.

<sup>(1)</sup> JO L 211 de 14.8.2009, p. 55.

4. A Comissão avalia os planos nacionais a que se refere o n.º 1, em particular no que se refere à adequação das medidas previstas pelo Estado-Membro relativamente aos objectivos da presente directiva. A Comissão, tendo devidamente em conta o princípio da subsidiariedade, pode solicitar mais informações específicas a respeito dos requisitos estabelecidos nos n.ºs 1, 2 e 3. Neste caso, o Estado-Membro em causa apresenta as informações solicitadas ou propõe alterações num prazo de nove meses a contar do pedido da Comissão. Na sequência da sua avaliação, a Comissão pode formular uma recomendação.

5. Até 31 de Dezembro de 2012, e em seguida de três em três anos, a Comissão publica um relatório sobre os progressos alcançados pelos Estados-Membros para aumentar o número de edifícios com necessidades quase nulas de energia. Com base nesse relatório, a Comissão elabora um plano de acção e, se necessário, propõe medidas para aumentar o número desses edifícios e para incentivar melhores práticas no que respeita à transformação rentável de edifícios existentes em edifícios com necessidades quase nulas de energia.

6. Os Estados-Membros podem decidir não aplicar os requisitos estabelecidos nas alíneas a) e b) do n.º 1 em determinados casos específicos justificáveis em que a análise de custos-benefícios para todo o ciclo de vida económico do edifício em questão seja negativa. Os Estados-Membros comunicam à Comissão os princípios subjacentes aos regimes legislativos aplicáveis.

#### Artigo 10.º

##### Incentivos financeiros e entraves ao mercado

1. Tendo em vista a importância de facultar financiamento adequado e outros instrumentos para potenciar o desempenho energético dos edifícios e a transição para edifícios com necessidades quase nulas de energia, os Estados-Membros tomam medidas apropriadas para ponderar quais são, de entre esses instrumentos, aqueles que assumem maior relevância tendo em conta as circunstâncias nacionais.

2. Até 30 de Junho de 2011, os Estados-Membros elaboram uma lista das medidas e dos instrumentos existentes e, se for caso disso, propostos, inclusive de carácter financeiro, para além dos exigidos pela presente directiva, que promovam os objectivos da presente directiva.

A lista é actualizada pelos Estados-Membros de três em três anos. Os Estados-Membros enviam essas listas à Comissão, podendo, para o efeito, incluí-las nos planos de acção de eficiência energética a que se refere o n.º 2 do artigo 14.º da Directiva 2006/32/CE.

3. A Comissão analisa a eficácia das medidas existentes e propostas, enumeradas na lista a que se refere o n.º 2, e dos instrumentos relevantes da União, em termos de apoio à execução da presente directiva. Com base nessa análise, e tendo devidamente em conta o princípio da subsidiariedade, a Comissão pode formular pareceres ou recomendações para os regimes nacionais específicos e para a coordenação com as instituições financeiras da União e internacionais. A Comissão pode incluir a sua análise, bem como os eventuais pareceres ou recomenda-

ções, no seu relatório sobre os planos de acção para a eficiência energética a que se refere o n.º 5 do artigo 14.º da Directiva 2006/32/CE.

4. A Comissão apoia, se for caso disso, os Estados-Membros que o solicitem na elaboração de programas nacionais ou regionais de apoio financeiro com o objectivo de aumentar a eficiência energética dos edifícios, especialmente dos edifícios existentes, favorecendo o intercâmbio de melhores práticas entre as autoridades ou organismos responsáveis a nível nacional ou regional.

5. A fim de melhorar o financiamento destinado a apoiar a execução da presente directiva, e tendo devidamente em conta o princípio da subsidiariedade, a Comissão apresenta, de preferência até 2011, uma análise que tenha em conta, nomeadamente, os seguintes aspectos:

- a) A eficácia, a adequação do nível e o montante efectivamente utilizado dos fundos estruturais e dos programas-quadro destinados a aumentar a eficiência energética dos edifícios, em particular no sector da habitação;
- b) A eficácia da utilização de fundos do BEI e de outras instituições financeiras públicas;
- c) A coordenação dos planos de financiamento da União e nacionais e de outras formas de apoio susceptíveis de potenciar o estímulo ao investimento em eficiência energética, e a adequação desses fundos para a consecução dos objectivos da União.

Com base nessa análise, e em conformidade com o quadro financeiro plurianual, a Comissão pode apresentar ao Parlamento Europeu e ao Conselho, se o considerar apropriado, propostas respeitantes a instrumentos da União.

6. Ao concederem incentivos para a construção ou para as grandes renovações de edifícios, os Estados-Membros tomam em conta os níveis óptimos de rentabilidade do desempenho energético.

7. O disposto na presente directiva não impede os Estados-Membros de concederem incentivos para edifícios novos, para renovações ou para componentes que excedam os níveis óptimos de rentabilidade.

#### Artigo 11.º

##### Certificado de desempenho energético

1. Os Estados-Membros tomam as medidas necessárias para estabelecer um sistema de certificação do desempenho energético dos edifícios. O certificado de desempenho energético deve incluir o desempenho energético do edifício e valores de referência, como, por exemplo, requisitos mínimos de desempenho energético, para que os proprietários ou inquilinos do edifício ou da fracção autónoma possam comparar e avaliar o seu desempenho energético.

O certificado de desempenho energético pode incluir informações suplementares, tais como o consumo energético anual dos edifícios não residenciais e a percentagem de energia proveniente de fontes renováveis no consumo energético total.

2. O certificado de desempenho energético inclui recomendações para uma melhoria rentável ou otimizada em termos de custos do desempenho energético de um edifício ou de uma fracção autónoma, a menos que não haja potencial razoável para essa melhoria em comparação com os requisitos de desempenho energético em vigor.

As recomendações incluídas no certificado de desempenho energético abrangem:

- a) As medidas aplicáveis no quadro de grandes intervenções de renovação da envolvente do edifício ou do sistema ou sistemas técnico do edifício; e
- b) As medidas relativas a componentes individuais do edifício, independentemente de grandes intervenções de renovação da envolvente do edifício ou do sistema ou sistemas técnicos do edifício;

3. As recomendações incluídas no certificado de desempenho energético devem ser tecnicamente viáveis para o edifício em causa, e podem também fornecer uma estimativa em relação ao leque de períodos de amortização do investimento ou de custos-benefícios em termos de custos ao longo do seu ciclo de vida económico.

4. O certificado de desempenho energético indica onde o proprietário ou o inquilino podem obter informações mais pormenorizadas, inclusive quanto à rentabilidade das recomendações constantes do certificado de desempenho energético. A avaliação da rentabilidade das recomendações deve basear-se num conjunto de condições-padrão, tais como o cálculo das poupanças de energia, os preços da energia subjacentes e uma previsão preliminar dos custos. O certificado de desempenho energético contém, além disso, informações sobre as medidas a tomar para pôr em prática as recomendações. O proprietário ou o inquilino podem igualmente receber outras informações sobre aspectos afins, tais como auditorias de energia ou incentivos financeiros ou de outro tipo, e possibilidades de financiamento.

5. Sem prejuízo das regras nacionais, os Estados-Membros incentivam as autoridades públicas a terem em conta o papel exemplar que deverão assumir no domínio do desempenho energético dos edifícios, nomeadamente pondo em prática as recomendações incluídas no certificado de desempenho energético emitido para os edifícios de que sejam proprietárias dentro do respectivo prazo de validade.

6. A certificação das fracções autónomas pode basear-se:

- a) Numa certificação comum de todo o edifício; ou

- b) Na avaliação de outra fracção autónoma representativa, com as mesmas características relevantes em termos de energia, situada no mesmo edifício.

7. A certificação de habitações unifamiliares pode basear-se na avaliação de outros edifícios representativos de concepção e dimensões semelhantes e com um desempenho energético real semelhante, desde que essa correspondência possa ser garantida pelo perito que emite o certificado de desempenho energético.

8. A validade do certificado de desempenho energético não pode ser superior a 10 anos.

9. Até 2011, a Comissão aprova, em consulta com os sectores envolvidos, um regime voluntário comum da União Europeia para a certificação do desempenho energético dos edifícios não residenciais. Essa medida é aprovada pelo procedimento consultivo a que se refere o n.º 2 do artigo 26.º. Os Estados-Membros são incentivados a reconhecer ou a aplicar esse regime, ou a utilizá-lo em parte, adaptando-o às circunstâncias nacionais.

#### Artigo 12.º

##### Emissão dos certificados de desempenho energético

1. Os Estados-Membros asseguram que seja emitido um certificado de desempenho energético para:

- a) Os edifícios ou fracções autónomas construídos, vendidos ou arrendados a um novo inquilino; e
- b) Os edifícios com uma área útil total ocupada por uma autoridade pública superior a 500 m<sup>2</sup> e frequentemente visitada pelo público. Em 9 de Julho de 2015, este limiar de 500 m<sup>2</sup> é reduzido para 250 m<sup>2</sup>.

O requisito de emissão de um certificado não é aplicável sempre que esteja disponível um certificado válido emitido em conformidade com a Directiva 2002/91/CE ou com a presente directiva, para o edifício ou para a fracção autónoma em causa.

2. Os Estados-Membros exigem que, quando forem construídos, vendidos ou arrendados edifícios ou fracções autónomas, o certificado de desempenho energético, ou uma cópia, seja mostrado ao novo inquilino ou ao potencial comprador e entregue ao comprador ou ao novo inquilino.

3. Se um edifício for vendido ou arrendado antes da construção, os Estados-Membros podem exigir que o vendedor forneça uma avaliação do seu desempenho energético futuro, em derrogação aos n.ºs 1 e 2; neste caso, o certificado de desempenho energético é emitido, o mais tardar, logo que o edifício esteja construído.

4. Os Estados-Membros exigem que, sempre que sejam colocados à venda ou em arrendamento:

- edifícios com certificado de desempenho energético,
- fracções autónomas de um edifício com certificado de desempenho energético, e
- fracções autónomas com certificado de desempenho energético,

o indicador de desempenho energético do certificado de desempenho energético do edifício ou da fracção autónoma, conforme o caso, seja mencionado nos anúncios publicados nos meios de comunicação comerciais.

5. O disposto no presente artigo é aplicado em conformidade com as regras aplicáveis a nível nacional em matéria de propriedade.

6. Os Estados-Membros podem excluir da aplicação dos n.ºs 1, 2, 4, e 5 do presente artigo as categorias de edifícios a que se refere o n.º 2 do artigo 4.º

7. Os eventuais efeitos dos certificados de desempenho energético em termos de acções judiciais são decididos em conformidade com as regras nacionais.

#### Artigo 13.º

##### Afixação dos certificados de desempenho energético

1. Nos edifícios com uma área útil total ocupada por autoridades públicas superior a 500 m<sup>2</sup> e frequentemente visitada pelo público, para os quais tenha sido emitido um certificado de desempenho energético nos termos do n.º 1 do artigo 12.º, os Estados-Membros devem tomar as medidas necessárias para assegurar que o certificado de desempenho energético seja afixado em posição de destaque, claramente visível para o público em geral.

Em 9 de Julho de 2015, este limiar de 500 m<sup>2</sup> é reduzido para 250 m<sup>2</sup>.

2. Nos edifícios com uma área útil total superior a 500 m<sup>2</sup> frequentemente visitada pelo público, para os quais tenha sido emitido um certificado de desempenho energético nos termos do n.º 1 do artigo 12.º, os Estados-Membros devem tomar as medidas necessárias para assegurar que o certificado de desempenho energético seja afixado em posição de destaque, claramente visível para o público em geral.

3. O disposto no presente artigo não impõe a obrigação de afixar as recomendações incluídas no certificado de desempenho energético.

#### Artigo 14.º

##### Inspecção dos sistemas de aquecimento

1. Os Estados-Membros estabelecem as medidas necessárias para a realização de inspecções periódicas às partes acessíveis dos sistemas utilizados para o aquecimento de edifícios, nomeadamente o gerador de calor, o sistema de controlo e a bomba ou bombas de circulação, com caldeiras de potência nominal útil, para fins de aquecimento de espaços, superior a 20 kW. As inspecções incluem uma avaliação do rendimento da caldeira e da adequação da sua capacidade em função das necessidades de aquecimento do edifício. A avaliação da adequação da capacidade da caldeira não precisa de ser repetida se não forem efectuadas modificações no sistema de aquecimento ou em algo que altere as necessidades de aquecimento do edifício.

Os Estados-Membros podem reduzir a frequência dessas inspecções ou aligeirá-las, conforme adequado, sempre que exista um sistema electrónico de monitorização e controlo.

2. Os Estados-Membros podem estabelecer frequências de inspecção diferentes em função do tipo e da potência nominal útil do sistema de aquecimento, tendo devidamente em conta os custos da inspecção do sistema de aquecimento e as poupanças de energia estimadas susceptíveis de resultar da inspecção.

3. Os sistemas de aquecimento com caldeiras de potência nominal útil superior a 100 kW devem ser inspecionados pelo menos de dois em dois anos.

Para as caldeiras a gás, este período pode ser aumentado para quatro anos.

4. Em vez de aplicarem os n.ºs 1, 2 e 3, os Estados-Membros podem decidir tomar medidas para assegurar que sejam fornecidas aos utilizadores recomendações sobre a substituição das caldeiras, sobre outras alterações ao sistema de aquecimento e sobre soluções alternativas para avaliar a eficiência e a potência adequada da caldeira. O impacto geral desta abordagem é equivalente ao que resulta do disposto nos n.ºs 1, 2 e 3.

Os Estados-Membros que decidam aplicar as medidas referidas no primeiro parágrafo devem apresentar à Comissão, até 30 de Junho de 2011, um relatório sobre a equivalência entre essas medidas e as medidas a que se referem os n.ºs 1, 2 e 3 do presente artigo. Os Estados-Membros apresentam estes relatórios à Comissão de três em três anos. Os relatórios podem ser incluídos nos planos de acção para a eficiência energética a que se refere o n.º 2 do artigo 14.º da Directiva 2006/32/CE.

5. Após receber o relatório nacional de um Estado-Membro sobre a aplicação da opção descrita no n.º 4, a Comissão pode solicitar mais informações específicas acerca dos requisitos e da equivalência das medidas estabelecidas nesse número. Nesse caso, o Estado-Membro em causa apresenta as informações solicitadas, ou propõe alterações, num prazo de nove meses.

*Artigo 15.º***Inspecção dos sistemas de ar condicionado**

1. Os Estados-Membros estabelecem as medidas necessárias para a realização de inspecções periódicas às partes acessíveis dos sistemas de ar condicionado com potência nominal útil superior a 12 kW. As inspecções incluem uma avaliação do rendimento do sistema de ar condicionado e da adequação da sua potência em função dos requisitos de climatização do edifício. A avaliação da adequação da potência do sistema de ar condicionado não precisa de ser repetida se não forem efectuadas modificações no sistema ou em algo que altere as necessidades de arrefecimento do edifício.

Os Estados-Membros podem reduzir a frequência dessas inspecções ou aligeirá-las, conforme adequado, sempre que exista um sistema electrónico de monitorização e controlo.

2. Os Estados-Membros podem estabelecer frequências de inspecção diferentes em função do tipo e da potência nominal útil do sistema de ar condicionado, tendo devidamente em conta os custos da inspecção do sistema de ar condicionado e as poupanças de energia estimadas susceptíveis de resultar da inspecção.

3. Ao estabelecerem as medidas referidas nos n.ºs 1 e 2 do presente artigo, os Estados-Membros asseguram, tanto quanto económica e tecnicamente viável, que as inspecções sejam efectuadas em consonância com a inspecção dos sistemas de aquecimento e de outros sistemas técnicos a que se refere o artigo 14.º da presente directiva, e com a inspecção de fugas a que se refere o Regulamento (CE) n.º 842/2006 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 17 de Maio de 2006, relativo a determinados gases fluorados com efeito de estufa <sup>(1)</sup>.

4. Em vez de aplicarem os n.ºs 1 e 2, os Estados-Membros podem decidir tomar medidas para assegurar que os utilizadores sejam aconselhados quanto à substituição dos sistemas de ar condicionado ou quanto a outras modificações do sistema de ar condicionado, o que pode passar por inspecções para avaliar a eficiência e a potência adequada do sistema de ar condicionado. O impacto geral desta abordagem é equivalente ao que resulta do disposto nos n.ºs 1, 2 e 3.

Os Estados-Membros que decidam aplicar as medidas referidas no primeiro parágrafo devem apresentar à Comissão, até 30 de Junho de 2011, um relatório sobre a equivalência entre essas medidas e as medidas a que se referem os n.ºs 1, 2 e 3 do presente artigo. Os Estados-Membros apresentam estes relatórios à Comissão de três em três anos. Os relatórios podem ser incluídos nos planos de acção para a eficiência energética a que se refere o n.º 2 do artigo 14.º da Directiva 2006/32/CE.

5. Após receber o relatório nacional de um Estado-Membro sobre a aplicação da opção descrita no n.º 4, a Comissão pode solicitar mais informações específicas acerca dos requisitos e da

equivalência das medidas estabelecidas nesse número. Nesse caso, o Estado-Membro em causa apresenta as informações solicitadas, ou propõe alterações, num prazo de nove meses.

*Artigo 16.º***Relatórios sobre a inspecção dos sistemas de aquecimento e de ar condicionado**

1. Após cada inspecção de um sistema de aquecimento ou de ar condicionado, é emitido um relatório de inspecção. Deste relatório devem constar o resultado da inspecção efectuada em conformidade com os artigos 14.º ou 15.º, e recomendações para uma melhoria rentável do desempenho energético do sistema inspecionado.

As recomendações podem basear-se numa comparação do desempenho energético do sistema inspecionado com o do melhor sistema disponível viável e com o de um sistema de tipo semelhante no qual todos os componentes relevantes atinjam o nível de desempenho energético exigido pela legislação aplicável.

2. O relatório de inspecção é entregue ao proprietário ou ao inquilino do edifício.

*Artigo 17.º***Peritos independentes**

Os Estados-Membros asseguram que a certificação do desempenho energético dos edifícios e a inspecção dos sistemas de aquecimento e de ar condicionado sejam efectuadas de forma independente por peritos qualificados e/ou acreditados, actuando por conta própria ou ao serviço de organismos públicos ou de empresas privadas.

Os peritos são acreditados tendo em conta a sua qualificação.

Os Estados-Membros facultam ao público informações sobre formação e creditações. Asseguram igualmente que sejam facultadas ao público listas periodicamente actualizadas de peritos qualificados e/ou acreditados, ou listas periodicamente actualizadas de empresas acreditadas que ofereçam os serviços desses peritos.

*Artigo 18.º***Sistema de controlo independente**

1. Os Estados-Membros asseguram que sejam estabelecidos sistemas de controlo independente dos certificados de desempenho energético e dos relatórios de inspecção dos sistemas de aquecimento e de ar condicionado em conformidade com o anexo II. Os Estados-Membros podem estabelecer sistemas separados para o controlo dos certificados de desempenho energético e para o controlo dos relatórios de inspecção de sistemas de aquecimento e de ar condicionado.

<sup>(1)</sup> JO L 161 de 14.6.2006, p. 1.

2. Os Estados-Membros podem delegar as responsabilidades pela aplicação prática dos sistemas de controlo independente.

Caso decidam fazê-lo, asseguram que os sistemas de controlo independente sejam postos em prática em conformidade com o anexo II.

3. Os Estados-Membros exigem que os certificados de desempenho energético e os relatórios de inspecção a que se refere o n.º 1 sejam facultados às autoridades ou aos organismos competentes, se estes o solicitarem.

#### Artigo 19.º

##### Avaliação

A Comissão, assistida pelo comité criado pelo artigo 26.º, procede à avaliação da presente directiva até 1 de Janeiro de 2017, o mais tardar, em função da experiência adquirida e dos progressos realizados durante a sua aplicação, e, se necessário, apresenta propostas.

#### Artigo 20.º

##### Informação

1. Os Estados-Membros tomam as medidas necessárias para informar os proprietários ou os inquilinos dos edifícios ou das fracções autónomas sobre os vários métodos e práticas que contribuem para a melhoria do desempenho energético.

2. Os Estados-Membros facultam aos proprietários ou aos inquilinos dos edifícios, em especial, informações sobre os certificados de desempenho energético e os relatórios de inspecção, sobre a sua finalidade e os seus objectivos, sobre as formas rentáveis de melhorar o desempenho energético do edifício e, se for caso disso, sobre os instrumentos financeiros disponíveis para melhorar o desempenho energético do edifício.

A pedido dos Estados-Membros, a Comissão apoia os Estados-Membros na realização de campanhas de informação para efeitos do n.º 1 e do primeiro parágrafo do presente número, que podem ser objecto de programas da União.

3. Os Estados-Membros asseguram que os responsáveis pela execução da presente directiva beneficiem de orientação e formação. A orientação e a formação assim facultadas incidem na importância de melhorar o desempenho energético e permitem que seja ponderada a forma óptima de combinar melhorias em termos de eficiência energética, a utilização de energia proveniente de fontes renováveis e a utilização de redes urbanas de aquecimento e arrefecimento, no contexto do planeamento, da concepção, da construção e da renovação de zonas industriais ou residenciais.

4. A Comissão é convidada a melhorar constantemente os seus serviços de informação, em particular o sítio internet criado como portal europeu para a eficiência energética dos edifícios, destinado aos cidadãos, aos profissionais e às autoridades, a fim de apoiar os Estados-Membros nas suas acções de informação e sensibilização. As informações disponíveis no sítio internet podem incluir ligações para a legislação pertinente a nível da União Europeia e de âmbito nacional, regional e local, ligações para os sítios Europa que apresentem os planos de acção para a eficiência energética, e ligações para os instrumentos financeiros disponíveis, bem como exemplos de melhores práticas à escala nacional, regional e local. No contexto do Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional, a Comissão continua a prestar os seus serviços de informação e intensifica-os, a fim de facilitar a utilização dos fundos disponíveis, prestando assistência e informação às partes interessadas, nomeadamente autoridades nacionais, regionais e locais, no que se refere às possibilidades de financiamento, tendo em conta as últimas alterações do quadro regulamentar.

#### Artigo 21.º

##### Consulta

A fim de facilitar a execução efectiva da presente directiva, os Estados-Membros consultam as partes interessadas, incluindo as autoridades locais e regionais, em conformidade com a legislação nacional aplicável e sempre que for pertinente. Essa consulta assume particular importância para a aplicação do disposto nos artigos 9.º e 20.º

#### Artigo 22.º

##### Adaptação do anexo I ao progresso técnico

A Comissão adapta as partes 3 e 4 do anexo I ao progresso técnico por meio de actos delegados ao abrigo dos artigos 23.º, 24.º e 25.º

#### Artigo 23.º

##### Exercício da delegação

1. O poder de aprovar os actos delegados referidos no artigo 22.º é conferido à Comissão por um prazo de cinco anos com início em 8 de Julho de 2010. A Comissão apresenta um relatório relativo aos poderes delegados no mínimo seis meses antes do final daquele prazo de cinco anos. A delegação de poderes é renovada automaticamente por prazos de igual duração, salvo se o Parlamento Europeu ou o Conselho a revogarem nos termos do artigo 24.º

2. Sem prejuízo do prazo referido no n.º 1 do artigo 5.º, o poder de aprovar os actos delegados referidos no artigo 5.º é conferido à Comissão até 30 de Junho de 2012.

3. Assim que aprovar um acto delegado, a Comissão notifica-o simultaneamente ao Parlamento Europeu e ao Conselho.



4. O poder de aprovar actos delegados conferido à Comissão está sujeito às condições estabelecidas nos artigos 24.º e 25.º

#### Artigo 24.º

##### Revogação da delegação

1. A delegação de poderes referida nos artigos 5.º e 20.º pode ser revogada pelo Parlamento Europeu ou pelo Conselho.

2. A instituição que der início a um procedimento interno para decidir se tenciona revogar a delegação de poderes procura informar a outra instituição e a Comissão, num prazo razoável antes de tomar uma decisão final, indicando os poderes delegados que poderão ser objecto de revogação e os eventuais motivos da mesma.

3. A decisão de revogação põe termo à delegação dos poderes nela especificados. Produz efeitos imediatamente ou em data posterior nela fixada. A decisão de revogação não prejudica a validade dos actos delegados já em vigor. É publicada no *Jornal Oficial da União Europeia*.

#### Artigo 25.º

##### Objecções aos actos delegados

1. O Parlamento Europeu ou o Conselho podem formular objecções ao acto delegado no prazo de dois meses a contar da data de notificação.

Por iniciativa do Parlamento Europeu ou do Conselho, aquele prazo é prorrogado por dois meses.

2. Se, no termo desse prazo, nem o Parlamento Europeu nem o Conselho tiverem formulado objecções ao acto delegado, este é publicado no *Jornal Oficial da União Europeia* e entra em vigor na data nele fixada.

O acto delegado pode ser publicado no *Jornal Oficial da União Europeia* e entrar em vigor antes do termo desse período se tanto o Parlamento Europeu como o Conselho tiverem informado a Comissão de que decidiram não formular objecções.

3. Se o Parlamento Europeu ou o Conselho formularem objecções ao acto delegado, este não entra em vigor. A instituição que formular objecções ao acto delegado expõe os motivos das mesmas.

#### Artigo 26.º

##### Procedimento de Comité

1. A Comissão é assistida por um comité.

2. Sempre que se faça referência ao presente número, são aplicáveis os artigos 3.º e 7.º da Decisão 1999/468/CE, tendo em conta o disposto no seu artigo 8.º

#### Artigo 27.º

##### Sanções

Os Estados-Membros estabelecem o regime de sanções aplicáveis à violação das disposições nacionais aprovadas para efeitos da presente directiva e tomam as medidas necessárias para garantir a sua aplicação. As sanções previstas devem ser efectivas, proporcionadas e dissuasivas. Os Estados-Membros comunicam à Comissão as referidas disposições até 9 de Janeiro de 2013 e informam-na sem demora de qualquer alteração posterior que lhes diga respeito.

#### Artigo 28.º

##### Transposição

1. Os Estados-Membros aprovam e publicam, até 9 de Julho de 2012, as disposições legislativas, regulamentares e administrativas necessárias para dar cumprimento aos artigos 2.º a 18.º, 20.º e 27.º

No que respeita aos artigos 2.º, 3.º, 9.º, 11.º, 12.º, 13.º, 17.º, 18.º, 20.º e 27.º, os Estados-Membros aplicam essas disposições o mais tardar a partir de 9 de Janeiro de 2013.

No que respeita aos artigos 4.º, 5.º, 6.º, 7.º, 8.º, 14.º, 15.º e 16.º, os Estados-Membros aplicam essas disposições aos edifícios ocupados pelas autoridades públicas o mais tardar a partir de 9 de Janeiro de 2013 e aos outros edifícios o mais tardar a partir de 9 de Julho de 2013.

Os Estados Membros podem adiar até 31 de Dezembro de 2015 a aplicação do disposto nos n.ºs 1 e 2 do artigo 12.º no que se refere a fracções autónomas arrendadas. Tal não pode, todavia, conduzir a que o número de certificados emitidos seja inferior ao que se teria registado se a Directiva 2002/91/CE fosse aplicada no Estado-Membro em causa.

Quando os Estados-Membros aprovarem essas disposições, estas devem incluir uma referência à presente directiva ou ser acompanhadas dessa referência aquando da sua publicação oficial. Devem também incluir uma menção destinada a precisar que as remissões para a Directiva 2002/91/CE, contidas em disposições legislativas, regulamentares e administrativas, devem ser entendidas como sendo remissões para a presente directiva. As formas dessa referência e dessa menção são determinadas pelos Estados-Membros.

2. Os Estados-Membros comunicam à Comissão o texto das principais disposições de direito interno que aprovarem no domínio abrangido pela presente directiva.

*Artigo 29.º*

**Revogação**

A Directiva 2002/91/CE, com a redacção que lhe foi dada pelo regulamento indicado na Parte A do anexo IV, é revogada com efeitos a partir de 1 de Fevereiro de 2012, sem prejuízo das obrigações dos Estados-Membros relativas aos prazos de transposição para o direito nacional e de aplicação da referida directiva, indicados na Parte B do anexo IV.

As remissões para a Directiva 2002/91/CE devem ser entendidas como sendo remissões para a presente directiva e devem ser lidas de acordo com a tabela de correspondência constante do anexo V.

*Artigo 30.º*

**Entrada em vigor**

A presente directiva entra em vigor no vigésimo dia seguinte ao da sua publicação no *Jornal Oficial da União Europeia*.

*Artigo 31.º*

**Destinatários**

Os destinatários da presente directiva são os Estados-Membros.

Feito em Estrasburgo, em 19 de Maio de 2010.

*Pelo Parlamento Europeu*

*O Presidente*

J. BUZEK

*Pelo Conselho*

*O Presidente*

D. LÓPEZ GARRIDO

## ANEXO I

**Quadro geral comum para a metodologia de cálculo do desempenho energético dos edifícios**  
**(referido no artigo 3.º)**

1. O desempenho energético de um edifício é determinado com base na energia anual calculada ou efectivamente consumida para satisfazer as diferentes necessidades associadas à sua utilização típica e reflecte as necessidades de energia de aquecimento e de energia de arrefecimento (a energia necessária para evitar o sobreaquecimento) para manter as condições de temperatura previstas do edifício, bem como as necessidades para preparação de água quente para uso doméstico.
2. O desempenho energético de um edifício é expresso de modo transparente e inclui um indicador de desempenho energético, bem como um indicador numérico da utilização de energia primária, em função de factores de energia primária por vector energético, podendo tomar-se como base as médias anuais ponderadas, nacionais ou regionais, ou um valor específico para a produção *in situ*.

A metodologia para calcular o desempenho energético dos edifícios deve ter em conta as normas europeias e deve ser coerente com a legislação aplicável da União, nomeadamente a Directiva 2009/28/CE.

3. A metodologia é estabelecida tendo em conta pelo menos os seguintes aspectos:
  - a) As seguintes características térmicas reais do edifício, incluindo as suas divisórias internas:
    - i) capacidade térmica,
    - ii) isolamento,
    - iii) aquecimento passivo,
    - iv) arrefecimento passivo, e
    - v) pontes térmicas;
  - b) Instalação de aquecimento e fornecimento de água quente, incluindo as respectivas características de isolamento;
  - c) Instalações de ar condicionado;
  - d) Ventilação natural e mecânica, que pode incluir a estanquidade ao ar da envolvente;
  - e) Instalação fixa de iluminação (em especial no sector não residencial);
  - f) Concepção, posicionamento e orientação dos edifícios, incluindo as condições climáticas exteriores;
  - g) Sistemas solares passivos e protecções solares;
  - h) Condições climáticas interiores, incluindo as de projecto;
  - i) Cargas internas.
4. Neste cálculo deve ser tida em conta, quando for caso disso, a influência positiva dos seguintes aspectos:
  - a) Condições locais de exposição solar, sistemas solares activos e outros sistemas de aquecimento e produção de electricidade baseados em energia proveniente de fontes renováveis;
  - b) Electricidade produzida por co-geração;
  - c) Redes urbanas ou colectivas de aquecimento e arrefecimento;
  - d) Iluminação natural.

5. Para efeitos deste cálculo, os edifícios devem ser devidamente classificados nas seguintes categorias:

- a) Habitações unifamiliares de diversos tipos;
  - b) Edifícios de apartamentos;
  - c) Edifícios de escritórios;
  - d) Estabelecimentos de ensino;
  - e) Hospitais;
  - f) Hotéis e restaurantes;
  - g) Instalações desportivas;
  - h) Edifícios destinados a serviços de comércio grossista e retalhista;
  - i) Outros tipos de edifícios que consomem energia.
-

## ANEXO II

**Sistemas de controlo independente dos certificados de desempenho energético e dos relatórios de inspeção**

1. As autoridades competentes, ou os organismos nos quais as autoridades competentes tenham delegado as responsabilidades pela aplicação prática do sistema de controlo independente, seleccionam de forma aleatória pelo menos uma percentagem estatisticamente significativa dos certificados de desempenho energético emitidos anualmente e procedem à sua verificação.

A verificação baseia-se nas opções adiante indicadas ou em medidas equivalentes:

- a) Verificação da validade dos dados sobre o edifício utilizados para emitir o certificado de desempenho energético e dos resultados declarados no certificado;
  - b) Verificação dos dados utilizados para emitir o certificado de desempenho energético e dos seus resultados, bem como das recomendações formuladas;
  - c) Verificação completa dos dados sobre o edifício utilizados para emitir o certificado de desempenho energético, verificação completa dos resultados declarados no certificado de desempenho energético, bem como das recomendações formuladas, e visita ao local do edifício, se possível, para verificar a correspondência entre as especificações contidas no certificado de desempenho energético e o edifício certificado.
2. As autoridades competentes, ou os organismos nos quais as autoridades competentes tenham delegado as responsabilidades pela aplicação prática do sistema de controlo independente, seleccionam de forma aleatória pelo menos uma percentagem estatisticamente significativa dos relatórios de inspeção emitidos anualmente e procedem à sua verificação.

---

## ANEXO III

**Quadro para a metodologia comparativa para a determinação dos níveis óptimos de rentabilidade dos requisitos de desempenho energético aplicáveis a edifícios e a componentes**

Através do quadro para a metodologia comparativa, os Estados-Membros podem determinar o desempenho energético dos edifícios e dos seus componentes e os aspectos económicos das medidas relacionadas com o desempenho energético, e estabelecer uma relação entre estes elementos a fim de determinar o nível óptimo de rentabilidade.

O quadro para a metodologia comparativa é acompanhado de orientações quanto à forma como deve ser aplicado no cálculo dos níveis óptimos de rentabilidade do desempenho.

O quadro para a metodologia comparativa permite ter em conta os padrões de utilização, as condições climáticas exteriores, os custos de investimento, a categoria do edifício, os custos de manutenção e funcionamento (incluindo os custos e as poupanças de energia), as receitas resultantes da energia produzida, quando aplicável, e os custos da remoção, quando aplicável. O quadro deverá ter como base as normas europeias pertinentes no âmbito da presente directiva.

A Comissão faculta igualmente:

- orientações de acompanhamento do quadro para a metodologia comparativa, destinadas a permitir que os Estados-Membros tomem as medidas adiante enumeradas,
- informações sobre a evolução prevista dos preços da energia a longo prazo.

Para efeitos de aplicação do quadro para a metodologia comparativa nos Estados-Membros, são fixadas, a nível nacional, condições gerais expressas por parâmetros.

O quadro para a metodologia comparativa exige que os Estados-Membros:

- definam edifícios de referência caracterizados e representativos pela sua funcionalidade e localização geográfica, atendendo inclusive às condições climáticas interiores e exteriores. Os edifícios de referência incluem edifícios residenciais e não residenciais, tanto novos como já existentes,
- definam medidas de eficiência energética para serem avaliadas relativamente aos edifícios de referência. Podem ser medidas para um edifício no seu todo, para componentes individuais ou para uma combinação de componentes,
- procedam a uma avaliação das necessidades de energia final e primária dos edifícios de referência, bem como dos edifícios de referência com aplicação das medidas de eficiência energética definidas,
- efectuem um cálculo dos custos (isto é, do valor actual líquido) das medidas de eficiência energética (tal como referidas no segundo travessão) durante o ciclo de vida económico previsto, aplicadas aos edifícios de referência (tal como referidos no primeiro travessão), com base nos princípios do quadro para a metodologia comparativa.

Ao calcularem os custos das medidas de eficiência energética durante o ciclo de vida económico previsto, os Estados-Membros avaliam a rentabilidade dos diversos níveis de requisitos mínimos de desempenho energético. Tal permitirá determinar os níveis óptimos de rentabilidade para os requisitos de desempenho energético.

## ANEXO IV

## PARTE A

**Directiva revogada e alterações subsequentes****(como referido no artigo 29.º)**

Directiva 2002/91/CE do Parlamento Europeu e do Conselho  
(JO L 1 de 4.1.2003, p. 65).

Regulamento (CE) n.º 1137/2008 do Parlamento Europeu e  
do Conselho (JO L 311 de 21.11.2008).

apenas o ponto 9.9 do anexo

## PARTE B

**Prazos de transposição para o direito nacional e datas de aplicação****(como referido no artigo 29.º)**

Directiva	Prazo de transposição	Data de aplicação
2002/91/CE	4 de Janeiro de 2006	4 de Janeiro de 2009 apenas no que diz respeito aos artigos 7.º, 8.º e 9.º

## ANEXO V

## Tabela de correspondência

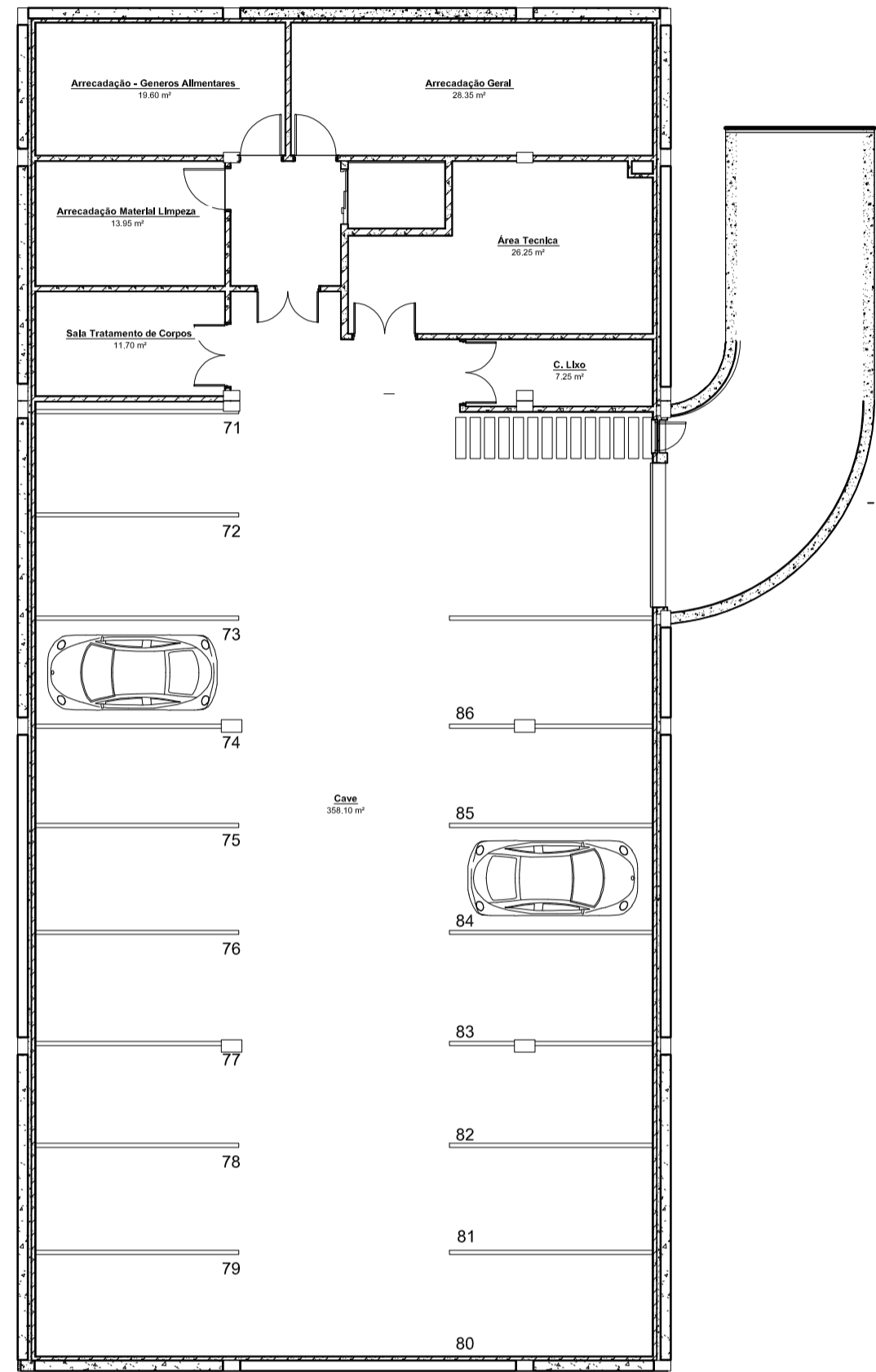
Directiva 2002/91/CE	Presente directiva
Artigo 1.º	Artigo 1.º
Ponto 1 do artigo 2.º	Ponto 1 do artigo 2.º
—	Pontos 2 e 3 do artigo 2.º
Ponto 2 do artigo 2.º	Ponto 4 do artigo 2.º e Anexo I
—	Pontos 5, 6, 7, 8, 9, 10 e 11 do artigo 2.º
Ponto 3 do artigo 2.º	Ponto 12 do artigo 2.º
Ponto 4 do artigo 2.º	Ponto 13 do artigo 2.º
—	Ponto 14 do artigo 2.º
Ponto 5 do artigo 2.º	Ponto 15 do artigo 2.º
Ponto 6 do artigo 2.º	Ponto 16 do artigo 2.º
Ponto 7 do artigo 2.º	Ponto 17 do artigo 2.º
Ponto 8 do artigo 2.º	Ponto 18 do artigo 2.º
—	Ponto 19 do artigo 2.º
Artigo 3.º	Artigo 3.º e Anexo I
N.º 1 do artigo 4.º	N.º 1 do artigo 4.º
N.º 2 do artigo 4.º	—
N.º 3 do artigo 4.º	N.º 2 do artigo 4.º
—	Artigo 5.º
Artigo 5.º	N.º 1 do artigo 6.º
—	N.ºs 2 e 3 do artigo 6.º
Artigo 6.º	Artigo 7.º
—	Artigos 8.º, 9.º e 10.º
Primeiro parágrafo do n.º 1 do artigo 7.º	N.º 8 do artigo 11.º e n.º 2 do artigo 12.º
Segundo parágrafo do n.º 1 do artigo 7.º	N.º 6 do artigo 11.º
Terceiro parágrafo do n.º 1 do artigo 7.º	N.º 6 do artigo 12.º
N.º 2 do artigo 7.º	N.ºs 1 e 2 do artigo 11.º
—	N.ºs 3, 4, 5, 7 e 9 do artigo 11.º
—	N.ºs 1, 3, 4, 5 e 7 do artigo 12.º
N.º 3 do artigo 7.º	N.ºs 1 e 3 do artigo 13.º
—	N.º 2 do artigo 13.º
Alínea a) do artigo 8.º	N.ºs 1 e 3 do artigo 14.º
—	N.º 2 do artigo 14.º
Alínea b) do artigo 8.º	N.º 4 do artigo 14.º
—	N.º 5 do artigo 14.º
Artigo 9.º	N.º 1 do artigo 15.º



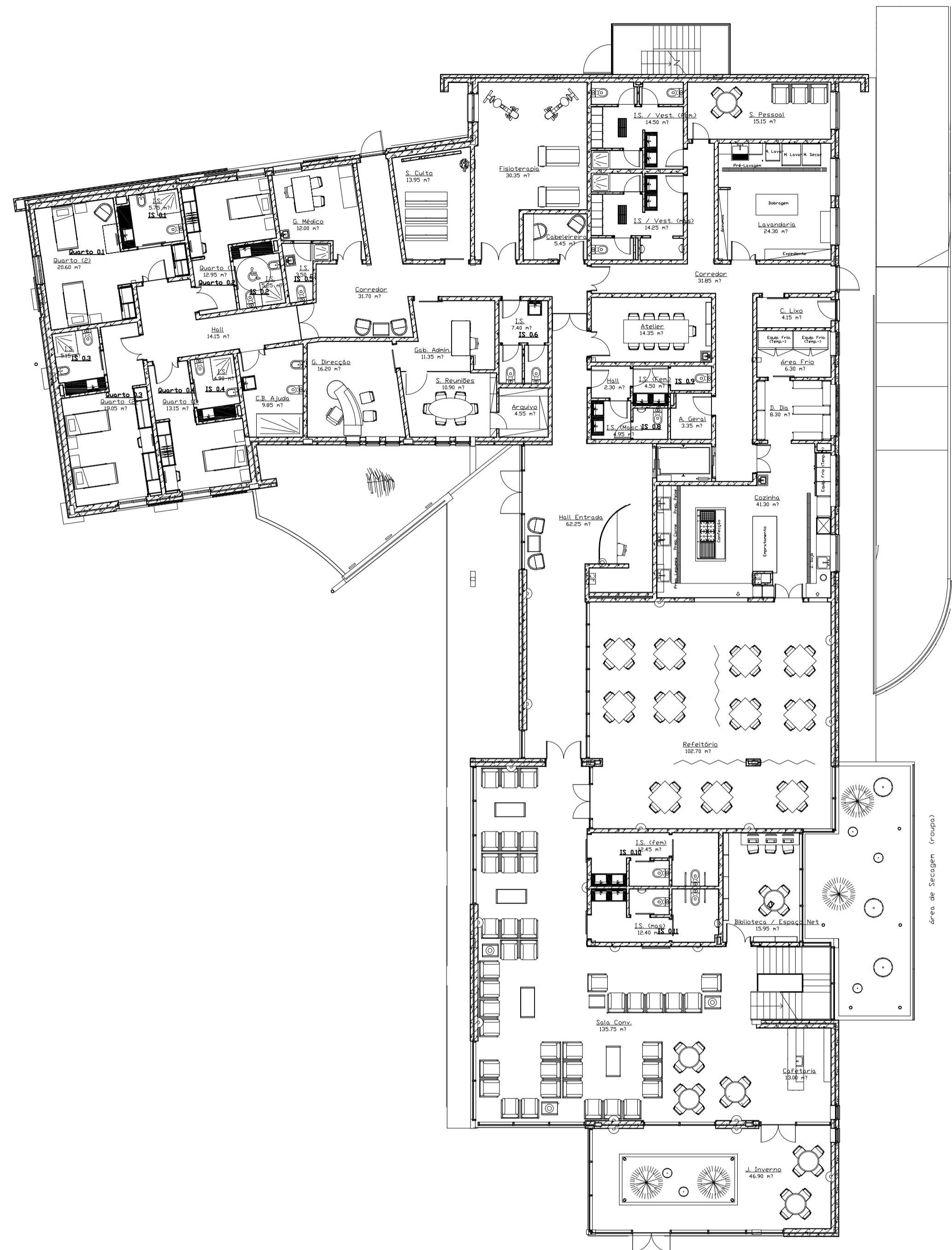
Directiva 2002/91/CE	Presente directiva
—	N.ºs 2, 3, 4 e 5 do artigo 15.º
—	Artigo 16.º
Artigo 10.º	Artigo 17.º
—	Artigo 18.º
Artigo 11.º, proémio	Artigo 19.º
Alíneas a) e b) do artigo 11.º	—
Artigo 12.º	N.º 1 e segundo parágrafo do n.º 2 do artigo 20.º
—	Primeiro parágrafo do n.º 2 e n.ºs 3 e 4 do artigo 20.º
—	Artigo 21.º
Artigo 13.º	Artigo 22.º
—	Artigos 23.º, 24.º e 25.º
N.º 1 do artigo 14.º	N.º 1 do artigo 26.º
N.ºs 2 e 3 do artigo 14.º	—
—	N.º 2 do artigo 26.º
—	Artigo 27.º
N.º 1 do artigo 15.º	Artigo 28.º
N.º 2 do artigo 15.º	—
—	Artigo 29.º
Artigo 16.º	Artigo 30.º
Artigo 17.º	Artigo 31.º
Anexo	Anexo I
—	Anexos II a V

## **B. Arquitecturas de Base, Piso -1, 0 e 1**

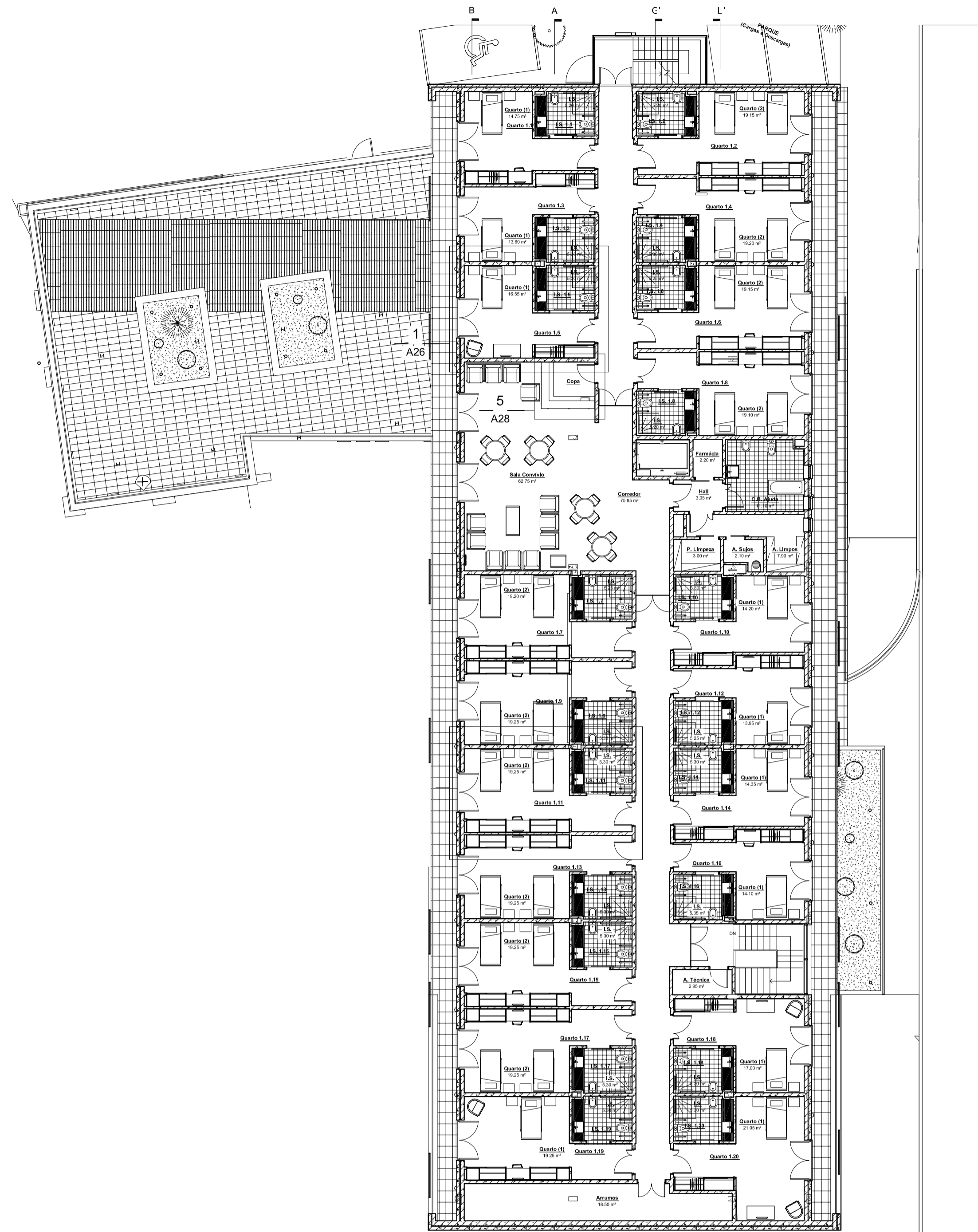
(Página intencionalmente deixada em branco.)



PISO -1



PISO 0

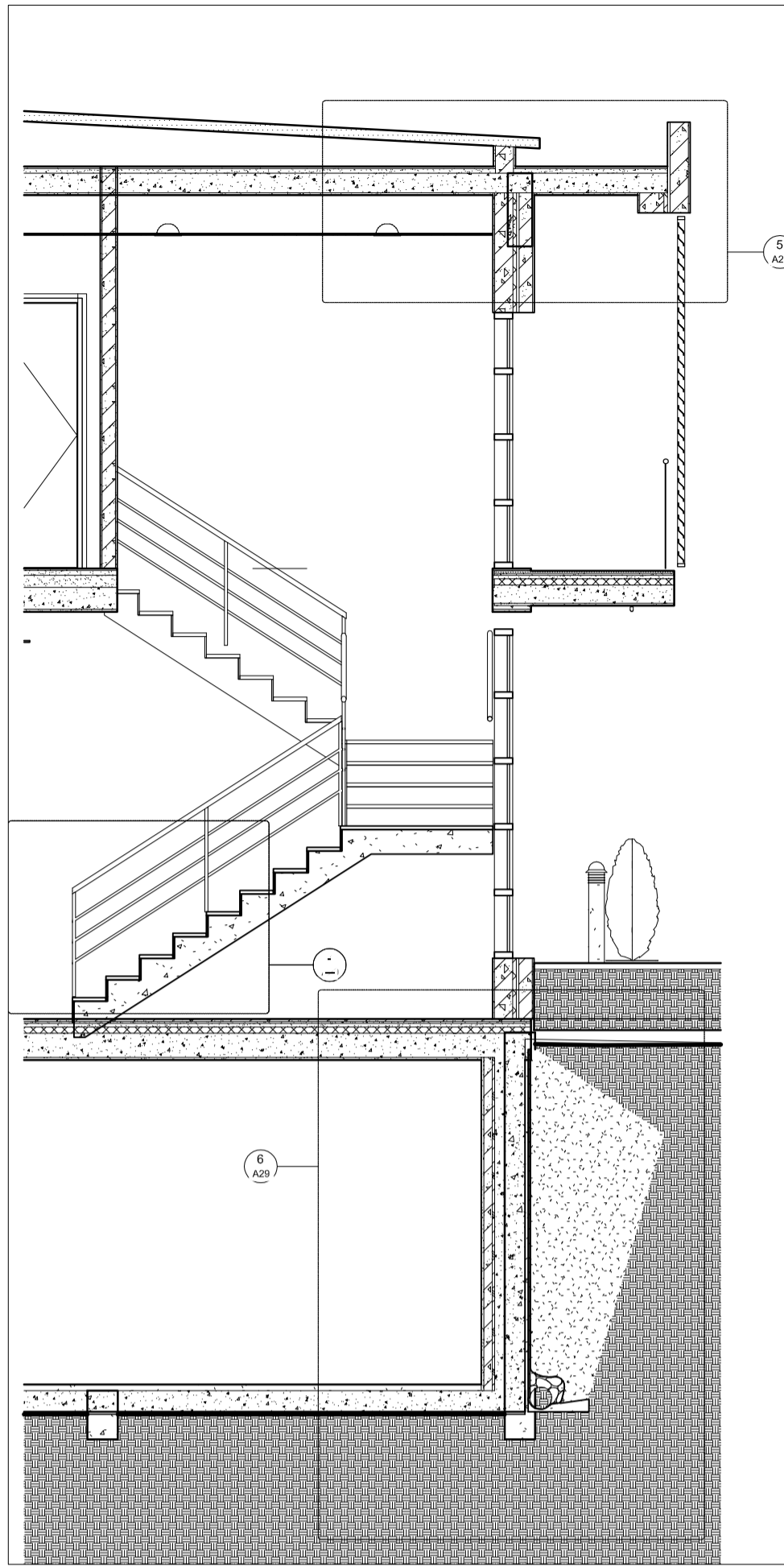


PISO 1

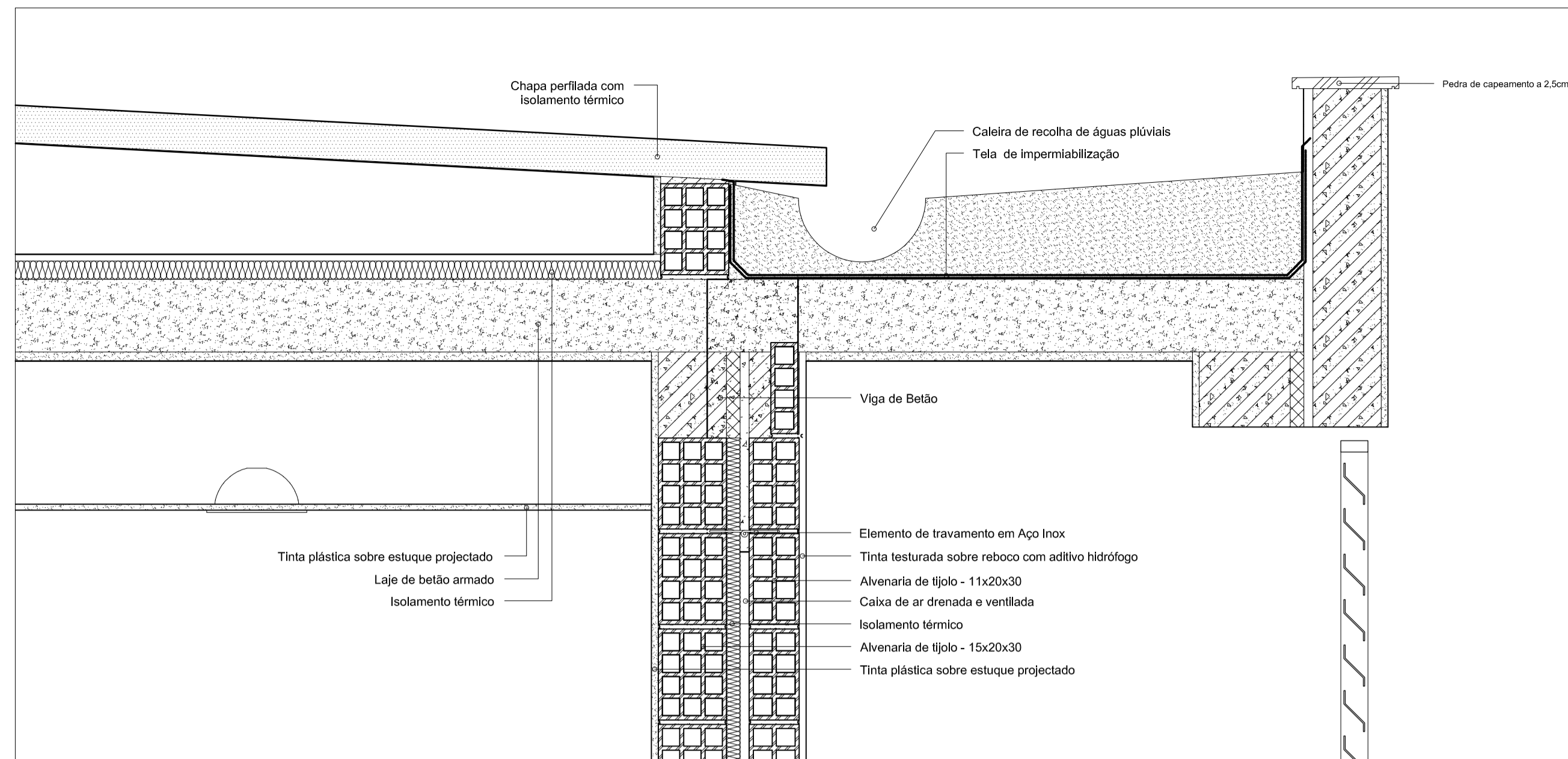
OS DESENHOS APRESENTADOS SÃO DE PROPRIEDADE DO INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA. É PROIBIDO REPRODUZÍ-LOS SEM A AUTORIZAÇÃO DO INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA.

## **C. Pormenores Construtivos**

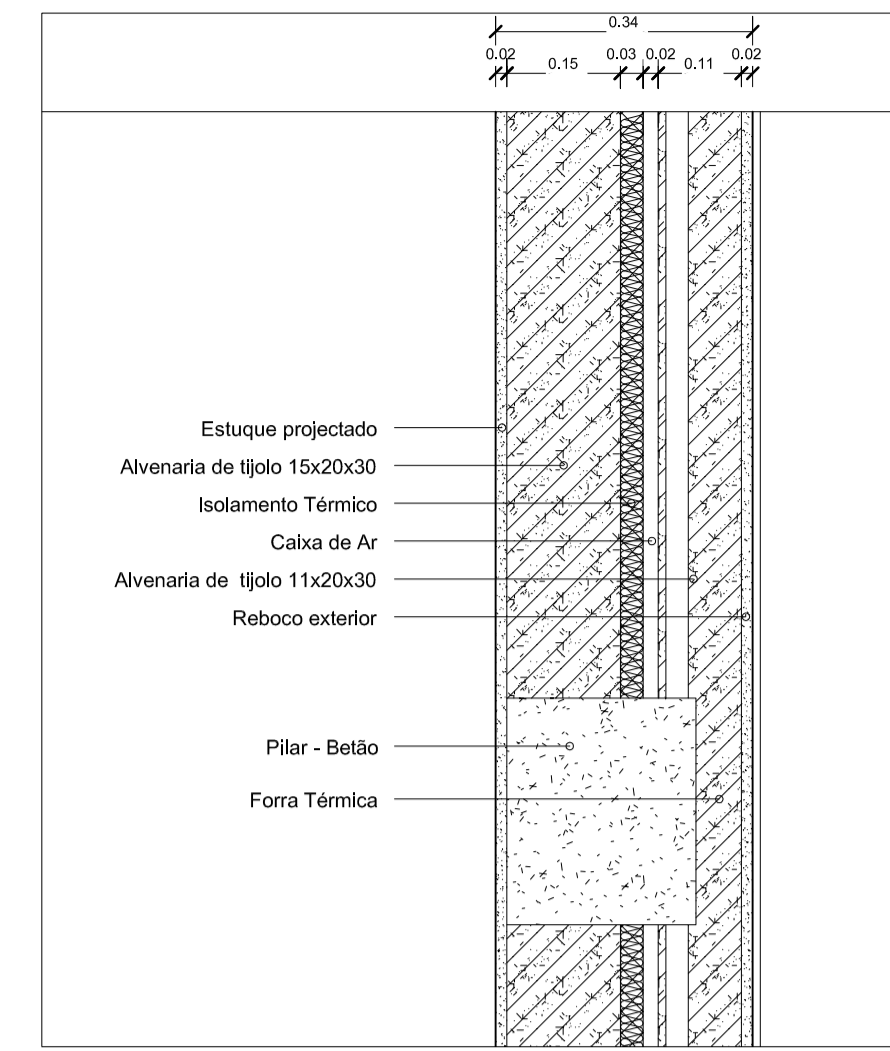
(Página intencionalmente deixada em branco.)



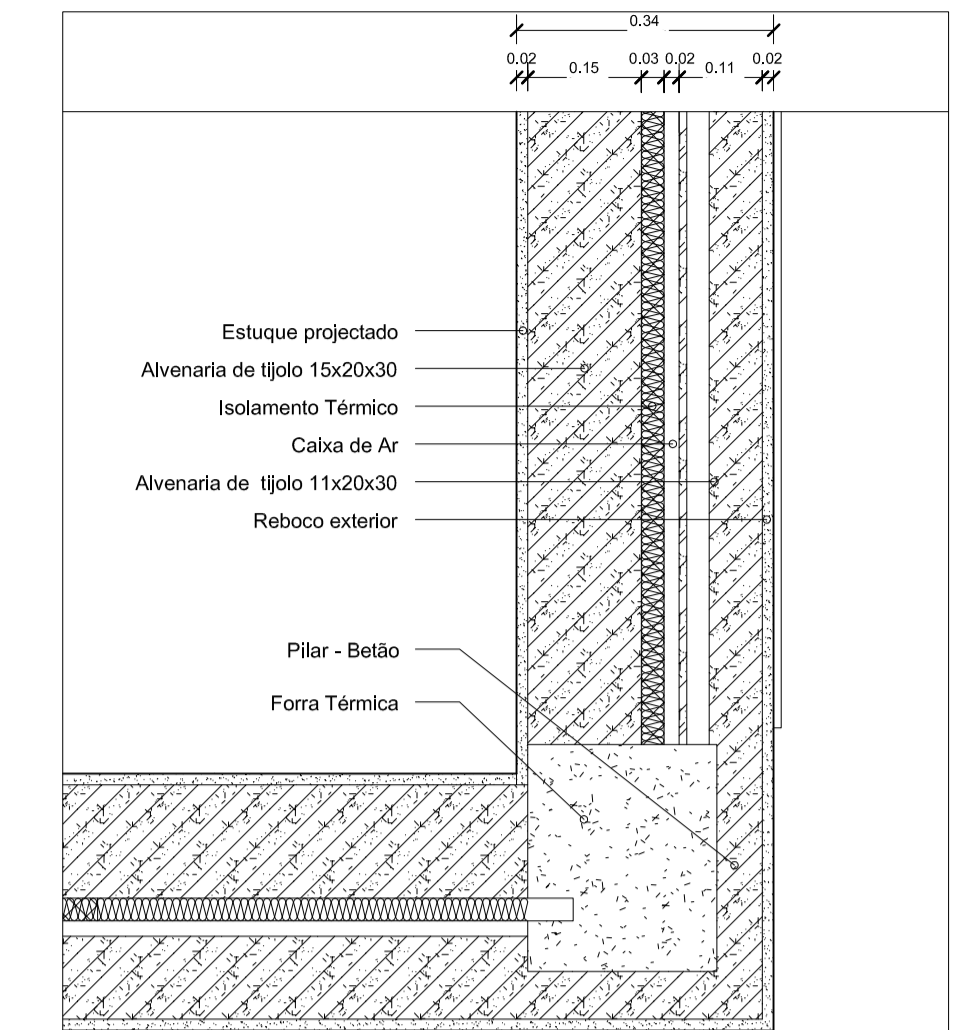
1 Detalhe Escada  
1:50



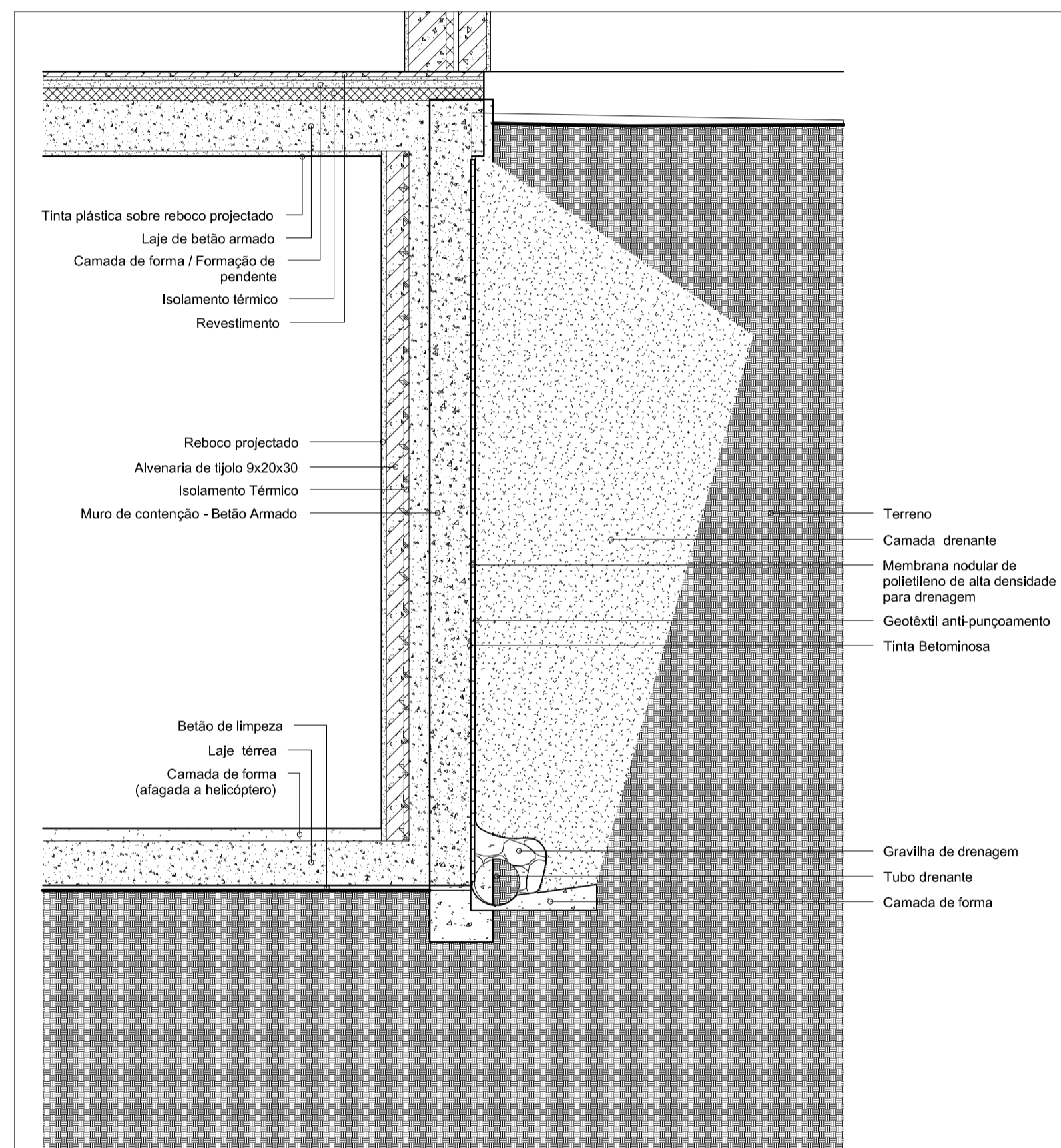
2 Pormenor 02  
1:10



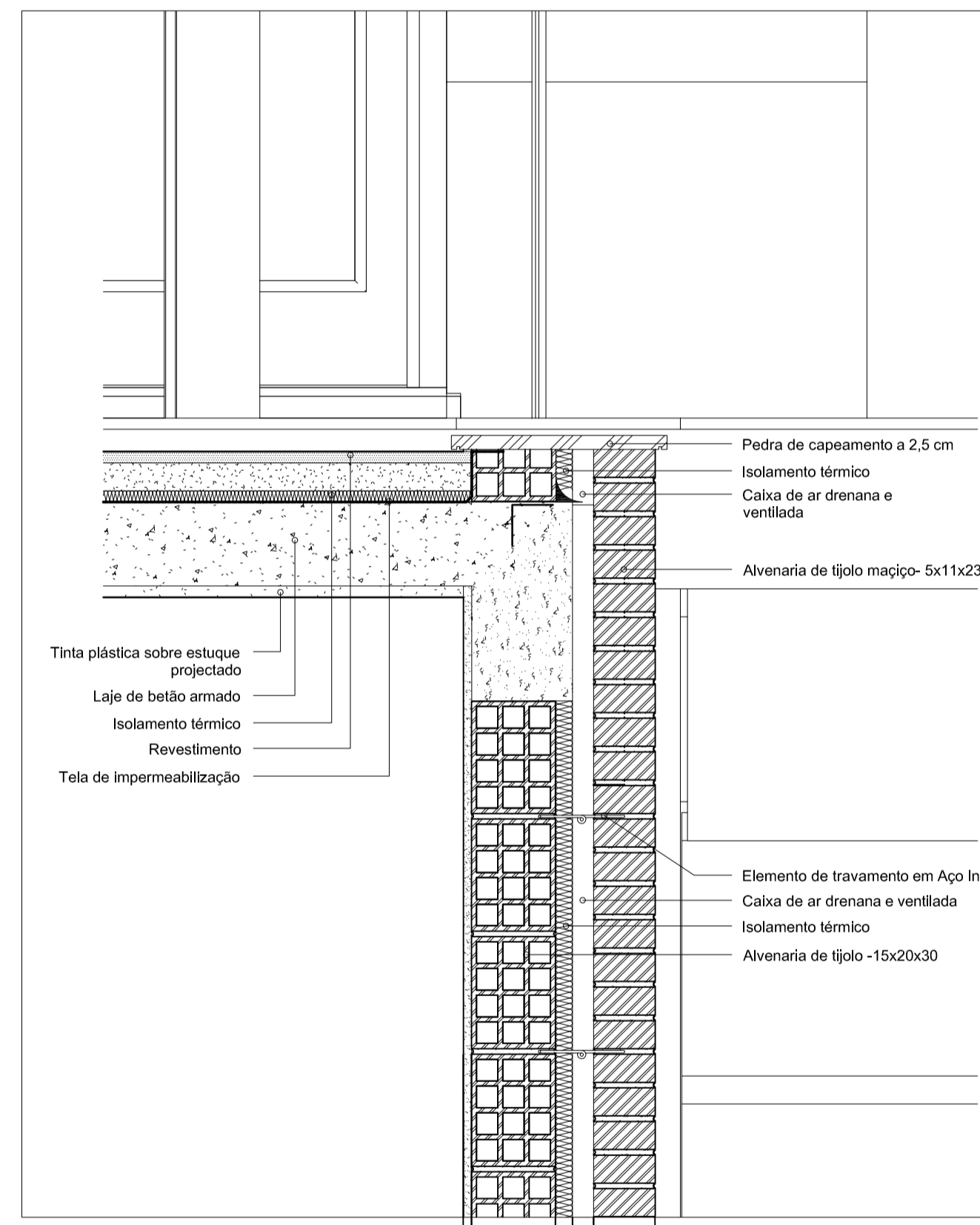
2 Callout (2) of PL-Piso-00  
1:10



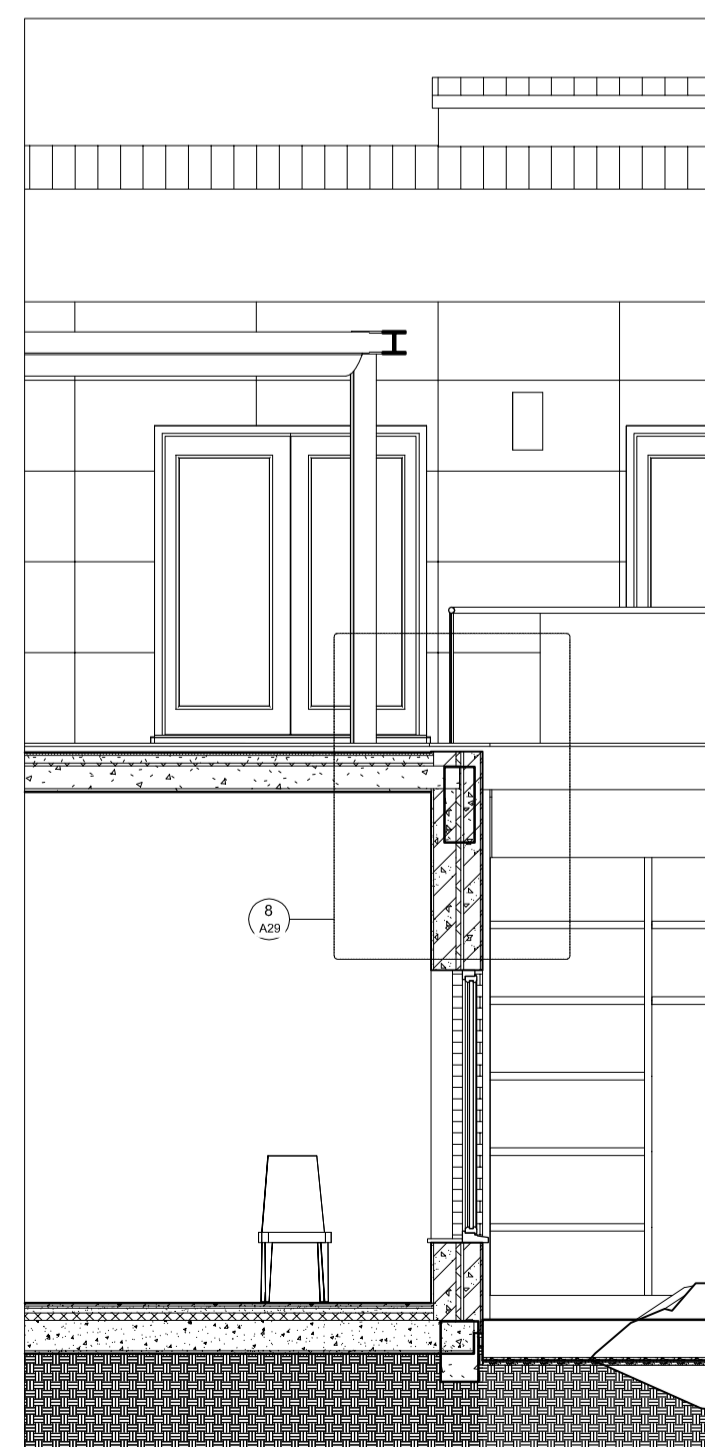
3 Callout of PL-Piso-00  
1:10



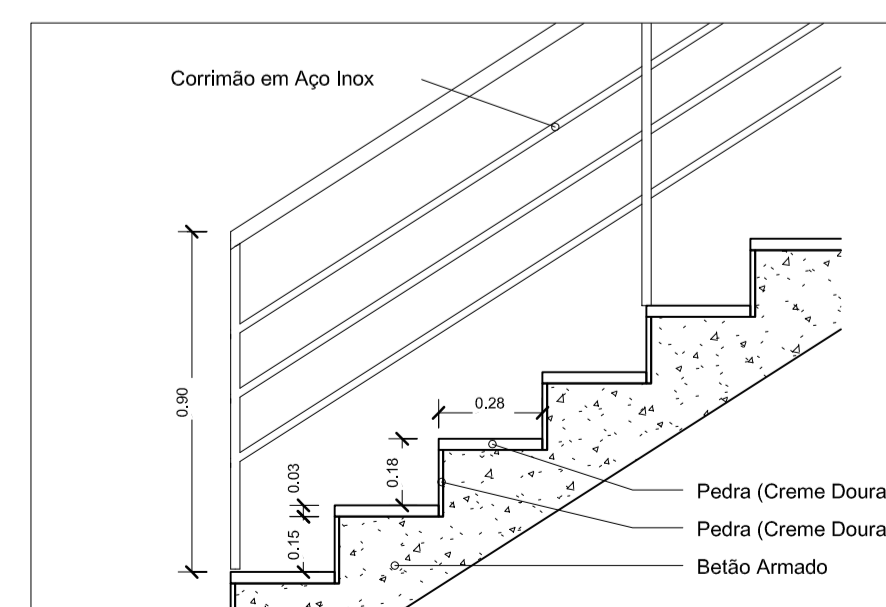
6 Pormenor 01  
1:20



8 Pormenor 05  
1:10



7 Pormenor 04  
1:50



4 Pormenor 03  
1:20

Título

INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA  
Departamento Eng. Mecânica

Projecto integrado de AVAC e outras especialidades para um edifício com necessidades quase nulas de energia

Ámbito

Trabalho Final de Mestrado para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica

Designação  
Pormenores Construtivos

Autor dissertação  
Valter Campos

Escola  
Indicadas (A1)

Data  
30/09/2014

DESIGNO N.º

2

## **D. Output (parte) Energy Plus - Simulação 1 – Caudal Constante**



(Página intencionalmente deixada em branco.)

Program Version:EnergyPlusDLL-32 8.1.0.008, 14-09-2014 20:34

[Table of Contents](#)

Tabular Output Report in Format: **HTML**

Building: **Building**

Environment: **TESE \*\* Lisboa PRT INETI WMO#-085360**

Simulation Timestamp: **2014-09-14 20:46:37**

Report: **Annual Building Utility Performance Summary**

[Table of Contents](#)

For: **Entire Facility**

Timestamp: **2014-09-14 20:46:37**

**Values gathered over 8760.00 hours**

**Site and Source Energy**

	Total Energy [kWh]	Energy Per Total Building Area [kWh/m2]	Energy Per Conditioned Building Area [kWh/m2]
Total Site Energy	496780.88	175.00	415.59
Net Site Energy	496780.88	175.00	415.59
Total Source Energy	941508.12	331.66	787.64
Net Source Energy	941508.12	331.66	787.64

**Site to Source Energy Conversion Factors**

	Site=>Source Conversion Factor
Electricity	3.167
Natural Gas	1.084
District Cooling	1.056
District Heating	3.613
Steam	0.300
Gasoline	1.050
Diesel	1.050
Coal	1.050
Fuel Oil #1	1.050
Fuel Oil #2	1.050
Propane	1.050
Other Fuel 1	1.000
Other Fuel 2	1.000

**Building Area**

	Area [m2]
Total Building Area	2838.76
Net Conditioned Building Area	1195.36
Unconditioned Building Area	1643.40

**End Uses**

	Electricity [kWh]	Natural Gas [kWh]	Additional Fuel [kWh]	District Cooling [kWh]	District Heating [kWh]	Water [m3]
Heating	11.57	54170.24	0.00	0.00	0.00	0.00
Cooling	35766.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Lighting	51554.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Lighting	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Equipment	86332.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Equipment	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fans	9902.61	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pumps	9901.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Heat Rejection	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Humidification	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Recovery	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Water Systems	0.00	249140.81	0.00	0.00	0.00	4066.14
Refrigeration	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Generators	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total End Uses	193469.83	303311.05	0.00	0.00	0.00	4066.14

Note: Natural gas appears to be the principal heating source based on energy usage.

End Uses By Subcategory

	Subcategory	Electricity [kWh]	Natural Gas [kWh]	Additional Fuel [kWh]	District Cooling [kWh]	District Heating [kWh]	Water [m3]
Heating	Boiler	0.00	54170.24	0.00	0.00	0.00	0.00
	Boiler Parasitic	11.57	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cooling	General	35766.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Lighting	ELECTRIC EQUIPMENT#Block2:Zone3#GeneralLights	360.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block2:Zone8#GeneralLights	353.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block2:Zone9#GeneralLights	103.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block2:Zone7#GeneralLights	4541.82	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block2:Zone2#GeneralLights	249.57	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block2:Zone6#GeneralLights	113.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block2:Zone5#GeneralLights	57.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block2:Zone4#GeneralLights	158.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block2:Zone1#GeneralLights	187.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.30Refeitório#GeneralLights	3080.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.32Biblioteca#GeneralLights	1166.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.33SalaConv#GeneralLights	4561.72	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:J.Inverno#GeneralLights	675.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.07Quarto0.4#GeneralLights	247.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.29HallEntrada#GeneralLights	964.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.25CorredorIII#GeneralLights	68.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.25CorredorII#GeneralLights	538.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.28Cozinha#GeneralLights	4805.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.05Quarto0.3#GeneralLights	355.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.21S.Pessoal#GeneralLights	473.41	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.24Lavandaria#GeneralLights	1146.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.01Quarto0.1#GeneralLights	362.43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.02IS0.1#GeneralLights	199.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.03Quarto0.2#GeneralLights	243.72	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.09G.Medico#GeneralLights	988.97	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.13CorredorI#GeneralLights	523.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.34S.Culto#GeneralLights	233.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.19Fisioterapia#GeneralLights	1434.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

## **E. Output (parte) Energy Plus - Simulação 1 – Caudal Variável**

(Página intencionalmente deixada em branco.)

Program Version:EnergyPlusDLL-32 8.1.0.008, 14-09-2014 23:28

[Table of Contents](#)Tabular Output Report in Format: **HTML**Building: **Building**Environment: **TESE \*\* Lisboa PRT INETI WMO#=#085360**Simulation Timestamp: **2014-09-14 23:55:33**Report: **Annual Building Utility Performance Summary**[Table of Contents](#)For: **Entire Facility**Timestamp: **2014-09-14 23:55:33****Values gathered over 8760.00 hours****Site and Source Energy**

	Total Energy [kWh]	Energy Per Total Building Area [kWh/m2]	Energy Per Conditioned Building Area [kWh/m2]
Total Site Energy	474778.41	167.25	397.19
Net Site Energy	474778.41	167.25	397.19
Total Source Energy	900063.94	317.06	752.97
Net Source Energy	900063.94	317.06	752.97

**Site to Source Energy Conversion Factors**

	Site=>Source Conversion Factor
Electricity	3.167
Natural Gas	1.084
District Cooling	1.056
District Heating	3.613
Steam	0.300
Gasoline	1.050
Diesel	1.050
Coal	1.050
Fuel Oil #1	1.050
Fuel Oil #2	1.050
Propane	1.050
Other Fuel 1	1.000
Other Fuel 2	1.000

**Building Area**

	Area [m2]
Total Building Area	2838.76
Net Conditioned Building Area	1195.36
Unconditioned Building Area	1643.40

**End Uses**

	Electricity [kWh]	Natural Gas [kWh]	Additional Fuel [kWh]	District Cooling [kWh]	District Heating [kWh]	Water [m3]
Heating	7.20	37000.93	0.00	0.00	0.00	0.00
Cooling	36354.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Lighting	51554.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Lighting	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Equipment	86332.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Equipment	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fans	9812.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pumps	962.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Heat Rejection	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Humidification	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Recovery	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Water Systems	0.00	252753.89	0.00	0.00	0.00	4066.14
Refrigeration	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Generators	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total End Uses	185023.59	289754.82	0.00	0.00	0.00	4066.14

Note: Natural gas appears to be the principal heating source based on energy usage.

**End Uses By Subcategory**

	Subcategory	Electricity [kWh]	Natural Gas [kWh]	Additional Fuel [kWh]	District Cooling [kWh]	District Heating [kWh]	Water [m3]
Heating	Boiler	0.00	37000.93	0.00	0.00	0.00	0.00
	Boiler Parasitic	7.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cooling	General	36354.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Lighting	ELECTRIC EQUIPMENT#Block2:Zone3#GeneralLights	360.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block2:Zone8#GeneralLights	353.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block2:Zone9#GeneralLights	103.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block2:Zone7#GeneralLights	4541.82	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block2:Zone2#GeneralLights	249.57	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block2:Zone6#GeneralLights	113.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block2:Zone5#GeneralLights	57.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block2:Zone4#GeneralLights	158.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block2:Zone1#GeneralLights	187.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.30Refeitório#GeneralLights	3080.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.32Biblioteca#GeneralLights	1166.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.33SalaConv#GeneralLights	4561.72	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:J.Inverno#GeneralLights	675.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.07Quarto0.4#GeneralLights	247.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.29HallEntrada#GeneralLights	964.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.25CorredorII#GeneralLights	68.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.25CorredorI#GeneralLights	538.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.28Cozinha#GeneralLights	4805.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.05Quarto0.3#GeneralLights	355.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.21S.Pessoal#GeneralLights	473.41	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.24Lavandaria#GeneralLights	1146.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.01Quarto0.1#GeneralLights	362.43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.02IS0.1#GeneralLights	199.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.03Quarto0.2#GeneralLights	243.72	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.09G.Medico#GeneralLights	988.97	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.13CorredorI#GeneralLights	523.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.34S.Culto#GeneralLights	233.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.19Fisioterapia#GeneralLights	1434.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

## **F. Output (parte) Energy Plus - Simulação 2**



(Página intencionalmente deixada em branco.)

Program Version:EnergyPlusDLL-32 8.1.0.008, 16-09-2014 22:02

[Table of Contents](#)

Tabular Output Report in Format: HTML

Building: **Building**

Environment: **TESE \*\* Lisboa PRT INETI WMO#=085360**

Simulation Timestamp: **2014-09-16 22:12:40**

Report: **Annual Building Utility Performance Summary**

[Table of Contents](#)

For: **Entire Facility**

Timestamp: **2014-09-16 22:12:40**

**Values gathered over 8760.00 hours**

**Site and Source Energy**

	Total Energy [kWh]	Energy Per Total Building Area [kWh/m2]	Energy Per Conditioned Building Area [kWh/m2]
Total Site Energy	495047.12	174.39	351.21
Net Site Energy	495047.12	174.39	351.21
Total Source Energy	935790.80	329.65	663.89
Net Source Energy	935790.80	329.65	663.89

**Site to Source Energy Conversion Factors**

	Site=>Source Conversion Factor
Electricity	3.167
Natural Gas	1.084
District Cooling	1.056
District Heating	3.613
Steam	0.300
Gasoline	1.050
Diesel	1.050
Coal	1.050
Fuel Oil #1	1.050
Fuel Oil #2	1.050
Propane	1.050
Other Fuel 1	1.000
Other Fuel 2	1.000

**Building Area**

	Area [m2]
Total Building Area	2838.76
Net Conditioned Building Area	1409.55
Unconditioned Building Area	1429.20

**End Uses**

	Electricity [kWh]	Natural Gas [kWh]	Additional Fuel [kWh]	District Cooling [kWh]	District Heating [kWh]	Water [m3]
Heating	11.13	54278.99	0.00	0.00	0.00	0.00
Cooling	35485.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Lighting	51554.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Lighting	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Equipment	86332.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Equipment	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fans	8941.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pumps	9302.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Heat Rejection	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Humidification	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Recovery	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Water Systems	0.00	249140.80	0.00	0.00	0.00	4066.14
Refrigeration	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Generators	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total End Uses	191627.33	303419.80	0.00	0.00	0.00	4066.14

Note: Natural gas appears to be the principal heating source based on energy usage.

**End Uses By Subcategory**

	Subcategory	Electricity [kWh]	Natural Gas [kWh]	Additional Fuel [kWh]	District Cooling [kWh]	District Heating [kWh]	Water [m3]	
Heating	Boiler	0.00	54278.99	0.00	0.00	0.00	0.00	
	Boiler Parasitic	11.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Cooling	General	35485.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Interior Lighting	ELECTRIC EQUIPMENT#Block2:Zone3#GeneralLights	360.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block2:Zone8#GeneralLights	353.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block2:Zone9#GeneralLights	103.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block2:Zone7#GeneralLights	4541.82	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block2:Zone2#GeneralLights	249.57	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block2:Zone6#GeneralLights	113.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block2:Zone5#GeneralLights	57.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block2:Zone4#GeneralLights	158.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block2:Zone1#GeneralLights	187.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
		ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.30Refeitório#GeneralLights	3080.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.32Biblioteca#GeneralLights	1166.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.33SalaConv#GeneralLights	4561.72	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:J.Inverno#GeneralLights	675.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.07Quarto0.4#GeneralLights	247.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.29HallEntrada#GeneralLights	964.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.25CorredorII#GeneralLights	68.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.25CorredorI#GeneralLights	538.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.28Cozinha#GeneralLights	4805.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.05Quarto0.3#GeneralLights	355.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.21S.Pessoal#GeneralLights	473.41	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.24Lavandaria#GeneralLights	1146.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.01Quarto0.1#GeneralLights	362.43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.02IS0.1#GeneralLights	199.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.03Quarto0.2#GeneralLights	243.72	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.09G.Medico#GeneralLights	988.97	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.13CorredorI#GeneralLights	523.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.34S.Culto#GeneralLights	233.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.19Fisioterapia#GeneralLights	1434.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

## **G. Output (parte) Energy Plus - Simulação 3**

(Página intencionalmente deixada em branco.)

Program Version:EnergyPlusDLL-32 8.1.0.008, 22-09-2014 22:37

[Table of Contents](#)Tabular Output Report in Format: **HTML**Building: **Building**Environment: **TESE \*\* Lisboa PRT INETI WMO#=#085360**Simulation Timestamp: **2014-09-22 22:49:20**Report: **Annual Building Utility Performance Summary**[Table of Contents](#)For: **Entire Facility**Timestamp: **2014-09-22 22:49:20****Values gathered over 8760.00 hours****Site and Source Energy**

	Total Energy [kWh]	Energy Per Total Building Area [kWh/m2]	Energy Per Conditioned Building Area [kWh/m2]
Total Site Energy	215093.48	75.77	152.60
Net Site Energy	215093.48	75.77	152.60
Total Source Energy	531828.05	187.35	377.30
Net Source Energy	531828.05	187.35	377.30

**Site to Source Energy Conversion Factors**

	Site=>Source Conversion Factor
Electricity	3.167
Natural Gas	1.084
District Cooling	1.056
District Heating	3.613
Steam	0.300
Gasoline	1.050
Diesel	1.050
Coal	1.050
Fuel Oil #1	1.050
Fuel Oil #2	1.050
Propane	1.050
Other Fuel 1	1.000
Other Fuel 2	1.000

**Building Area**

	Area [m2]
Total Building Area	2838.76
Net Conditioned Building Area	1409.55
Unconditioned Building Area	1429.20

**End Uses**

	Electricity [kWh]	Natural Gas [kWh]	Additional Fuel [kWh]	District Cooling [kWh]	District Heating [kWh]	Water [m3]
Heating	14.69	71710.51	0.00	0.00	0.00	0.00
Cooling	24728.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Lighting	24955.54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Lighting	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Equipment	86332.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Equipment	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fans	6650.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pumps	701.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Heat Rejection	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Humidification	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Recovery	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Water Systems	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Refrigeration	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Generators	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total End Uses	143382.97	71710.51	0.00	0.00	0.00	0.00

Note: Natural gas appears to be the principal heating source based on energy usage.

**End Uses By Subcategory**

	Subcategory	Electricity [kWh]	Natural Gas [kWh]	Additional Fuel [kWh]	District Cooling [kWh]	District Heating [kWh]	Water [m3]
Heating	Boiler	0.00	71710.51	0.00	0.00	0.00	0.00
	Boiler Parasitic	14.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cooling	General	24728.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Lighting	ELECTRIC EQUIPMENT#Block2:Zone3#GeneralLights	360.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block2:Zone8#GeneralLights	353.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block2:Zone9#GeneralLights	103.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block2:Zone7#GeneralLights	4541.82	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block2:Zone2#GeneralLights	249.57	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block2:Zone6#GeneralLights	113.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block2:Zone5#GeneralLights	57.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block2:Zone4#GeneralLights	158.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block2:Zone1#GeneralLights	187.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.30Refeitório#GeneralLights	949.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.32Biblioteca#GeneralLights	185.46	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.33SalaConv#GeneralLights	543.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:J.Inverno#GeneralLights	675.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.07Quarto0.4#GeneralLights	32.72	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.29HallEntrada#GeneralLights	178.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.25CorredorII#GeneralLights	51.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.25CorredorI#GeneralLights	407.96	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.28Cozinha#GeneralLights	1714.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.05Quarto0.3#GeneralLights	70.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.21S.Pessoal#GeneralLights	99.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.24Lavandaria#GeneralLights	258.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.01Quarto0.1#GeneralLights	51.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.02IS0.1#GeneralLights	117.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.03Quarto0.2#GeneralLights	72.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.09G.Medico#GeneralLights	801.95	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.13CorredorI#GeneralLights	380.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.34S.Culto#GeneralLights	120.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.19Fisioterapia#GeneralLights	927.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

Program Version:EnergyPlusDLL-32 8.1.0.008, 07-09-2014 23:46

[Table of Contents](#)Tabular Output Report in Format: **HTML**Building: **Building**Environment: **TESE \*\* Lisboa PRT INETI WMO#=#085360**Simulation Timestamp: **2014-09-08 00:00:08**Report: **Annual Building Utility Performance Summary**[Table of Contents](#)For: **Entire Facility**Timestamp: **2014-09-08 00:00:08****Values gathered over 8760.00 hours****Site and Source Energy**

	Total Energy [kWh]	Energy Per Total Building Area [kWh/m2]	Energy Per Conditioned Building Area [kWh/m2]
Total Site Energy	213267.94	75.13	178.41
Net Site Energy	210283.30	74.08	175.92
Total Source Energy	537842.10	189.46	449.94
Net Source Energy	528389.75	186.13	442.04

**Site to Source Energy Conversion Factors**

	Site=>Source Conversion Factor
Electricity	3.167
Natural Gas	1.084
District Cooling	1.056
District Heating	3.613
Steam	0.300
Gasoline	1.050
Diesel	1.050
Coal	1.050
Fuel Oil #1	1.050
Fuel Oil #2	1.050
Propane	1.050
Other Fuel 1	1.000
Other Fuel 2	1.000

**Building Area**

	Area [m2]
Total Building Area	2838.76
Net Conditioned Building Area	1195.36
Unconditioned Building Area	1643.40

**End Uses**

	Electricity [kWh]	Natural Gas [kWh]	Additional Fuel [kWh]	District Cooling [kWh]	District Heating [kWh]	Water [m3]
Heating	146.29	66047.75	0.00	0.00	0.00	0.00
Cooling	28681.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Lighting	22175.62	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Lighting	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Equipment	86332.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Equipment	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fans	9088.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pumps	795.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00



Heat Rejection	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Humidification	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Recovery	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Water Systems	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4066.14
Refrigeration	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Generators	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total End Uses	147220.19	66047.75	0.00	0.00	0.00	4066.14

Note: Natural gas appears to be the principal heating source based on energy usage.

**End Uses By Subcategory**

	Subcategory	Electricity [kWh]	Natural Gas [kWh]	Additional Fuel [kWh]	District Cooling [kWh]	District Heating [kWh]	Water [m3]
Heating	Boiler	0.00	66047.75	0.00	0.00	0.00	0.00
	Boiler Parasitic	146.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cooling	General	28681.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Lighting	ELECTRIC EQUIPMENT#Block2:Zone3#GeneralLights	360.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block2:Zone8#GeneralLights	353.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block2:Zone9#GeneralLights	103.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block2:Zone7#GeneralLights	4541.82	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block2:Zone2#GeneralLights	249.57	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block2:Zone6#GeneralLights	113.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block2:Zone5#GeneralLights	57.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block2:Zone4#GeneralLights	158.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block2:Zone1#GeneralLights	187.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.30Refeitório#GeneralLights	403.97	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.32Biblioteca#GeneralLights	152.73	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.33SalaConv#GeneralLights	489.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:J.Inverno#GeneralLights	675.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.07Quarto0.4#GeneralLights	29.95	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.29HallEntrada#GeneralLights	145.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.25CorredorIII#GeneralLights	51.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.25CorredorII#GeneralLights	407.96	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.28Cozinha#GeneralLights	645.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.05Quarto0.3#GeneralLights	40.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.21S.Pessoal#GeneralLights	63.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.24Lavandaria#GeneralLights	161.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.01Quarto0.1#GeneralLights	31.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.02IS0.1#GeneralLights	117.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.03Quarto0.2#GeneralLights	38.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.09G.Medico#GeneralLights	663.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.13CorredorI#GeneralLights	380.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.34S.Culto#GeneralLights	120.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.19Fisioterapia#GeneralLights	927.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

## **H. Output (parte) Energy Plus - Simulação 4**

(Página intencionalmente deixada em branco.)

Program Version:EnergyPlusDLL-32 8.1.0.008, 25-09-2014 01:53

[Table of Contents](#)

Tabular Output Report in Format: **HTML**

Building: **Building**

Environment: **TESE \*\* Lisboa PRT INETI WMO#=#085360**

Simulation Timestamp: **2014-09-25 02:36:01**

Report: **Annual Building Utility Performance Summary**

[Table of Contents](#)

For: **Entire Facility**

Timestamp: **2014-09-25 02:36:01**

**Values gathered over 8760.00 hours**

**Site and Source Energy**

	Total Energy [kWh]	Energy Per Total Building Area [kWh/m2]	Energy Per Conditioned Building Area [kWh/m2]
Total Site Energy	136930.97	47.33	100.74
Net Site Energy	136930.97	47.33	100.74
Total Source Energy	433660.37	149.89	319.04
Net Source Energy	433660.37	149.89	319.04

**Site to Source Energy Conversion Factors**

	Site=>Source Conversion Factor
Electricity	3.167
Natural Gas	1.084
District Cooling	1.056
District Heating	3.613
Steam	0.300
Gasoline	1.050
Diesel	1.050
Coal	1.050
Fuel Oil #1	1.050
Fuel Oil #2	1.050
Propane	1.050
Other Fuel 1	1.000
Other Fuel 2	1.000

**Building Area**

	Area [m2]
Total Building Area	2893.28
Net Conditioned Building Area	1359.25
Unconditioned Building Area	1534.02

**End Uses**

	Electricity [kWh]	Natural Gas [kWh]	Additional Fuel [kWh]	District Cooling [kWh]	District Heating [kWh]	Water [m3]
Heating	9968.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cooling	7721.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Lighting	21819.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Lighting	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Equipment	83970.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Equipment	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fans	5388.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pumps	8063.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Heat Rejection	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Humidification	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Recovery	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Water Systems	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Refrigeration	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Generators	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total End Uses	136930.97	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Note: Electricity appears to be the principal heating source based on energy usage.

**End Uses By Subcategory**

	Subcategory	Electricity [kWh]	Natural Gas [kWh]	Additional Fuel [kWh]	District Cooling [kWh]	District Heating [kWh]	Water [m3]
Heating	General	9968.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cooling	General	7721.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Lighting	ELECTRIC EQUIPMENT#Block2:Zone3#GeneralLights	311.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block2:Zone8#GeneralLights	612.71	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block2:Zone9#GeneralLights	89.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block2:Zone7#GeneralLights	3276.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block2:Zone2#GeneralLights	216.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block2:Zone6#GeneralLights	98.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block2:Zone5#GeneralLights	49.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block2:Zone4#GeneralLights	137.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block2:Zone1#GeneralLights	162.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.30Refeitório#GeneralLights	867.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.32Biblioteca#GeneralLights	213.77	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.33SalaConv#GeneralLights	559.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:J.Inverno#GeneralLights	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.07Quarto0.4#GeneralLights	33.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.29HallEntrada#GeneralLights	217.77	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.25CorredorII#GeneralLights	489.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.28Cozinha#GeneralLights	2466.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.05Quarto0.3#GeneralLights	38.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.21S.Pessoal#GeneralLights	99.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.24Lavandaria#GeneralLights	272.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.01Quarto0.1#GeneralLights	27.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.02IS0.1#GeneralLights	60.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.03Quarto0.2#GeneralLights	44.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.09G.Medico#GeneralLights	331.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.13CorredorI#GeneralLights	380.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.34S.Culto#GeneralLights	212.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.19Fisioterapia#GeneralLights	341.54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.20Cabeleireiro#GeneralLights	117.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	ELECTRIC						

## **I. Output (parte) Energy Plus - Simulação 5**

(Página intencionalmente deixada em branco.)

Program Version:EnergyPlusDLL-32 8.1.0.008, 26-09-2014 00:10

[Table of Contents](#)Tabular Output Report in Format: **HTML**Building: **Building**Environment: **TESE \*\* Lisboa PRT INETI WMO#=#085360**Simulation Timestamp: **2014-09-26 00:47:16**Report: **Annual Building Utility Performance Summary**[Table of Contents](#)For: **Entire Facility**Timestamp: **2014-09-26 00:47:16****Values gathered over 4368.00 hours****WARNING: THE REPORT DOES NOT REPRESENT A FULL ANNUAL SIMULATION.****Site and Source Energy**

	Total Energy [kWh]	Energy Per Total Building Area [kWh/m2]	Energy Per Conditioned Building Area [kWh/m2]
Total Site Energy	72253.48	24.97	53.16
Net Site Energy	42989.20	14.86	31.63
Total Source Energy	228826.78	79.09	168.35
Net Source Energy	136146.80	47.06	100.16

**Site to Source Energy Conversion Factors**

	Site=>Source Conversion Factor
Electricity	3.167
Natural Gas	1.084
District Cooling	1.056
District Heating	3.613
Steam	0.300
Gasoline	1.050
Diesel	1.050
Coal	1.050
Fuel Oil #1	1.050
Fuel Oil #2	1.050
Propane	1.050
Other Fuel 1	1.000
Other Fuel 2	1.000

**Building Area**

	Area [m2]
Total Building Area	2893.28
Net Conditioned Building Area	1359.25
Unconditioned Building Area	1534.02

**End Uses**

	Electricity [kWh]	Natural Gas [kWh]	Additional Fuel [kWh]	District Cooling [kWh]	District Heating [kWh]	Water [m3]
Heating	9079.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cooling	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Lighting	11464.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Lighting	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Equipment	45021.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Equipment	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fans	2686.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pumps	2570.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00



Heat Rejection	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Humidification	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Recovery	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Water Systems	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Refrigeration	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Generators	1430.92	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total End Uses	72253.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Note: Electricity appears to be the principal heating source based on energy usage.

#### End Uses By Subcategory

	Subcategory	Electricity [kWh]	Natural Gas [kWh]	Additional Fuel [kWh]	District Cooling [kWh]	District Heating [kWh]	Water [m3]
Heating	General	9079.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cooling	General	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Lighting	ELECTRIC EQUIPMENT#Block2:Zone3#GeneralLights	155.54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block2:Zone8#GeneralLights	305.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block2:Zone9#GeneralLights	44.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block2:Zone7#GeneralLights	1633.97	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block2:Zone2#GeneralLights	107.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block2:Zone6#GeneralLights	49.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block2:Zone5#GeneralLights	24.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block2:Zone4#GeneralLights	68.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block2:Zone1#GeneralLights	80.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.30Refeitorio#GeneralLights	444.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.32Biblioteca#GeneralLights	135.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.33SalaConv#GeneralLights	362.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:J.Inverno#GeneralLights	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.07Quarto0.4#GeneralLights	21.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.29HallEntrada#GeneralLights	143.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.25CorredorII#GeneralLights	244.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.28Cozinha#GeneralLights	1277.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.05Quarto0.3#GeneralLights	24.46	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.21S.Pessoal#GeneralLights	51.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.24Lavandaria#GeneralLights	148.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.01Quarto0.1#GeneralLights	18.59	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.02IS0.1#GeneralLights	30.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.03Quarto0.2#GeneralLights	31.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.09G.Medico#GeneralLights	217.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.13CorredorI#GeneralLights	189.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.34S.Culto#GeneralLights	105.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.19Fisioterapia#GeneralLights	242.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.20Cabeleireiro#GeneralLights	58.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Program Version:EnergyPlusDLL-32 8.1.0.008, 25-09-2014 19:23

[Table of Contents](#)

Tabular Output Report in Format: HTML

Building: Building

Environment: TESE \*\* Lisboa PRT INETI WMO#=#085360

Simulation Timestamp: 2014-09-25 20:03:24

Report: Annual Building Utility Performance Summary

[Table of Contents](#)

For: Entire Facility

Timestamp: 2014-09-25 20:03:24

Values gathered over 4392.00 hours

**WARNING: THE REPORT DOES NOT REPRESENT A FULL ANNUAL SIMULATION.****Site and Source Energy**

	Total Energy [kWh]	Energy Per Total Building Area [kWh/m2]	Energy Per Conditioned Building Area [kWh/m2]
Total Site Energy	66532.54	23.00	48.95
Net Site Energy	-33490.8	-11.6	-24.6
Total Source Energy	210708.54	72.83	155.02
Net Source Energy	-106065.3	-36.7	-78.0

**Site to Source Energy Conversion Factors**

	Site=>Source Conversion Factor
Electricity	3.167
Natural Gas	1.084
District Cooling	1.056
District Heating	3.613
Steam	0.300
Gasoline	1.050
Diesel	1.050
Coal	1.050
Fuel Oil #1	1.050
Fuel Oil #2	1.050
Propane	1.050
Other Fuel 1	1.000
Other Fuel 2	1.000

**Building Area**

	Area [m2]
Total Building Area	2893.28
Net Conditioned Building Area	1359.25
Unconditioned Building Area	1534.02

**End Uses**

	Electricity [kWh]	Natural Gas [kWh]	Additional Fuel [kWh]	District Cooling [kWh]	District Heating [kWh]	Water [m3]
Heating	1214.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cooling	6616.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Lighting	10332.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Lighting	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Equipment	38949.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Equipment	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fans	2719.46	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pumps	5243.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Heat Rejection	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Humidification	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Recovery	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Water Systems	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Refrigeration	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Generators	1456.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total End Uses	66532.54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Note: Electricity appears to be the principal heating source based on energy usage.

**End Uses By Subcategory**

	Subcategory	Electricity [kWh]	Natural Gas [kWh]	Additional Fuel [kWh]	District Cooling [kWh]	District Heating [kWh]	Water [m3]
Heating	General	1214.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cooling	General	6616.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Lighting	ELECTRIC EQUIPMENT#Block2:Zone3#GeneralLights	156.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block2:Zone8#GeneralLights	307.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block2:Zone9#GeneralLights	44.79	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block2:Zone7#GeneralLights	1642.95	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block2:Zone2#GeneralLights	108.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block2:Zone6#GeneralLights	49.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block2:Zone5#GeneralLights	25.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block2:Zone4#GeneralLights	68.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block2:Zone1#GeneralLights	81.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.30Refeitorio#GeneralLights	422.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.32Biblioteca#GeneralLights	78.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.33SalaConv#GeneralLights	186.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:J.Inverno#GeneralLights	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.07Quarto0.4#GeneralLights	11.95	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.29HallEntrada#GeneralLights	72.79	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.25CorredorII#GeneralLights	245.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.28Cozinha#GeneralLights	1188.86	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.05Quarto0.3#GeneralLights	14.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.21S.Pessoal#GeneralLights	47.92	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.24Lavandaria#GeneralLights	124.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.01Quarto0.1#GeneralLights	9.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.02IS0.1#GeneralLights	30.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.03Quarto0.2#GeneralLights	13.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.09G.Medico#GeneralLights	114.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.13CorredorI#GeneralLights	190.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.34S.Culto#GeneralLights	106.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.19Fisioterapia#GeneralLights	99.77	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.20Cabeleireiro#GeneralLights	58.86	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

## **J. Output (parte) Energy Plus - Simulação 6**

(Página intencionalmente deixada em branco.)

Program Version:EnergyPlusDLL-32 8.1.0.008, 24-09-2014 10:52

[Table of Contents](#)Tabular Output Report in Format: **HTML**Building: **Building**Environment: **TESE \*\* Lisboa PRT INETI WMO#=#085360**Simulation Timestamp: **2014-09-24 11:15:17**Report: **Annual Building Utility Performance Summary**[Table of Contents](#)For: **Entire Facility**Timestamp: **2014-09-24 11:15:17****Values gathered over 8760.00 hours****Site and Source Energy**

	Total Energy [kWh]	Energy Per Total Building Area [kWh/m2]	Energy Per Conditioned Building Area [kWh/m2]
Total Site Energy	275545.04	95.24	263.35
Net Site Energy	275545.04	95.24	263.35
Total Source Energy	872651.13	301.61	834.04
Net Source Energy	872651.13	301.61	834.04

**Site to Source Energy Conversion Factors**

	Site=>Source Conversion Factor
Electricity	3.167
Natural Gas	1.084
District Cooling	1.056
District Heating	3.613
Steam	0.300
Gasoline	1.050
Diesel	1.050
Coal	1.050
Fuel Oil #1	1.050
Fuel Oil #2	1.050
Propane	1.050
Other Fuel 1	1.000
Other Fuel 2	1.000

**Building Area**

	Area [m2]
Total Building Area	2893.28
Net Conditioned Building Area	1046.30
Unconditioned Building Area	1846.98

**End Uses**

	Electricity [kWh]	Natural Gas [kWh]	Additional Fuel [kWh]	District Cooling [kWh]	District Heating [kWh]	Water [m3]
Heating	21279.82	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cooling	52182.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Lighting	21856.72	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Lighting	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Equipment	83970.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Equipment	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fans	90049.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pumps	6205.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Heat Rejection	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Humidification	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Recovery	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Water Systems	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Refrigeration	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Generators	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total End Uses	275545.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Note: Electricity appears to be the principal heating source based on energy usage.

**End Uses By Subcategory**

	Subcategory	Electricity [kWh]	Natural Gas [kWh]	Additional Fuel [kWh]	District Cooling [kWh]	District Heating [kWh]	Water [m3]
Heating	General	21279.82	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cooling	General	52182.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Lighting	ELECTRIC EQUIPMENT#Block2:Zone3#GeneralLights	311.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block2:Zone8#GeneralLights	612.71	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block2:Zone9#GeneralLights	89.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block2:Zone7#GeneralLights	3276.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block2:Zone2#GeneralLights	216.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block2:Zone6#GeneralLights	98.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block2:Zone5#GeneralLights	49.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block2:Zone4#GeneralLights	137.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block2:Zone1#GeneralLights	162.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.30Refeitório#GeneralLights	664.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.32Biblioteca#GeneralLights	215.64	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.33SalaConv#GeneralLights	564.97	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:J.Inverno#GeneralLights	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.07Quarto0.4#GeneralLights	32.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.29HallEntrada#GeneralLights	210.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.25CorredorII#GeneralLights	489.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.28Cozinha#GeneralLights	2646.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.05Quarto0.3#GeneralLights	39.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.21S.Pessoal#GeneralLights	97.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.24Lavandaria#GeneralLights	267.43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.01Quarto0.1#GeneralLights	27.59	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.02IS0.1#GeneralLights	60.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.03Quarto0.2#GeneralLights	44.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.09G.Medico#GeneralLights	367.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.13CorredorI#GeneralLights	380.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.34S.Culto#GeneralLights	212.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.19Fisioterapia#GeneralLights	386.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
ELECTRIC EQUIPMENT#Block1:0.20Cabeleireiro#GeneralLights	117.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	ELECTRIC						