



Instituto Politécnico de Leiria  
Escola Superior de Gestão e Tecnologia  
Departamento de Engenharia Eletrotécnica

## **PROJECTO DE INVESTIGAÇÃO**

Ano letivo 2015/2016

# **Melhoramento do Comportamento Energético de um Centro Social**

Mário André Carvalheiro Neto

Leiria, 2016



Instituto Politécnico de Leiria  
Escola Superior de Gestão e Tecnologia  
Departamento de Engenharia Eletrotécnica

## **PROJECTO DE INVESTIGAÇÃO**

Ano letivo 2015/2016

### **Melhoramento do Comportamento Energético de um Centro Social**

**Orientador:** Professor Eliseu Ribeiro

Mário André Carvalheiro Neto

Leiria, 2016



## Agradecimentos

Começo por agradecer ao meu orientador, professor Eliseu Ribeiro, pela documentação e horas que despendeu para tratar das minhas dúvidas, pela disponibilidade que sempre demonstrou para a concretização deste trabalho.

À minha família que me apoiou e, impressionantemente, me continua a apoiar e aturar e aos meus amigos que me aturam porque querem: ambos foram cruciais para mim.

À direção do Centro Social Bem Querer de Brenha pela documentação e informações cedidas.

A todos aqueles que, de certa forma, contribuíram com ideias, forneceram informações sobre equipamentos ou discutiram o tema.



## Resumo

O presente trabalho tem como objetivo melhorar o comportamento térmico e diminuir as necessidades energéticas do Centro Social Bem Querer existente na Freguesia de Brenha, conselho da Figueira da Foz, tendo por base a aplicação do Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE, Decreto-Lei nº 79/2006) e o cumprimento da norma ISO 7730:2005.

Para a realização deste trabalho foi feita uma avaliação dinâmica por meio de simulação computacional de um modelo arquitetónico simplificado. A ferramenta utilizada para efetuar as simulações foi o programa de simulação ESP-r, capaz de analisar e estabelecer relações entre diversas grandezas térmicas por forma a simular o funcionamento de um volume e a sua interação com o volume envolvente.

Foram analisados os resultados obtidos para o período de um ano de maneira a encontrar a relação entre o nível de conforto dos ocupantes e os custos que acarreta. Desta maneira é possível quantificar os custos para diversos cenários e qual o impacto na perceção térmica do espaço, melhorando a eficiência térmica do edifício.

Efetuuou-se uma breve comparação de coletores solares térmicos planos e de tubos de vácuo, com recurso ao software SolTerm 5.0, tendo como objetivo aumentar a autonomia e diminuir os gastos energéticos para aquecimento de águas quentes sanitárias. Foi também realizado um estudo de viabilidade económica para cada proposta, incluindo manutenção e o efeito da inflação, com o intuito de encontrar o cenário mais rentável.

# Índice

Índice de tabelas .....	ix
Índice de Figuras .....	x
Simbologia.....	xi
1. Introdução .....	1
1.1. Contexto do trabalho e objetivos .....	1
2. O Programa de simulação ESP-r .....	3
2.1. História e funcionamento do programa .....	3
2.2. Estrutura ESP-r .....	4
2.3. Nível de conforto.....	5
3. Localização e caracterização do edifício .....	6
4. Estruturação do modelo .....	7
4.1. Descrição do modelo .....	7
4.2. Implementação do modelo .....	8
4.2.1. Base de dados.....	8
4.2.1.1. Materiais de construção .....	8
4.2.1.2. Construções .....	8
4.2.2. Construção das zonas .....	9
4.2.3. Topology tool.....	9
4.2.4. Obstruções solares .....	10
4.2.5. Ventilação, infiltrações e ganhos internos de energia .....	10
4.2.6. Zonas de controlo .....	11
4.2.7. Simulação .....	12
5. Análise de resultados .....	13
5.1. Aquecimento .....	14
5.1.1. Aquecimento da zona multiusos do piso 0 .....	15
5.1.2. Aquecimento de zonas de atividades para idosos .....	18
6. Cargas e Custos .....	23
7. Projeto de aproveitamento solar .....	25
7.1. Descrição .....	25
7.2. Análise .....	26
7.3. Proposta 1 – Aumento do número de coletores solares .....	28
7.4. Proposta 2 – Aumento de Coletores Solares e Reservatório .....	32
7.5. Viabilidade das propostas apresentadas .....	36

8. Conclusão .....	37
Referências bibliográficas .....	39
Anexo I .....	41
Ilustração representativa do funcionamento modular do ESP-r .....	41
Anexo II .....	42
Representação do modelo completo (26 zonas) .....	42
Anexo III .....	43
Zonas que constituem o modelo e respetiva descrição .....	43
Anexo IV .....	44
Base de Dados: Materiais .....	44
Base de Dados: Construções .....	47
Anexo V .....	50
Ventilação através de uma janela aberta .....	50
Anexo VI .....	51
Calor Sensível e Latente libertado pelo ser humano em função do tipo de atividade .....	51
Anexo VII .....	52
Caudal de ar novo calculado em função da ocupação real.....	52
Anexo VIII .....	53
Ficheiro de configuração do modelo .....	53
Anexo IX .....	58
Ficheiro de configuração dos controlos para período curto regulado a 20°C .....	58
Ficheiro de configuração dos controlos para período longo regulado a 20°C.....	59
Ficheiro de configuração de controlos para período curto regulado a 18°C .....	60
Ficheiro de configuração dos controlos para período longo regulado a 18°C.....	62
Anexo X .....	64
Estatísticas de vento & condições atmosféricas.....	64
Anexo XI .....	65
Equivalente Metabólico .....	65
Anexo XII .....	66
Isolamento Térmico de roupa .....	66
Anexo XIII .....	67
Especificações Técnicas de Gás Natural .....	67
Anexo XIV .....	68
Valores máximos e mínimos mensais da temperatura exterior .....	68
Anexo XV – Projeto de aproveitamento solar .....	69

Cenário com coletores planos .....	69
Cenário com coletores de tubos de vácuo .....	70
Cenário com coletores planos e reservatório de 500L .....	71
Cenário com coletores de tubos de vácuo e reservatório de 500L.....	72

## Índice de tabelas

Tabela 1- Controlo térmico projetado no AVAC .....	11
Tabela 2 - Ocupação real do edifício .....	13
Tabela 3 - Informação técnica de gás natural.....	23
Tabela 4 - Comparação de resultados das 5 simulações .....	23
Tabela 5 - Dados técnicos dos dois coletores a comparar .....	28
Tabela 6 - Comparação de custos anuais evitados .....	31
Tabela 7 - Comparação económica das 4 propostas apresentadas .....	36

## Índice de Figuras

Figura 1 - Estrutura ESP-r .....	4
Figura 5 - Relação entre PMV e PPD.....	6
Figura 2 - Orientação do edifício .....	7
Figura 3 - disposição das zonas do piso 0 .....	13
Figura 4 - disposição das zonas do piso 1 .....	14
Figura 6 - Temperatura simulada para Dezembro, Janeiro e Fevereiro (s_mu).....	15
Figura 7 - Conforto simulado para Dezembro, Janeiro e Fevereiro (s_mu) .....	15
Figura 8 - Temperatura simulada para Março (s_mu) .....	16
Figura 9 - Conforto simulado para Março (s_mu) .....	16
Figura 10 - Temperatura simulada para Abril (s_mu).....	17
Figura 11 - Conforto simulado para Abril (s_mu) .....	17
Figura 12 - Temperatura simulada para Novembro (s_mu) .....	17
Figura 13 - Conforto simulado para Novembro (s_mu).....	18
Figura 14 - Temperatura simulada para Dezembro, Janeiro e Fevereiro (s_act) .....	18
Figura 15 - Conforto simulado para Dezembro, Janeiro e Fevereiro (s_act) .....	19
Figura 16 - Temperatura simulada para Março (s_act) .....	19
Figura 17 - Conforto simulado para Março (s_act).....	20
Figura 18 - Temperatura simulada para Abril (s_act) .....	20
Figura 19 - Conforto simulado para Abril (s_act).....	21
Figura 20 - Temperatura simulada para Novembro (s_act).....	21
Figura 21 - Conforto simulado para Novembro (s_act) .....	22
Figura 22 - Irradiação Solar e Temperatura Ambiente na Figueira da Foz.....	25
Figura 23 - Distribuição das necessidades de AQS .....	26
Figura 24 - Simulação do equipamento atual.....	27
Figura 25 - Resultados do equipamento atual.....	27
Figura 26 - Simulação do aumento da área de coletores planos .....	29
Figura 27 - Resultados para o aumento da área de coletores planos.....	29
Figura 28 - Simulação de aumento da área com coletores de tubos de vácuo.....	30
Figura 29 - Resultado de aumento da área com coletores de tubos de vácuo .....	30
Figura 30 - Comparação entre coletores planos e coletores de tubos de vácuo .....	31
Figura 31 - Simulação de aumento de área com coletores de tubos de vácuo e aumento do volume do depósito .....	32
Figura 32 - Resultado de aumento de área com coletores de tubos de vácuo e aumento do volume do depósito .....	33
Figura 33 - Comparação entre volumes de reservatório para coletores de tubos de vácuo .....	33
Figura 34 - Simulação de aumento de área com coletores planos e aumento do volume do depósito .....	34
Figura 35 - Resultados de aumento de área com coletores planos e aumento do volume do depósito .....	34
Figura 36 - Comparação entre volumes de reservatórios para coletores planos .....	35
Figura 37 - Comparação entre diferentes tipos de coletores para um reservatório com volume de 500L.....	35

## Simbologia

ESP-r – Environmental System Performance – research

NBSLD – National Bureau of Standards Load Determination program

HVACSIM – Heat, Ventilation and Air Conditioning Simulator

DOE-2 – Building Energy analysis program

BLAST – Building Loads Analysis and System Thermodynamic

RADIANCE – ferramenta validada para simulação de iluminação

RCCTE – Regulamento das Características de Comportamento Térmico de Edifícios

ESRU – Energy Systems Research Unit

CSBQ – Centro Social Bem Querer

RSECE – Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios

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

AVAC – Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado

2D – duas dimensões

3D – três dimensões

ºN – graus a Norte

ºO – graus a Oeste

nº - número

º - grau geométrico

m – metro (unidade de comprimento do sistema internacional)

m<sup>2</sup> – metro quadrado (unidade padrão de área do sistema internacional)

m<sup>3</sup> – metro cúbico (unidade de volume do sistema internacional, equivalente a 1000 litros)

% - percentagem (proporção entre dois valores)

W – Watt (unidade de potência do sistema internacional)

Q – caudal (volume de um determinado fluido que passa por uma determinada secção, por unidade de tempo)

m/s – metro por segundo (unidade do sistema internacional para medição de velocidade)

m<sup>3</sup>/s – fluxo (unidade do sistema internacional)

A – área

V<sub>ref</sub> – velocidade de referência

°C – graus Célsius (unidade de temperatura)

Km/h – quilómetro por hora (distância percorrida por objeto num intervalo de uma hora) = 0,2777 m/s

PMV – Predicted Mean Vote – escala de sensação térmica sentida por um grupo (ASHRAE)

PPD – Predicted Percentage Dissatisfied – índice que mede o conforto térmico de um grupo num determinado ambiente térmico

h – hora (unidade de medida de tempo)

min – minuto (unidade de medida de tempo) = 1/60 de uma hora

Kg – quilograma (unidade básica de massa do sistema internacional)

kWh/Kg – Densidade de energia/ energia específica = 360000joules por quilograma

kWh/m<sup>3</sup> – Poder Calorífico (quantidade de energia por unidade de massa ou volume)

Kg/m<sup>3</sup> – Massa Volumétrica (quociente entre a massa e o volume)

€ - euro (moeda oficial da zona Euro)

CO<sub>2</sub> – dióxido de carbono

AQS – águas quentes sanitárias

l – litros (unidade de medida de volume aceite pelo sistema internacional)





## 1. Introdução

Os aspetos relacionados com o consumo de energia de grandes edifícios residenciais e comerciais levaram ao desenvolvimento de programas de computador capazes de analisar cenários complexos. Os objetivos eram a redução e o uso racional de energia nas construções, caracterizados por vários fatores que poderiam ser levados em conta tais como a geometria da edificação, padrões de uso, iluminação e os sistemas de climatização.

A necessidade de conhecer o comportamento detalhado do fenómeno físico e grande avanço dos computadores conduziram vários grupos de pesquisa a desenvolverem programas de simulação nos anos 70 e 80, tais como NBSLD, HVACSIM, DOE-2, BLAST, RADIANCE e ESP-r.

Como ferramenta fundamental para este estudo foi utilizado o ESP-r (Environmental System Performance, r for “research”), programa de simulação do comportamento térmico de edifícios. Este programa permite simular o edifício e a sua envolvente e obter um leque variado de resultados tais com temperaturas locais e exteriores, consumos energéticos, velocidade do vento, gradientes de pressão, etc.

A utilização de um programa como o ESP-r pode tornar-se muito vantajosa:

- Na fase de anteprojecto, para otimizar a geometria do edifício e a orientação das suas fachadas de forma a otimizar as cargas térmicas ao longo do ano, para simular a escolha dos materiais utilizados na construção antes da sua implementação, de modo a otimizar o edifício de modo a que se possa projetar o sistema de climatização e ventilação mais eficiente;
- Na fase pós-projecto e pós-construção, para simular alterações na sua geometria de modo a otimizar o edifício no que diz respeito a cargas térmicas (sombreamentos), para projetar a implementação de sistemas de ventilação natural por forma a minimizar os sistemas de climatização, para simular a implementação de revestimentos e determinar o comportamento térmico do edifício.

### 1.1. Contexto do trabalho e objetivos

Dados de 2015 (Comission, 2015) verificam que a energia gasta em Portugal no setor residencial representa 16,4% do consumo em energia final, sendo a média europeia 26,8%. Para além da (forte) influência climática, esta fatia energética será tanto menor quanto maior for a eficiência energética de uma habitação para produzir conforto. Esta eficiência é medida objetivamente pelo *Regulamento das características de comportamento térmico dos edifícios*, RCCTE, que determina a quantidade de energia necessária para manter os parâmetros ambientais considerados “confortáveis”, mediante a viabilidade económico-construtiva.

Torna-se assim importante avaliar a eficiência energética de edifícios (de serviços) de maneira que as necessidades energéticas, provenientes de combustíveis fósseis, sejam o mínimo possível mantendo o nível de conforto dos utilizadores.

O caso de estudo é um edifício tem um tipo de construção recente que valoriza o isolamento do exterior com recurso, por exemplo, a caixilharia com vidro duplo e paredes exteriores com isolamento térmico. Apesar de todo este cuidado, o edifício possui espaços amplos que possuem um volume de ar significativo e se traduzem em custos de climatização. Estes custos não existem durante o período de verão pois a climatização é feita apenas com recurso a ventilação natural e à renovação mínima de ar de cada zona, tal não é possível durante o período de inverno uma vez que o ar proveniente do exterior tem uma temperatura inferior ao ar existente no interior da zona.

Existe também um aproveitamento de energia solar através de dois painéis planos, situados no telhado do edifício e o armazenamento de energia é feito com recurso a um tanque de 300l com duas serpentinas (1 para caldeira a gás + 1 para sistema solar).

## 2. O Programa de simulação ESP-r

O ESP-r é uma ferramenta de modelagem para simulações da performance de edifícios. De maneira a realizar as avaliações, o sistema está equipado para modelar calor, ar, luz, humidade e fluxos de energia elétrica, em períodos e zonas definidas pelo utilizador (ESP-r, 2016).

Devido à facilidade de alterar dados de entrada e saída, o programa permite simular e responder a questões como (ESRU, October 2002):

- Qual o efeito das alterações do projeto, como o aumento da insolação, área e geometria das janelas, tipos de envidraçados e sua distribuição, introdução de dispositivos de controlo da luz do dia, modificação do regime de aquecimento/arrefecimento?
- Como variam os níveis de conforto térmico ao longo do edifício?
- Quais as vantagens dos diferentes sistemas de aquecimento e arrefecimento, bem como os seus controlos associados?
- Que benefícios se podem esperar das diferentes estratégias possíveis de iluminação?
- De que forma as alterações de projeto podem afetar o esquema de ventilação do edifício e a distribuição de ar fresco dentro do mesmo?
- Quais as distribuições de cargas térmicas no edifício e em que altura ocorrem os picos?

Com estes dados é possível compreender a relação entre o projeto e o seu desempenho, identificar áreas problemáticas, implementar e testar modificações no edifício, otimizar a projeção do edifício e o seu perfil de utilização, bem como testar diferentes distribuições de cargas em todo o espaço.

### 2.1. História e funcionamento do programa

O programa *Environmental System Performance research* foi concebido por Joe Clarke entre 1974 e 1977, na Universidade de Strathclyde. A sua validação foi conseguida alguns anos depois pelo grupo ESRU (*Energy Systems Research Unit*) da mesma universidade, tendo sofrido sucessivas alterações de modo a melhorar a sua organização e documentação, o processamento multizona e a interface com o utilizador.

Este programa foi escolhido em 1986 pela Comunidade Europeia como Modelo europeu de referência para a simulação de edifícios (Camelo, 1995) e é um programa de licença livre.

O ESP-r é composto por vários módulos/subprogramas, regidos por um principal (*.prj*, *project manager*) que acede aos restantes e permite (através do ficheiro *configuration problem*, *.cfg*) a introdução e exposição de dados.

A criação de cada zona de habitação corresponde à definição dos módulos geométrico (*.geo*), construtivo (*.con*) e operativo (*.opr*) que retêm, respetivamente, os dados geométricos da zona, a caracterização termofísica dos seus elementos construtivos e a utilização da mesma (ganhos internos e renovação de ar).

À semelhança de outros programas de simulação, o EPS-r aplica o princípio da conservação de energia em cada divisão da habitação (e iteração).

A temperatura do ar de cada compartimento é homogénea e depende da transferência de energia com o exterior e interior do compartimento. Como aproximação são também homogéneas as temperaturas de cada superfície, bem como as do interior de cada elemento construtivo.

## 2.2. Estrutura ESP-r

O ESP-r está dividido em três módulos principais: “Project Manager”, “Simulador” e “Análise de Resultados”.

A figura ilustra de forma esquemática a estrutura do programa.



Figura 1 - Estrutura ESP-r

O “Project Manager” permite a definição interativa de algumas configurações do edifício. Todos os dados de entrada devem obedecer a certas regras e verificações antes de serem redirecionados para o ficheiro. Para facilitar a introdução de dados, existem bases de dados de construções, perfis de utilização e outros que podem ser inseridos por um simples código ou nome de referência. O “Project Manager” controla também o acesso aos módulos “Simulador” e “Análise de Resultados”.

O “Simulador” é o motor da simulação, determinando os fluxos máximos e energéticos no edifício através de rigorosos métodos numéricos. O edifício é então dividido num elevado número de volumes finitos. Como o regime é transiente, por cada incremento de tempo à medida que a simulação decorre, é aplicado um balanço energético e mássico a todos os volumes de controlo, obtendo-se no final uma matriz diferencial para todo o sistema.

Os dados processados são armazenados num ficheiro que será utilizado pelo módulo “Análise de Resultados”. Este módulo possui uma variedade de opções de saída de dados: tabelas, gráficos 2D e 3D, estatísticas de resultados e outros.

O ESP-r contém ainda outros módulos, dos quais se salientam os seguintes:

*Insolation and Shading Module*: é um módulo de suporte que prevê a sombra causada por superfícies exteriores (obstruções) e/ou a insolação de zonas internas causadas pela penetração da radiação solar através das janelas;

*Construction Data Management Module*: permite criar, editar e listar as bases de dados das construções. A base de dados dos materiais contém as propriedades termofísicas como condutividade, densidade, calor específico, absorção e emissividade para vários elementos;

*Climate Database Management Module*: faz a gestão e análise da coleção dos dados climáticos. Contém valores horários de: temperatura de bolbo seco, radiação solar direta horizontal e difusa, velocidade e direção do vento e humidade relativa. Esta base de dados é requerida pelo simulador para gerar a dependência do tempo das condições de fronteira no edifício;

*Event Profiles Data Management Module*: possui um numero standart de perfis de utilização do edifício: ocupantes, iluminação, equipamentos e outros;

*View Factors Module*: processa os fatores de forma entre um corpo e as superfícies em volta e é usado pelo simulador para avaliar as trocas radiativas de longo comprimento de onda. Serve também para prever as variações dos níveis de conforto dentro de cada zona.

### 2.3. Nível de conforto

O ESP-r permite ainda estimar o índice de conforto dos utilizadores ou o nível de insatisfação com o ambiente e, assim, saber o nível de satisfação com a sensação térmica da zona em questão.

De maneira a conhecer o nível de conforto é possível utilizar o cálculo do valor *Predicted Mean Vote* ou *Predicted Percentage Dissatisfied* que estão relacionados entre si e indicam o a sensação térmica e a percentagem de insatisfação com o ambiente, respetivamente. O índice PMV varia entre +3 e -3, classificando-se como:

- +3 quente
- +2 morno
- +1 ligeiramente morno
- 0 neutro
- -1 ligeiramente fresco
- -2 fresco
- -3 frio

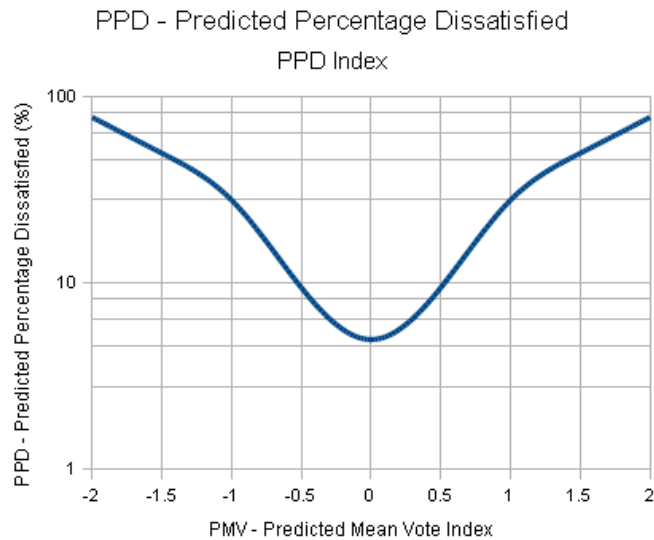


Figura 2 - Relação entre PMV e PPD

De notar que aproximadamente 5% das pessoas num grupo estarão insatisfeitas com a temperatura ambiente mesmo que o índice PMV seja 0. A norma ASHRAE 55-2010 usa o modelo PMV para estipular as condições térmicas e requer que, pelo menos, 80% dos ocupantes do edifício estejam satisfeitos, que implica um valor PMV entre -1 e 1. Estes valores são iguais aos valores encontrados na norma ISSO 7730, que recomenda que o índice de conforto se encontre entre -1 e 1. Como é possível observar na imagem acima, se o índice PMV estiver entre -0,5 e 0,5 é possível obter um grau de insatisfação abaixo de 10%, como recomendado pela norma, e com isso em mente o objetivo será diminuir os custos de aquecimento mantendo um nível de insatisfação abaixo desse valor.

### 3. Localização e caracterização do edifício

O edifício proposto é sede do Centro Social Bem Querer, situado na freguesia de Brenha, conselho da Figueira da Foz. Esta cidade pertence às zonas climáticas I1-V1 (Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE) Decreto Lei nº 79/2006, 2006) e localiza-se com uma longitude de 40,19°N e latitude de 8,826°O.

O edifício é constituído por dois andares, com o piso 0 destinado a cantina, lavandaria e instalações para crianças com menos de 3 anos, e piso 1 destinado a serviços administrativos, crianças com mais de 3 anos e 3ª idade.

O foco deste estudo é a diminuição dos custos de funcionamento com climatização e águas quentes sanitárias.



## 4.2. Implementação do modelo

Para fazer a simulação no ESP-r é necessário criar um modelo. Este processo começa no *Project Manager*, com a introdução de dados básicos tais como o nome do modelo, que neste caso será “CSBQ”.

De seguida, o programa cria a pasta do projeto e, por defeito, subpastas com ficheiros básicos para a definição do modelo, ficheiros estes que serão alterados ao longo do desenvolvimento do modelo. O ESP-r cria diversos tipos de ficheiros e extensões de acordo com a utilização desejada.

### 4.2.1. Base de dados

O ESP-r possui bases de dados relativas a diversos materiais de construção, dados meteorológicos, dando ao utilizador a opção de criar uma base de dados própria.

Para a definição deste modelo foram utilizadas bases de dados criadas por utilizadores que anteriormente fizeram estudos com base neste software. Os ficheiros utilizados dizem respeito a:

- Dados meteorológicos relativos à zona de Coimbra;
- Materiais de construção;
- Características das construções.

Estas bases de dados tiveram de sofrer alterações a nível de valores ou mesmo de tipo de materiais de maneira a corresponder aos materiais e tipo de construção utilizados no edifício.

O Anexo IV faz a listagem dos ficheiros utilizados.

#### 4.2.1.1. Materiais de construção

As propriedades e características físico-químicas dos materiais introduzidos foram retiradas de (dos Santos, 2006) (Lacerda, 2007).

#### 4.2.1.2. Construções

No edifício existem vários tipos de construção sendo necessário criar e definir, os mesmos, dentro do software. Assim sendo, com base na memória descritiva do edifício, criaram-se 8 tipos de construção:

- par\_ext – parede dupla com isolamento (do exterior para o interior: reboco 20mm + tijolo 150mm + XPS 30mm + tijolo 110mm + reboco 20mm)
- par\_int – parede simples (tijolo 110mm e reboco 20mm em cada face);
- door – porta interior (carvalho 350mm);

- sep\_1\_2 – laje de separação dos dois pisos (do piso 0 para o piso 1: pladur 130mm + lâ de vidro 50mm + ar 230mm + betão leve 160mm + argamassa fina 40mm + XPS 60mm + betão 50mm);
- roof – Laje de cobertura (do exterior para o interior: brita 70mm + reboco 20mm + XPS 60mm + betão leve 160mm + ar 230mm + lâ de vidro 50mm + pladur 130mm);
- grnd\_floor – pavimento: a seguir à terra encontra-se betão (100mm), betão armado (230mm), argamassa fina (40mm), XPS (60mm) e argamassa fina (50mm);
- vidro – vidro duplo (6mm cada vidro com 12mm de caixa de ar);
- sep\_1\_2\_inv – inverso de sep\_1\_2, utilizada para as zonas do piso 1.

Houve grande dificuldade em determinar os parâmetros óticos, que o ESP-r necessita pois, as propriedades e o tipo de construção dos envidraçados não foi documentada corretamente e, como tal, os dados utilizados são uma aproximação do modelo real.

Ao definir a base de dados das construções (*.constrdb*) é necessário ter em mente que a composição de uma determinada superfície é sempre definida do exterior para o interior da zona, pelo que a primeira camada que constitui o tipo de construção diz sempre respeito à exterior. Por esta razão foi necessário criar a construção sep\_1\_2 e sep\_1\_2\_inv uma vez que esta construção é vista de lados diferentes. No caso das paredes interiores tal não foi necessário pois a parede é simétrica, sendo o resultado igual visto de um lado ou do outro (20mm reboco + 110mm tijolo + 20mm reboco).

#### 4.2.2. Construção das zonas

Para a construção geométrica de uma zona é necessário criar primeiro os vértices e associá-los de modo a definirem as superfícies que compõem a zona. Uma vez que a superfície é uma associação de vértices, estes têm de estar definidos em relação a um referencial (origem pré-definida) e orientados no sentido anti-horário, sendo a superfície sempre vista do exterior.

Esta mesma superfície não contém espessura, uma vez que é contabilizada no tipo construção. Como tal, a criação das zonas, foi feita com recurso às medidas pelo ponto médio do tipo de construção, que se traduz num diminuto aumento do volume de cada zona.

A listagem das zonas pode ser consultada no Anexo III.

#### 4.2.3. Topology tool

Esta ferramenta permite ao programa analisar todos os polígonos do modelo à procura de superfícies das diversas zonas que coincidem em termos de forma e de posição. Sempre que este processo se depara com algum problema, como não encontrar correspondência, pára e apresenta um conjunto de opções que permitem ao utilizador tomar a opção que lhe parecer mais correta. Outra vertente desta ferramenta, está relacionada com a atribuição das condições de fronteira a que cada superfície que compõe uma zona está sujeita.

Sendo um processo automático, é de todo o interesse que a atribuição das diversas condições fronteiras seja efetuada depois de estarem definidas todas as zonas. O mesmo já não se pode dizer em relação à parte geométrica, uma vez que se houver algum erro, este só será detetado no fim deste processo, tornando mais difícil a sua correção. Assim, é aconselhável proceder a uma análise regular por forma a não acumular erros.

#### 4.2.4. Obstruções solares

De modo a tornar os valores o mais realistas possível é necessário considerar obstruções solares quando existe sombreamento do edifício sobre ele próprio, quando o sombreamento é provocado por edifícios contíguos ou devido à morfologia do terreno.

Para o modelo em questão, não é necessário criar tais obstruções pois o edifício está isolado, com o edifício mais próximo a mais de 10m e, como tal, não cria sombreamento relevante ao modelo em questão.

#### 4.2.5. Ventilação, infiltrações e ganhos internos de energia

Para o cálculo dos ganhos internos, fez-se o levantamento da taxa de utilização de cada zona e de seguida foram criados perfis de funcionamento de maneira a tornar o resultado final o mais fiável possível.

Para corredores, instalações sanitárias, acessos e salas de arrumação não se consideram ganhos internos pois a sua ocupação é demasiado baixa ou nula.

Para os restantes espaços foram utilizados diferentes valores de calor sensível e latente conforme o nível de atividade dos ocupantes, sendo também necessário considerar que crianças terão um valor de 75% do valor nominal, conforme indicado no RSECE.

O calor Sensível e Latente, para quantificar os ganhos relativos à ocupação, foram retirados de (ASHRAE, ASHRAE Handbook - Fundamentals (SI), 2005), cujos valores podem ser consultados no ANEXO VI.

O ESP-r permite definir dois tipos de fluxos de ar: infiltrações, que são consideradas quando as trocas de ar são feitas com o exterior, e ventilação, quando as trocas de ar são feitas com outra zona ou com um volume de ar a temperatura constante. Para o modelo em questão, os caudais mínimos de renovação são considerados como infiltrações

Na memória descritiva do edifício (ANEXO VII) foram calculados os caudais de renovação de ar, pelo RSECE, de acordo com a utilização normal e como tal estes valores foram utilizados como referência no modelo.

Considerou-se que a ventilação nas zonas 4, 8, 9, 11, 12, 18, 19 e 24 é feita apenas com recurso a extração do ar através de zonas contíguas, e que será suficiente para cumprir a renovação de ar imposta pelo regulamento.

#### 4.2.6. Zonas de controlo

É necessário criar ciclos (*loops*) de controlo de maneira a que a zona em questão seja aquecida quando tal for necessário. O nível de controlo existente é bastante baixo, sendo feito apenas através de torneiras termostáticas instaladas nos radiadores que existem por todo o edifício, radiadores estes que têm uma potência nominal de 1000W. Segundo a memória descritiva do edifício, existe um controlo de temperatura a 20°C para o período de Inverno e de 25°C para o período de Verão. As zonas que não possuem ventilação forçada, mencionadas acima, também não possuem controlo de temperatura e permite-se a oscilação da temperatura.

- Inverno

	Temperatura Bolbo Seco (.°C)
Hall, Quartos e Áreas de Convívio e Refeições	20
Restantes Zonas	Variável
Humidade relativa	Não controlada 30 a 70 %

- Verão

	Temperatura Bolbo Seco (.°C)
Quartos e Áreas de Convívio e Refeições	25
Restantes Zonas	Variável
Humidade relativa	Não controlada 30 a 70 %

Tabela 1- Controlo térmico projetado no AVAC

O início e término destes dois períodos não são especificados na memória descritiva e optou-se por criar dois períodos de controlo que maximizam o nível de conforto dos ocupantes e um período extra que cumpre os mínimos recomendados pela ISSO 7730 com menor custo possível:

- Curto – 1 de Novembro a 31 de Março;
- Longo – 1 de Novembro a 30 de Abril;
- Valor – 20 de Novembro a 28 de Fevereiro.

No período restante permite-se que a temperatura oscile, ficando ao encargo dos funcionários o controlo de temperatura através de ventilação natural, quando necessário, para arrefecimento das zonas.

Estas 4 simulações tentam demonstrar os compromissos necessários em termos de custos ou de conforto conforme o objetivo final. Um maior nível de conforto por parte dos utentes acarreta custos relacionados com a energia necessária para manter o espaço a uma determinada temperatura. Pelo contrário, se o conforto desejado for o mínimo permitido, as necessidades energéticas deverão ser menores.

Foram criados 3 *loops* com controlo básico de temperatura e potências de aquecimento diferentes (2000W, 3000W, 5000W) de maneira a retratar o número de radiadores instalados em cada zona.

#### 4.2.7. Simulação

De maneira a que o ESP-r consiga, com sucesso, gerar uma simulação do comportamento do edifício é necessário existir uma caracterização mínima das zonas:

- .../zones/\*.geo (geometria);
- .../zones/\*.con (construções);
- .../zones/\*.opr (operações).

No Anexo IX encontra-se o ficheiro de configuração do modelo em estudo.

Ao invocar a simulação, é boa prática considerar um período de pré simulação de forma a garantir que as condições térmicas se encontram estabilizadas e que a simulação gera dados que retratem o funcionamento contínuo do edifício. Tendo esta ideia em mente, optou-se por utilizar um período de 12 dias, que será suficiente para a estabilização das temperaturas, e pela recolha de dados em períodos de 1 hora.

Efetou-se uma simulação durante o período de 1 ano, com destaque para os períodos de 1 de Janeiro a 30 de Abril e 1 de Outubro a 31 de Dezembro.

Foram geradas várias simulações com o objetivo de a chegar ao menor custo de funcionamento mantendo o nível de conforto dos ocupantes.

## 5. Análise de resultados

Visto que existe um total de 26 zonas (Anexo III) e que nem todas possuem controlo de temperatura, optou-se por analisar apenas as duas zonas com maior volume, longo período de ocupação e que se encontrem em andares diferentes. Estas zonas deverão ser as zonas que necessitam de controlo de temperatura mais rigoroso.

	8:00/9:00	9:00/10:00	10:00/11:00	11:00/12:00	12:00/13:00	13:00/14:00	14:00/15:00	15:00/16:00	16:00/17:00	17:00/18:00	18:00/24:00
Recepção	10	2	2				2	2	10	5	
Gabinete SAD	1	1	1	1	1		1	1	1	1	
Gabinete Técnico		1	1	1	1		1	1	1	1	
Gabinete Atendimento		1	1	1	1		1	1	1	1	
Sala de Actividades		20	20	20		20	20	20			
Zona de Repouso		0	0	0			0	0			
Sala de Espera		5	5	2			5	5	2		
Gabinete Técnico											
Crianças		0	9	9			9	9	9	9	
Cozinha		2	2	2	2	2	2	2			
Sala Refeições		10	10	10	30	30	10				
Sala Multi-usos	26	26		6	21			21			
Sala Repouso			9	5	12	12					
Sala Actividades											
Bergário		5	5	5	5	5	5	5			
Recém-Nascidos											
<b>Total</b>	<b>36</b>	<b>73</b>	<b>65</b>	<b>62</b>	<b>73</b>	<b>69</b>	<b>56</b>	<b>67</b>	<b>24</b>	<b>17</b>	<b>0</b>

Tabela 2 - Ocupação real do edifício

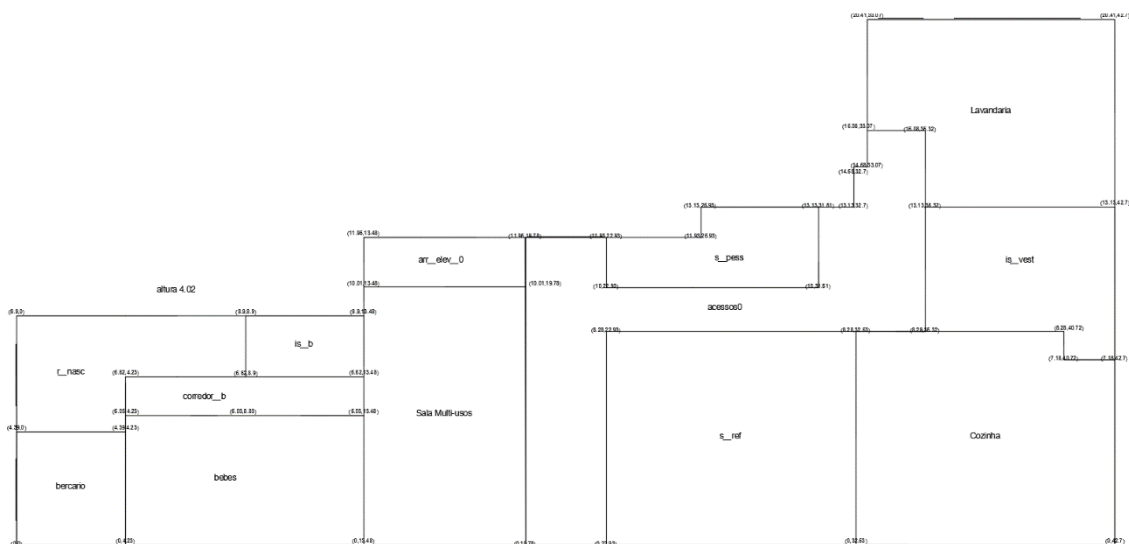


Figura 4 - disposição das zonas do piso 0

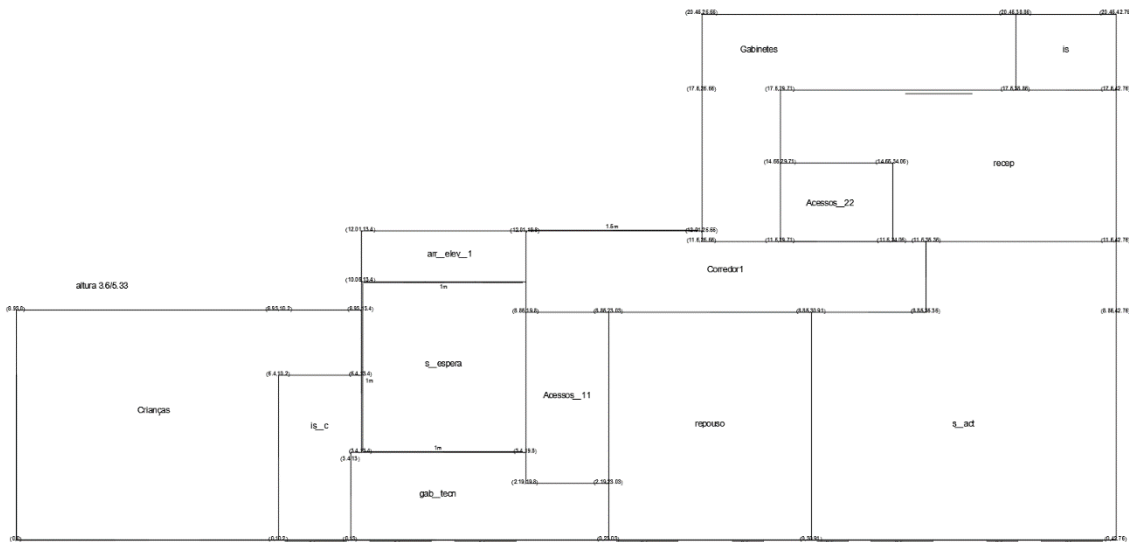


Figura 5 - disposição das zonas do piso 1

As zonas a analisar dizem respeito à sala de atividades para idosos (s\_act) do piso 1, sala multi-usos do piso 0 (s\_mu), e os dados a analisar correspondem à temperatura da zona, potência necessária, energia total consumida e índice de conforto. Apesar de a zona s\_mu não ser a que possui maior volume, a sua fronteira com o corredor0 não possui portas, havendo uma grande transferência de ar entre estas duas zonas.

Para analisar este índice de conforto é necessário definir 3 grandezas, sendo a primeira o nível de roupa, de seguida o nível de atividade e por fim a velocidade do ar.

Para simular o nível de conforto é necessário definir o nível de roupa, este valor corresponde ao nível de isolamento térmico usado pelo ocupante. Geralmente, quanto maior for a grossura da roupa, maior será a habilidade para isolar termicamente. Neste caso utilizou-se o valor 1,40, que corresponde ao uso de meias, roupa interior, camisola, casaco e calças (421) (Olesen, 1985).

O próximo valor a definir foi o nível metabólico dos ocupantes. Este valor varia de acordo com o nível de atividade de cada pessoa, sendo que os ocupantes da sala de atividades para idosos (s\_act) têm um valor mais baixo que os ocupantes da sala multiusos para crianças abaixo dos 5 anos (s\_mu). Utilizou-se o valor 1,30 que corresponde a baixa atividade ou espera, de maneira a tentar simular o caso mais desfavorável.

Ao analisar os dados relativos à temperatura no interior das zonas verificou-se ainda que, ao usar este período, a temperatura em zonas com maior volume atinge valores demasiado baixos e que, embora ocorram entre as 4h e as 7h, têm maior impacto quanto maior for o volume da zona.

O foco da análise dos dados serão os meses que diferenciam as várias simulações.

## 5.1. Aquecimento

De seguida faz-se a análise dos resultados obtidos através das simulações, onde é possível ver a evolução das temperaturas internas e externas do edifício. As simulações foram geradas de 1

de Janeiro a 31 de Dezembro mas, o período em análise tem início a 1 de Novembro e término a 30 de Abril.

### 5.1.1. Aquecimento da zona multiusos do piso 0

A zona multiusos tem um volume de 254m<sup>3</sup>, situa-se no piso 0 do edifício e é o espaço principal para atividades com crianças.

De maneira a facilitar a leitura dos dados, nos meses de Dezembro a Fevereiro apenas se apresentam os valores relativos ao período curto regulado a 18°C e 20°C, uma vez que as restantes simulações têm valores idênticos durante este período.

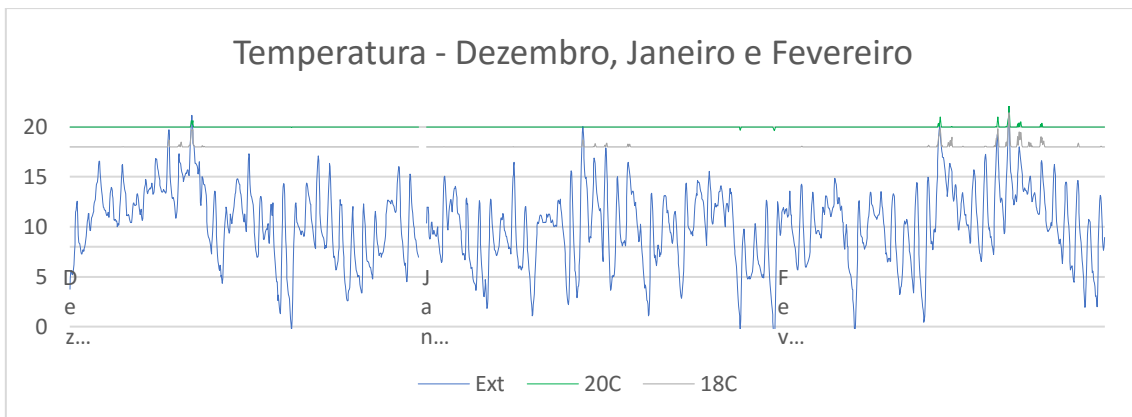


Figura 6 - Temperatura simulada para Dezembro, Janeiro e Fevereiro (s\_mu)

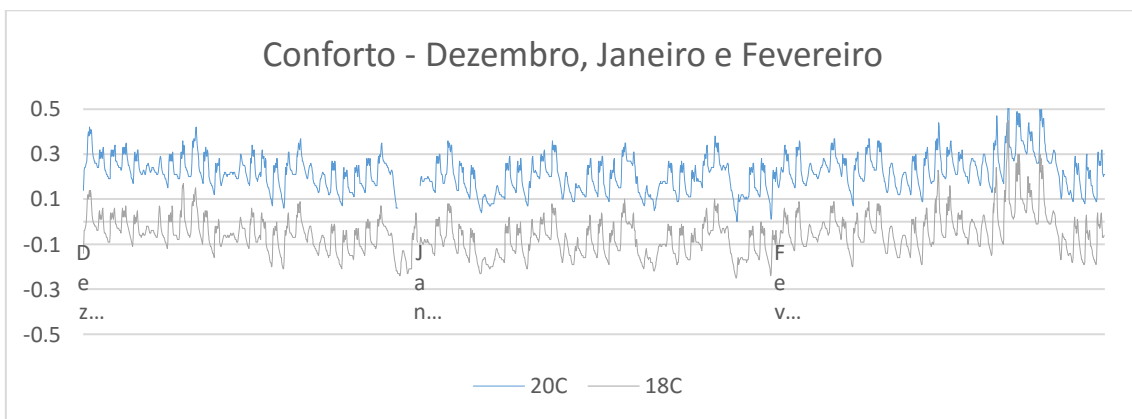


Figura 7 - Conforto simulado para Dezembro, Janeiro e Fevereiro (s\_mu)

Como seria de esperar, durante o período onde existe controlo de temperatura, esta mantém-se constante mesmo durante os períodos em que a temperatura exterior é menor. Já o nível de

conforto, em módulo, tem um valor mais baixo para o controlo a 18°C que, embora não significativo, aumenta o nível de satisfação com o espaço.

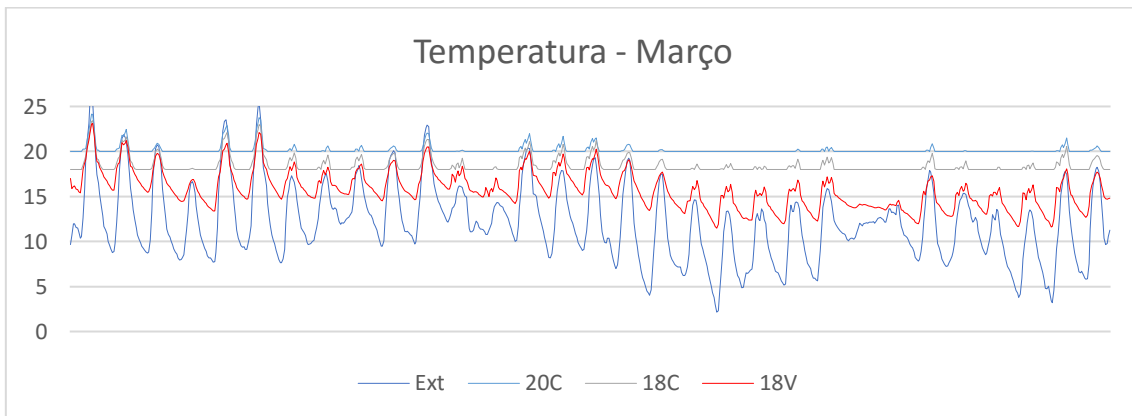


Figura 8 - Temperatura simulada para Março (s\_mu)

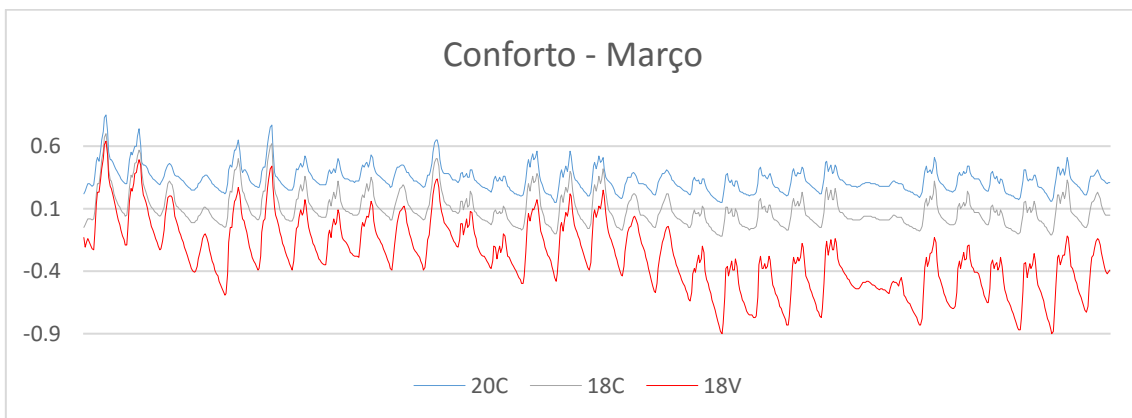


Figura 9 - Conforto simulado para Março (s\_mu)

Durante o mês de Março a temperatura exterior, aliada ao isolamento do edifício, é suficiente para que os mínimos de conforto sejam cumpridos sem que seja necessário existir aquecimento do espaço. O espaço será considerado ligeiramente fresco caso não exista controlo de temperatura, neutro se o controlo for feito a 18°C e ligeiramente mais quente se o controlo for feito a 20°C.

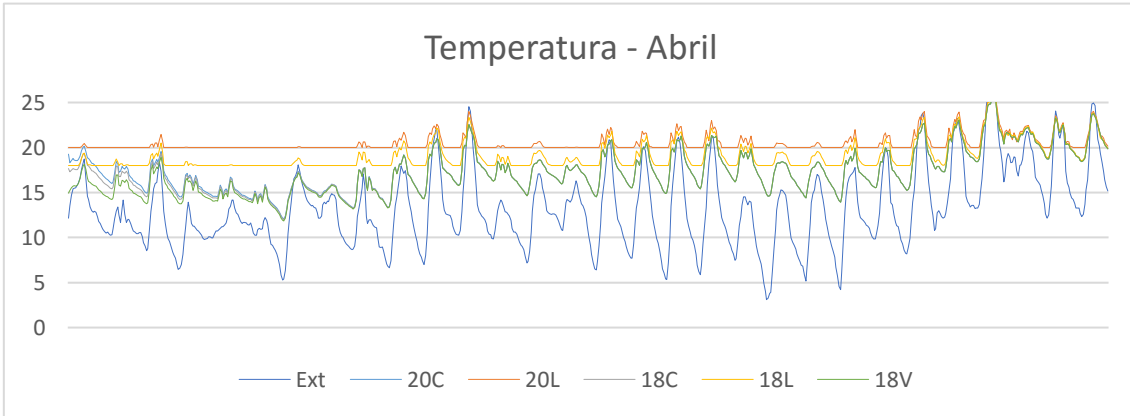


Figura 10 - Temperatura simulada para Abril (s\_mu)

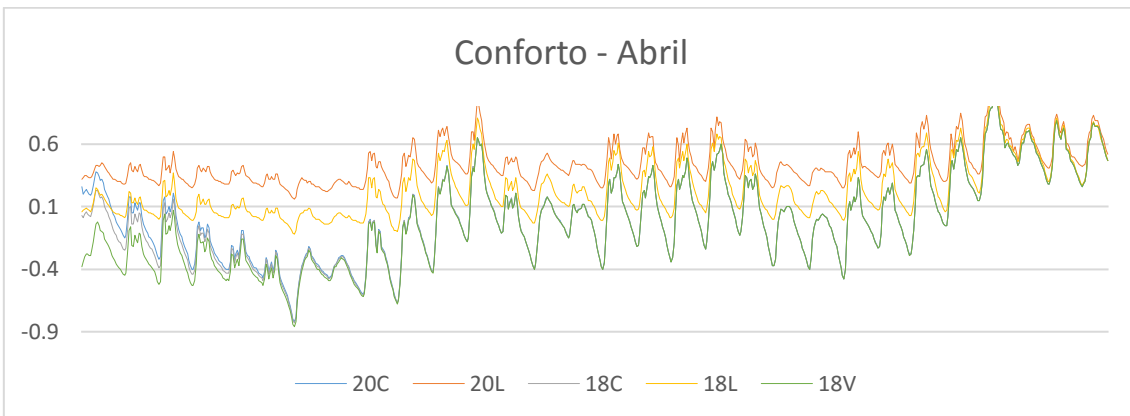


Figura 11 - Conforto simulado para Abril (s\_mu)

Seguindo o comportamento durante o mês de Março, Abril revela um aumento das temperaturas máximas e existe uma mudança da percepção térmica do espaço, que sobem até à percepção de ligeiramente quente. Mais uma vez, nenhuma das simulações atinge o valor mínimo recomendado.

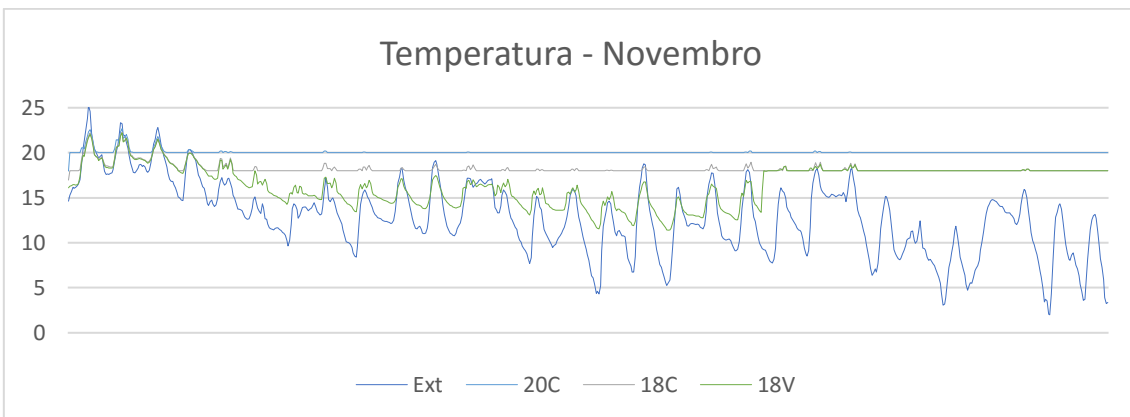


Figura 12 - Temperatura simulada para Novembro (s\_mu)

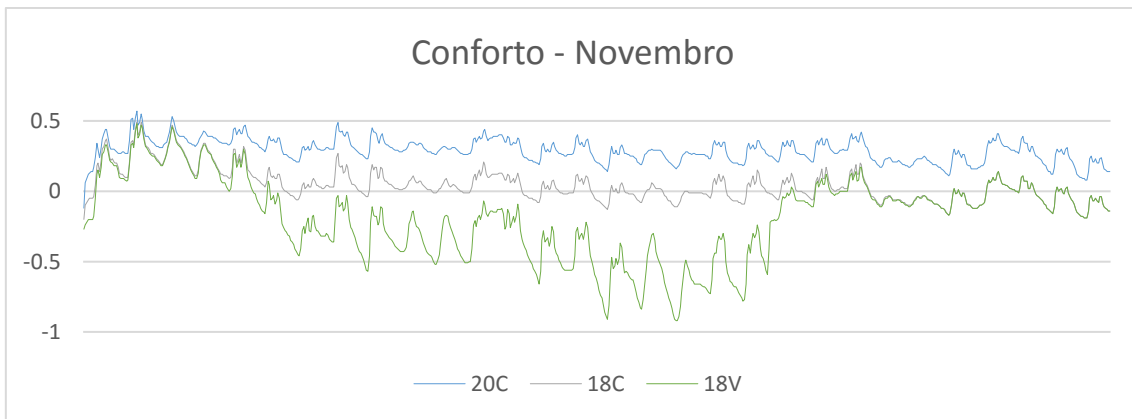


Figura 13 - Conforto simulado para Novembro (s\_mu)

Ao contrário de Abril, Novembro apresenta uma diminuição geral das temperaturas e definiu-se que o controlo de temperatura terá começo no dia 20 do mês de maneira a cumprir os mínimos recomendados.

### 5.1.2. Aquecimento de zonas de atividades para idosos

A zona de atividades tem um volume de 451m<sup>3</sup>, situa-se no piso 1 do edifício e é a sala principal para atividades com idosos.

De maneira a facilitar a leitura dos dados, nos meses de Dezembro a Fevereiro apenas se apresentam os valores relativos ao período curto regulado a 18°C e 20°C, uma vez que as restantes simulações se iriam sobrepor.

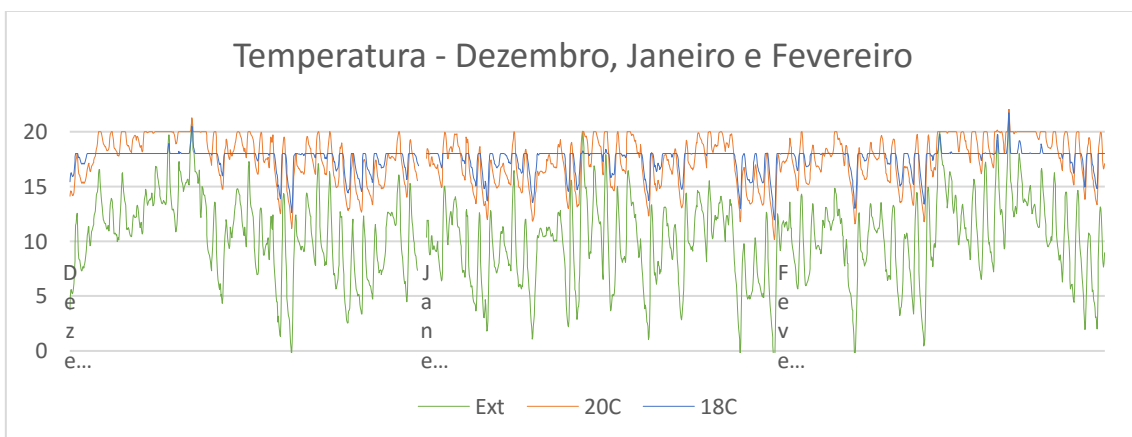


Figura 14 - Temperatura simulada para Dezembro, Janeiro e Fevereiro (s\_act)

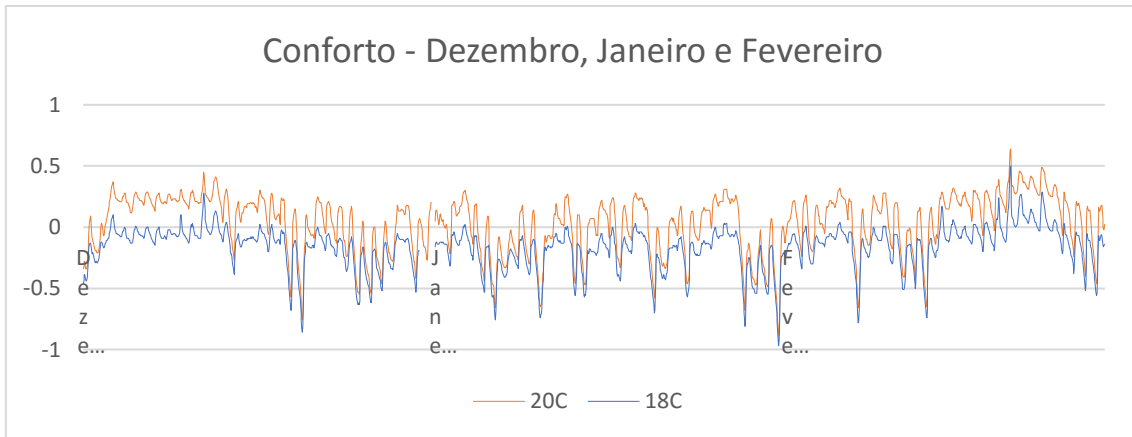


Figura 15 - Conforto simulado para Dezembro, Janeiro e Fevereiro ( $s_{act}$ )

A temperatura no interior da zona  $s_{act}$  não se apresenta tão linear quanto a temperatura da zona  $s_{mu}$ , isto deve-se maioritariamente ao fato de o volume ser bastante superior para a potência disponível para aquecimento. Contudo, nenhuma das simulações atinge o mínimo recomendado em termos de percentagem de satisfação com o espaço.

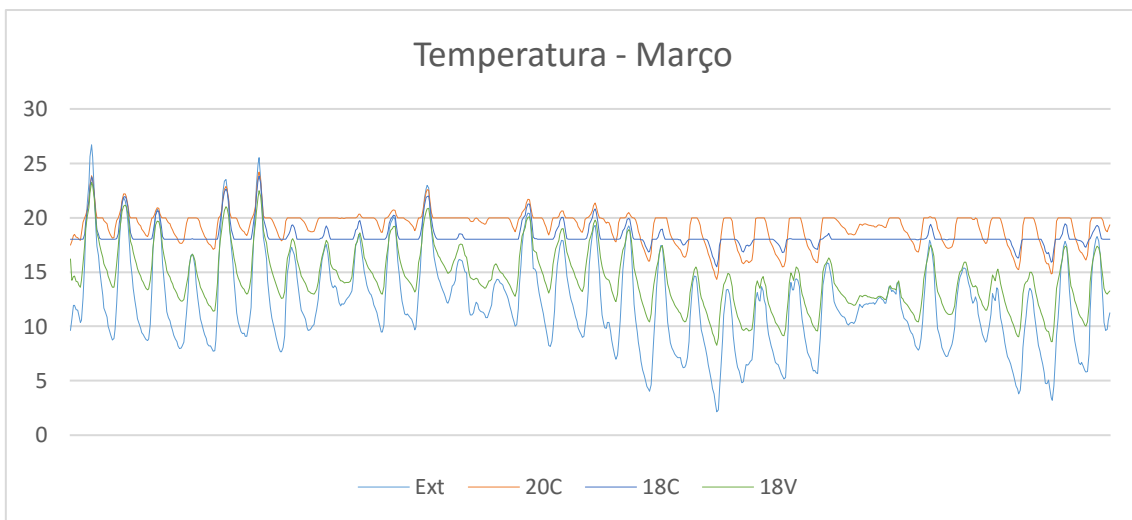


Figura 16 - Temperatura simulada para Março ( $s_{act}$ )

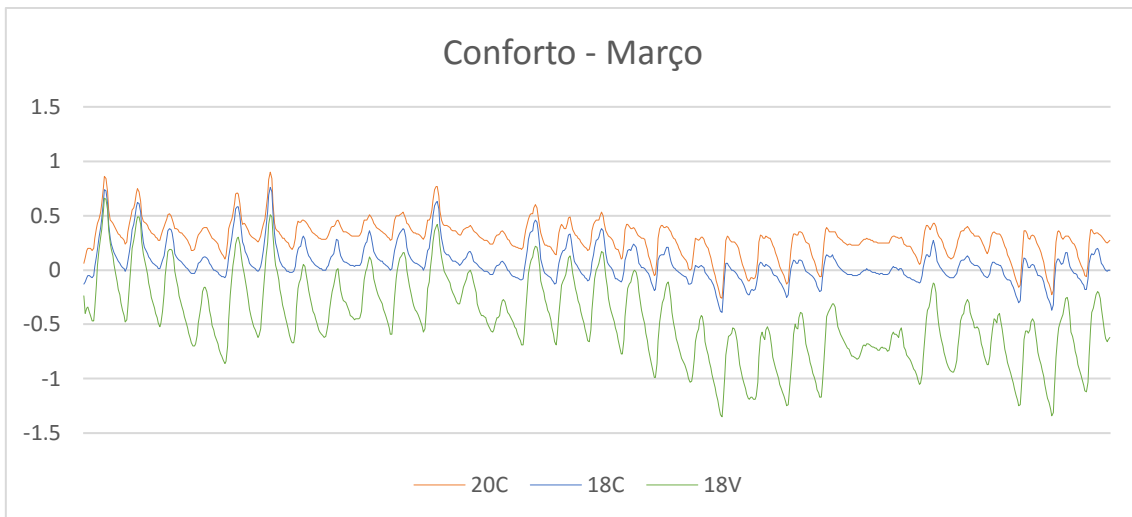


Figura 17 - Conforto simulado para Março (s\_act)

Durante o período de Março é possível ver que a temperatura noturna provoca oscilações na temperatura da zona s\_act e o nível de conforto toma valores menores que -1. Estes períodos são os seguintes (início:fim) : (7h30:8h30), (0h30:7h30), (22h30:8h30), (23h30:7h30), (2h30:7h30), (1h30:7h30), (0h30:7h30), (3h30:7h30), (1h30:6h30). Como se pode constatar, estes períodos não se sobrepõem ao período de funcionamento do edifício, estando o nível de conforto mínimo assegurado para o período normal de funcionamento.

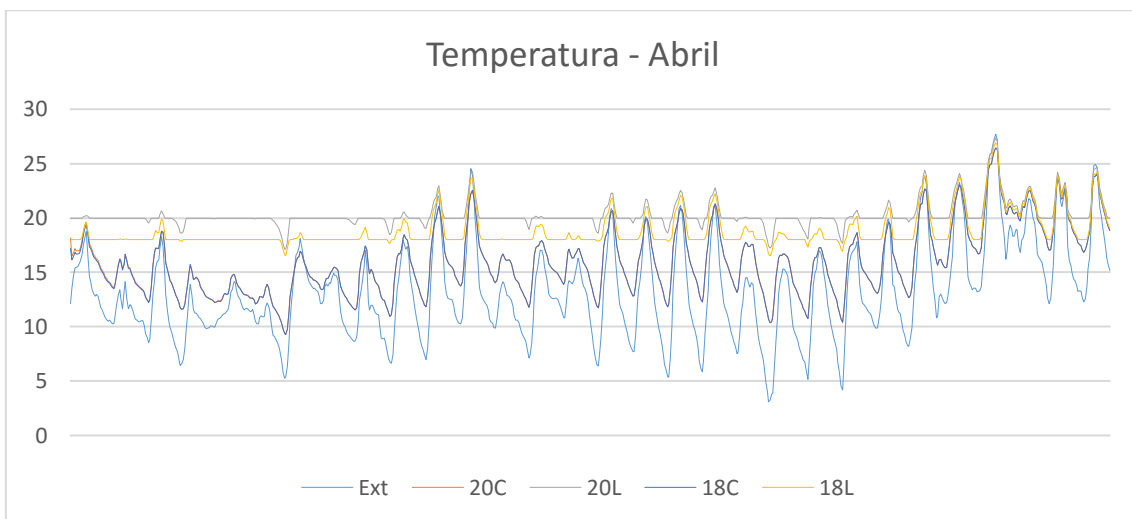


Figura 18 - Temperatura simulada para Abril (s\_act)

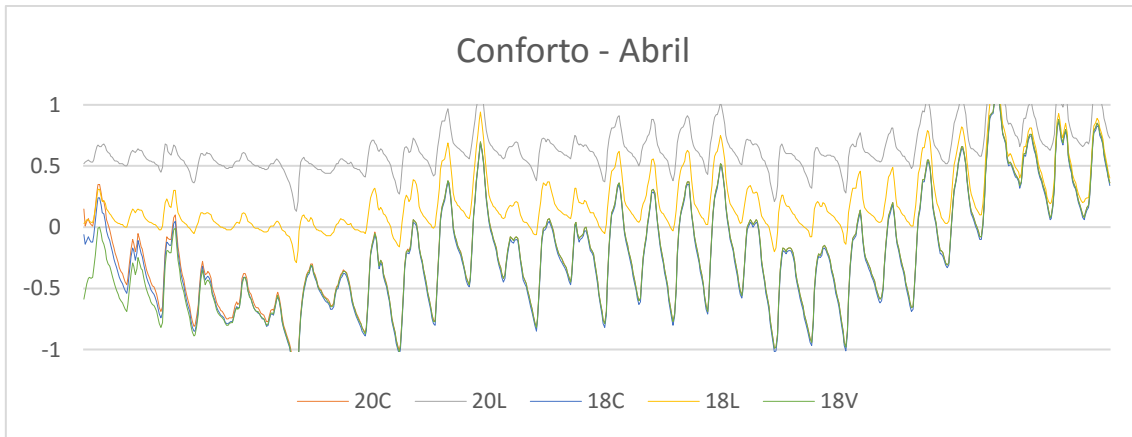


Figura 19 - Conforto simulado para Abril ( $s_{act}$ )

Em Abril, nas simulações em que já não existe o controlo de temperatura, existem 2 períodos em que o conforto desce abaixo do valor -1, (1h30:6h30) e (3h30), que não são significativos para o conforto dos utentes. Existe também uma tendência crescente das temperaturas exterior e interior. Na simulação em que existe controlo de temperatura e o *setpoint* é 20°C é possível observar que o nível de conforto toma valores acima de 1, que implica que o coeficiente de roupa (1,4) começa a ser demasiado elevado para a temperatura exterior.

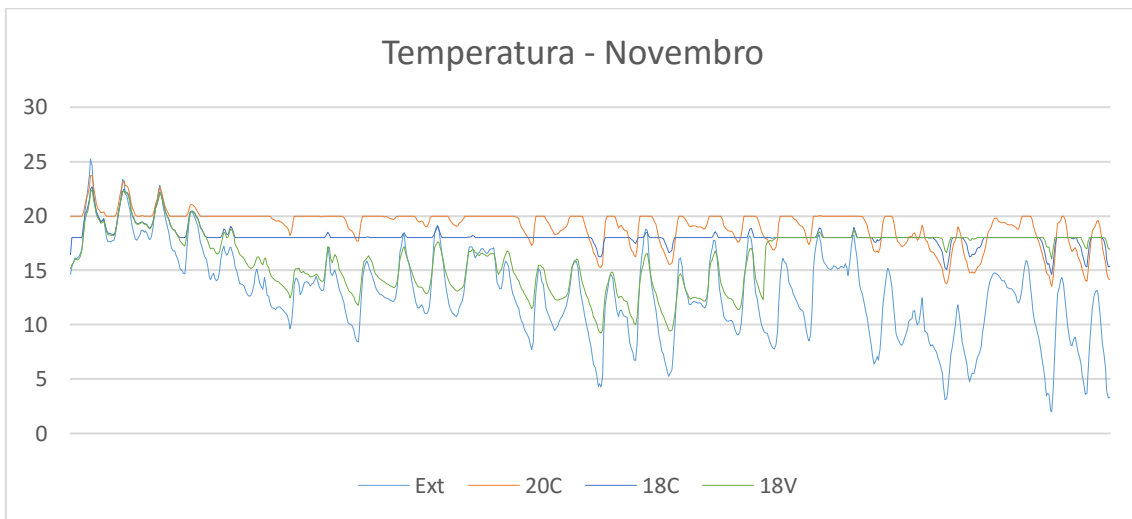


Figura 20 - Temperatura simulada para Novembro ( $s_{act}$ )

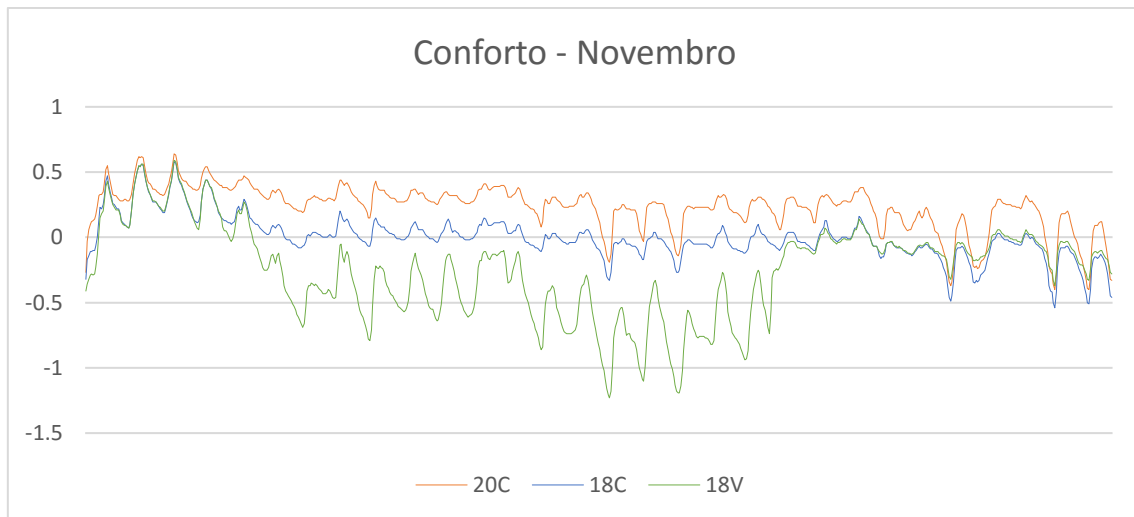


Figura 21 - Conforto simulado para Novembro ( $s_{act}$ )

O começo do período de aquecimento definiu-se ao dia 20 do mês e é possível observar que existem 3 períodos em que o nível de conforto toma valores abaixo de -1. Estes períodos são: (3h30:8h30), (4h30:6h30) e (3h30:10h30). Este último período é mais relevante pois sobrepõe-se ao período de funcionamento do edifício e pode ser evitado alterando o início do período de controlo, mas uma vez que os dados são estatísticos, este mínimo no conforto pode ocorrer mais cedo ou mais tarde, ou mesmo não ocorrer, pelo que o bom senso deverá desempenhar um papel importante na adaptação do controlo de temperatura à temperatura atual. Muito genericamente, quanto as temperaturas mínimas tomam valores abaixo de 7°C torna-se necessário que exista um controlo ativo de temperatura.

## 6. Cargas e Custos

De maneira a determinar os custos relativos à climatização é necessário ter em conta fatores como o poder calorífico do gás natural e a sua densidade. Segundo dados da Galp (Galp, 2016), o gás natural tem um poder calorífico médio entre 10,755kWh/m<sup>3</sup> e 11,9kWh/m<sup>3</sup> e que tem uma massa volúmica de 0,8019Kg/m<sup>3</sup>. Sabendo estes dois valores é possível, sabendo o volume de gás e o seu preço, estimar o custo por kWh.

$$\frac{\text{Poder Calorífico} \left( \frac{kWh}{m^3} \right)}{\text{Massa Volúmica} \left( \frac{Kg}{m^3} \right)} = \text{Energia} \left( \frac{kWh}{Kg} \right)$$

Para se determinar o custo por kWh é necessário estipular certos valores, o poder calorífico definiu-se como a média do valor máximo e mínimo(11,32kWh/m<sup>3</sup>) e o custo utilizado foi 1333€/tonelada de gás natural como faturado à data de Janeiro de 2016.

Chega-se, portanto, ao valor de 14,125kWh/Kg e a um custo de 0,094€/kWh.

Preço gás natural	1,33	€/kg
Consumo Nominal	100	kW
Massa volúmica	0,8019	Kg/m <sup>3</sup>
Poder calorífico	11,3275	kWh/m <sup>3</sup>
custo por kW/h	0,094154	€/kWh
Energia	14,12583	kWh/Kg

Tabela 3 - Informação técnica de gás natural (Galp, 2016) (Anexo XIII)

Apresenta-se abaixo um quadro resumo que faz a comparação das cargas térmicas associadas ao aquecimento de cada simulação e o seu respetivo custo.

Para o período de um ano chegou-se aos seguintes valores:

	kWh				
	20º curto	20º longo	18º curto	18º longo	18º Valor
Energia	47433,37	56396,09	34675,86	40186,81	30009,58
Custo	4 466,03 €	5 309,91 €	3 264,86 €	3 783,74 €	2 825,52 €

Tabela 4 - Comparação de resultados das 5 simulações

Ao fazer a comparação dos custos de operação relativos a cada simulação, observa-se que o período curto regulado a 18°C representa uma poupança de 27% a 29% em relação ao mesmo período, mas com regulação a 20°C, mantendo o nível de satisfação com a temperatura ambiente e apenas alterando ligeiramente a perceção térmica do espaço. Em termos energéticos, ao baixar a temperatura desejada para 18°C existe uma redução de 12,757kWh que, a um preço de 0,094€/kWh, corresponde a aproximadamente 1201€ de possível poupança para um mesmo período de controlo.

Quando se altera este período com o objetivo de apenas cumprir os requisitos mínimos de conforto chega-se a um custo de 2825,52€ para um *setpoint* de 18°C e, uma vez que não existe automatização do controlo de temperatura, o período pode ser ajustado às necessidades térmicas sentidas.

## 7. Projeto de aproveitamento solar

### 7.1. Descrição

O custo de recursos energéticos convencionais e a diminuição do custo dos equipamentos torna a utilização de energias renováveis uma alternativa viável com retorno de investimento a médio-longo prazo. Neste edifício o recurso mais utilizado é o gás natural com um custo de 0,094€/kWh. Este combustível fóssil é utilizado para confeção de alimentos e para alimentação da caldeira que tem como função o aquecimento para a climatização do edifício e águas quentes sanitárias.

Portugal tem uma localização privilegiada, em relação aos restantes países da Europa, no que respeita à disponibilidade solar ao longo do ano, com um número médio de horas de sol entre 2200 e 3000 horas.

A utilização de coletores solar térmicos apresenta-se como uma possível solução para redução de custos, emissões de CO<sub>2</sub> e dependência de combustíveis fósseis. Tendo estes pontos em mente, as seguintes simulações tentam aumentar a percentagem de energia proveniente de fontes renováveis, mantendo o projeto viável financeiramente. As simulações e os seguintes dados foram criados com recurso ao software SolTerm 5.0, criado pelo Laboratório Nacional de Energia e Geologia.

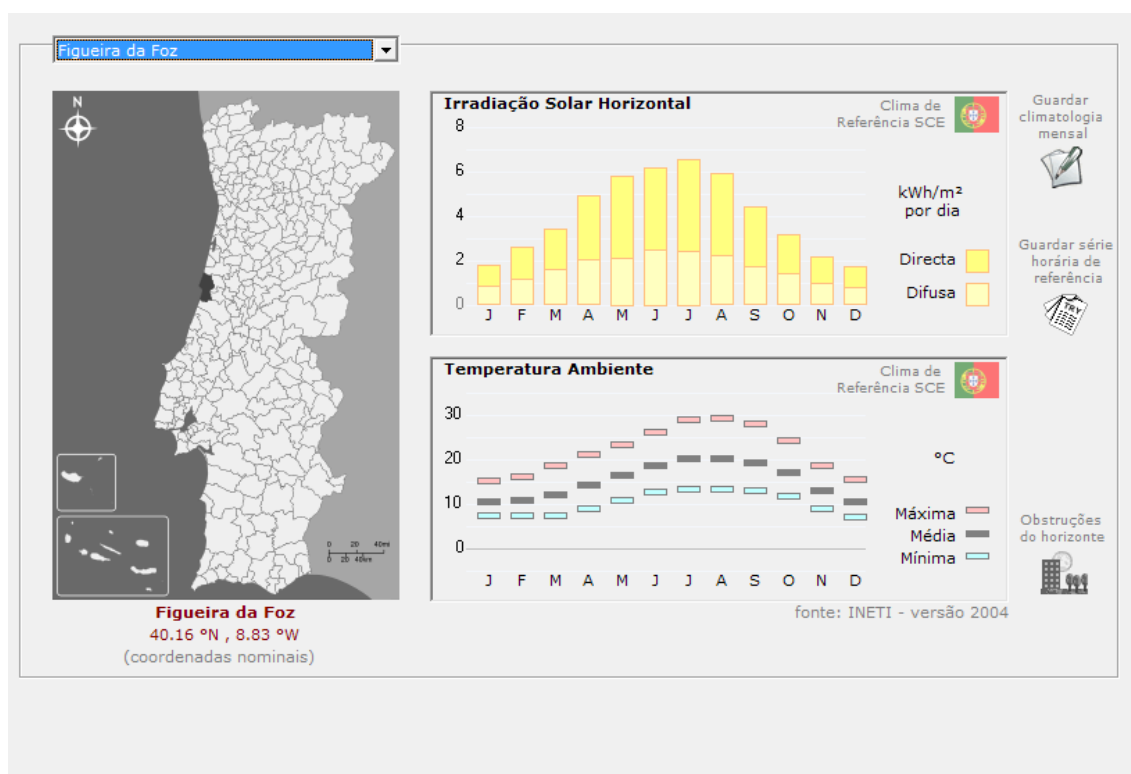


Figura 22 - Irradiação Solar e Temperatura Ambiente na Figueira da Foz

Atualmente, o edifício tem instalado dois coletores solares planos com uma área de aproximadamente 4m<sup>2</sup> para aproveitamento de energia solar para águas quentes sanitárias ligado a um reservatório de 300 litros. Segundo a memória descritiva estes coletores deverão

garantir entre 50% e 70% das necessidades térmicas anuais para águas quentes sanitárias. Apesar de ser um valor aceitável, estes números podem ser aumentados utilizando tecnologias mais recentes, de maneira a aproveitar melhor os dias de menor calor e radiação.

As necessidades de água quente não são constantes durante o dia e concentram-se durante os períodos de final da manhã e início da tarde.

## 7.2. Análise

Uma vez que se sabe a área útil dos coletores, o volume do reservatório e as necessidades de água diárias, correu-se uma simulação para determinar a contribuição do circuito solar para AQS. Foram considerados 10 banhos por dia de semana com um volume de 50l a 60°C, totalizando 500l por dia.

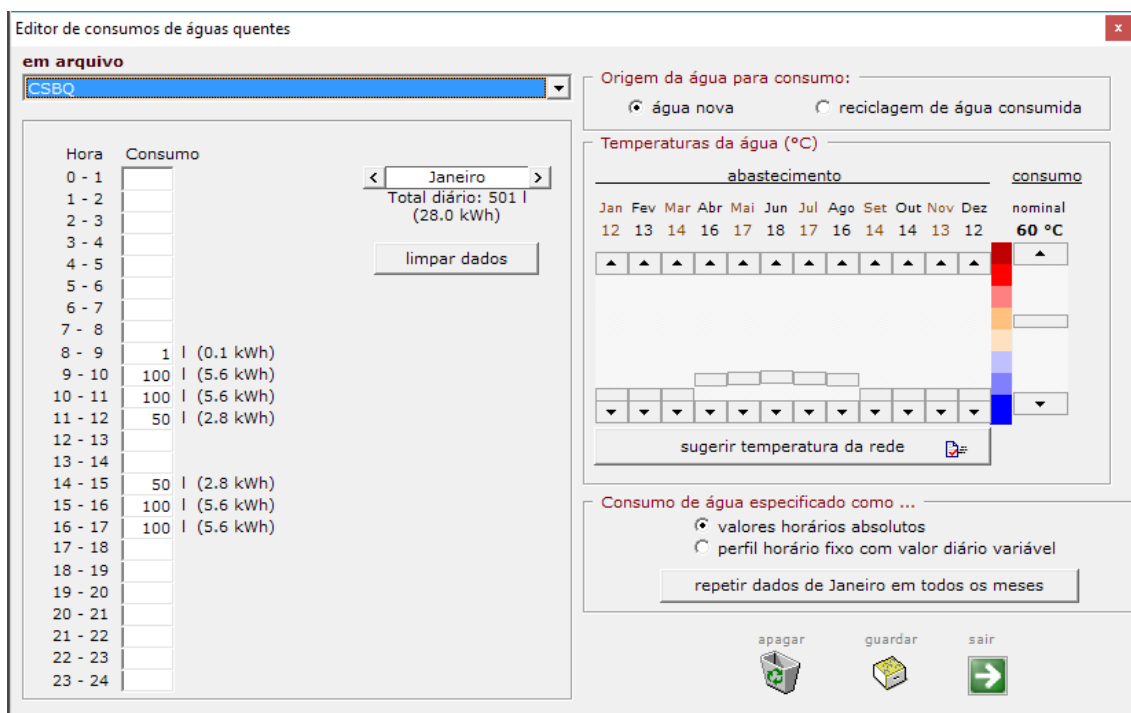
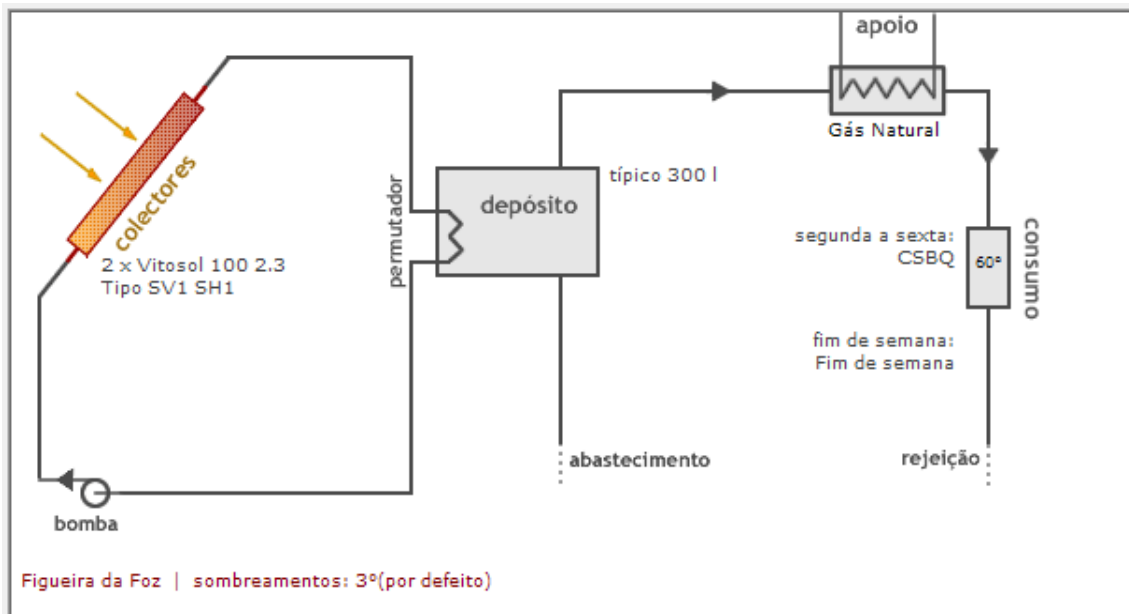



Figura 23 - Distribuição das necessidades de AQS

Uma vez que não se conhece o modelo e marca de painel instalado, para a simulação do caso atual utilizou-se o coletor Vitosol 100 2.3 SV1 que tem uma área de 2,33m<sup>2</sup>.



**Campo de colectores**

**Equipamento**

Vitosol 100 2.3 Tipo SV1 SH 

Colector plano

Área = 2.33 m<sup>2</sup>


$\eta_0 = 0.79$


$a_1 = 3.940 \text{ W/m}^2/\text{K}$

$a_2 = 0.012 \text{ W/m}^2/\text{K}^2$

**Configuração**

2 colectores  
4.7 m<sup>2</sup>  
3.3 kW nominal ?

Inclinação 48°  ?

Azimute Sul  ?

[sugerir](#)

Figura 24 - Simulação do equipamento atual

**Figueira da Foz**  
**Projecto: AQS exemplo #0**

**Desempenho do sistema térmico**

	Rad.Horiz. kWh/m <sup>2</sup>	Rad.Inclin. kWh/m <sup>2</sup>	Desperdiçado kWh	Fornecido kWh	Carga kWh	Apoio kWh
Janeiro	56	98	.	198	531	333
Fevereiro	74	112	.	238	543	305
Março	107	130	.	263	575	313
Abril	148	153	.	297	542	245
Mai	181	164	.	314	572	258
Junho	187	158	.	285	501	216
Julho	203	176	.	350	555	205
Agosto	184	180	.	367	568	201
Setembro	133	154	.	325	549	224
Outubro	100	141	.	314	612	297
Novembro	66	112	.	240	579	340
Dezembro	54	100	.	226	600	374
Anual	1494	1678	.	3417	6727	3310

Fracção solar: 50.8%

Rendimento global anual do sistema: 44%      Produtividade: 733 kWh/[m<sup>2</sup> colector]

Figura 25 - Resultados do equipamento atual

Como se pode confirmar nos resultados obtidos, a utilização de uma área de 4,7m<sup>2</sup> fica no limite inferior dos 50%-70% das necessidades previsto na Memória Descritiva de AVAC. Como tal, e

uma vez que a instalação já existe, o aumento de área útil é um melhoramento de relativamente baixo custo e que poderá diminuir as necessidades energéticas do edifício de forma sustentável.

### 7.3. Proposta 1 – Aumento do número de coletores solares

Com estes valores em mente, seguiram-se simulações para tentar aumentar a percentagem de energia produzida através de energias renováveis.

O primeiro passo lógico é aumentar a área disponível para captação de radiação solar e, para tal, foram feitas duas simulações de modo a determinar qual o tipo de coletor solar térmico que apresenta melhor eficiência para o caso em questão.

O software SolTerm5.0 não permite uma simulação com dois modelos distintos de coletores o que dificulta a obtenção de uma simulação mais realista. Com esta dificuldade em mente, criou-se 2 casos:

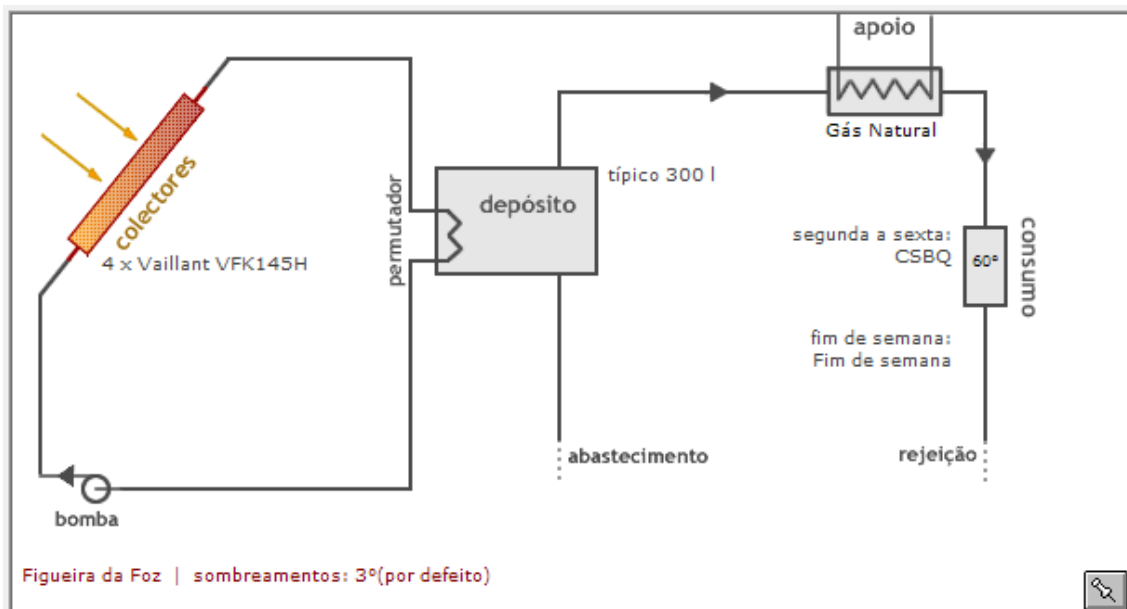
1. Simulação com 2 coletores planos Vaillant VFK145H com uma área de absorção total de 5m<sup>2</sup>;
2. Simulação com 2 coletores de tubos de vácuo Marla com uma área de absorção total de 4,86m<sup>2</sup>;

Os dados dos coletores solares utilizados foram retirados de catálogo ou da página informativa do mesmo e são os seguintes:

Colectores 30tubos		Colectores Planos Vaillant VFK 145H	
altura (mm)	1960	altura (mm)	1233
largura (mm)	2560	largura (mm)	2033
Peso Vazio (Kg)	81	Peso Vazio (Kg)	38
Radiação 400/wm2 a 30º	838w	Radiação 400/wm2 a 30º	
Capacidade do coletor	2,3L	Capacidade do coletor	
área do absorvedor (m2)	2,431	área do absorvedor (m2)	2,51
área de abertura (m2)	2,83	área de abertura (m2)	2,35
área total (m2)	4,53	área total (m2)	
Temperatura de estagnação	280ºC	Temperatura de estagnação	
Temperatura máxima de utilização	220ºC	Temperatura máxima de utilização	
n0 - rendimento óptico	0,715	n0 - rendimento óptico	0,801
n1 - (Wm2K)	1,55	Coeficiente de transmissão de calor a <sub>1a</sub>	3,32
n2 - (Wm2K2)	0,0117	Coeficiente de transmissão de calor a <sub>2a</sub>	0,023

Tabela 5 - Dados técnicos dos dois coletores a comparar

O primeiro caso a retratar será a instalação de 2 coletores solares planos, aumentando para o dobro a superfície útil, mantendo todo o restante equipamento.



**Campo de colectores**

**Equipamento**

Vaillant VFK145H  
 Colector plano  
 Área = 2.5 m<sup>2</sup>  
 $\eta_0 = 0.80$   
 $a_1 = 3.320 \text{ W/m}^2/\text{K}$   
 $a_2 = 0.023 \text{ W/m}^2/\text{K}^2$

**Configuração**

4 colectores  
 10. m<sup>2</sup>  
 7.0 kW nominal

Inclinação 48°  
 Azimute Sul

sugerir

Figura 26 - Simulação do aumento da área de coletores planos

**Desempenho do sistema térmico** **Figueira da Foz**  
Projecto: AQS exemplo #0

	Rad.Horiz. kWh/m <sup>2</sup>	Rad.Inclin. kWh/m <sup>2</sup>	Desperdiçado kWh	Fornecido kWh	Carga kWh	Apoio kWh
Janeiro	56	98	20.	324	531	207
Fevereiro	74	112	9.	405	543	138
Março	107	130	5.	433	575	142
Abril	148	153	63.	455	542	87
Mai	181	164	71.	460	572	112
Junho	187	158	41.	419	501	81
Julho	203	176	69.	511	555	44
Agosto	184	180	76.	530	568	38
Setembro	133	154	79.	470	549	79
Outubro	100	141	26.	504	612	108
Novembro	66	112	33.	388	579	191
Dezembro	54	100	2.	391	600	209
Anual	1494	1678	493.	5290	6727	1438

Fracção solar: 78.6%

Rendimento global anual do sistema: 32% Produtividade: 529 kWh/[m<sup>2</sup> colector]

Figura 27 - Resultados para o aumento da área de coletores planos

Apesar de a área útil ter aumentado de cerca de 4m<sup>2</sup> para 10m<sup>2</sup> a energia gerada não subiu de igual forma. No entanto a energia gerada subiu em 1873kWh e elevou a fracção solar para 78.6%,

com uma produção total de 5290kWh e um desperdício de 9%. À data deste estudo, 5290kWh correspondem a um custo evitado de 497€.

Segue-se o segundo caso com uma instalação de 4 coletores de tubos de vácuo.

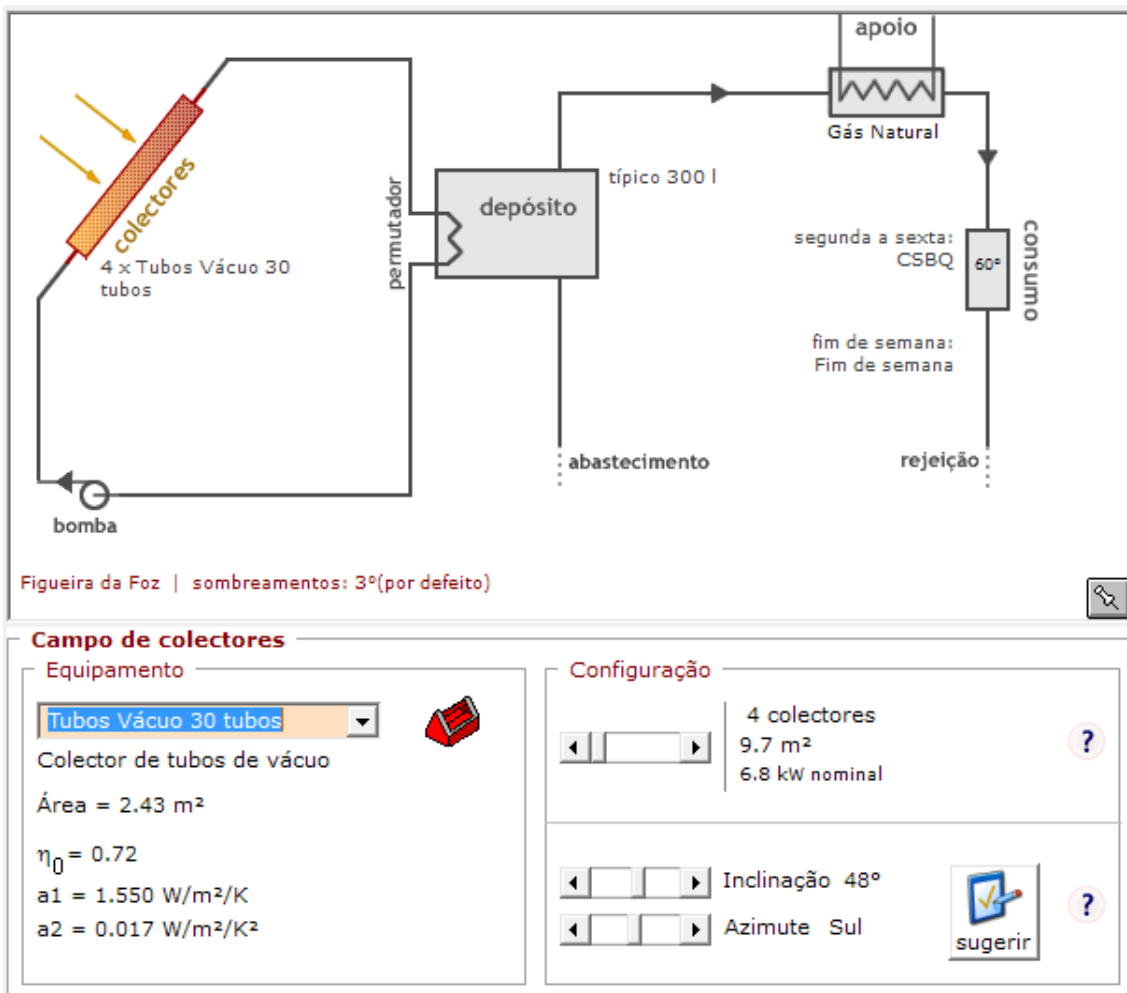


Figura 28 - Simulação de aumento da área com coletores de tubos de vácuo

**Figueira da Foz**  
**Projecto: AQS exemplo #0**

**Desempenho do sistema térmico**

	Rad.Horiz. kWh/m <sup>2</sup>	Rad.Inclin. kWh/m <sup>2</sup>	Desperdiçado kWh	Fornecido kWh	Carga kWh	Apoio kWh
Janeiro	56	98	36.	333	531	198
Fevereiro	74	112	19.	418	543	125
Março	107	130	24.	443	575	133
Abril	148	153	96.	466	542	76
Maio	181	164	106.	467	572	105
Junho	187	158	78.	425	501	75
Julho	203	176	103.	520	555	35
Agosto	184	180	113.	535	568	33
Setembro	133	154	110.	472	549	76
Outubro	100	141	42.	511	612	101
Novembro	66	112	48.	397	579	182
Dezembro	54	100	11.	400	600	200
Anual	1494	1678	787.	5388	6727	1340

Rendimento global anual do sistema: 33%      Produtividade: 554 kWh/[m<sup>2</sup> colector]

Fracção solar: 80.1%

Figura 29 - Resultado de aumento da área com coletores de tubos de vácuo

A energia gerada subiu para 5388kWh e a fração solar encontra-se agora em 80%, contudo o desperdício situa-se agora em 14,6%. À data do estudo, 5388kWh correspondem a um custo evitado de 506€.

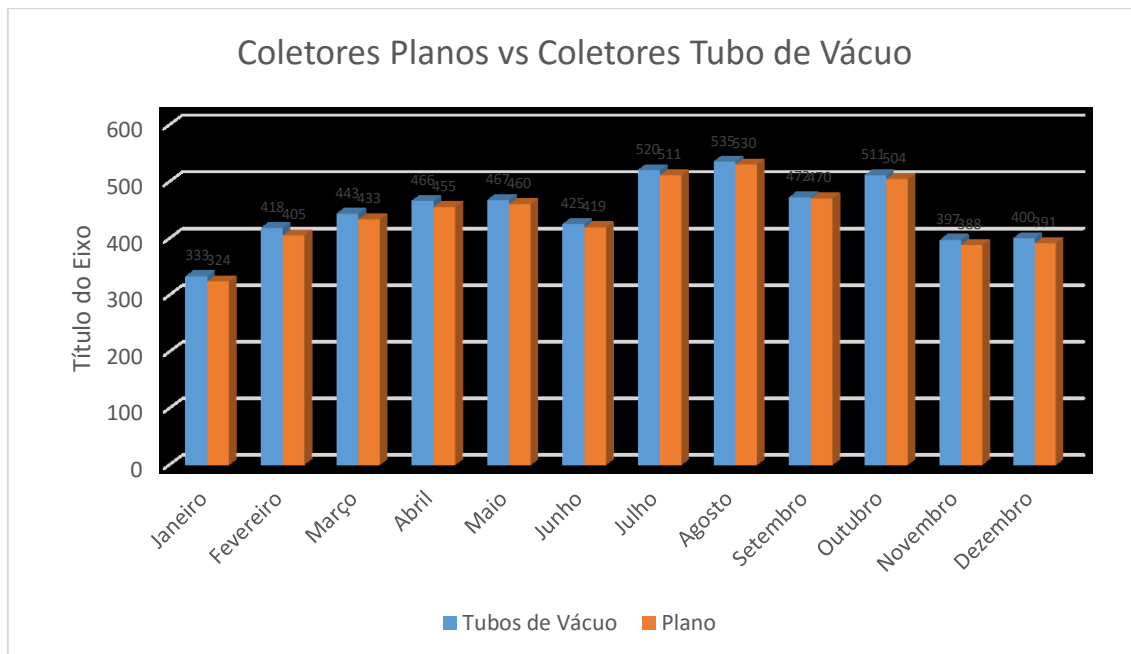


Figura 30 - Comparação entre coletores planos e coletores de tubos de vácuo

Para uma superfície útil semelhante é possível constatar que os coletores de tubos de vácuo terão um melhor aproveitamento da energia solar disponível, no entanto, a energia desperdiçada também aumentou consideravelmente.

Ao analisar os valores obtidos, os coletores planos têm uma produção de 5290kWh enquanto que os coletores de tubos de vácuo apresentam uma produção de 5388kWh, apesar de o aumento ser marginal, os coletores de tubos de vácuo (9,7m<sup>2</sup> área útil) geram mais energia que os coletores planos (10m<sup>2</sup> área útil) apesar da área ser ligeiramente menor.

	Plano	Tubos Vácuo
kWh	5290	5388
€ evitado	497,26 €	506,47 €

Tabela 6 - Comparação de custos anuais evitados

Verifica-se também que o volume de 300l do depósito começa a ser uma limitação ao aproveitamento solar uma vez que as necessidades diárias rondam os 600l. Esta limitação é visível no aumento das perdas do sistema.

A simulação indica que o segundo caso produz 80,1% das necessidades de AQS, com um ganho de 5388kWh/ano, que é um valor bastante superior aos atuais 50,8%. Os resultados obtidos ficam ligeiramente abaixo do desejado por ser necessário quantificar perdas globais do sistema, mas não deixa de ser um aumento significativo da energia gerada que possibilita a redução de custos com combustíveis fósseis.

## 7.4. Proposta 2 – Aumento de Coletores Solares e Reservatório

Com o objetivo de retirar o máximo rendimento do equipamento a instalar, correu-se uma simulação com um reservatório de 500l e equipamento base os coletores de tubos de vácuo com uma área útil de 9,7m<sup>2</sup>, com o intuito de descobrir as limitações criadas pelo volume do reservatório. Os resultados mostram que a capacidade do reservatório é um obstáculo ao aumento de produtividade do sistema solar térmico sendo mais uma oportunidade de melhorar a produção de energia através de radiação solar. Ao aumentar o volume de reservatório, além de aumentar a energia potencial do sistema, é possível manter o volume de água a uma temperatura mais baixa mantendo a energia disponível no sistema e diminuindo a diferença entre a temperatura interior e exterior do reservatório.

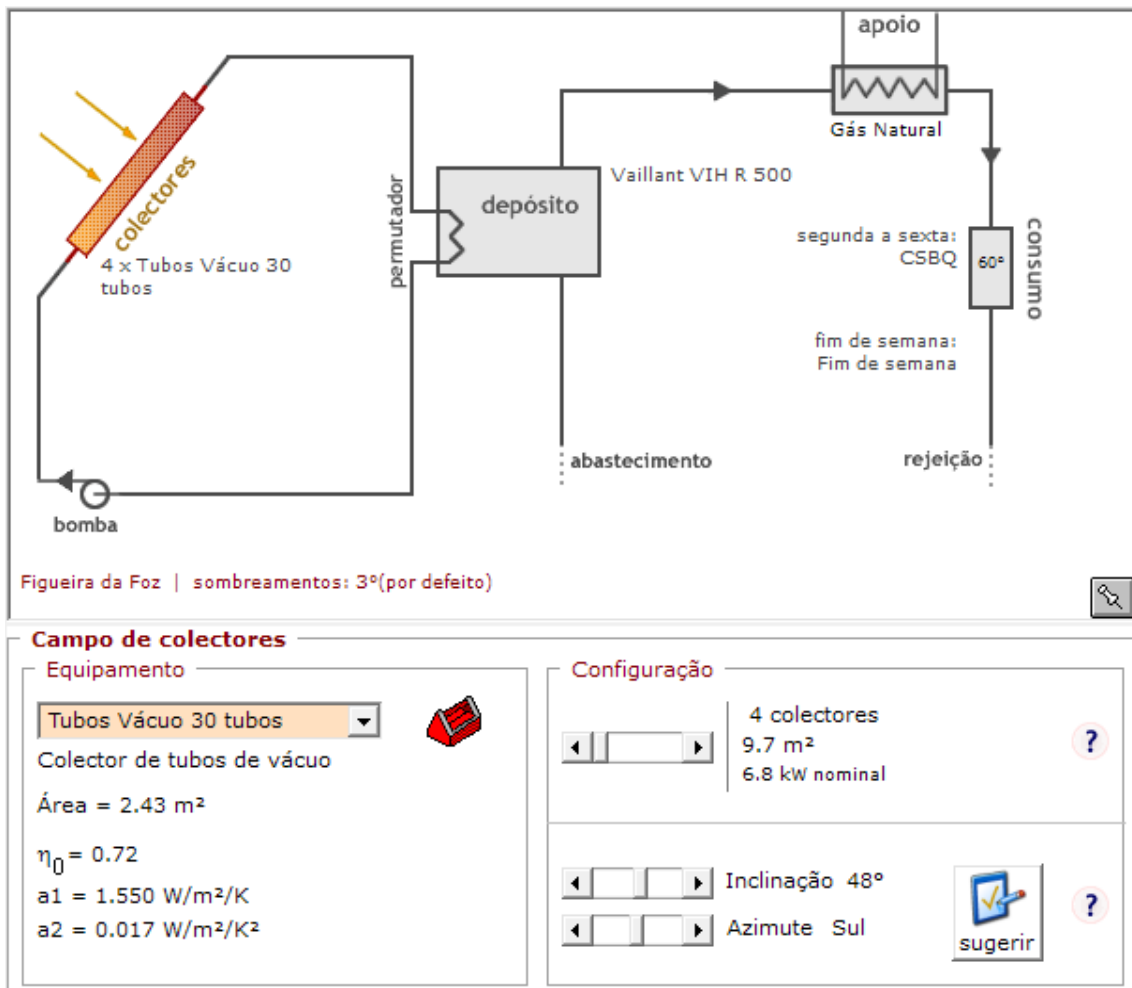


Figura 31 - Simulação de aumento de área com coletores de tubos de vácuo e aumento do volume do depósito

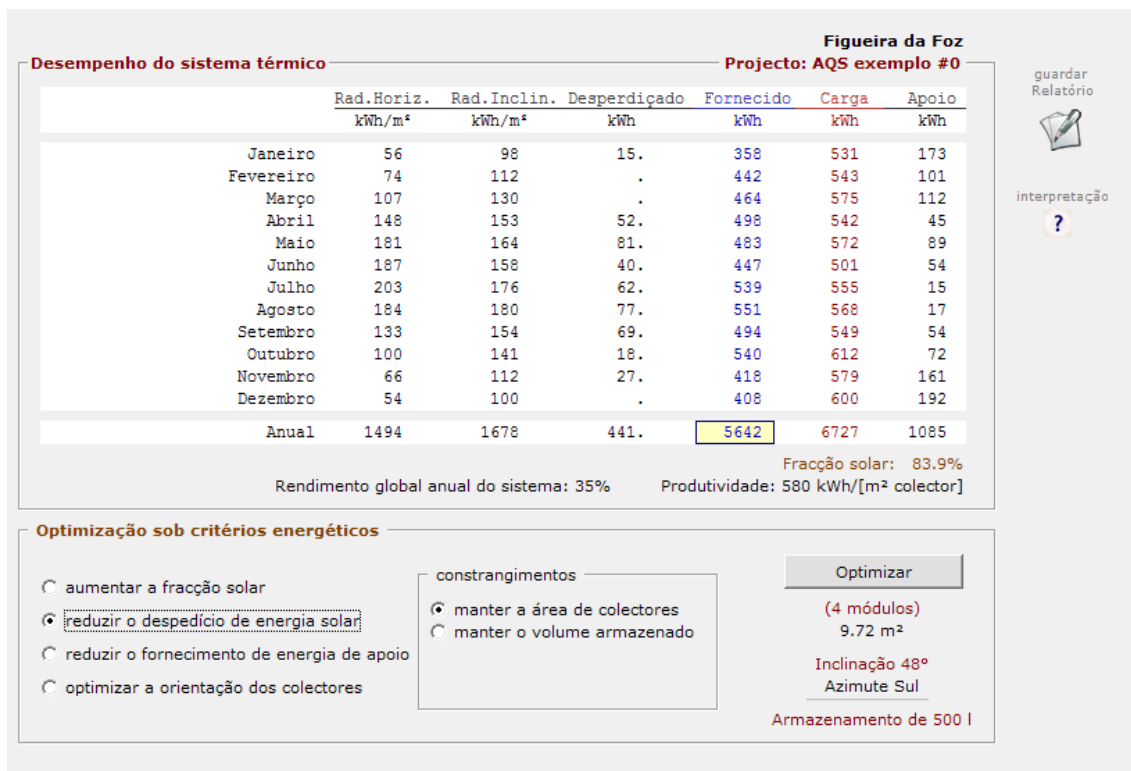


Figura 32 - Resultado de aumento de área com colectores de tubos de vácuo e aumento do volume do depósito

A simulação gera um valor de 5642kWh para a energia total fornecida, este valor é apenas 254kWh superior ao valor da simulação com reservatório de 300L e é relativamente baixo para o considerar na margem de erro do programa.

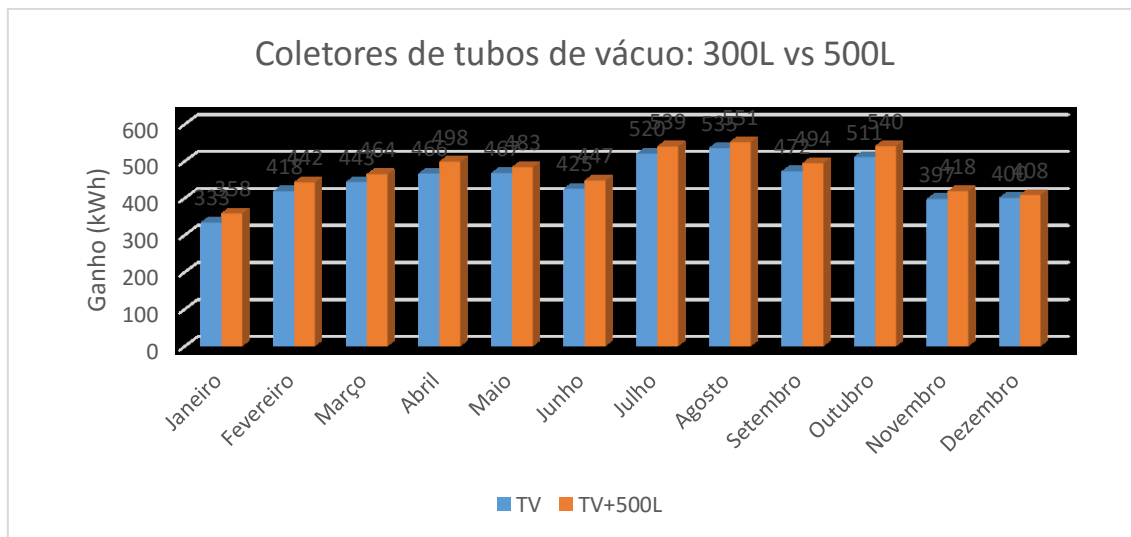
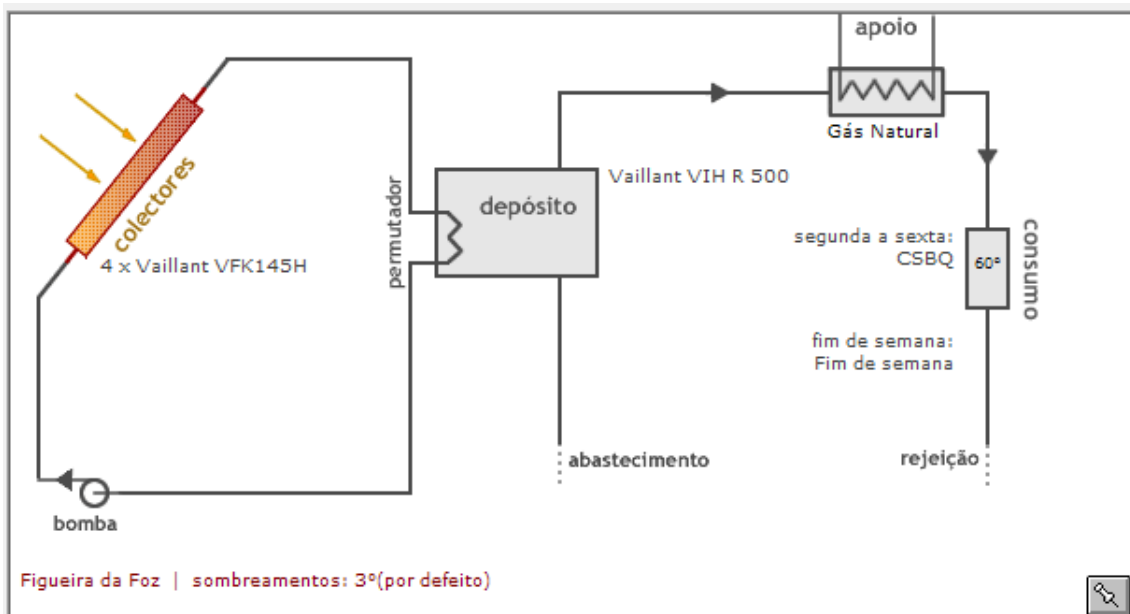


Figura 33 - Comparação entre volumes de reservatório para colectores de tubos de vácuo

Utilizando-se o mesmo reservatório de 500L em conjunto com os colectores planos com uma área de absorvedor de 10m<sup>2</sup> chegam-se aos seguintes resultados.



### Campo de colectores

**Equipamento**

Vaillant VFK145H

Colector plano

Área = 2.5 m<sup>2</sup>

$\eta_0 = 0.80$

$a_1 = 3.320 \text{ W/m}^2/\text{K}$

$a_2 = 0.023 \text{ W/m}^2/\text{K}^2$

**Configuração**

4 colectores

10. m<sup>2</sup>

7.0 kW nominal

---

Inclinação 48°

Azimute Sul

[sugerir](#)

Figura 34 - Simulação de aumento de área com coletores planos e aumento do volume do depósito

**Figueira da Foz**  
**Projecto: AQS exemplo #0**

#### Desempenho do sistema térmico

	Rad.Horiz. kWh/m <sup>2</sup>	Rad.Inclin. kWh/m <sup>2</sup>	Desperdiçado kWh	Fornecido kWh	Carga kWh	Apoio kWh
Janeiro	56	98	8.	345	531	186
Fevereiro	74	112	.	427	543	116
Março	107	130	.	447	575	128
Abril	148	153	20.	483	542	59
Maio	181	164	49.	473	572	99
Junho	187	158	14.	435	501	66
Julho	203	176	34.	530	555	25
Agosto	184	180	42.	546	568	22
Setembro	133	154	40.	489	549	60
Outubro	100	141	6.	529	612	83
Novembro	66	112	14.	407	579	172
Dezembro	54	100	.	400	600	200
<b>Anual</b>	<b>1494</b>	<b>1678</b>	<b>226.</b>	<b>5511</b>	<b>6727</b>	<b>1216</b>

Fracção solar: 81.9%

Rendimento global anual do sistema: 33%      Produtividade: 551 kWh/[m<sup>2</sup> colector]

Figura 35 - Resultados de aumento de área com coletores planos e aumento do volume do depósito

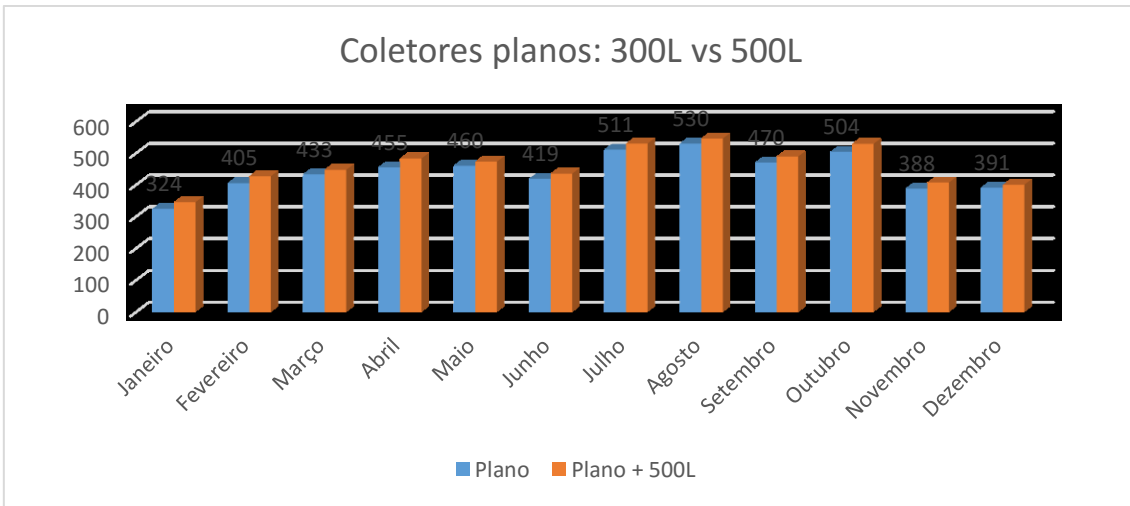


Figura 36 - Comparação entre volumes de reservatórios para coletores planos

A simulação indica uma energia produzida de 5511kWh que, em relação aos coletores de vácuo, é uma diminuição de apenas 131kWh anuais, ou cerca de 12,3€ a um preço de 0,094€/kWh.

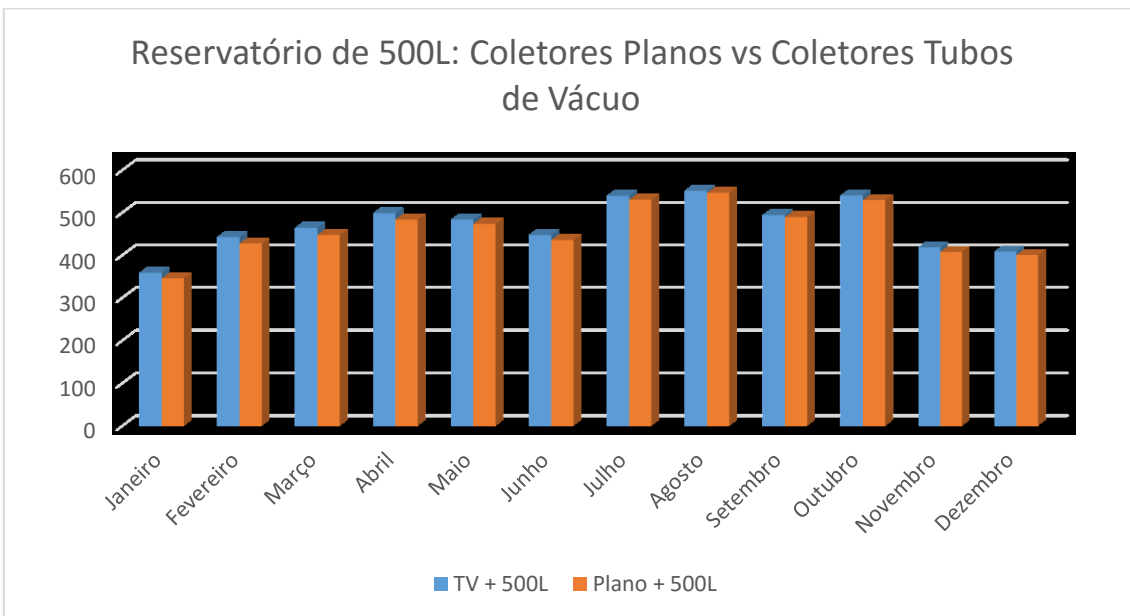


Figura 37 - Comparação entre diferentes tipos de coletores para um reservatório com volume de 500L

Como já observado nas simulações anteriores, os coletores de tubos de vácuo têm um maior aproveitamento solar e esta diferença é mais visível nos meses de Inverno.

## 7.5. Viabilidade das propostas apresentadas

Qualquer das propostas apresentadas não despertará interesse se o seu *payback* for elevado ou se o custo da proposta em questão for maior que os custos evitados durante a vida útil do equipamento.

Os custos apresentados representam, de forma geral, preços praticados no mercado sendo que o custo final da instalação poderá diferir dos valores apresentados.

O edifício possui toda a infraestrutura necessária à instalação de coletores, estando apenas em falta os próprios coletores com os respetivos suportes e diversas peças de ligação. Isto reduz bastante o custo da instalação pois os requisitos de material e mão de obra serão significativamente menores.

De maneira a realizar uma comparação realista das diversas propostas é necessário ter em conta, além do custo inicial, fatores como inflação, manutenção, custo da energia evitada ou vida útil do sistema.

Para os próximos anos a taxa de inflação esperada é 2% (Bank, 2016 (acedido a 22/06 em <https://www.ecb.europa.eu/mopo/strategy/pricestab/html/index.en.html>)), a manutenção anual espera-se que seja 1% do investimento inicial e uma vida útil do sistema de 20 anos. O custo da energia evitada situa-se em 0,094€ e os custos dos equipamentos foram retirados de (Hiperclima, 2016 (fornecido a 21/06 de 2016)), (marla.pt, 2016) e (Sotecnisol, 2016). Existem custos adicionais referentes a mão de obra e diversos equipamentos necessários para a montagem dos coletores, assim sendo, estas despesas foram quantificadas com um valor igual ao valor dos coletores.

Depois de reunir todos estes elementos realizaram-se previsões de custos (ANEXO XV) para cada cenário:

	Coletores		Coletores + Reservatório 500L	
	Planos	Tubos de Vácuo	Planos	Tubos de Vácuo
Investimento	4 095.90 €	4 320.00 €	6 167.22 €	6 391.32 €
Retorno a 20 anos	4 078.58 €	3 058.73 €	2 619.55 €	2 688.52 €

Tabela 7 - Comparação económica das 4 propostas apresentadas

Nos cálculos efetuados, para os cenários em que apenas é feita a instalação de coletores, o *payback* situa-se nos 12 anos enquanto que nos cenários com reservatório o *payback* situa-se nos 15 anos.

## 8. Conclusão

Este projeto foi feito com recurso a um programa de simulação térmica de edifícios, ESP-r.

Começou por ser criado um modelo simplificado do edifício em causa de modo a acelerar a introdução de dados no programa. Foram necessárias várias iterações à medida que se foi conhecendo melhor o funcionamento do software.

Surgiram diversos problemas relacionados com a criação das diversas zonas ou mesmo com a manutenção da base de dados das propriedades das superfícies. É questionável a dificuldade em evitar que o programa perca informação sobre superfícies e que, caso aconteça, não seja possível definir a superfície novamente, sendo o utilizador obrigado a eliminar a zona à qual a superfície pertencia de modo a ser reintroduzida no software. Outra limitação incompreensível é a impossibilidade de cancelar a criação de uma zona.

Sendo o propósito deste software a criação de um modelo que retrate o edifício em questão com a maior exatidão possível, não deixa de ser preocupante as dificuldades inerentes à simulação de um edifício mais complexo mantendo um nível razoável de detalhe.

Outra dificuldade encontrada está relacionada com a utilização de ventilação natural, o programa não possui controlo sobre o estado de superfícies consideradas janelas, o seu estado é fixo e é necessário estimar caudais de infiltrações de maneira a tentar replicar a abertura ou fecho de janelas que implica erros nas temperaturas máximas medidas durante o período quentes.

Embora as várias memórias descritivas do edifício tenham sido disponibilizadas, o seu nível de detalhe está longe do ideal, o que dificultou a obtenção de dados relacionados com propriedades óticas dos vidros, propriedades dos materiais utilizados e mesmo AVAC.

Todas estas dificuldades introduzem erros na simulação e baixam o nível rigor na representação do edifício em questão.

Pela falta de especificação do período de climatização foram simulados 2 períodos e 2 set-points, estas simulações permitiram fazer a comparação das necessidades energéticas de cada set-point e descobrir os benefícios de usar um período de climatização mais prolongado.

Foi possível observar que além do *set-point* de 20°C ser sobredimensionado, em termos de conforto não existem vantagens em prolongar o período de climatização. Ao utilizar um período de climatização mais prolongado o nível geral de insatisfação aumenta, pois, as zonas serão vistas como ligeiramente quentes, tendo o efeito contrário ao desejado com este estudo.

A simulação do modelo gerou dados de energia consumida que podem ser transformados em custos de climatização de maneira a comparar as necessidades de diferentes set-points térmicos e períodos de controlo.

Ao observar o nível de conforto dos utentes do edifício nota-se que ao baixar o *set-point* de 20°C para 18°C mantém-se um alto nível de satisfação com a temperatura do espaço ao mesmo tempo que é possível baixar os custos de climatização entre 27% a 29%.

A percepção térmica do espaço é alterada ligeiramente, o valor -1 indica um espaço ligeiramente fresco enquanto que o valor 1 indica um espaço ligeiramente quente. Os valores mínimos registados encontram-se predominantemente entre as 4h00min e as 9h00min mas, em módulo, os valores da simulação com *set-point* a 18°C são mais baixos que a sua equivalente a 20°C, que se traduz num maior nível de satisfação com o espaço em que estão inseridos. Estes mínimos de temperatura serão mais preocupantes se ocorrer uma maior sobreposição durante o período das 8h às 18h entre segunda-feira e sexta-feira, que é o horário normal de funcionamento.

Uma vez que o controlo de temperatura é bastante rudimentar, a atenção constante com a temperatura exterior e o bom-senso são de bastante importância de maneira a fazer o melhor uso do sistema de climatização, com o objetivo de minimizar os custos com climatização. Como observado na análise aos dados da simulação referente à zona *s\_act*, quando a temperatura exterior atinge valores abaixo de aproximadamente 7°C (uma vez que é relativamente fácil saber previsões meteorológicas), o nível de conforto toma valores abaixo de -1 conforme recomendado, que corresponde a uma satisfação inferior a 80%, com o espaço envolvente. O nível de satisfação é calculado com base em parâmetros como o nível de roupa ou nível de atividade, pelo que cada pessoa terá uma percepção do espaço ligeiramente diferente.

Caso seja possível medir a temperatura interior, um valor interessante para a temperatura mínima do espaço será 11°C, abaixo do qual, geralmente, o nível de satisfação toma valores abaixo de 80%.

O aumento da área útil de coletores solares permite que a fração solar aumente de 50,8% para 78,6%, no caso dos coletores planos. Estes coletores são também os que apresentam a maior rentabilidade, a 20 anos, de todas as propostas. Esta opção é bastante vantajosa pois já existe toda a infraestrutura necessária para a utilização de coletores solares, o que diminui os custos com material e mão de obra. A um preço de 0,094€/kWh, estes coletores permitem uma poupança de 497€ anuais e que ao final de 11 anos permitem um fluxo positivo em caixa.

Existe ainda espaço para alterar as necessidades energéticas do edifício e, seguindo o tema das energias renováveis, é ainda possível considerar a instalação de painéis fotovoltaicos, pois os consumos ocorrem entre as 8h e as 18h e existe bastante espaço na cobertura do edifício para a instalação de painéis fotovoltaicos para auto-consumo. Outro melhoramento a considerar seria a instalação de um sistema ativo de controlo de temperatura, que ative o aquecimento de acordo com a temperatura interior, por exemplo.

## Referências bibliográficas

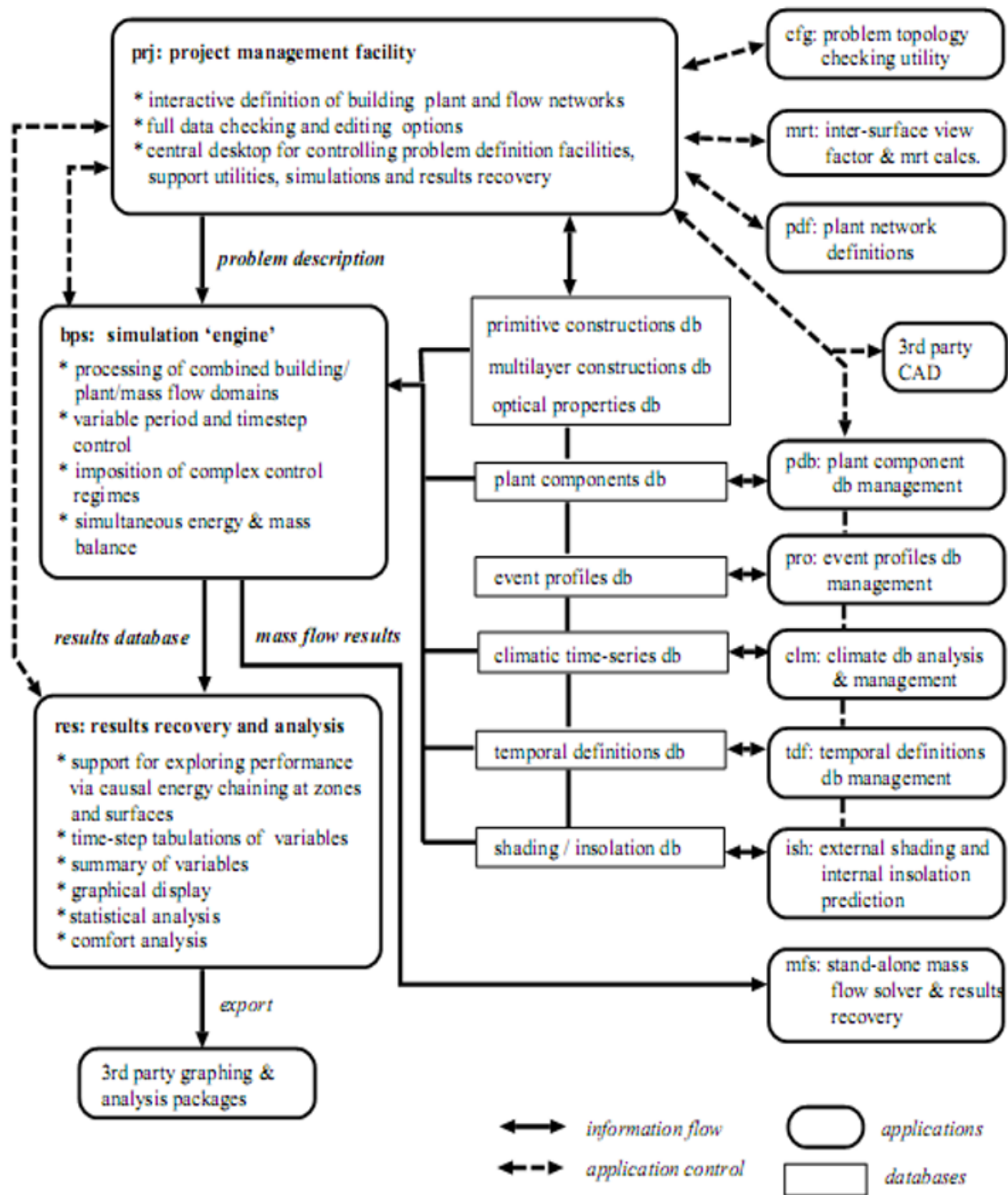
- Aguiar, R., & Encarnação Coelho, R. (2012, Junho). *Manual de Instalação e Utilização do Software SolTerm*. LNEG.
- ASHRAE. (2005). *ASHRAE Handbook - Fundamentals (SI)*.
- ASHRAE. (2010). *ASHRAE Standart 55-2010*.
- Bank, E. C. (2016 (acedido a 22/06 em <https://www.ecb.europa.eu/mopo/strategy/pricestab/html/index.en.html>)). *The definition of price estability*.
- Camelo, S. (1995). *Estudo do comportamento térmico de edifícios no período de verão*. Lisboa: Instituto superior Técnico.
- da Rocha, A. C. (2012). *Análise das necessidades nominais de arrefecimento do RCCTE com base no ESP-r e na ISO 13790*. Universidade do Algarve.
- dos Santos, C. (2006). *Coeficientes de transmissão Térmica de Elementos da Envolvente dos Edifícios*. Laboratório Nacional de Engenharia Civil.
- ESRU. (October 2002). *The ESP-r system for building energy simulation User Guide Version 10 Series*. University of Strathclyde: Research Unit.
- Galp. (19 de 05 de 2016). *Dados de referência de Gás Natural*. Obtido de <http://galpgasnaturaldistribuicao.pt/gas-natural/o-que-e>
- Geologia, L. N. (Junho 2012). *Manual SolTerm*.
- Gonçalves, H., Cabrito, P., & Diniz, I. (2010). *SolarXXi: em direcção à energia zero: towards zero energy*. Lisboa (LNEG).
- Hand, J. (2008). *The Esp-r COOKBOOK Strategies for Deploying Virtual Representations of the Building Environment*. UK: University of Strathclyde.
- Hiperclima, S. (2016 (fornecido a 21/06 de 2016)). *Catálogo de equipamentos solares*.
- ISO 7730. (1994).
- Lacerda, H. (2007). *Previsão do Comportamento Térmico de um Complexo de Piscinas Interiores*. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.
- marla.pt. (21 de 06 de 2016). *Painéis de vácuo*. Obtido de <http://www.marla.pt/>
- Olesen, B. (1985). *A New Simpler Method for Estimating the Thermal Insulation of a Clothing Ensemble*. Technical University in Denmark.
- Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RCESE) Decreto Lei nº 79/2006*. (2006).
- Sotecnisol. (07 de 05 de 2016). *Coletores Solares Horizontais Vaillant*. Obtido de <http://www.sotecnisol.pt/>
- Swami, M. V., & Chandra, S. (1987). *Procedures for Calculating Natural Ventilation Airflow Rates in Buildings*. Florida Solar Energy Center.

windfinder. (5 de 05 de 2016). *Estatísticas de vento e condições atmosféricas*. Obtido de [https://pt.windfinder.com/windstatistics/figueira\\_da\\_foz](https://pt.windfinder.com/windstatistics/figueira_da_foz)

# Anexo I

## Ilustração representativa do funcionamento modular do ESP-r

Este esquema é uma cópia da fig 2.1 do manual ESP-r User Guide Version 9 Series (Energy 1997):





## Anexo III

### Zonas que constituem o modelo e respetiva descrição

<b>Zona</b>	<b>Nome</b>	<b>Descrição</b>	<b>Posição</b>
1	bercario	Berçário	Piso 0
2	r_nasc	Sala destinada a recém-nascidos	Piso 0
3	bebes	Sala destinada a bebés até 3 anos	Piso 0
4	corredor_b	Corredor que liga r_nasc, bebes, s_mu e is_b	Piso 0
5	s_mu	Sala multiusos destinada a crianças	Piso 0
6	acesso_0	Corredor do piso 0	Piso 0
7	is_b	Instalações sanitárias para crianças até 3 anos	Piso 0
8	arr_elev_0	Arrumos e elevador no piso 0	Piso 0
9	s_pess	Sala de convívio para funcionários	Piso 0
10	cozinha	Cozinha	Piso 0
11	is_vest	Instalações sanitárias e vestíário dos funcionários	Piso 0
12	lavandaria	Lavandaria e equipamento de controlo da climatização	Piso 0
13	s_ref	Sala de refeições	Piso 0
14	criancas	Sala destinada a atividades para crianças com mais de 3 anos	Piso 1
15	is_c	Instalações sanitárias para crianças com mais de 3 anos	Piso 1
16	gab_tecn	Gabinete de apoio	Piso 1
17	s_esp	Sala de convívio	Piso 1
18	arr_elev_1	Arrumos e elevador no piso 1	Piso 1
19	acessos_11	Acessos de ligação entre piso 0 e 1	Piso 1
20	corredor1	Corredor do piso 1	Piso 1
21	repouso	Salas de	Piso 1
22	s_act	Sala de atividades para idosos	Piso 1
23	gabinetes	Gabinetes de serviços administrativos	Piso 1
24	acessos_1su	Acesso de ligação entre piso 0 e 1	Piso 1
25	recep	Recepção	Piso 1
26	is	Instalações sanitárias	Piso 1

## Anexo IV

### Base de Dados: Materiais

```
# class index |nb items|description (32 char)
*class, 1, 2,Materiais Soltos
Category ( 1) was initially named Materiais Soltos. No other
documentation (yet).
*item,Areao, 1, 1,Areao
0.730,1800.000,792.000,0.900,0.900,0.290,0.290,2.000,100.0,o
*item,brita, 2, 1,brita
0.700,1800.000,792.000,0.900,0.900,0.600,0.600,2.000,100.0,o
# class index |nb items|description (32 char)
*class, 2, 6,Betao
Category ( 2) was initially named Betao. No other documentation (yet).
*item,Argamassa fina, 21, 2,Argamassa fina
1.400,2200.000,1080.000,0.910,0.910,0.650,0.650,19.000,100.0,o
*item,betao leve, 22, 2,betao leve
0.150,400.000,1000.800,0.900,0.900,0.650,0.650,6.000,100.0,o
*item,betao, 23, 2,betao
2.000,2400.000,1080.000,0.900,0.900,0.650,0.650,19.000,100.0,o
*item,reboco, 24, 2,reboco
1.150,1800.000,1080.000,0.910,0.910,0.500,0.500,19.000,100.0,o
*item,betao ptd creme, 25, 2,betao ptd creme
1.750,2400.000,1080.000,0.900,0.900,0.320,0.320,19.000,100.0,o
*item,Betao Armado, 26, 2,Betao Armado
2.300,2400.000,1080.000,0.900,0.900,0.320,0.320,19.000,100.0,o
# class index |nb items|description (32 char)
*class, 3, 3,Leca
Category ( 3) was initially named Leca. No other documentation (yet).
*item,bloco B10, 41, 3,bloco B10
0.270,700.000,936.000,0.900,0.900,0.900,0.900,1.000,100.0,o
*item,bloco B20, 42, 3,bloco B20
0.210,650.000,936.000,0.900,0.900,0.900,0.900,1.000,100.0,o
*item,funjibloco, 43, 3,funjibloco
0.753,1314.000,997.000,0.900,0.900,0.210,0.210,1.000,100.0,o
# class index |nb items|description (32 char)
*class, 4, 4,Tijolo
Category ( 4) was initially named Tijolo. No other documentation
(yet).
```

```

*item,tijolo 07, 61, 4,tijolo 07
0.460,782.000,936.000,0.900,0.900,0.650,0.650,15.000,100.0,0
*item,tijolo 11, 62, 4,tijolo 11
0.407,782.000,936.000,0.900,0.900,0.650,0.650,15.000,100.0,0
*item,tijolo 15, 63, 4,tijolo 15
0.480,782.000,936.000,0.900,0.900,0.650,0.650,15.000,100.0,0
# class index |nb items|description (32 char)
*class, 5, 6,Isolamentos
Category ( 5) was initially named Isolamentos. No other documentation
(yet).
*item,cortica, 81, 5,cortica
0.041,120.000,1883.000,0.900,0.900,0.600,0.600,15.000,100.0,0
*item,roofmate, 82, 5,roofmate
0.027,32.000,1404.000,0.900,0.900,0.500,0.500,160.000,100.0,0
*item,wallmate, 83, 5,wallmate
0.028,20.000,1404.000,0.900,0.900,0.500,0.500,100.000,100.0,0
*item,wallmate paredes enterradas, 84, 5,wallmate paredes enterradas
0.031,20.000,1404.000,0.900,0.900,0.500,0.500,100.000,100.0,0
*item,XPS, 85, 5,XPS
0.037,32.500,1404.000,0.900,0.900,0.500,0.500,100.000,100.0,0
*item,la de vidro, 86, 5,Are (derived from XPS)
0.400,250.000,840.000,0.900,0.900,0.300,0.300,4.000,100.0,0
# class index |nb items|description (32 char)
*class, 6,10,Materiais p/ acabamentos
Category ( 6) was initially named Materiais p/ acabamentos. No other
documentation (yet).
*item,gesso ptd creme,101, 6,gesso ptd creme
0.500,1200.000,936.000,0.910,0.910,0.320,0.320,11.000,100.0,0
*item,azulejo,102, 6,azulejo
1.050,1690.000,864.000,0.900,0.900,0.600,0.600,52.000,100.0,0
*item,granito,103, 6,granito
3.500,2487.000,936.000,0.427,0.427,0.650,0.650,77.000,100.0,0
*item,lambril,104, 6,lambril
1.000,2222.000,936.000,0.900,0.900,0.650,0.650,52.000,100.0,0
*item,parquet corticite,105, 6,parquet corticite
0.100,555.000,2100.000,0.900,0.900,0.600,0.600,14.000,100.0,0
*item,reboco ptd branco,106, 6,reboco ptd branco
1.150,1800.000,1080.000,0.910,0.910,0.210,0.210,19.000,100.0,0
*item,reboco ptd creme,107, 6,reboco ptd creme

```

```

1.300,1800.000,1080.000,0.910,0.910,0.320,0.320,19.000,100.0,○
*item, gesso ptd branco,108, 6,gesso ptd branco
0.500,1200.000,936.000,0.910,0.910,0.220,0.220,11.000,100.0,○
*item, PLADUR ptd branco,109, 6,PLADUR ptd branco
0.190,950.000,840.000,0.910,0.910,0.220,0.220,11.000,100.0,○
*item, reboco ptd preto,110, 6,reboco ptd preto
1.150,1800.000,1080.000,0.990,0.990,0.990,0.990,19.000,100.0,○
# class index |nb items|description (32 char)
*class, 7, 2,Impermeabilizantes
Category ( 7) was initially named Impermeabilizantes. No other
documentation (yet).
*item, polietileno,121, 7,polietileno
0.400,1333.000,1404.000,0.940,0.940,0.820,0.820,1000.000,100.0,○
*item, tela betuminosa,122, 7,tela betuminosa
0.230,1083.000,1656.000,0.900,0.900,0.900,0.900,1000.000,100.0,○
# class index |nb items|description (32 char)
*class, 8, 3,Metais
Category ( 8) was initially named Metais. No other documentation
(yet).
*item, chapa ptd creme,141, 8,chapa ptd creme
112.000,7130.000,396.000,0.200,0.200,0.320,0.320,19200.000,100.0,○
*item, chapa aco cinza,142, 8,chapa aco cinza
72.000,7800.000,500.000,0.900,0.900,0.750,0.750,19200.000,100.0,○
*item, Alumínio,143, 8,Alumínio
210.000,2700.000,880.000,0.220,0.220,0.200,0.200,19200.000,100.0,○
# class index |nb items|description (32 char)
*class, 9, 1,Madeira
Category ( 9) was initially named Madeira. No other documentation
(yet).
*item, carvalho,161, 9,carvalho
0.190,700.000,2390.000,0.900,0.900,0.650,0.650,12.000,100.0,○
# class index |nb items|description (32 char)
*class,10, 2,Vidro
Category (10) was initially named Vidro. No other documentation (yet).
*item, chapa vidro,181,10,chapa vidro
1.050,2500.000,750.000,0.830,0.830,0.050,0.050,19200.000,100.0,○
*item, ficticio,182,10,ficticio
200.000,1.000,1000.000,0.990,0.990,0.010,0.010,1.000,100.0,○
# class index |nb items|description (32 char)

```

```

*class,11, 1,Cobertura
Category (11) was initially named Cobertura. No other documentation
(yet).
*item,telha,201,11,telha
0.407,782.000,936.000,0.900,0.900,0.650,0.650,45.000,100.0,o
# class index |nb items|description (32 char)
*class,12, 1,Terra
Category (12) was initially named Terra. No other documentation (yet).
*item,Terra Comum,221,12,Terra Comum
1.280,1460.000,879.000,0.900,0.900,0.850,0.850,5.000,100.0,o
# class index |nb items|description (32 char)
*class,13, 1,Pedras
Category (13) was initially named Pedras. No other documentation
(yet).
*item,Pedra Calcaria,241,13,Pedra Calcaria
1.500,2180.000,720.000,0.900,0.900,0.600,0.600,29.000,100.0,o
# class index |nb items|description (32 char)
*class,14, 1,GAPS
Category (14) holds the implied air material
*item,mat_000, 0,14,Air layer with default properties
0.000,0.000,0.000,0.990,0.990,0.990,0.990,1.000,25.0,-
*end

```

## Base de Dados: Construções

```

# composite construction db defined in ..\dbs\CSBQ.constrdb
# based on materials db ..\dbs\CSBQ.DB.a
    9      # no of composites
# layers  description  type  optics name  symmetry tag
    5      par_ext      OPAQ  OPAQUE      NONSYMMETRIC
# material ref thickness (m) description & air gap R
    24     0.0200  reboco : reboco
    63     0.1500  tijolo 15 : Areao      (derived from tijolo 11)
    85     0.0300  XPS : XPS
    62     0.1100  tijolo 11 : tijolo 11
    24     0.0200  reboco : reboco
# layers  description  type  optics name  symmetry tag
    3      par_int      OPAQ  OPAQUE      SYMMETRIC
# material ref thickness (m) description & air gap R

```

```

24    0.0200 reboco : reboco
62    0.1100 tijolo 11 : tijolo 11
24    0.0200 reboco : reboco
# layers description type optics name symmetry tag
  1    door          OPAQ  OPAQUE          SYMMETRIC
# material ref thickness (m) description & air gap R
161   0.0350 carvalho : carvalho
# layers description type optics name symmetry tag
  3    vidro          TRAN  DCF7671_06nb   SYMMETRIC
# material ref thickness (m) description & air gap R
181   0.0040 chapa vidro : chapa vidro
  0    0.0120 gap 0.170 0.170 0.170
181   0.0040 chapa vidro : chapa vidro
# layers description type optics name symmetry tag
  3    dbl_glz        TRAN  DCF7671_06nb   SYMMETRIC
# material ref thickness (m) description & air gap R
181   0.0060 chapa vidro : chapa vidro
  0    0.0120 gap 0.170 0.170 0.170
181   0.0060 chapa vidro : chapa vidro
# layers description type optics name symmetry tag
  7    sep_1_2        OPAQ  OPAQUE          sep_1_2_inv
# material ref thickness (m) description & air gap R
109   0.0130 PLADUR ptd branco : PLADUR ptd branco
  86   0.0500 la de vidro : Are (derived from XPS)
  0    0.2300 gap 0.170 0.170 0.170
  22   0.1600 betao leve : betao leve
  21   0.0400 Argamassa fina : Argamassa fina
  85   0.0600 XPS : XPS
  23   0.0500 betao : betao
# layers description type optics name symmetry tag
  7    roof           OPAQ  OPAQUE          NONSYMMETRIC
# material ref thickness (m) description & air gap R
  2    0.0700 brita : brita
  85   0.0600 XPS : XPS
  24   0.0200 reboco : reboco
  22   0.1600 betao leve : betao leve
  0    0.2300 gap 0.170 0.170 0.170
  86   0.0500 la de vidro : Are (derived from XPS)
 109   0.0130 PLADUR ptd branco : PLADUR ptd branco
# layers description type optics name symmetry tag

```

```

5   grnd_floor   OPAQ  OPAQUE      NONSYMMETRIC
# material ref thickness (m) description & air gap R
23   0.1000  betao : betao
26   0.2300  Betao Armado : Betao Armado
21   0.0400  Argamassa fina : Argamassa fina
85   0.0600  XPS : XPS
21   0.0500  Argamassa fina : Argamassa fina
# layers description type optics name symmetry tag
7   sep_1_2_inv  OPAQ  OPAQUE      sep_1_2
# material ref thickness (m) description & air gap R
23   0.0500  betao : betao
85   0.0600  XPS : XPS
21   0.0400  Argamassa fina : Argamassa fina
22   0.1600  betao leve : betao leve
0    0.2300  gap  0.170 0.170 0.170
86   0.0500  la de vidro : Are (derived from XPS)
109  0.0130  PLADUR ptd branco : PLADUR ptd branco

```

## Anexo V

### Ventilação através de uma janela aberta

Equação simplificada para quantificar caudais de ventilação natural

#### VENTILATION THROUGH SINGLE WINDOWS

If a room has only one open window and the internal door is closed, there will not be any ventilation due to pressure differences but ventilation will still be present due to turbulent diffusion. We have located three studies dealing with this type of ventilation. All three propose algorithms where the ventilation rate is proportional to the product of the open window area and the wind speed. BRE Digest 210 (Anon., 1978) recommends

$$Q = 0.025 A V \quad \dots \text{Eq 2.5.1}$$

where  $Q$  is the flow rate in  $\text{m}^3/\text{sec}$ ,  $A$  is the open aperture area in  $\text{sq.m}$  and  $V$  is the reference wind speed at the site at building eave height. Warren (1978) recommends a formula

$$Q = 0.02 A V \quad \dots \text{Eq 2.5.2}$$

which is obviously very close to Eq 2.5.1. Warren notes that this formula is overly conservative in that measured  $Q$  can be considerably higher. Cockroft and Robinson (1976) present measured data for a  $48 \text{ m}^3$  room as follows:

A sq.m	V (m/s)	Q (cu.m/s)	ACH
0.2	2.5	0.0183	0.51
	5.5	0.0717	1.99
	7.5	0.0137	3.8

This data shows  $Q$  to be a non linear function of the  $AV$  product. All authors note that further complications will arise if awning or casement windows are used, as they will tend to catch the air which is generally moving in the plane of the wall.

Needless to say, the ventilation provided by one open window is minimal, and is generally not adequate for summertime ventilative cooling. Therefore, this case should not be of particular interest to designers. Researchers can probably use an equation like

$$Q = 0.05 A V \quad \dots \text{Eq 2.5.3}$$

to get an estimate of natural ventilation for this case.

## Anexo VI

Calor Sensível e Latente libertado pelo ser humano em função do tipo de atividade

**Rates of Heat Gain from Occupants of Conditioned Spaces**

Degree of Activity	Total Heat, Btu/h		Sensible Heat, Btu/h	Latent Heat, Btu/h	% Sensible Heat that is Radiant <sup>b</sup>	
	Adult Male	Adjusted, M/F <sup>a</sup>			Low V	High V
Seated at theater	390	330	225	105		
Seated at theater, night	390	350	245	105	60	27
Seated, very light work	450	400	245	155		
Moderately active office work	475	450	250	200		
Standing, light work; walking	550	450	250	200	58	38
Walking, standing	550	500	250	250		
Sedentary work	490	550	275	275		
Light bench work	800	750	275	475		
Moderate dancing	900	850	305	545	49	35
Walking 3 mph; light machine work	1000	1000	375	625		
Bowling <sup>d</sup>	1500	1450	580	870		
Heavy work	1500	1450	580	870	54	19
Heavy machine work; jiffing	1600	1600	635	965		
Athletics	2000	1800	710	1090		

**Notes:**

1. Tabulated values are based on 75°F room dry-bulb temperature. For 80°F room dry bulb, the total heat remains the same, but the sensible heat values should be decreased by approximately 20%, and the latent heat values increased accordingly.
2. Also refer to Table 4, Chapter 8, for additional rates of metabolic heat generation.
3. All values are rounded to nearest 5 Btu/h.
- <sup>a</sup> Adjusted heat gain is based on normal percentage of men, women, and children for the application listed, with the postulate that the gain from an adult female is

85% of that for an adult male, and that the gain from a child is 75% of that for an adult male.

<sup>b</sup> Values approximated from data in Table 6, Chapter 8, where is air velocity with limits shown in that table.

<sup>c</sup> Adjusted heat gain includes 60 Btu/h for food per individual (30 Btu/h sensible and 30 Btu/h latent).

<sup>d</sup> Figure one person per alley actually bowling, and all others as sitting (400 Btu/h) or standing or walking slowly (550 Btu/h).

# Anexo VII

## Caudal de ar novo calculado em função da ocupação real

Compartimentos	Área (m <sup>2</sup> )	m <sup>2</sup> /ocup.	Ocupação Real/Nominal	Tipo de Actividades	Critério 1 RSECM3/h-ocup		Critério 2 RSECM3/h-ocup		Caudal de ar novo m <sup>3</sup> /h	Eficiência da ventilação 80%	Materiais ecologicamente limpos? SIM	Cauda de Ar Novo m <sup>3</sup> /h	Caudal de Ar Novo m <sup>3</sup> /h	
					Caudal de Ar Novo m <sup>3</sup> /h-ocup	Caudal de Ar Novo m <sup>3</sup> /h	Caudal de Ar Novo m <sup>3</sup> /h.m <sup>2</sup>	Caudal de Ar Novo m <sup>3</sup> /h						
<i>Cave</i>														
Berçário	16,6		8	Sala de Estar e Quarto-Residencial	30	240	0	0	300	300		300	300	300
Espaço de Repouso	21,35		10	Salas de Aula-Escolas	30	300	0	0	375	375		375	375	375
Sala de Actividades	21,35		10	Salas de Aula-Escolas	30	300	0	0	375	375		375	375	375
Sala Multíusos	42,25		25	Sala de Refeições-Serviços de Refeições	35	875	0	0	1094	1094		1094	1094	1095
Copa de Distribuição de Alimentos	5,05		1	Sala de Preparação de Refeições-Serviços de Refeições	30	30	0	0	38	38		38	38	40
Entrada/Acolhimento	9,45		1	Corredores/Átrios-Entretimento	0	0	5	47	59	59		59	59	60
Sala de Refeições/Centro de Dia	80,2		40	Salas de Refeição-Serviços de Refeições	35	1400	0	0	1750	1750		1750	1750	1750
Entrada Pessoal/Lavandaria	8,19		1	Corredores/Átrios-Entretimento	0	0	5	41	51	51		51	51	50
Entrada Alimentos	11,42		2	Corredores/Átrios-Entretimento	0	0	5	57	71	71		71	71	70
Sala do Pessoal	13,35		2	Salas de Assembleia-Serviços	30	60	20	267	334	334		334	334	335
Corredor Central "deficientes"	38,77		1	Corredores/Átrios-Entretimento	0	0	5	194	242	242		242	242	245
"Corredor" Vestiário Crianças	12,29		2	Corredores/Átrios-Entretimento	0	0	5	61	77	77		77	77	75
Sala Parque Marcha	17,2		2	Salas de Estar e Quartos-Residencial	30	60	0	0	75	75		75	75	75
<i>Piso 0</i>														
Sala de Actividades	30,15		15	Sala de Aula- Escolas	30	450	0	0	563	563		563	563	565
Espaço de Repouso	30,15		15	Salas de Estar e Quartos-Residencial	30	450	0	0	563	563		563	563	565
Sala de Isolamento	9,9		1	Consultórios Médicos-Serviços	35	35	0	0	44	44		44	44	45
Gabinete Técnico Creche	10,5		2	Gabinetes-Serviços	35	70	5	53	88	88		88	88	90
Repouso Homens	16,55		1	Salas de Estar e Quartos-Residencial	30	30	0	0	38	38		38	38	40
Repouso Mulheres	16,55		1	Salas de Estar e Quartos-Residencial	30	30	0	0	38	38		38	38	40
Sala de Actividades	50		20	Salas de Aula-Escolas	30	600	0	0	750	750		750	750	750
Sala de Actividades 2	50		20	Salas de Aula-Escolas	30	600	0	0	750	750		750	750	750
Entrada	35,6		4	Corredores/Átrios-Entretimento	0	0	5	178	223	223		223	223	225
Recepção/Secretariado	21,8		3	Salas de Recepção-Serviços	30	90	15	327	409	409		409	409	410
Gabinete Atendimento	10		1	Gabinetes-Serviços	35	35	5	50	63	63		63	63	65
Gabinete de Trabalho do S.A.D.	10,1		2	Gabinetes-Serviços	35	70	5	51	88	88		88	88	90
Gabinete Técnico Centro de Dia	11,34		2	Gabinetes-Serviços	35	70	5	57	88	88		88	88	90
Gabinete Diretor/Contabilidade	11,35		2	Gabinetes-Serviços	35	70	5	57	88	88		88	88	90
Circulação Pequena	3,5		1	Corredores/Átrios-Entretimento	0	0	5	18	22	22		22	22	25
Circulação Pequena	43,15		5	Corredores/Átrios-Entretimento	0	0	5	216	270	270		270	270	270
Acolhimento/Recepção Crianças	39,9		4	Salas de Recepção-Serviços	30	120	15	599	748	748		748	748	750
Vestiário Crianças	22,65		3	Vestiários-Comercial	0	0	10	227	283	283		283	283	285

## Anexo VIII

### Ficheiro de configuração do modelo

```
* CONFIGURATION4.0
# ESRU system configuration defined by file
# CSBQ.cfg
*date 16/06/2016 03:00:05      # latest file modification
*root CSBQ
*zonpth  ..\zones              # path to zones
*netpth  ..\nets              # path to networks
*ctlpth  ..\ctl                # path to controls
*aimpth  ..\aim2               # path to aim2 files
*radpth  ..\rad                # path to radiance files
*imgpth  ..\images            # path to project images
*docpth  ..\doc                # path to project documents
*dbspth  ..\dbs                # path to local databases
*hvacpth ..\hvac               # path to hvac files
*bsmpth  ..\bsm                # path to BASESIMP files
*indx    1 # Building only
  44.190  -8.826 # Latitude & Longitude (diff from time meridian)
  1      0.200 # Site exposure & ground reflectivity
* DATABASES
*mat     ..\dbs\CSBQ.DB.a
*mlc     ..\dbs\CSBQ.constrdb
*opt     ..\dbs\CSBQ_optics.db2
*prs     ..\dbs\CSBQ_pressc.db1
*evn     ..\dbs\CSBQ_profiles.db2.a
*clm     ..\dbs\COIMBRA.TMY
*mscldb  ..\dbs\CSBQ_mscomp.db1
*mould   ..\dbs\CSBQ_mould.db1 # mould isopleths
*pdb     ..\dbs\CSBQ_plantc.db1
*stdsbem SBEM.db1
*slr_half_hr 0 # solar timing hour centred
*ctl     ..\ctl\CSBQ.ctl
*calename standard weekday Sat Sun hol
*calentag weekdays, weekdays (all year), 260
*calentag saturday, Saturdays (all year), 52
*calentag sunday, Sundays (all year), 52
*calentag holiday, holiday, 1
*list    4

4,1,1,1,1,2,3,1,1,1,1,1,2,3,1,1,1,1,1,2,3,1,1,1,1,1,2,3,1,1,1,1,1,2,3,
1,1,1,1,1,2,3,1,1,1,1,1,

2,3,1,1,1,1,1,2,3,1,1,1,1,1,2,3,1,1,1,1,1,2,3,1,1,1,1,1,2,3,1,1,1,1,1,
2,3,1,1,1,1,1,2,3,1,1,1,

1,1,2,3,1,1,1,1,1,2,3,1,1,1,1,1,2,3,1,1,1,1,1,2,3,1,1,1,1,1,2,3,1,1,1,
1,1,2,3,1,1,1,1,1,2,3,1,

1,1,1,1,2,3,1,1,1,1,1,2,3,1,1,1,1,1,2,3,1,1,1,1,1,2,3,1,1,1,1,1,2,3,1,
1,1,1,1,2,3,1,1,1,1,1,2,

3,1,1,1,1,1,2,3,1,1,1,1,1,2,3,1,1,1,1,1,2,3,1,1,1,1,1,2,3,1,1,1,1,1,2,
3,1,1,1,1,1,2,3,1,1,1,1,
```

```

1,2,3,1,1,1,1,1,2,3,1,1,1,1,1,2,3,1,1,1,1,1,2,3,1,1,1,1,1,2,3,1,1,1,1,
1,2,3,1,1,1,1,1,2,3,1,1,

1,1,1,2,3,1,1,1,1,1,2,3,1,1,1,1,1,2,3,1,1,1,1,1,2,3,1,1,1,1,1,2,3,1,1,
1,1,1,2,3,1,1,1,1,1,2,3,

1,1,1,1,1,2,3,1,1,1,1,1,2,3,1,1,1,1,1,2,3,1,1,1,1,1,2,3,1,1,1,1,1,2,3,
1
*end_list
*year 2007 # assessment year
# sim setup: no. sets startup zone_ts plant_ts save_lv @ each ts
*sps 1 12 1 10 4 0
1 1 31 12 anual # period & name
*sblr CSBQ.res
*end_set
*end_sps
# Name and address of building
*B-NAME not yet defined
*B-ADDRESS not yet defined
*B-CITY not yet defined
*B-POSTCODE not yet defined
# Contact information for building owner
*O-NAME not yet defined
*O-ADDRESS not yet defined
*O-CITY not yet defined
*O-POSTCODE not yet defined
*O-TELEPHONE not yet defined
# Contact information for simulation team
*C-NAME not yet defined
*C-ADDRESS not yet defined
*C-CITY not yet defined
*C-POSTCODE not yet defined
*C-TELEPHONE not yet defined
* PROJ LOG
..\doc\CSBQ.log
* Building
Centro Social Bem Querer
26 # no of zones
*zon 1 # reference for bercario
*opr ..\zones\bercario.opr # schedules
*geo ..\zones\bercario.geo # geometry
*con ..\zones\bercario.con # construction
*tmc ..\zones\bercario.tmc # transparent constr
*zend
*zon 2 # reference for r_nasc
*opr ..\zones\r_nasc.opr # schedules
*geo ..\zones\r_nasc.geo # geometry
*con ..\zones\r_nasc.con # construction
*tmc ..\zones\r_nasc.tmc # transparent constr
*zend
*zon 3 # reference for bebes
*opr ..\zones\bebes.opr # schedules
*geo ..\zones\bebes.geo # geometry
*con ..\zones\bebes.con # construction
*tmc ..\zones\bebes.tmc # transparent constr
*zend

```

```

*zon 4 # reference for corredor_b
*opr ..\zones\corredor_b.opr # schedules
*geo ..\zones\corredor_b.geo # geometry
*con ..\zones\corredor_b.con # construction
*zend
*zon 5 # reference for s_mu
*opr ..\zones\s_mu.opr # schedules
*geo ..\zones\s_mu.geo # geometry
*con ..\zones\s_mu.con # construction
*tmc ..\zones/s_mu.tmc # transparent constr
*zend
*zon 6 # reference for acessos_0
*opr ..\zones\acessos_0.opr # schedules
*geo ..\zones\acessos_0.geo # geometry
*con ..\zones\acessos_0.con # construction
*tmc ..\zones/acessos_0.tmc # transparent constr
*zend
*zon 7 # reference for is_b
*opr ..\zones\is_b.opr # schedules
*geo ..\zones\is_b.geo # geometry
*con ..\zones\is_b.con # construction
*zend
*zon 8 # reference for arr_elev_0
*opr ..\zones\arr_elev_0.opr # schedules
*geo ..\zones\arr_elev_0.geo # geometry
*con ..\zones\arr_elev_0.con # construction
*zend
*zon 9 # reference for s_pess
*opr ..\zones\s_pess.opr # schedules
*geo ..\zones\s_pess.geo # geometry
*con ..\zones\s_pess.con # construction
*zend
*zon 10 # reference for cozinha
*opr ..\zones\cozinha.opr # schedules
*geo ..\zones\cozinha.geo # geometry
*con ..\zones\cozinha.con # construction
*tmc ..\zones/cozinha.tmc # transparent constr
*zend
*zon 11 # reference for is_vest
*opr ..\zones\is_vest.opr # schedules
*geo ..\zones\is_vest.geo # geometry
*con ..\zones\is_vest.con # construction
*zend
*zon 12 # reference for lavandaria
*opr ..\zones\lavandaria.opr # schedules
*geo ..\zones\lavandaria.geo # geometry
*con ..\zones\lavandaria.con # construction
*tmc ..\zones/lavandaria.tmc # transparent constr
*zend
*zon 13 # reference for s_ref
*opr ..\zones\s_ref.opr # schedules
*geo ..\zones\s_ref.geo # geometry
*con ..\zones\s_ref.con # construction
*tmc ..\zones/s_ref.tmc # transparent constr
*zend
*zon 14 # reference for crianas
*opr ..\zones\criancas.opr # schedules

```

```

*geo ..\zones\criancas.geo # geometry
*con ..\zones\criancas.con # construction
*tmc ..\zones/criancas.tmc # transparent constr
*zend
*zon 15 # reference for is_c
*opr ..\zones\is_c.opr # schedules
*geo ..\zones\is_c.geo # geometry
*con ..\zones\is_c.con # construction
*zend
*zon 16 # reference for gab_tecn
*opr ..\zones\gab_tecn.opr # schedules
*geo ..\zones\gab_tecn.geo # geometry
*con ..\zones\gab_tecn.con # construction
*tmc ..\zones/gab_tecn.tmc # transparent constr
*zend
*zon 17 # reference for s_esp
*opr ..\zones\s_esp.opr # schedules
*geo ..\zones\s_esp.geo # geometry
*con ..\zones\s_esp.con # construction
*tmc ..\zones/s_esp.tmc # transparent constr
*zend
*zon 18 # reference for arr_elev_1
*opr ..\zones\arr_elev_1.opr # schedules
*geo ..\zones\arr_elev_1.geo # geometry
*con ..\zones\arr_elev_1.con # construction
*zend
*zon 19 # reference for acessos_11
*opr ..\zones\acessos_11.opr # schedules
*geo ..\zones\acessos_11.geo # geometry
*con ..\zones\acessos_11.con # construction
*zend
*zon 20 # reference for corredor1
*opr ..\zones\corredor1.opr # schedules
*geo ..\zones\corredor1.geo # geometry
*con ..\zones\corredor1.con # construction
*tmc ..\zones/corredor1.tmc # transparent constr
*zend
*zon 21 # reference for repouso
*opr ..\zones\repouso.opr # schedules
*geo ..\zones\repouso.geo # geometry
*con ..\zones\repouso.con # construction
*tmc ..\zones/repouso.tmc # transparent constr
*zend
*zon 22 # reference for s_act
*opr ..\zones\s_act.opr # schedules
*geo ..\zones\s_act.geo # geometry
*con ..\zones\s_act.con # construction
*tmc ..\zones/s_act.tmc # transparent constr
*zend
*zon 23 # reference for gabinetes
*opr ..\zones\gabinetes.opr # schedules
*geo ..\zones\gabinetes.geo # geometry
*con ..\zones\gabinetes.con # construction
*tmc ..\zones/gabinetes.tmc # transparent constr
*zend
*zon 24 # reference for acessos_1su
*opr ..\zones\acessos_1su.opr # schedules

```

```
*geo ..\zones\acessos_1su.geo # geometry
*con ..\zones\acessos_1su.con # construction
*zend
*zon 25 # reference for recep
*opr ..\zones\recep.opr # schedules
*geo ..\zones\recep.geo # geometry
*con ..\zones\recep.con # construction
*tmc ..\zones/recep.tmc # transparent constr
*zend
*zon 26 # reference for is
*opr ..\zones\is.opr # schedules
*geo ..\zones\is.geo # geometry
*con ..\zones\is.con # construction
*zend
*cnn CSBQ.cnn # connections
    0 # no fluid flow network
```

## Anexo IX

### Ficheiro de configuração dos controlos para período curto regulado a 20°C

```
no overall control description supplied
* Building
no zone control description supplied
  3 # No. of functions
* Control function 1
# senses the temperature of the current zone.
  0 0 0 0 # sensor data
# actuates air point of the current zone
  0 0 0 # actuator data
  3 # No. day types using dates of validity
  1 90 # valid Mon-01-Jan - Sat-31-Mar
  1 # No. of periods in day: weekdays
  0 1 0.000 # ctl type, law (basic control), start @
  7. # No. of data items
2000.000 0.000 0.000 0.000 20.000 100.000 0.000
  91 304 # valid Sun-01-Apr - Wed-31-Oct
  1 # No. of periods in day: saturday
  0 2 0.000 # ctl type, law (free floating), start @
  0. # No. of data items
305 365 # valid Thu-01-Nov - Mon-31-Dec
  1 # No. of periods in day: sunday
  0 1 0.000 # ctl type, law (basic control), start @
  7. # No. of data items
20.000 0.000 0.000 0.000 20.000 100.000 0.000
* Control function 2
# senses the temperature of the current zone.
  0 0 0 0 # sensor data
# actuates air point of the current zone
  0 0 0 # actuator data
  3 # No. day types using dates of validity
  1 90 # valid Mon-01-Jan - Sat-31-Mar
  1 # No. of periods in day: weekdays
  0 1 0.000 # ctl type, law (basic control), start @
  7. # No. of data items
3000.000 0.000 0.000 0.000 20.000 100.000 0.000
  91 304 # valid Sun-01-Apr - Wed-31-Oct
  1 # No. of periods in day: saturday
  0 2 0.000 # ctl type, law (free floating), start @
  0. # No. of data items
305 365 # valid Thu-01-Nov - Mon-31-Dec
  1 # No. of periods in day: sunday
  0 1 0.000 # ctl type, law (basic control), start @
  7. # No. of data items
3000.000 0.000 0.000 0.000 20.000 100.000 0.000
* Control function 3
# senses the temperature of the current zone.
  0 0 0 0 # sensor data
# actuates air point of the current zone
  0 0 0 # actuator data
  3 # No. day types using dates of validity
  1 90 # valid Mon-01-Jan - Sat-31-Mar
  1 # No. of periods in day: weekdays
```

```

0 1 0.000 # ctl type, law (basic control), start @
7. # No. of data items
5000.000 0.000 0.000 0.000 20.000 100.000 0.000
91 304 # valid Sun-01-Apr - Wed-31-Oct
1 # No. of periods in day: saturday
0 2 0.000 # ctl type, law (free floating), start @
0. # No. of data items
305 365 # valid Thu-01-Nov - Mon-31-Dec
1 # No. of periods in day: sunday
0 1 0.000 # ctl type, law (basic control), start @
7. # No. of data items
5000.000 0.000 0.000 0.000 20.000 100.000 0.000
# Function:Zone links
1,1,1,0,2,1,0,0,0,0,0,0,2,2,0,0,2,0,0,1,2,3,2,0,1,0

```

## Ficheiro de configuração dos controlos para período longo regulado a 20°C

```

no overall control description supplied
* Building
no zone control description supplied
3 # No. of functions
* Control function 1
# senses the temperature of the current zone.
0 0 0 0 # sensor data
# actuates air point of the current zone
0 0 0 # actuator data
3 # No. day types using dates of validity
1 120 # valid Mon-01-Jan - Mon-30-Apr
1 # No. of periods in day: weekdays
0 1 0.000 # ctl type, law (basic control), start @
7. # No. of data items
2000.000 0.000 0.000 0.000 20.000 100.000 0.000
121 304 # valid Tue-01-May - Wed-31-Oct
1 # No. of periods in day: saturday
0 2 0.000 # ctl type, law (free floating), start @
0. # No. of data items
305 365 # valid Thu-01-Nov - Mon-31-Dec
1 # No. of periods in day: sunday
0 1 0.000 # ctl type, law (basic control), start @
7. # No. of data items
2000.000 0.000 0.000 0.000 20.000 100.000 0.000
* Control function 2
# senses the temperature of the current zone.
0 0 0 0 # sensor data
# actuates air point of the current zone
0 0 0 # actuator data
3 # No. day types using dates of validity
1 120 # valid Mon-01-Jan - Mon-30-Apr
1 # No. of periods in day: weekdays
0 1 0.000 # ctl type, law (basic control), start @
7. # No. of data items

```

```

3000.000 0.000 0.000 0.000 20.000 100.000 0.000
121 304 # valid Tue-01-May - Wed-31-Oct
  1 # No. of periods in day: saturday
  0 2 0.000 # ctl type, law (free floating), start @
  0. # No. of data items
305 365 # valid Thu-01-Nov - Mon-31-Dec
  1 # No. of periods in day: sunday
  0 1 0.000 # ctl type, law (basic control), start @
  7. # No. of data items
3000.000 0.000 0.000 0.000 20.000 100.000 0.000
* Control function 3
# senses the temperature of the current zone.
  0 0 0 0 # sensor data
# actuates air point of the current zone
  0 0 0 # actuator data
  3 # No. day types using dates of validity
  1 120 # valid Mon-01-Jan - Mon-30-Apr
  1 # No. of periods in day: weekdays
  0 1 0.000 # ctl type, law (basic control), start @
  7. # No. of data items
5000.000 0.000 0.000 0.000 20.000 100.000 0.000
121 304 # valid Tue-01-May - Wed-31-Oct
  1 # No. of periods in day: saturday
  0 2 0.000 # ctl type, law (free floating), start @
  0. # No. of data items
305 365 # valid Thu-01-Nov - Mon-31-Dec
  1 # No. of periods in day: sunday
  0 1 0.000 # ctl type, law (basic control), start @
  7. # No. of data items
5000.000 0.000 0.000 0.000 20.000 100.000 0.000
# Function:Zone links
1,1,1,0,2,1,0,0,0,0,0,0,2,2,0,0,2,0,0,1,2,3,2,0,1,0

```

## Ficheiro de configuração de controlos para período curto regulado a 18°C

```

no overall control description supplied
* Building
no zone control description supplied
  3 # No. of functions
* Control function 1
# senses the temperature of the current zone.
  0 0 0 0 # sensor data
# actuates air point of the current zone
  0 0 0 # actuator data
  3 # No. day types using dates of validity
  1 90 # valid Mon-01-Jan - Sat-31-Mar
  1 # No. of periods in day: weekdays
  0 1 0.000 # ctl type, law (basic control), start @
  7. # No. of data items
2000.000 0.000 0.000 0.000 18.000 100.000 0.000
91 304 # valid Sun-01-Apr - Wed-31-Oct
  1 # No. of periods in day: saturday

```

```

0 2 0.000 # ctl type, law (free floating), start @
0. # No. of data items
305 365 # valid Thu-01-Nov - Mon-31-Dec
1 # No. of periods in day: sunday
0 1 0.000 # ctl type, law (basic control), start @
7. # No. of data items
20.000 0.000 0.000 0.000 18.000 100.000 0.000
* Control function 2
# senses the temperature of the current zone.
0 0 0 0 # sensor data
# actuates air point of the current zone
0 0 0 # actuator data
3 # No. day types using dates of validity
1 90 # valid Mon-01-Jan - Sat-31-Mar
1 # No. of periods in day: weekdays
0 1 0.000 # ctl type, law (basic control), start @
7. # No. of data items
3000.000 0.000 0.000 0.000 18.000 100.000 0.000
91 304 # valid Sun-01-Apr - Wed-31-Oct
1 # No. of periods in day: saturday
0 2 0.000 # ctl type, law (free floating), start @
0. # No. of data items
305 365 # valid Thu-01-Nov - Mon-31-Dec
1 # No. of periods in day: sunday
0 1 0.000 # ctl type, law (basic control), start @
7. # No. of data items
3000.000 0.000 0.000 0.000 18.000 100.000 0.000
* Control function 3
# senses the temperature of the current zone.
0 0 0 0 # sensor data
# actuates air point of the current zone
0 0 0 # actuator data
3 # No. day types using dates of validity
1 90 # valid Mon-01-Jan - Sat-31-Mar
1 # No. of periods in day: weekdays
0 1 0.000 # ctl type, law (basic control), start @
7. # No. of data items
5000.000 0.000 0.000 0.000 18.000 100.000 0.000
91 304 # valid Sun-01-Apr - Wed-31-Oct
1 # No. of periods in day: saturday
0 2 0.000 # ctl type, law (free floating), start @
0. # No. of data items
305 365 # valid Thu-01-Nov - Mon-31-Dec
1 # No. of periods in day: sunday
0 1 0.000 # ctl type, law (basic control), start @
7. # No. of data items
5000.000 0.000 0.000 0.000 18.000 100.000 0.000
# Function:Zone links
1,1,1,0,2,1,0,0,0,0,0,0,2,2,0,0,2,0,0,1,2,3,2,0,1,0

```

## Ficheiro de configuração dos controlos para período longo regulado a 18°C

```
no overall control description supplied
* Building
no zone control description supplied
  3 # No. of functions
* Control function 1
# senses the temperature of the current zone.
  0 0 0 0 # sensor data
# actuates air point of the current zone
  0 0 0 # actuator data
  3 # No. day types using dates of validity
  1 90 # valid Mon-01-Jan - Sat-31-Mar
  1 # No. of periods in day: weekdays
  0 1 0.000 # ctl type, law (basic control), start @
  7. # No. of data items
2000.000 0.000 0.000 0.000 18.000 100.000 0.000
  91 304 # valid Sun-01-Apr - Wed-31-Oct
  1 # No. of periods in day: saturday
  0 2 0.000 # ctl type, law (free floating), start @
  0. # No. of data items
305 365 # valid Thu-01-Nov - Mon-31-Dec
  1 # No. of periods in day: sunday
  0 1 0.000 # ctl type, law (basic control), start @
  7. # No. of data items
20.000 0.000 0.000 0.000 18.000 100.000 0.000
* Control function 2
# senses the temperature of the current zone.
  0 0 0 0 # sensor data
# actuates air point of the current zone
  0 0 0 # actuator data
  3 # No. day types using dates of validity
  1 90 # valid Mon-01-Jan - Sat-31-Mar
  1 # No. of periods in day: weekdays
  0 1 0.000 # ctl type, law (basic control), start @
  7. # No. of data items
3000.000 0.000 0.000 0.000 18.000 100.000 0.000
  91 304 # valid Sun-01-Apr - Wed-31-Oct
  1 # No. of periods in day: saturday
  0 2 0.000 # ctl type, law (free floating), start @
  0. # No. of data items
305 365 # valid Thu-01-Nov - Mon-31-Dec
  1 # No. of periods in day: sunday
  0 1 0.000 # ctl type, law (basic control), start @
  7. # No. of data items
3000.000 0.000 0.000 0.000 18.000 100.000 0.000
* Control function 3
# senses the temperature of the current zone.
  0 0 0 0 # sensor data
# actuates air point of the current zone
  0 0 0 # actuator data
  3 # No. day types using dates of validity
  1 90 # valid Mon-01-Jan - Sat-31-Mar
  1 # No. of periods in day: weekdays
  0 1 0.000 # ctl type, law (basic control), start @
  7. # No. of data items
```

```
5000.000 0.000 0.000 0.000 18.000 100.000 0.000
 91 304 # valid Sun-01-Apr - Wed-31-Oct
    1 # No. of periods in day: saturday
    0 2 0.000 # ctl type, law (free floating), start @
    0. # No. of data items
305 365 # valid Thu-01-Nov - Mon-31-Dec
    1 # No. of periods in day: sunday
    0 1 0.000 # ctl type, law (basic control), start @
    7. # No. of data items
5000.000 0.000 0.000 0.000 18.000 100.000 0.000
# Function:Zone links
1,1,1,0,2,1,0,0,0,0,0,0,2,2,0,0,2,0,0,1,2,3,2,0,1,0
```

## Anexo X

### Estatísticas de vento & condições atmosféricas

Estatísticas climáticas para Figueira da Foz, com base em observações feitas entre 01/2011 e 09/2012 diariamente as 7h e 19h, hora local. Estes dados são baseados em observações reais da estação meteorológica na Figueira da Foz.

[https://pt.windfinder.com/windstatistics/figueira\\_da\\_foz](https://pt.windfinder.com/windstatistics/figueira_da_foz) acedido a 5/05/2016

Mês do ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	1-12
Direção dominante do vento	↖	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↖	↘	↖
Probabilidade de vento >= 4 Beaufort (%)	5	9	6	11	13	13	21	11	10	12	12	5	10
Velocidade média do vento (kts)	5	7	6	7	7	7	8	6	7	7	6	5	6
Temp. média do ar. (°C)	12	12	15	16	18	20	19	21	22	20	15	12	16

## Anexo XI

### Equivalente Metabólico

#### Equivalente metabólico

<http://appliedresearch.cancer.gov/atus-met/met.php>

03 Caring for and Helping HH Members	02 Activities Related to HH Children's Education	03 Home schooling of HH children	1.50
03 Caring for and Helping HH Members	02 Activities Related to HH Children's Education	04 Waiting associated with HH children's education	1.30
03 Caring for and Helping HH Members	02 Activities Related to HH Children's Education	99 Activities related to HH children's education, n.e.c.	1.57
03 Caring for and Helping HH Members	03 Activities related to HH Children's Health	01 Providing medical care to HH children	2.50
03 Caring for and Helping HH Members	03 Activities related to HH Children's Health	02 Obtaining medical care for HH children	1.50
03 Caring for and Helping HH Members	03 Activities related to HH Children's Health	03 Waiting associated with HH children's health	1.30
03 Caring for and Helping HH Members	03 Activities related to HH Children's Health	99 Activities related to HH children's health, n.e.c.	2.03
03 Caring for and Helping HH Members	04 Caring for HH Adults	01 Physical care for HH adults	2.89
03 Caring for and Helping HH Members	04 Caring for HH Adults	02 Looking after HH adult (as primary activity)	2.00
03 Caring for and Helping HH Members	04 Caring for HH Adults	03 Providing medical care to HH adult	2.50
03 Caring for and Helping HH Members	04 Caring for HH Adults	04 Obtaining medical and care services for HH adult	1.50
03 Caring for and Helping HH Members	04 Caring for HH Adults	05 Waiting associated with caring for HH adults	1.30

## Anexo XII

### Isolamento Térmico de roupa

#### A New Simpler Method for Estimating the Thermal Insulation of a Clothing Ensemble

B.W. Olesen, Ph.D.

No.	Clothing ensemble	Com- bina- tion	Weight g	$f_{cl}$	$I_{cl}$	
					clo	$m^2 \cdot C/W$
<b>WORK CLOTHING</b>						
434	Underpants 23 Trousers 91, Shirt 70 Socks 254, Shoes 255		1105	1,24	0,75	0,116
429	Underpants 23 Shirt 70, Trousers 91, Jacket 151 Socks 254, Shoes 255	434 151	1803	1,29	0,87	0,135
435	Underpants 23, undershirt 31 Shirt 70, trousers 91 Jacket 151 Socks 254, shoes 244	429 31	1939	1,29	0,98	0,152
423	Underpants 23, Shirt 71, Trousers 92, jacket 152 Socks 254, shoes 255		1708	1,36	0,79	0,122
425	Underpants 23 Shirt 71 Coverall 113 Socks 254, shoes 255		1633	1,36	0,81	0,126
426	Underpants 23 Shirt 71, Trousers 93 Jacket 152 Socks 254, shoes 255		1858	1,30	0,87	0,135
427	Underpants 23 Shirt 70, Trousers 91 Smock 150 Socks 254, shoes 255	434 150	1783	1,38	0,86	0,133
424	Underpants 23 Shirt 71, trousers 92 Smock 154 Socks 254, shoes 255		1645	1,40	0,91	0,141
420	Underpants 23, undershirt 31 Shirt 70, trousers 91 Coverall 112 Socks 254, shoes 255		2573	1,31	1,18	0,183
428	Underpants 23, undershirt 31 Shirt 71, trousers 92 Coverall 113 Socks 254, shoes 255		2538	1,31	1,05	0,163
421	Underpants 23 Shirt 70, trousers 94 Jacket 151, coverall 112 Socks 254, shoes 255		3333	1,40	1,33	0,206
422	Underpants 20 Shirt 71, trousers 93 Jacket 152, coverall 113 Socks 254, shoes 255		2992	1,40	1,25	0,194
471	Underpants 23 Coverall 255 Socks 254, shoes 255		1031	1,25	0,72	0,112
470	Undershirt 33, underpants 26 Coverall 120 Socks 254, shoes 255		1344	1,25	0,84	0,130
480	Underpants 23, undershirt 31 Coverall 120 Socks 254, shoes 255		1210	1,30	0,82	0,127
481	Undershirt 47, underpants 48 Coverall 120 Socks 254, shoes 255		1300	1,30	0,84	0,130
483	Underpants 23, undershirt 31 Shirt 73 Coverall 120 Socks 254, shoes 255		1430	1,30	0,94	0,146
430	Underpants 44 Shirt 73, skirt 61 Jacket 167 Socks 258, shoes 255		976	1,28	0,79	0,122
431	Underpants 44 Shirt 73, trousers 101 Jacket 167 Socks 254, shoes 255		1088	1,26	0,90	0,140

## Anexo XIII

### Especificações Técnicas de Gás Natural

	Magreb (% molar)	LGN** (min.)	Média (máx.)
Peso molecular	18,192	17,646	17,919
Massa volúmica, Kg/m <sup>3</sup>	0,8141	0,7897	0,8019
Densidade relativa	0,6297	0,6107	0,6202
	Kwh/m <sup>3</sup>	Kwh/m <sup>3</sup>	Kwh/m <sup>3</sup>
P.C.I. (Poder Calorífico Superior)	11,8	12	11,9
P.C.S. (Poder Calorífico Inferior)	10,66	10,85	10,755
Índice de Wobbe (sobre PCS)	14,87	15,36	15,115

De acordo com a Especificação M-00000-SPC-MI-0002-Rev6 - Gas Properties da REN Gasodutos.

\*Magreb - gás proveniente do gasoduto argelino

\*\*LNG - gás natural liquefeito transportado por barco (metaneiro)

A composição do GN varia de acordo com a sua proveniência, mistura e qualidade, sendo os valores apresentados médias nacionais usadas para efeitos de comparação.

## Anexo XIV

### Valores máximos e mínimos mensais da temperatura exterior

Temperatura Máxima em s_act												
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
20L	20	22.38	24.49	27.34	29.12	33.92	34.19	34.47	33.34	27.65	23.08	21.34
20C	20	22.38	24.49	26.44	28.79	33.92	34.19	34.47	33.34	27.65	23.07	21.33
18L	18.59	21.73	23.83	26.9	28.89	33.92	34.19	34.47	33.34	27.65	22.69	20.52
18C	18.59	21.73	23.83	26.44	28.79	33.92	34.19	34.47	33.34	27.65	22.69	20.52
18V	18.59	21.73	23.24	26.44	28.79	33.92	34.19	34.47	33.34	27.65	22.42	20.52

Temperatura Mínima em s_act												
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
20L	14.07	15.07	17.51	18.5	10.57	13.87	17.45	17.9	14.2	11.41	16.66	14.71
20C	14.07	15.07	17.51	9.31	10.55	13.87	17.45	17.9	14.2	11.41	16.66	14.71
18L	13.64	14.48	16.84	17.74	10.56	13.87	17.45	17.9	14.2	11.41	16.05	14.22
18C	13.64	14.48	16.84	9.29	10.55	13.87	17.45	17.9	14.2	11.41	16.05	14.21
18V	13.64	14.48	8.27	9.21	10.55	13.87	17.45	17.9	14.2	11.41	9.23	14.22

Temperatura Máxima em s_mu												
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
20L	20	22.33	24.15	26.78	28.31	32.63	33.12	33.06	31.98	26.92	22.69	20.63
20C	20	22.33	24.15	26.25	28.14	32.63	33.12	33.06	31.98	26.92	22.68	20.63
18L	18.72	21.44	23.42	26.45	28.17	32.63	33.12	33.06	31.98	26.92	22.29	19.75
18C	18.72	21.44	23.42	26.25	28.14	32.63	33.12	33.06	31.98	26.92	22.29	19.75
18V	18.72	21.44	23.11	26.25	28.14	32.63	33.12	33.06	31.98	26.92	22.2	19.75

Temperatura Máxima em s_mu												
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
20L	19.63	20	20	20	13.83	16.13	19.48	19.64	15.96	14	17.97	19.92
20C	19.63	20	20	12.09	13.82	16.13	19.48	19.64	15.96	14	17.97	19.92
18L	18	18	18	18	13.82	16.12	19.48	19.64	15.96	14	16.97	18
18C	18	18	18	12	13.82	16.13	19.48	19.64	15.96	14	16.97	18
18V	18	18	11.48	11.84	13.82	16.13	19.48	19.64	15.96	14	11.4	18

Tempetarura Exterior												
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Max	20.05	22.35	26.7	27.7	33.35	36.7	38.65	38.35	37.7	31.4	25.25	21.15
Min	-1.5	-0.7	2.15	3.1	5.65	8.45	10.75	10.3	9.65	5.3	2	-0.55

## Anexo XV – Projeto de aproveitamento solar

Cenário com coletores planos

Coletores Planos	Unidades	Custo
Colector Vaillant VFK145h 2,5m2	2	1 931.10 €
Estrutura fixação p/ 2 painéis	1	233.70 €
Mão de obra + equipamentos diversos		1 931.10 €

<b>Total</b>	<b>4 095.90 €</b>
--------------	-------------------

Coletores Planos	Investimento	4 095.90 €
	Energia Produzida	5290 kWh/ano
	Energia Necessária	6727 kWh/ano
	Inflação	2.00%
	€/kWh Caldeira	0.09 €
	Manutenção	1.00%

Ano	Investimento	Manutenção	Energia produzida	Energia de Apoio	Fluxo
1	-4 095.90 €	43.20 €	497.26 €	128.48 €	-3 770.32 €
2	0.00 €	43.20 €	507.21 €	131.00 €	-3 437.31 €
3	0.00 €	43.20 €	517.15 €	133.52 €	-3 096.88 €
4	0.00 €	43.20 €	527.10 €	136.04 €	-2 749.02 €
5	0.00 €	43.20 €	537.04 €	138.56 €	-2 393.74 €
6	0.00 €	43.20 €	546.99 €	141.08 €	-2 031.03 €
7	0.00 €	43.20 €	556.93 €	143.59 €	-1 660.89 €
8	0.00 €	43.20 €	566.88 €	146.11 €	-1 283.33 €
9	0.00 €	43.20 €	576.82 €	148.63 €	-898.34 €
10	0.00 €	43.20 €	586.77 €	151.15 €	-505.92 €

Ano	Investimento	Manutenção	Energia produzida	Energia de Apoio	Fluxo
11	0.00 €	43.20 €	596.71 €	128.48 €	-80.89 €
12	0.00 €	43.20 €	606.66 €	131.00 €	351.57 €
13	0.00 €	43.20 €	616.60 €	133.52 €	791.45 €
14	0.00 €	43.20 €	626.55 €	136.04 €	1 238.77 €
15	0.00 €	43.20 €	636.49 €	138.56 €	1 693.50 €
16	0.00 €	43.20 €	646.44 €	141.08 €	2 155.66 €
17	0.00 €	43.20 €	656.38 €	143.59 €	2 625.25 €
18	0.00 €	43.20 €	666.33 €	146.11 €	3 102.27 €
19	0.00 €	43.20 €	676.27 €	148.63 €	3 586.71 €
20	0.00 €	43.20 €	686.22 €	151.15 €	4 078.58 €

## Cenário com coletores de tubos de vácuo

Coletor Tubos de Vácuo	Unidades	Custo
Colector 30 tubos, área 2,4m <sup>2</sup>	2	2 160.00 €
estrutura fixação p/ colector de 30 tubos	incluida	0.00 €
Mão de obra + equipamentos diversos		2 160.00 €

<b>Total</b>	<b>4 320.00 €</b>
--------------	-------------------

Coletores Tubo de Vácuo	Investimento	4 320.00 €
	Energia Produzida	5387 kWh/ano
	Energia Necessária	6727 kWh/ano
	Inflacção	2.00%
	€/kWh Caldeira	0.09 €
	Manutenção	1.00%

Ano	Investimento	Manutenção	Energia produzida	Energia de Apoio	Fluxo
1	-4 320.00 €	43.20 €	506.38 €	128.48 €	-3 985.30 €
2	0.00 €	43.20 €	516.51 €	131.00 €	-3 642.99 €
3	0.00 €	43.20 €	526.63 €	133.52 €	-3 293.08 €
4	0.00 €	43.20 €	536.76 €	136.04 €	-2 935.55 €
5	0.00 €	43.20 €	546.89 €	138.56 €	-2 570.42 €
6	0.00 €	43.20 €	557.02 €	141.08 €	-2 197.68 €
7	0.00 €	43.20 €	567.14 €	143.59 €	-1 817.33 €
8	0.00 €	43.20 €	577.27 €	146.11 €	-1 429.38 €
9	0.00 €	43.20 €	587.40 €	148.63 €	-1 033.81 €
10	0.00 €	43.20 €	597.53 €	151.15 €	-630.64 €

Ano	Investimento	Manutenção	Energia produzida	Energia de Apoio	Fluxo
11	0.00 €	43.20 €	506.38 €	128.48 €	-295.94 €
12	0.00 €	43.20 €	516.51 €	131.00 €	46.37 €
13	0.00 €	43.20 €	526.63 €	133.52 €	396.29 €
14	0.00 €	43.20 €	536.76 €	136.04 €	753.81 €
15	0.00 €	43.20 €	546.89 €	138.56 €	1 118.94 €
16	0.00 €	43.20 €	557.02 €	141.08 €	1 491.68 €
17	0.00 €	43.20 €	567.14 €	143.59 €	1 872.03 €
18	0.00 €	43.20 €	577.27 €	146.11 €	2 259.99 €
19	0.00 €	43.20 €	587.40 €	148.63 €	2 655.55 €
20	0.00 €	43.20 €	597.53 €	151.15 €	3 058.73 €

Cenário com coletores planos e reservatório de 500L

Coletores Planos + Reservatório	Unidades	Custo
Colector Vaillant VFK145h 2,5m2	2	1 931.10 €
Estrutura fixação p/ 2 painéis	1	233.70 €
Reservatório 500l Rptex Solaxis SCS 538/16/0-DB	1	2 071.32 €
Mão de obra + equipamentos diversos		1 931.10 €

<b>Total</b>	<b>6 167.22 €</b>
--------------	-------------------

Coletores Planos + Reservatório	Investimento	6 167.22 €
	Energia Produzida	5511 kWh/ano
	Energia Necessária	6727 kWh/ano
	Inflação	2.00%
	€/kWh Caldeira	0.09 €
	Manutenção	1.00%

Ano	Investimento	Manutenção	Energia produzida	Energia de Apoio	Fluxo
1	-6 167.22 €	63.91 €	518.03 €	104.03 €	-5 817.13 €
2	0.00 €	63.91 €	528.39 €	106.07 €	-5 458.72 €
3	0.00 €	63.91 €	538.76 €	108.11 €	-5 091.98 €
4	0.00 €	63.91 €	549.12 €	110.15 €	-4 716.93 €
5	0.00 €	63.91 €	559.48 €	112.19 €	-4 333.56 €
6	0.00 €	63.91 €	569.84 €	114.23 €	-3 941.86 €
7	0.00 €	63.91 €	580.20 €	116.27 €	-3 541.84 €
8	0.00 €	63.91 €	590.56 €	118.31 €	-3 133.51 €
9	0.00 €	63.91 €	600.92 €	120.35 €	-2 716.85 €
10	0.00 €	63.91 €	611.28 €	122.39 €	-2 291.87 €

Ano	Investimento	Manutenção	Energia produzida	Energia de Apoio	Fluxo
11	0.00 €	63.91 €	621.64 €	104.03 €	-1 838.17 €
12	0.00 €	63.91 €	632.00 €	106.07 €	-1 376.15 €
13	0.00 €	63.91 €	642.36 €	108.11 €	-905.81 €
14	0.00 €	63.91 €	652.72 €	110.15 €	-427.15 €
15	0.00 €	63.91 €	663.08 €	112.19 €	59.83 €
16	0.00 €	63.91 €	673.44 €	114.23 €	555.13 €
17	0.00 €	63.91 €	683.80 €	116.27 €	1 058.75 €
18	0.00 €	63.91 €	694.17 €	118.31 €	1 570.70 €
19	0.00 €	63.91 €	704.53 €	120.35 €	2 090.96 €
20	0.00 €	63.91 €	714.89 €	122.39 €	2 619.55 €

Cenário com coletores de tubos de vácuo e reservatório de 500L

Coletores de tubos de vácuo + Reservatório	Unidades	Custo
Colector 30 tubos, área 2,4m2	2	2 160.00 €
estrutura fixação p/ colector de 30 tubos	incluida	0.00 €
Reservatório 500l Rptex Solasis SCS 538/16/0-DB	1	2 071.32 €
Mão de obra + equipamentos diversos		2 160.00 €

<b>Total</b>	<b>6 391.32 €</b>
--------------	-------------------

Coletores TV + Reservatório	Investimento	6 391.32 €
	Energia Produzida	5642 kWh/ano
	Energia Necessária	6727 kWh/ano
	Inflação	2.00%
	€/kWh Caldeira	0.09 €
	Manutenção	1.00%

Ano	Investimento	Manutenção	Energia produzida	Energia de Apoio	Fluxo
1	-6 391.32 €	63.91 €	530.35 €	104.03 €	-6 028.92 €
2	0.00 €	63.91 €	540.95 €	106.07 €	-5 657.94 €
3	0.00 €	63.91 €	551.56 €	108.11 €	-5 278.40 €
4	0.00 €	63.91 €	562.17 €	110.15 €	-4 890.30 €
5	0.00 €	63.91 €	572.78 €	112.19 €	-4 493.62 €
6	0.00 €	63.91 €	583.38 €	114.23 €	-4 088.38 €
7	0.00 €	63.91 €	593.99 €	116.27 €	-3 674.57 €
8	0.00 €	63.91 €	604.60 €	118.31 €	-3 252.20 €
9	0.00 €	63.91 €	615.20 €	120.35 €	-2 821.26 €
10	0.00 €	63.91 €	625.81 €	122.39 €	-2 381.75 €

Ano	Investimento	Manutenção	Energia produzida	Energia de Apoio	Fluxo
11	0.00 €	63.91 €	636.42 €	104.03 €	-1 913.27 €
12	0.00 €	63.91 €	647.02 €	106.07 €	-1 436.23 €
13	0.00 €	63.91 €	657.63 €	108.11 €	-950.62 €
14	0.00 €	63.91 €	668.24 €	110.15 €	-456.45 €
15	0.00 €	63.91 €	678.85 €	112.19 €	46.30 €
16	0.00 €	63.91 €	689.45 €	114.23 €	557.61 €
17	0.00 €	63.91 €	700.06 €	116.27 €	1 077.48 €
18	0.00 €	63.91 €	710.67 €	118.31 €	1 605.93 €
19	0.00 €	63.91 €	721.27 €	120.35 €	2 142.94 €
20	0.00 €	63.91 €	731.88 €	122.39 €	2 688.52 €