



Eficiência Energética de um Edifício de Serviços

Sónia Raquel Lopes da luz

Relatório Final do Trabalho de Projecto apresentado à

Escola Superior de Tecnologia e Gestão

Instituto Politécnico de Bragança

Para obtenção do grau de Mestre em

Energias Renováveis e Eficiência Energética

Orientador:

Professora Doutora Débora Ferreira

Setembro 2010

Agradecimentos

Foram vários os que contribuíram para que fosse possível realizar este projecto e a quem quero expressar os meus agradecimentos.

Em primeiro lugar quero agradecer à minha orientadora, Professora Doutora Débora Ferreira, pela forma como contribui e me acompanhou.

Agradeço também aos meus amigos, que sempre me apoiaram nos piores e melhores momentos.

Um agradecimento especial ao António Miranda pelo afecto e por todo o apoio que me deu.

E por último, e mais importante, aos meus pais pela motivação que sempre me deram e por nunca me deixarem desanimar.

Resumo

No presente trabalho é realizado o estudo da eficiência energética e da classificação energética de um edifício de serviços inserido no campus do Instituto Politécnico de Bragança.

Foram referidos aspectos construtivos que influenciam a eficiência energética de um edifício, desde a sua implementação até à sua construção. Com uma boa utilização dos materiais podemos ter uma casa mais eficiente e com menos custos na energia.

Faz parte deste trabalho a apresentação de um conjunto de medidas que permitem melhorar a eficiência energética do edifício em estudo e assim obter uma classificação energética mais elevada do que a actual.

Palavras-chave: Eficiência Energética, Aspectos Construtivos.

Abstract

In the present work is performed the study of the energy efficiency and the energetic classification of the services building inserted in the campus of Polytechnic Institute of Bragança.

Some constructive aspects that influence the energy efficiency of a building were reported, since its implementation to its construction. With a good use of the materials we can have a more efficient house with less cost in energy.

Part of this work is to present a set of measures for improving the energy efficiency of the building under study and thereby obtain an energy rating higher than the current one.

Keywords: Energy Efficiency, Constructive Aspects.

Índice

Capítulo 1	13
Introdução	13
1.1-Considerações iniciais.....	13
1.2-Objectivos da tese	16
1.3- Estrutura do relatório	16
Capitulo 2	18
Eficiência energética: Aspectos construtivos de edifícios	18
2.1- Aspectos a considerar na concepção de edifícios	18
2.1.1-Localização.....	19
2.1.2- Orientação de um Edifício.....	23
2.1.3- Forma	25
2.2 - Características da construção	25
2.2.1- Características da envolvente exterior.....	26
2.2.2- Isolamento das paredes exteriores.....	27
2.2.3 - Isolamento pelo exterior.....	27
2.2.4 - Isolamento colocado na caixa-de-ar	27
2.3- Coberturas	28
2.3.1- Cobertura horizontal.....	28
2.3.2- Coberturas inclinadas	28
2.4 – Pavimentos	29
2.5 - Envidraçados.....	29
2.6 - Protecções Solares	30
2.6.1- Sombreamentos exteriores	30
2.7 - Ventilação	31
2.7.1 - Ventilação natural	32
2.7.2 - Ventilação forçada ou mecânica	33
2.8 - Cor dos revestimentos.....	33
Capitulo 3	35
Caracterização do edifício de serviços.....	35
3.1-Descrição do edifício	35
3.2-Caracterização construtiva do edifício.....	35

3.3-Comportamento térmico do edifício	36
3.3.1- Pressupostos Justificativos	36
3.3.2 – Índices a Quantificar:.....	37
3.3.3 – Parâmetros a Quantificar:	37
3.4 – Documentos Analisados e Informação Técnica Apresentada:	37
3.5- Descrição da situação em análise.....	38
3.5.1 – Utilização Prevista para o edifício de serviços.....	38
3.5.2 – Envolvente do edifício de serviços	38
3.6 – Disposições legais e critérios exigências	38
3.6.1 – Enquadramento Legal do Projecto	38
3.7– Princípios e metodologias de cálculo	39
3.7.1 – Requisitos Mínimos de Qualidade Térmica dos Edifícios	39
3.7.2- Limitação das Necessidades Nominais de Energia Útil para Aquecimento (Ni)	39
3.7.3 – Limitação das Necessidades Nominais de Energia Útil para Arrefecimento (Nv)	40
3.7.4 - Limitação das Necessidades Nominais de Energia Útil para Produção Água Quente Sanitária (Na)	42
3.7.5. – Necessidades Globais de Energia Primária (Nt).....	43
3.8 – Soluções construtivas/ parâmetros considerados	45
3.8.1 – Dados Climáticos e Outros	45
3.8.2 – Envolvente opaca exterior	46
3.8.2.1 – Paredes Exteriores.....	46
3.8.2.2 – Pontes Térmicas Planas	47
3.8.2.3 – Portas Exteriores	48
3.8.2.4 – Pavimentos em contacto com espaços aquecidos	49
3.8.2.5 – Pontes Térmicas Lineares	49
3.8.3 – Envolvente Opaca Interior.....	50
3.8.3.1 – Paredes em Contacto com Espaços Não úteis ou Edifícios Adjacentes	50
3.8.3.2 - Cálculo do coeficiente de Redução de Perdas Para Espaços Não úteis	50
3.8.3.3 – Pavimentos sobre Espaços Não úteis.....	51
3.8.3.4 – Cobertura	51
3.8.3.5 – Vãos Envidraçados em Contacto com Espaços Não-úteis.....	52

3.8.4 - Coeficientes de transmissão térmica linear – ψ	52
3.8.4.1 – Ligação da fachada com pavimentos térreos	52
3.8.4.2 – Ligação da fachada com pavimentos exteriores ou não aquecidos ..	52
3.8.4.3 – Ligação da fachada com pavimentos intermédios	52
3.8.4.4 – Ligação da fachada com cobertura inclinada ou terraço.....	52
3.8.4.5 – Ligação da fachada com varanda.....	52
3.8.4.6 – Ligação de duas paredes verticais.....	53
3.8.4.7 – Ligação da fachada com caixa de estore.....	53
3.8.4.8 – Ligação da fachada em contacto com padeira, ombreira ou peitoril.	53
3.8.5 – Vãos Envidraçados Exteriores.....	53
3.8.5.1 – Verticais	53
3.8.5.2- Horizontais	54
3.8.6 – Inércia Térmica.....	54
3.8.7 – Factor de Forma.....	55
3.8.8 – Ventilação	55
3.8.9 – Descrição do Sistema de Aquecimento	56
3.8.10 – Descrição do Sistema de Arrefecimento	56
3.8.11 – Descrição do Sistema de Preparação de Águas Quentes Sanitárias	56
3.9- Verificação das disposições regulamentares.....	56
3.9.1 – Verificação dos Requisitos Mínimos.....	56
3.9.1.1 – Coeficientes de Transmissão Térmica Máximos	56
3.9.1.2 – Factores Solares dos envidraçados – Situação de Verão	56
3.9.2 – Necessidades Nominais de Energia para Aquecimento, Arrefecimento, para a Produção de AQS e Necessidades Globais de Energia Primária.....	57
3.10- Classificação do edifício	57
3.11 – Conclusões	58
Capítulo 4	59
Pontes Térmicas	59
4.1- Introdução	59
4.1.1- Razões para a ocorrência de pontes térmicas	59
4.1.2- Tipos de pontes térmicas	60
4.1.3- Consequências das pontes térmicas	62
4.1.4- Correção das pontes térmicas	62
Capítulo 5	64

Solução adoptada para melhorar o desempenho energético do edifício	64
5.1- Imposições regulamentares	64
5.2- Princípio de funcionamento dos painéis solares térmicos para aquecimento de águas quentes sanitárias	65
5.3- Descrição do sistema solar térmico para preparação de águas quentes sanitárias do edifício em estudo	66
5.4- Dimensionamento dos painéis solares através do programa SOLTERM.....	67
Capítulo 6	79
Outras propostas de melhoria nos consumos energéticos do edifício	79
6.1 - Iluminação.....	79
6.1.1-Eficiencia energética na iluminação.....	79
6.1.2- Lâmpadas utilizadas no edifício de serviços	79
6.1.3- Balastros	81
6.2- Painéis solares fotovoltaicos	81
6.2.1- Painéis solares fotovoltaicos: produção de energia eléctrica	81
6.2.2- Enquadramento Legal	82
6.2.3- Remuneração	82
6.2.4 - Constituição de um painel solar fotovoltaico.....	83
6.2.5 - Dimensionamento dos paineis fotovoltaicos para o edificio de serviços.	84
6.3- Eficiencia do combustivel utilizado para o aquecimento	92
6.3.1- Gás utilizado para o aquecimento:gás natural.....	92
6.3.2- Alternativas para uma melhor eficiência no sistema de apoio	92
6.4 - Colocação de vegetação	93
6.5 - Colocação de palas verticais	94
Capítulo 7	95
Conclusões	95
Referências	96

Índice de Figuras

Figura 1 - Pormenores de escolha do melhor local para construir	19
Figura 2 - Zonas climáticas de Portugal de Inverno e Verão	21
Figura 3 - Vento e rugosidade do terreno	23
Figura 4 - Esquema da radiação solar incidente nas fachadas de um edifício no Inverno e no Verão.....	24
Figura 5 - Algumas regras a ter em conta na forma do edifício	25
Figura 6 - Isolamento de pavimentos	29
Figura 7 - Ventilação natural	33
Figura 8 - Exemplos de situações de pontes térmicas mais comuns em fachadas	60
Figura 9 - Ponte térmica linear	61
Figura 10 - Talão de viga.....	60
Figura 11 - Caixa de estore.....	61
Figura 12 - Isolamento térmico pelo exterior	63
Figura 13 - Correção de uma ponte térmica na zona de um pilar e viga com recurso a poliestireno extrudido	63
Figura 14 - Esquema do princípio de funcionamento de um sistema solar térmico.....	65
Figura 15 - Características técnicas do painel	68
Figura 16 - Definição do clima e local.	69
Figura 17 - Detalhes do local.....	70
Figura 18 - Configuração de um sistema solar térmico.....	71
Figura 19 - Características do depósito e do permutador.	72
Figura 20 - Características do sistema de apoio.	73
Figura 21 - Características do consumo.	74
Figura 22 - Consumo de águas quentes sanitárias.....	75
Figura 23 - Análise energética.....	76
Figura 24 - Benefícios ambientais.....	77
Figura 25 - Características básicas de cada tipo de lâmpadas	80
Figura 26 - Constituição das lâmpadas fluorescentes.....	80
Figura 27 - Desagregação da energia consumida por uma lâmpada fluorescente.....	80
Figura 28 - Constituição de um sistema fotovoltaico	83
Figura 29 - Características técnicas do inversor para os painéis fotovoltaicos	85

Figura 30 - Inversor utilizado	85
Figura 31 - Características do módulo fotovoltaico	86
Figura 32 - Módulo Kyocera KD 235 GH -2PB	87
Figura 33 - Dados para estimação de produção de energia.	90
Figura 34 - Exemplo de sombreamento com uma árvore de folha de caduca no Inverno (à esquerda) e no Verão (à direita)	94
Figura 35 - Incidência solar sobre pala vertical.....	94

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Dados climáticos e outros	45
Tabela 2 - Dados paredes exteriores.....	46
Tabela 3 - Dados pontes térmicas planas.....	48
Tabela 4 - Dados portas exteriores	48
Tabela 5 - Dados pavimentos em contacto com espaços aquecidos.....	49
Tabela 6 - Dados pontes térmicas lineares	49
Tabela 7 - Cálculo do coeficiente de Redução de Perdas Para Espaços Não úteis	50
Tabela 8 - Dados pavimentos sobre espaços não úteis.....	51
Tabela 9 - Dados cobertura.....	51
Tabela 10 - Dados envidraçados.....	54
Tabela 11 - Dados ventilação	55

Lista de abreviações

RSECE	Regulamento dos Sistemas Energéticos e Climatização em Edifícios
RCCTE	Regulamento das características do Comportamento Térmico dos Edifícios
SCE	Sistema de Certificação de Edifícios
AVAC	Aquecimento, ventilação e ar condicionado
ONG	Governos e Organizações Não Governamentais
URE	Utilização Racional da Energia
EPS	Poliestireno Expandido
XPS	Poliestireno Extrudido
PUR	Espuma de Poliuretano
COP	Coefficient of performance
ADEN	Agência para a Energia
PVC	Policloreto de vinilo
AQS	Águas Quentes Sanitárias
DGGE	Direcção Geral de Energia e Geologia
V _{OC}	Tensão em circuito aberto
IMPP	Corrente no ponto de potência máxima
VMPP	Tensão no ponto de potência máxima
VDC	Tensão máxima de entrada
PV	Painéis fotovoltaicos

Capítulo 1

Introdução

Nestes capítulos vão ser abordados temas relativos à eficiência energética referente ao edifício de serviços do Centro Académico dos Serviços de Acção Social inserido no campus do Instituto Politécnico de Bragança, sito na Quinta Sta. Apolónia em Bragança, tais como soluções a adoptar para o seu melhor desempenho energético.

1.1-Considerações iniciais

A utilização eficiente da energia e a conseqüente poupança nos custos, são nos dias de hoje, uma preocupação constante não só dos governos e das entidades oficiais como também da população em geral. Cada vez mais as pessoas são afectadas pelo aumento das facturas de energia não só em suas casas mas também nas empresas.

O consumo de energia em Portugal tem aumentado significativamente nos últimos anos como reflexo do desenvolvimento socio-económico verificado. Este aumento é marcadamente visível na área dos edifícios. Esta realidade é indicativa da necessidade de actuação nesta área, demonstrando que os edifícios representam um ponto fulcral de trabalho, tendo em vista a redução de consumos de energia.

Todos estes consumos energéticos nos edifícios, colocam este sector como o segundo responsável em termos das emissões de gases de efeito de estufa, quer pela razão energética quer pela razão ambiental. [1]

Os edifícios em Portugal representam cerca de 30% dos consumos globais do País e cerca de 60% do consumo eléctrico. Estes valores ainda que inferiores á média Europeia (40%), tem tendência a aumentarem pela procura de melhores condições de conforto térmico nos edifícios e também pelo aumento de equipamentos domésticos, muito deles de fraca Eficiência Energética. [2]

Em Portugal o sector doméstico representa cerca de 13% do consumo energético total, apesar de este valor ser relativamente baixo, comparativamente com a média Europeia (25%). Verificou-se na última década um crescimento significativo do consumo de energia no sector doméstico que ronda os 3% por ano. [3]

Na última década o sector dos edifícios de serviços foi um dos que mais cresceu em consumos energéticos, cerca de 7,1%. Este sector é um dos principais responsáveis pelo acentuado crescimento do consumo em energia eléctrica. [3]

O que é a eficiência energética?

A eficiência energética pode ser definida como a optimização que podemos fazer no consumo de energia no dia-a-dia nas nossas casas, bem como no nosso local de trabalho.

A eficiência energética pressupõe a implementação de estratégias e medidas para combater o desperdício de energia ao longo do processo de transformação: desde que a energia é transformada e, mais tarde, quando é utilizada pelo consumidor. A eficiência energética acompanha todo o processo de produção, distribuição e utilização da energia. Na sua transformação, parte da energia perde-se, havendo desperdício desta para o meio ambiente o que é prejudicial.

Sendo a energia um bem vital para a economia, este tema faz parte da agenda política de vários países o que faz suscitar uma crescente inquietação nas comunidades. Para fazer face a isso tem-se feito iniciativas para a promoção da eficiência energética. Empresas, Governos e Organizações Não Governamentais (ONG) por todo o mundo têm investido fortemente na melhoria dos processos e na pesquisa de novas tecnologias energéticas, tais como, energia eólica, energia solar térmica e energia solar fotovoltaica, mais eficientes e amigas do ambiente, bem como no aproveitamento das energias renováveis. [4]

Durante o consumo de energia, ou seja, durante a sua utilização também ocorre desperdícios de energia. Nesta fase, a eficiência energética é frequentemente associada ao termo "Utilização Racional da Energia" (URE), que pressupõe a adopção de medidas

que permitem uma melhor utilização da energia, tanto no sector doméstico, como no sector de serviços e indústria. Através da escolha da aquisição e utilização de equipamentos adequados, é possível alcançar significativas poupanças de energia e manter o conforto. Enquanto a eficiência energética durante a transformação da energia depende apenas de um número restrito de actores, nesta fase, depende de todos nós.

A eficiência energética nos edifícios, está relacionada directamente com a Utilização Racional da Energia (URE), quer no sector doméstico como no sector de serviços. [4]

Os consumos energéticos globais do sector doméstico em termos de energia final revelam, o seguinte: 50% dos consumos na confecção de alimentos e nos aquecimentos das águas sanitárias (AQS); 25% em iluminação e electrodomésticos e os restantes 25% em aquecimento e arrefecimento. O peso mais significativo dos consumos é no aquecimento das AQS, assim como os consumos com base em energia eléctrica, logo a necessidade de actuar nestas duas vertentes com medidas de URE. O ramo da climatização representa apenas 25%, com uma taxa de crescimento elevada, devido a maior exigência no conforto térmico. O aquecimento e arrefecimento representam uma terceira vertente de intervenção, a qual deverá ser assegurada através do RSECE. [4]

Os edifícios mais significativos em termos de consumidores de energia são: os restaurantes, hotéis, hipermercados, supermercados, piscinas, hospitais e escritórios.

Quando se fala na gestão de energia em edifícios, esta deve ser orientada não só à gestão do consumo e à promoção de equipamentos eficientes mas também à própria análise das características térmicas do edifício. Estas características são, resultado da sua localização, da construção e da envolvente do edifício, que influenciarão em grande parte as necessidades de utilização de energia. Cada vez mais é importante uma avaliação da componente térmica ainda no desenvolvimento dos projectos de construção, adoptando os edifícios de estruturas minimizadoras de consumo de energia durante a sua vida útil. Numa fase de projecto podem ser incluídas medidas que possibilitam uma melhor gestão na energia. A inserção da gestão de energia numa fase de projecto permite conceber edifícios com melhor desempenho energético e escolher sistemas e equipamentos mais eficientes. O conforto térmico deve constituir uma

prioridade no desenvolvimento do projecto de construção de um edifício, tendo em consideração a minimização das necessidades energéticas.

Para impulsionar e estimular a eficiência energética dos edifícios, assim como para clarificar os utilizadores, têm sido criados, em Portugal, diferentes decretos-lei e documentos tais como o RCCTE (Regulamento das Características do Comportamento Térmico dos Edifícios) e RSECE (Regulamento dos Sistemas Energéticos e de Climatização em Edifícios) que regulamentam e determinam a melhoria das condições do conforto térmico e da qualidade do ar interior com gastos reduzidos de energia. Através de ferramentas como a certificação energética para habitação, sabe-se exactamente como se comportam os edifícios em que vamos viver. [5]

1.2-Objectivos da tese

A eficiência energética é um tema que tem sido muito debatido nos dias de hoje devido á elevada factura da energia. Tendo em conta o contexto português e europeu, no que se refere à eficiência energética de edifícios, torna-se necessário tomar medidas que reduzam as facturas da energia dos edifícios.

O objectivo principal deste relatório consiste no estudo da eficiência energética do edifício do Centro Académico dos Serviços de Acção Social inserido no campus do Instituto Politécnico de Bragança, e propor medidas para chegar a uma classe energética mais elevada. O cálculo da eficiência energética é seguida pelo Regulamento das Características do Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE), de forma a testar a aproximação à situação real que se consegue obter seguindo esta metodologia de verificação do comportamento térmico dos edifícios. O edifício em estudo é recente, tem cerca de dois anos, mas existem falhas a nível da gestão da energia.

1.3- Estrutura do relatório

O presente trabalho para além da introdução é constituído por mais seis capítulos. No segundo capítulo é abordado o tema da eficiência energética em edifícios em relação aos seus aspectos construtivos. No terceiro capítulo temos uma descrição das características do edifício em estudo. É apresentado todo o procedimento de cálculo da

eficiência energética do edifício. No quarto capítulo é apresentada uma abordagem às pontes térmicas e o tipo de pontes térmicas existentes em edifícios. No quinto capítulo é apresentada uma solução para um melhor desempenho energético do edifício, e cálculos efectuados. No sexto capítulo são apresentadas outras propostas de melhoria nos consumos energéticos do edifício. No sétimo capítulo são apresentadas as conclusões e as perspectivas futuras da eficiência energética.

Capítulo 2

Eficiência energética: Aspectos construtivos de edifícios

Com o aparecimento de novos regulamentos, o SCE e o RSECE foram impostas novas regras e medidas de eficiência energética em projectos de novos edifícios.

A avaliação da componente térmica ainda no desenvolvimento dos projectos de construção, constitui uma mais-valia para o consumo de energia dos edifícios, dotando-o de estruturas minimizadoras de consumo de energia durante a sua vida útil.

A inserção da gestão de energia numa fase de projecto permite executar edifícios com melhor desempenho energético e escolher sistemas e equipamentos mais eficientes.

No desenvolvimento de um projecto para a construção de um edifício o conforto térmico constitui uma prioridade, tendo em consideração a minimização das necessidades energéticas. [5]

2.1- Aspectos a considerar na concepção de edifícios

Na construção de um edifício eficiente é importante conhecer o clima e as características onde o edifício será implementado. Após isso, é possível definir quais as estratégias construtivas e arquitectónicas que devem ser utilizadas para tirar o máximo proveito dos recursos naturais disponíveis para as necessidades dos usuários.

Num edifício, quando se analisa a possibilidade de incluir medidas de eficiência energética, deve-se estar atento às seguintes características: a localização, orientação, forma (relação área/volume), isolamento térmico nos elementos opacos da envolvente, desempenho térmico de vãos envidraçados, protecções solares adequadas nos vãos envidraçados, controlo da ventilação e cor dos revestimentos.

2.1.1-Localização

A localização de um edifício influencia o projecto de construção de modo a satisfazer as necessidades de conforto dos ocupantes. O Regulamento de Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE) apresenta as estratégias mais adequadas para cada região nacional (identificadas em zonas climáticas), que contribuem significativamente para a melhoria do desempenho global dos edifícios.

Para a escolha da construção de um novo edifício há vários aspectos ambientais que têm que se ter em atenção, tais como:

- Radiação solar;
- Humidade;
- Ventos predominantes.

Na figura 1 temos uma relação entre os diferentes aspectos ambientais, a ter em conta na construção de um edifício.

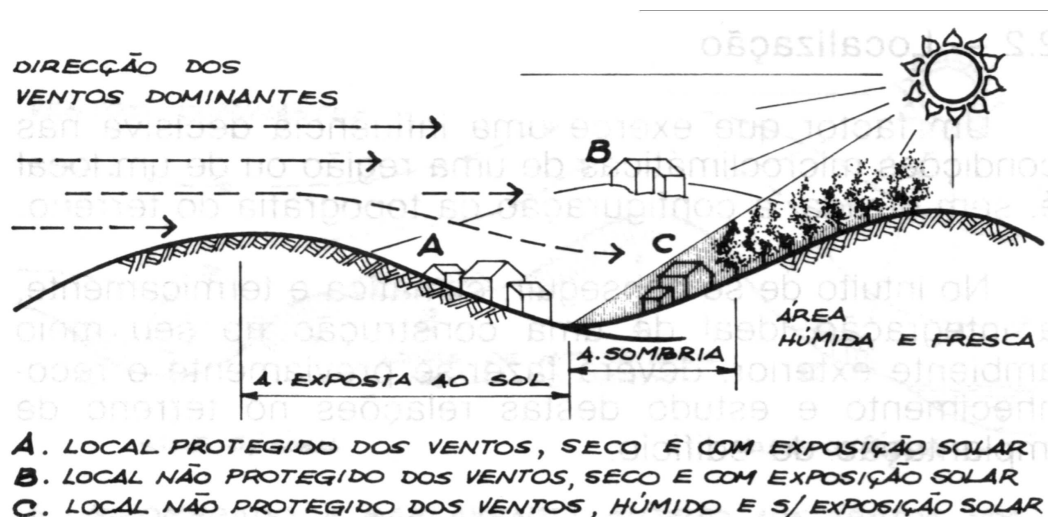


Figura 1 - Pormenores de escolha do melhor local para construir. [6]

Radiação solar

A radiação solar fornece energia, à Terra, na forma de luz e calor. Essa energia tanto pode ser aproveitada de modo directo, como pode ser utilizada através de equipamentos para atender diferentes necessidades, como, por exemplo, a geração de energia eléctrica. [7]

A principal utilização da radiação solar directa em edifícios é para o fornecimento de luz ao ambiente interno, apesar de, em alguns casos, ser utilizada também para aquecimento. A componente térmica da radiação solar é importante, pois esse aproveitamento pode garantir o máximo de luminosidade dentro dos edifícios. Para se aproveitar o máximo de luminosidade dentro dos edifícios deve-se ter em conta vários factores, tais como: o clima onde será construído o edifício, as características do meio ambiente que o rodeia, vegetação, relevo, tipo de solo, edificações existentes; a tipologia arquitectónica a ser utilizada, o posicionamento da edificação em relação ao movimento do sol, o material utilizado nas fachadas; dimensionamento e posicionamento adequado das aberturas, entre outros. Estes factores contribuem para que se obtenha o conforto térmico na edificação. Durante o projecto é importante combiná-los de forma a garantir as condições adequadas no interior do edifício e no meio ambiente. [7]

O País está dividido em três zonas climáticas de Inverno (I_1 , I_2 e I_3) (figura 2a) e em três zonas climáticas de Verão (V_1 , V_2 e V_3) (figura 2b). Para se ter uma ideia das condições climáticas do nosso país temos na figura 2a o mapa climático de inverno e na figura 2b o mapa climático de Verão. [8]



Figura 2a - Zonas climáticas de Portugal de Inverno.

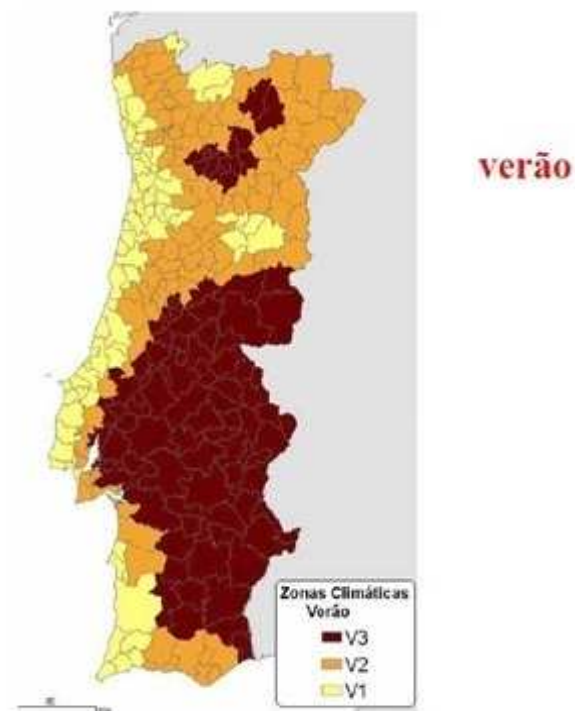


Figura 3b - Zonas climáticas de Portugal de Verão.

As zonas classificadas como I1 correspondem a locais com menores necessidades de aquecimento no Inverno, as zonas I3 terão necessidades mais elevadas. Da mesma

forma, no Verão, as zonas V3 terão maiores necessidades de arrefecimento do que as regiões V1. [8]

Humidade

O vapor de água é um dos componentes da atmosfera terrestre e a sua concentração na atmosfera pode ser medida pela humidade relativa do ar. A humidade relativa do ar é medida a partir de um referencial, esse referencial é a máxima quantidade de vapor de água contida no ar, numa determinada temperatura. O valor da humidade do ar numa região é fornecido através desse referencial. A humidade relativa promove atenuação da radiação solar e tende a aumentar quando há diminuição da temperatura, e a diminuir quando há aumento da temperatura. [9]

Nos edifícios a humidade do ar pode ser modificada pela presença de água ou vegetação. As massas de água evaporam sob a acção do sol. Para altos valores de humidade relativa é mais difícil evaporar o suor do corpo, aumentando, assim, a sensação de desconforto térmico nos ambientes, motivo pelo qual deve-se utilizar esses elementos de forma equilibrada. [9]

Ventos

Os ventos são as massas de ar em movimento. Esse movimento é resultado do aquecimento diferente da atmosfera sob o efeito da radiação solar, de modo que a ocorrência dos ventos muda conforme a região do globo terrestre. É possível conhecer as características de ocorrência de ventos em determinado local com o auxílio de um diagrama tipo rosa-dos-ventos, o qual representa as direcções dominantes para a ocorrência dos ventos naquele local, podendo assim o arquitecto conhecer as probabilidades de ocorrência de vento para as principais orientações e a sua velocidade. Os ventos podem ter sua velocidade e direcção alteradas por obstáculos naturais ou artificiais (vegetação, edificações, relevo) existentes na superfície. Nos centros urbanos, normalmente, a velocidade do vento é menor que em áreas abertas (campo) pela existência mais concentrada de obstáculos, o que provoca também maior turbulência devido às alterações na direcção do vento próximo à superfície. A velocidade dos ventos

também aumenta à medida que a altitude aumenta, e também varia conforme a época do ano (figura 3). [9]

Os ventos não só promovem a renovação do ar dentro das edificações, mas também contribuem para a obtenção de conforto térmico, pois reduzem os efeitos da temperatura sobre o corpo humano e contribuem para a redução da humidade do ar. Entretanto, conforme as características climáticas do local, os ventos que ocorrem podem ser adequados ou não para a obtenção do conforto térmico. Em climas quentes e húmidos, por exemplo, a ocorrência de ventos minimiza o desconforto causado pela temperatura e humidade do ar no local. Por outro lado, em clima muito seco e/ou muito quente, pode ser necessário o uso de estratégias intermediárias para tornar os ventos adequados para o aproveitamento passivo em edificações, como, por exemplo, o aumento da humidade do ar. [9]

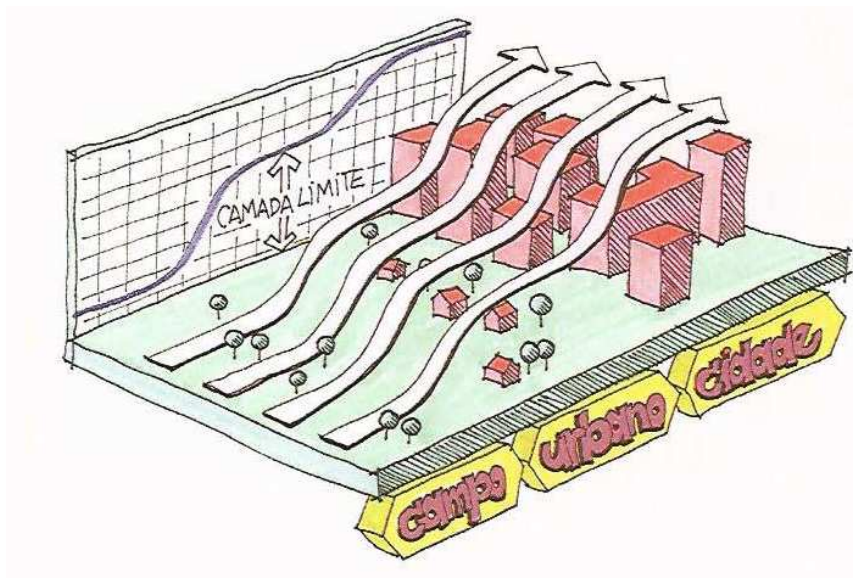


Figura 4 - Vento e rugosidade do terreno. [9]

2.1.2- Orientação de um Edifício

Na concepção de um edifício a orientação é um parâmetro que depende de diversos factores tais como a própria topografia do terreno, o traçado dos arruamentos e a arquitectura envolvente. É importante pensarmos na questão da orientação sobretudo quando estamos a pensar comprar ou alugar uma casa, mas é igualmente importante quando queremos construir e estamos limitados ao espaço existente. Existem maneiras

simples de melhorar a orientação, por exemplo, aumentando o tamanho das janelas ou dar outro uso aos espaços interiores existentes consoante a orientação dos mesmos.

Um edifício bem orientado pode receber uma grande incidência de calor no inverno evitar a entrada de calor no verão. Em Portugal, a maioria das fachadas deverá estar viradas a sul mas devidamente protegidas para evitar a entrada de sol no verão. O alçado norte deve ter o mínimo de janelas, para evitar a saída do calor no inverno. A disposição interna das divisões deve ser pensada em função da orientação solar. [10]

Orientação do sol

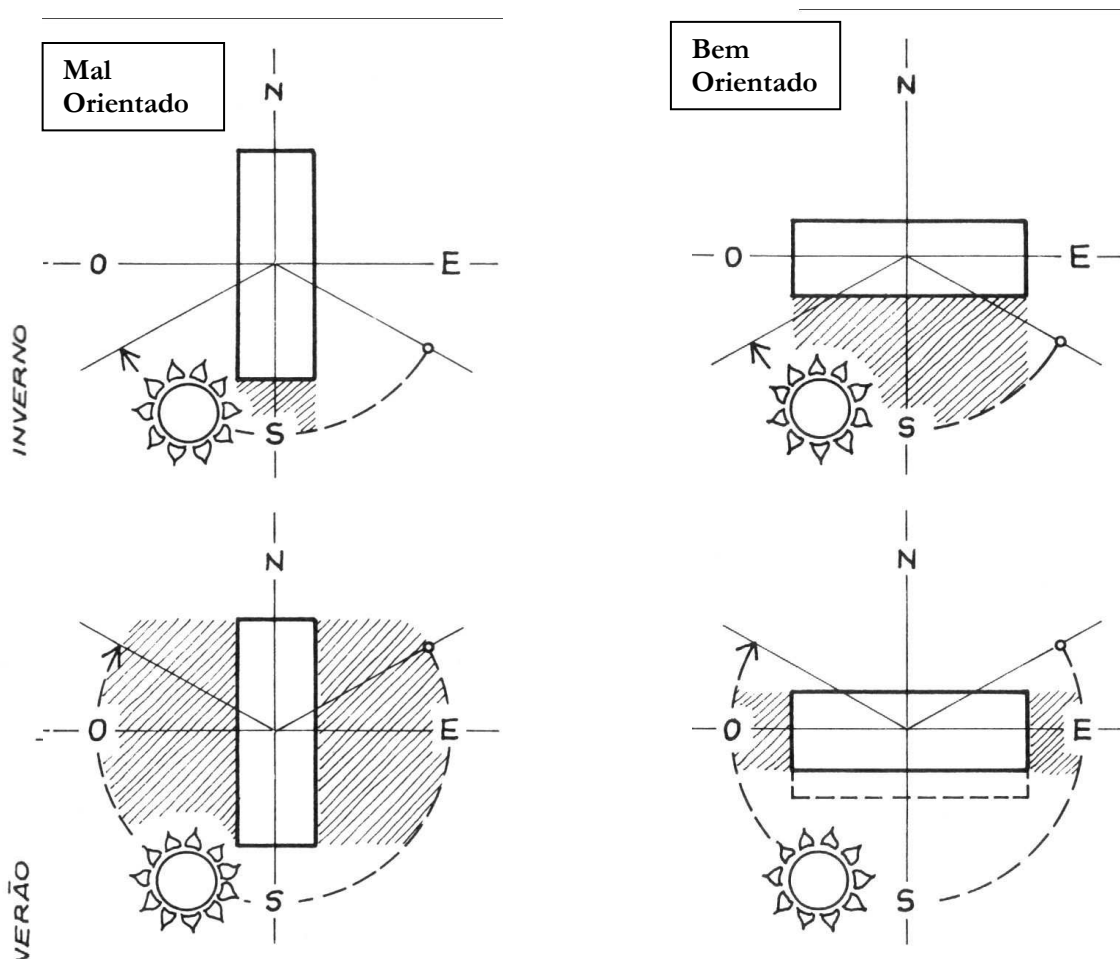


Figura 5 - Esquema da radiação solar incidente nas fachadas de um edifício no Inverno e no Verão. [6]

2.1.3- Forma

A forma de um edifício tem um forte impacto na sua eficiência energética, é importante pois influencia a superfície de contacto edifício/externo estando naturalmente relacionada com as perdas e ganhos de calor. Assim, quanto mais compacto o edifício for, melhor é, como se pode ver na figura seguinte. [6]

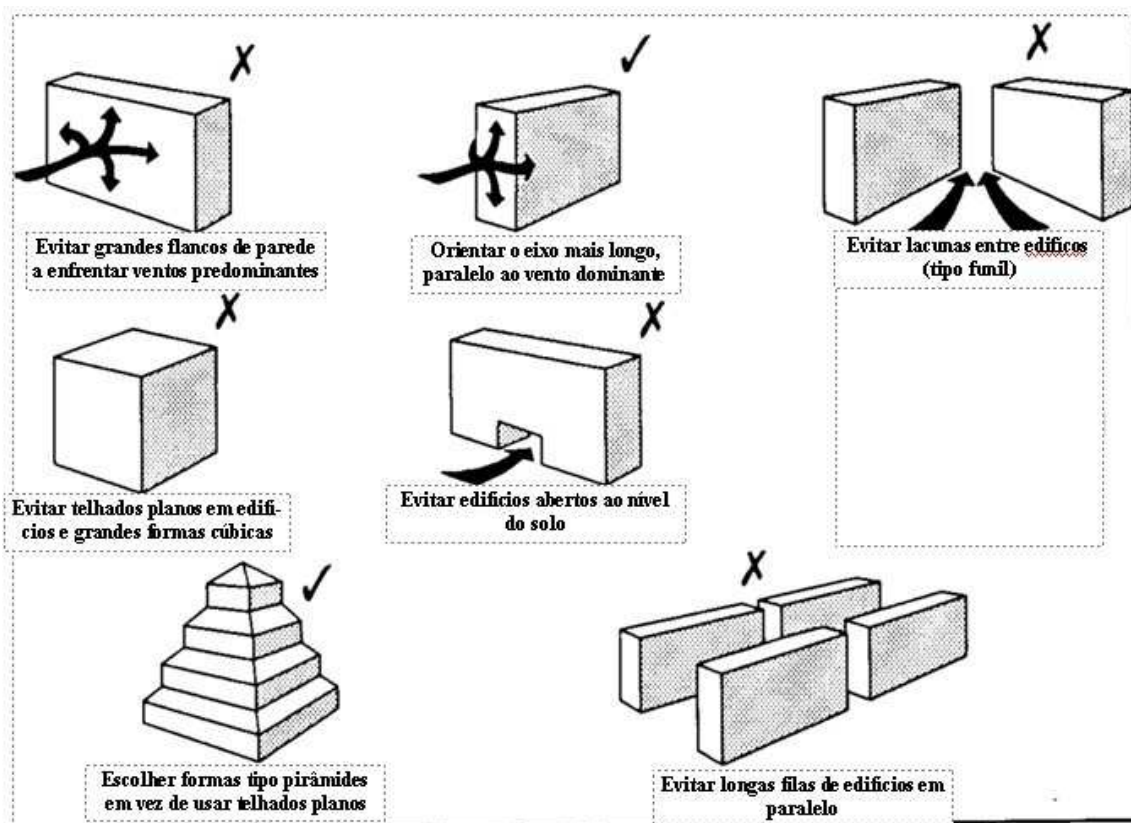


Figura 6 - Algumas regras a ter em conta na forma do edifício. [6]

A forma de um edifício também é influenciada pela exposição ao vento. Uma casa alta é sempre mais exposta que uma casa baixa. No Verão, a exposição ao vento é benéfica porque aumenta a ventilação, mas é prejudicial no Inverno.

2.2 - Características da construção

Do ponto de vista energético, a qualidade de um edifício também depende das características dos elementos que fazem a fronteira entre a casa e o ambiente exterior, ou seja, da sua envolvente (fachadas, janelas, telhados).

Muitas pessoas desconhecem por completo a constituição das paredes e tectos das suas habitações. No entanto, ao comprar uma nova habitação esta informação poderá ser verificada, através da Ficha Técnica da Habitação que deve ser sempre solicitada ao vendedor. Nas habitações existentes, pode avaliar-se o tipo de termografia (técnica que estende a visão humana através do espectro infravermelho). Através da termografia, é possível eliminar muitos problemas de produção, evitando falhas eléctricas, mecânica e fadiga de materiais. [8]

2.2.1- Características da envolvente exterior

O tipo de materiais utilizados na construção de uma fachada de um edifício influencia nas condições de conforto do seu interior. As principais características a ter em conta, no que diz respeito aos ganhos e perdas de energia, são a inércia térmica do material e o seu poder isolante. A inércia térmica é uma característica própria dos materiais pesados e densos, como, por exemplo, os tijolos maciços e a pedra. Paredes com uma estrutura pesada têm uma elevada capacidade térmica, amortecem e contrariam os picos climáticos exteriores, algo que uma estrutura isolante, mais leve, não consegue fazer. Em edifícios com este tipo de paredes pode arejar-se as divisões mesmo que esteja frio no exterior, porque, uma vez fechada a janela, a temperatura interna restabelece-se quase imediatamente. [8]

Para se manter um edifício à temperatura de conforto depende também em larga escala, do seu nível de isolamento térmico que previne a transferência de calor por condução entre o interior e o exterior de um edifício. Um edifício mal isolado carrega maiores custos com o aquecimento, pois consome mais energia: no Inverno arrefece rapidamente podendo ocorrer condensações no seu interior, e no Verão aquece mais e num curto espaço de tempo. Por esta razão é essencial diminuir as perdas e os ganhos de calor utilizando técnicas de isolamento adequadas nos edifícios. Pequenas intervenções de melhoria no isolamento de edifícios podem conduzir a economias energéticas elevadas, evitando custos desnecessários no aquecimento e na refrigeração de espaços. [8]

2.2.2- Isolamento das paredes exteriores

Numa envolvente de um edifício, um bom isolamento proporciona poupanças ao nível dos custos de aquecimento e arrefecimento, ou seja, permite uma poupança de energia durante a sua utilização. Existem vários tipos de materiais e técnicas de isolamento. A escolha dos vários tipos de materiais depende do clima da zona (ou seja, do grau de isolamento que se pretende alcançar) e de quaisquer restrições de construção da área apontada. Os isolantes térmicos são geralmente materiais porosos e de baixa densidade como o EPS (Poliestireno Expandido), o XPS (Poliestireno Extrudido), a PUR (Espuma de Poliuretano), o ICB (Aglomerado de cortiça), a MW (lã mineral). Consoante os casos, são utilizados materiais soltos ou sob a forma de espuma, placas compactas, tapetes ou placas de feltro. [8]

2.2.3 - Isolamento pelo exterior

O isolamento pelo exterior mais eficaz consiste na aplicação de placas de material isolante ou aplicação contínua de uma espuma nas paredes exteriores e em cobrir esses materiais com um revestimento/reforço/reboco adequado, que pode ser pintado ou revestido de outros materiais. Com esta forma de isolamento das paredes, permite que o edifício tenha vantagens elevadas a nível de capacidade de aquecimento do edifício. Uma vez que o isolamento externo é ininterrupto, as pontes térmicas são eliminadas. Com a eliminação das pontes térmicas proporciona um ambiente mais confortável e uma melhor conservação do edifício. Uma vez que as pontes térmicas originam o aparecimento de zonas de condensação de humidade e formação de bolor nas paredes interiores. Assim, o edifício será mais saudável e a degradação física das superfícies torna-se muito mais lenta. [8]

2.2.4 - Isolamento colocado na caixa-de-ar

Se numa parede exterior de um edifício tiver uma caixa-de-ar adequada, esta poderá ser preenchida com isolamento térmico mediante perfuração feita na parede e injectando ou soprando o material de isolamento para o seu interior (de um modo geral espuma,

grânulos de poliestireno expandido ou grânulos minerais). Esta operação tem custos muito razoáveis e proporciona um isolamento eficaz. [8]

2.3- Coberturas

A cobertura é o elemento construtivo do edifício que mais contribui para as perdas de calor nos edifícios. O isolamento térmico de uma cobertura é considerado uma intervenção de eficiência energética prioritária, face aos benefícios imediatos em termos da diminuição das necessidades energéticas, e por se tratar de uma das medidas mais simples e menos dispendiosa.

As soluções de isolamento térmico das coberturas assumem características diferentes consoante o seu tipo, cobertura inclinada, habitável ou não, ou em terraço. [8]

2.3.1- Cobertura horizontal

Para as coberturas horizontais ou em terraço a aplicação do isolamento térmico pelo exterior deve ser realizada com a solução cobertura invertida: o isolamento térmico, sob a forma de placas, é aplicado sobre a impermeabilização da laje de betão, e é protegido superiormente pela aplicação de uma protecção pesada. A solução de cobertura invertida, permite aumentar a vida útil de impermeabilização, assim como protege-la de amplitudes térmicas significativas. Poderá sempre optar-se pela colocação do isolamento pelo interior, mas esta não é a solução mais eficiente energeticamente. [8]

2.3.2- Coberturas inclinadas

Para as coberturas inclinadas com desvão não habitável, a aplicação de isolamento deve ser efectuada sobre a esteira horizontal, eventualmente protegida superiormente, se o desvão for acessível e assegurar a sua ventilação. Este tipo de solução é mais económico (comparativamente com o isolamento das vertentes) pois a quantidade de isolante utilizada é menor e a sua aplicação encontra-se geralmente mais facilitada.

Em coberturas inclinadas com desvão habitável (um sótão, por exemplo), o isolamento exterior deve, sempre que possível, ser colocado sob o telhado e sobre a

impermeabilização da laje (isolamento das vertentes). No caso do isolamento pelo interior, o isolamento é colocado sobre a estrutura do telhado inclinado. [8]

2.4 – Pavimentos

Em pavimentos em contacto directo com o exterior, em contacto com espaços fortemente ventilados, ou ainda sobre espaços interiores não aquecidos é necessário intervir com o isolamento térmico. O isolamento térmico é aplicado sobre a laje de fundo, depois de executada a adequada preparação é aplicada a cola apropriada. O sistema de aplicação simples proporciona a correcção das pontes de calor, tem um tempo de duração bastante longo e, é resistente aos choques acidentais. [8]



Figura 7 - Isolamento de pavimentos. [8]

2.5 - Envidraçados

Os envidraçados desempenham um papel importante no domínio da eficiência energética dos edifícios, permitem a entrada de raios solares, fazendo aumentar o conforto visual através da iluminação natural, assim como permitem o aquecimento ambiente na estação fria. Se por um lado, contribuem para a entrada de calor sem custos, por outro, podem ser saídas através das quais o calor se dissipa, quando não são montados de uma forma apropriada. [5]

A intervenção ao nível das janelas deve ser feita com o intuito de reduzir as infiltrações de ar não-controladas, de aumentar a captação de ganhos solares no Inverno, de reforçar a protecção da radiação solar durante o Verão e de melhorar as condições de ventilação natural. [5]

Os factores mais importantes na avaliação das janelas são os seguintes:

- A área da superfície envidraçada;
- O tipo de vidro utilizado;
- O tipo de caixilharia.

As janelas equipadas com vidros duplos têm maior capacidade de isolamento do que os vidros simples, já que o espaço entre os dois vidros serve para reduzir a perda de calor, geralmente, quanto maior este espaço, mais isolante é o vidro. Para prevenir a entrada de calor em excesso no Verão, o vidro exterior pode ser reflector. [8]

2.6 - Protecções Solares

Por vezes a radiação directa pode apresentar inconvenientes de luminosidade excessiva, com o risco de encadeamento e a degradação de materiais. Nestes casos a utilização de dispositivos de protecção solar é a solução mais adequada, visto que o recurso a vidros com factores solares muito baixos penaliza muito o contributo da luz natural. A utilização de vidro incolor sem protecção solar em fachadas ensolaradas é desaconselhável, pois provoca sobreaquecimentos nos espaços, conduzindo a situações de desconforto térmico ou de agravamento substancial do consumo de energia para arrefecimento. Deve ser ponderada a substituição das protecções solares interiores, sendo preferível a aplicação de protecções solares exteriores, por exemplo estores de lâminas, dado que grande parte da radiação solar absorvida por estes dispositivos é dissipada no ambiente interior.

2.6.1- Sombreamentos exteriores

As janelas proporcionam uma relação mais directa com o exterior, por isso é necessário dotá-las de um elemento de protecção pelo exterior. Estes elementos permitem ao utilizador controlar as trocas energéticas com o exterior, tornando a relação mais ou menos directa. Assim, as janelas orientadas a Nascente, Sul e Poente devem possuir sistemas de sombreamento exterior.

Os sistemas de sombreamento têm uma função essencial, a de cortar a incidência dos raios solares (quando estes não são desejados) antes de atravessarem o vidro, porque uma vez atravessado o vidro, os raios solares que transportam o calor (a radiação térmica) alteram o seu comprimento de onda e não conseguem voltar a sair através do vidro, ficando detidos no espaço interior. [11]

Existe, no mercado, uma grande variedade de elementos de protecção que são aplicados pelo exterior de vãos envidraçados, para reduzirem ou controlarem a incidência da radiação solar, tais como: palas, beirados, toldos, portadas, persianas, estores de enrolar, estores metálicos orientáveis, entre outros. Os sistemas de sombreamento exteriores orientáveis devem ser regularmente operados (subidos e descidos, abertos e fechados), para que as suas partes móveis se mantenham a funcionar. No caso de estores exteriores com lâminas de alumínio orientáveis, é necessário fazê-los subir e descer regularmente, para, desta forma, garantir a flexibilidade das fitas e desobstruir as calhas através das guias das próprias lâminas. [11]

2.7 - Ventilação

Tendo em conta a eficiência energética de um edifício, também é muito importante dispor de uma troca de ar nas condições consideradas ideais.

Os edifícios estão sujeitos a trocas de massa de ar entre o interior e o exterior, dependendo das diferenças de temperatura no caso de processos de ventilação natural. Noutros edifícios a ventilação é forçada por equipamento mecânico, de forma regulada e controlada. Uma terceira acção, a do vento, poderá influenciar também de forma significativa o desempenho energético, contribuindo também para a ventilação natural.

Uma casa insuficientemente ventilada poderá gerar humidade através dos vapores que se formam, afectando o conforto ou mesmo a saúde dos seus habitantes. [8]

De salientar o importante papel da ventilação natural no Verão, como processo de arrefecimento nocturno ou quando tal se torna necessário no sentido de arrefecer o ambiente interior. Mas também não é só no Verão que tal efeito é importante. Nas

estações intermédias, Outono e Primavera, a ventilação natural é o processo mais eficiente no controle da temperatura dentro dos edifícios. [13]

2.7.1 - Ventilação natural

A melhor escolha consiste, sem dúvida, na exploração da ventilação natural, fazendo sempre que possível uso da pressão e depressão causada pela acção do vento na superfície exterior do edifício. No primeiro caso (pressão), é utilizado o princípio do efeito de tiragem: o ar quente, que é mais leve do que o ar frio, tende a subir e a arrastar ar frio. As diferenças de temperatura entre as diferentes divisões da casa produzem ventilação, permitindo a mudança do ar, desde que haja aberturas para o exterior que permitam a entrada de ar novo. O segundo caso (depressão) pode ser explorado com mais frequência: quando um edifício é fustigado pelo vento, a parede directamente exposta ao vento é sujeita a uma forte pressão, enquanto a parede do lado oposto, é envolvida numa depressão. A diferença de pressão entre os dois lados é suficiente para gerar uma ventilação natural entre as divisões. De forma a explorar a ventilação natural de uma forma optimizada, deve existir uma corrente de ar no apartamento, ou seja, devem existir pelo menos duas janelas em duas fachadas opostas. Esta é de facto a melhor maneira de estabelecer condições de diferença de pressão, que são essenciais para explorar a ventilação natural. Todos os apartamentos que estejam voltados apenas para um lado do edifício têm uma capacidade muito menor de fazer uso da ventilação natural. Além disso, as portas e janelas afectam a ventilação natural. As portas e janelas estanques não permitem a entrada de ar, nem no Verão nem no Inverno, impedindo assim a ventilação natural. Uma boa solução consiste em abrir as janelas de admissão no lado de onde sopram os ventos dominantes e as janelas de saída na parede oposta. [8]

Na figura 7 podemos ver várias soluções para a ventilação natural nos edifícios.

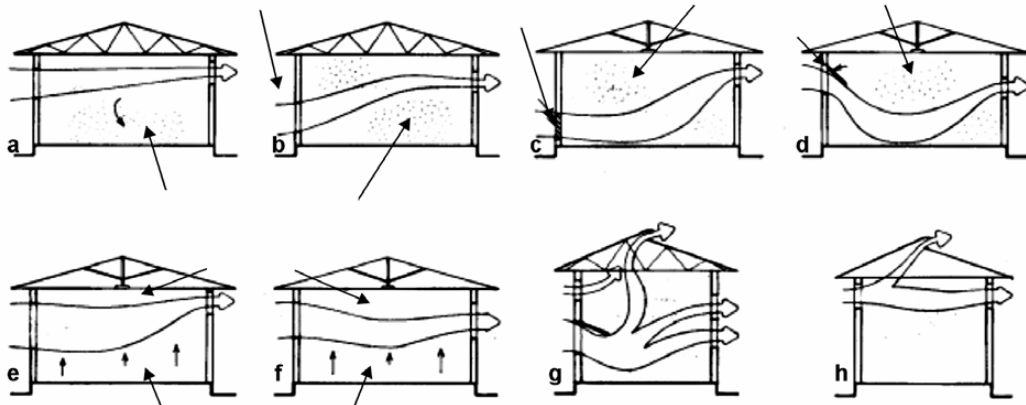


Figura 8 - Ventilação natural. [12]

2.7.2 - Ventilação forçada ou mecânica

A ventilação forçada (ou mecânica) consiste em utilizar dispositivos próprios (ventiladores, exaustores, extractores, etc.) que provocam o movimento do ar entre o interior e o exterior do recinto. A permuta do ar é proporcionada por condutas de ventilação forçada ligadas aos espaços interiores através de extractores (destinados a extrair o ar parado ou poluído) e ventiladores (para injectar ar fresco). Regra geral, os sistemas centralizados de aquecimento e ar condicionado (AVAC), mais comuns nos grandes edifícios de serviços, incluem uma ventilação forçada. Os sistemas recentes de ventilação forçada com recuperação de energia permitem a recuperação parcial da energia – no arrefecimento ou no aquecimento. Esta energia seria desperdiçada com a permuta de ar simples. Isto deve-se aos permutadores de calor dentro dos quais os fluxos de entrada e saída de ar se cruzam - sem se misturarem um com o outro - sendo que, no modo de arrefecimento, um fluxo de ar aquece o outro e vice-versa. Assim, no Verão, o ar quente de fora passa junto do ar que sai do ar condicionado e é arrefecido, enquanto no Inverno, o processo é o inverso. [8]

2.8 - Cor dos revestimentos

As cores utilizadas nas fachadas e coberturas também influenciam o conforto térmico. Uma superfície lisa de cor preta absorve cerca de 90% da radiação solar incidente, ao passo que uma superfície branca reflecte 80% da radiação. É fácil adoptar este princípio simples numa habitação. A escolha de cores claras para o revestimento das paredes exteriores permitirá, assim, reflectir grande parte da radiação. Não é por acaso que as

casas alentejanas e algarvias eram, no passado, pintadas de branco. Assim que a radiação solar atinge a superfície de uma parede, uma parte é reflectida para o ambiente, sendo a outra absorvida pelo material, contribuindo, desta forma, para o seu aquecimento. Para evitar esta absorção pelo material e que o calor se acumule nas paredes, é necessário, no Verão, que a parte reflectida da radiação seja aumentada. [8

Capítulo 3

Caracterização do edifício de serviços

3.1-Descrição do edifício

O projecto de cálculo do comportamento térmico em estudo é referente ao edifício do Centro Académico dos Serviços de Acção Social inserido no campus do Instituto Politécnico de Bragança, sito na Quinta Sta. Apolónia em Bragança. É um edifício relativamente recente, mas o estudo da eficiência energética tanto é feito em edifícios antigos como novos.

O edifício localiza-se numa zona contígua à Escola Superior de Tecnologia e Gestão, tem apenas um piso, a sua área de implementação é de 512,72 m². Interiormente o edifício é constituído por:

- 1 Sala de ensaios para as Tunas, com capacidade física para algumas dezenas de elementos, e sem barreiras físicas que permitem o desenvolvimento adequado das actividades previstas;
- 1 Sala polivalente destinada a actividades diversas;
- 1 Sala de informática;
- 1 Reprografia a qual terá para além do acesso interior, um acesso directo e independente ao exterior;
- 2 Gabinetes destinados à gestão das tunas femininas e masculinas e arrecadação dos instrumentos;
- 7 Gabinetes;
- Instalações sanitárias masculinas, femininas e para deficientes.

3.2-Characterização construtiva do edifício

A estrutura do edifício é em betão armado, sistema pilar viga. Temos dois tipos de paredes: paredes duplas em tijolo vazado 0,15 m e 0,11 m (P1), e paredes duplas de tijolo vazado 0,15 m e tijolo (face á vista) tipo “Vale da Gandara” (P2). Todas as paredes terão caixa-de-ar preenchida com isolamento térmico e acústico em “Roofmate”

0,05 m de espessura. Todos os elementos da estrutura em betão foram revestidos com os elementos em tijolo. Os panos de parede interior e junto ao isolamento térmico, serão cerzitados.

As paredes interiores são em tijolo cerâmico vazado 0,11.

O pavimento do piso térreo é composto por lajes aligeiradas pré-esforçadas, com caixa-de-ar sanitária.

A cobertura é invertida, auto-drenante com acabamento em camada de godo rolado e lavado, e isolamento térmico e acústico com placas de Roofmate.

As portas exteriores são em P.V.C. com ruptura térmica à cor branco, e vidro duplo 5+10+5.

As janelas são em P.V.C. com ruptura térmica à cor branco, e vidro duplo 5+10+5.

Os estores exteriores são em P.V.C. com ruptura térmica e tambores estanques, à cor branco.

O isolamento térmico do edifício é assegurado, através da colocação de materiais adequados, nomeadamente placas de “Roofmate” na face interior de todas as paredes exteriores as quais são em alvenaria dupla de tijolo cerâmico vazado 0,11 no interior 0,15 no exterior, ou em alvenaria dupla de tijolo vazado 0,15 no interior e tijolo maciço de face à vista no exterior, bem como em toda a cobertura e pavimentos.

3.3-Comportamento térmico do edifício

3.3.1- Pressupostos Justificativos

O presente regulamento (RCCTE) aplica-se a cada uma das fracções autónomas de todos os edifícios. Considera-se uma fracção autónoma cada uma das partes dotadas de contador individual de energia, separadas do resto do edifício por uma barreira física contínua e cujo direito de propriedade ou fracção seja transmissível autonomamente. No

caso em estudo temos uma fracção autónoma visto que o edifício é dotado de apenas um contador.

A actualização do RCCTE adequa-se aos actuais contextos social, económico, e energético, promovendo um novo acréscimo de qualidade nos edifícios.

Para efeitos do presente regulamento a caracterização do comportamento térmico dos edifícios, no âmbito do RCCTE faz-se através da qualificação de um certo número de índices e de parâmetros.

3.3.2 – Índices a Quantificar:

- Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (Nic);
- Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento (Nvc);
- Necessidades nominais anuais de energia para a produção de águas quentes sanitárias (Nac);
- Necessidades globais de energia primária (Ntc).

3.3.3 – Parâmetros a Quantificar:

- Os coeficientes de transmissão térmica, superficiais e lineares, dos elementos da envolvente;
- A classe da inércia térmica do edifício ou da fracção autónoma;
- O factor solar dos vãos envidraçados;
- A taxa de renovação de ar.

3.4 – Documentos Analisados e Informação Técnica Apresentada:

Para a execução do presente projecto foram analisados a envolvente da habitação e suas obstruções, plantas, alçados, cortes e perspectivas do edifício.

É apresentado neste projecto a planta da habitação com a descrição das soluções construtivas adoptadas, pormenores construtivos de zonas de pontes térmicas, soluções

construtivas adoptadas para os diversos elementos da envolvente opaca e dos vãos envidraçados (Anexo I).

3.5- Descrição da situação em análise

3.5.1 – Utilização Prevista para o edifício de serviços

Trata-se de um edifício de serviços, apenas com um piso para uso da Tuna Feminina, da Tuna Masculina do Instituto Politécnico de Bragança e para uso da Associação de Académica de Bragança.

3.5.2 – Envolvente do edifício de serviços

O edifício de serviços está implantado numa área de 512,72 m².

3.6 – Disposições legais e critérios exigências

3.6.1 – Enquadramento Legal do Projecto

Na análise do projecto, e atendendo à natureza do edifício de serviços foram seguidas as indicações do Decreto-Lei 80/2006, de 4 de Abril, que aprova o Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE).

No âmbito do RCCTE, são estabelecidos para edifícios de serviços diversos critérios a seguir referidos:

- Requisitos mínimos regulamentares para a envolvente opaca e vãos envidraçados (U, ψ e g);
- Limitação das necessidades nominais de energia útil para aquecimento (N_i);
- Limitação das necessidades nominais de energia útil para arrefecimento (N_v);
- Limitação das necessidades nominais de energia útil para produção de águas quentes sanitárias (N_a);
- Necessidades globais de energia primária (N_t).

3.7– Princípios e metodologias de cálculo

3.7.1 – Requisitos Mínimos de Qualidade Térmica dos Edifícios

Os valores máximos admissíveis de N_{ic} e N_{vc} especificados devem ser satisfeitos sem que sejam ultrapassados os valores limites de qualidade térmica. Os valores limite de qualidade térmica são relativos aos seguintes parâmetros:

- Coeficientes de transmissão térmica superficiais máximos da envolvente opaca, que separam a habitação do exterior;
- Factores solares dos vãos envidraçados horizontais e verticais com área total superior a 5% da área útil de pavimento do espaço que servem desde que não orientados entre noroeste e nordeste.

3.7.2- Limitação das Necessidades Nominais de Energia Útil para Aquecimento (Ni)

As necessidades nominais de aquecimento de uma fracção autónoma de um edifício são a energia útil que é necessário fornecer-lhe para manter permanentemente no seu interior a temperatura de referência (20°C).

Assim, as necessidades nominais de aquecimento resultam do valor integrado na estação de aquecimento da soma algébrica de três parcelas:

- Perdas de calor por condução através da envolvente dos edifícios (Q_t);
- Perdas de calor resultantes da renovação do ar (Q_v);
- Ganhos de calor úteis (Q_{gu}), resultantes da iluminação, dos equipamentos, dos ocupantes e dos ganhos solares através dos envidraçados.

As necessidades anuais de aquecimento da habitação (N_{ic}) são calculadas pela expressão seguinte:

$$N_{ic} = (Q_t + Q_v - Q_{gu}) / A_p$$

Em que:

- A_p é a área útil de pavimento.

A metodologia de cálculo de cada um dos três termos acima referidos é a definida no Anexo IV do RCCTE.

O edifício de serviços tendo em conta a sua envolvente exterior, o aproveitamento dos ganhos solares internos e de outras formas de energias renováveis, não pode exceder um valor máximo admissível das necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (N_i):

$$N_{ic} < N_i$$

Os valores limites das necessidades nominais de energia útil para aquecimento (N_i) em kWh/m².ano, dependem dos valores do factor de forma (FF) da habitação e dos graus dias (GD) para o clima local, e são os seguintes:

Para $FF \leq 0,5$, $N_i = 4,5 + 0,0395 \text{ GD}$;

Para $0,5 < FF \leq 1$, $N_i = 4,5 + (0,021 + 0,037 \text{ FF}) \text{ GD}$;

Para $0,5 < FF \leq 1$, $N_i = [4,5 + (0,021 + 0,037 \text{ FF}) \text{ GD}] (1,2 - 0,2 \text{ FF})$;

Para $FF > 1,5$, $N_i = 4,05 + 0,06885 \text{ GD}$.

(Em que o FF é calculado como indicado no anexo II do presente Regulamento (RCCTE) e os valores dos GD constam do Anexo III).

3.7.3 – Limitação das Necessidades Nominais de Energia Útil para Arrefecimento (N_v)

As necessidades nominais de arrefecimento do edifício de serviços são a energia útil que é necessária retirar-lhe para manter permanentemente no seu interior a temperatura de referência (25°C).

O cálculo preciso das necessidades de arrefecimento de um espaço, dada a natureza altamente dinâmica dos fenómenos térmicos em causa, só é possível por meio de simulação detalhada. Este tipo de metodologia é exigida no caso do regulamento dos sistemas de climatização (RSECE), mas a sua complexidade é considerada indesejável no âmbito do RCCTE, pelo que se utiliza uma metodologia simplificada de cálculo,

devidamente validada a nível europeu e produz resultados com a aproximação suficiente e adequada aos objectivos.

Esta metodologia é complementar à adoptada para o cálculo dos ganhos úteis durante o período de aquecimento. Enquanto, no Inverno, os ganhos úteis contabilizados são aqueles que não provocam o sobreaquecimento do espaço interior, os ganhos não úteis são, precisamente, os que provocam as necessidades de arrefecimento durante o Verão. Portanto, basta aplicar a mesma metodologia para o cálculo do edifício de serviços dos ganhos totais no verão, isto é, os ganhos internos, solares e através da envolvente opaca e transparente, do factor $(1-\eta)$ definido no referido nº4.4 do anexo IV do RCCTE, obtendo-se assim as necessidades nominais anuais de arrefecimento para o edifício de serviços.

$$N_{vc} = Q_g (1 - \eta) / A_p$$

Em que:

- Q_g são os ganhos totais brutos da habitação;
- η é o factor de utilização dos ganhos;
- A_p é a área útil de pavimento.

Os ganhos totais são obtidos pela soma das seguintes parcelas:

- As cargas individuais devidas a cada componente da envolvente, devidas aos fenómenos combinados da diferença de temperatura interior - exterior e da incidência da radiação solar (Q_1);
- As cargas devidas á entrada da radiação solar através dos envidraçados (Q_2);
- As cargas devidas à renovação do ar (Q_3);
- As cargas internas, devidas aos ocupantes, aos equipamentos e à iluminação artificial (Q_4).

A metodologia de cálculo de cada um dos termos acima referidos e à definida nos pontos 2.2, 2.3, 2.4 do Anexo V do RCCTE.

O edifício de serviços como resultado da sua morfologia, da qualidade térmica da sua envolvente e tendo em conta a existência de ganhos solares internos, exercem um valor

máximo admissível das necessidades nominais anuais e de energia útil para arrefecimento (N_v):

$$N_{vc} < N_v$$

Os valores limite das necessidades nominais de energia útil para arrefecimento (N_v) do edifício de serviços dependem da zona climática do local, e são os seguintes:

- Zona V1 (norte), $N_v = 16 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{ano}$
- Zona V1 (sul), $N_v = 22 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{ano}$
- Zona V2 (norte), $N_v = 18 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{ano}$
- Zona V2 (sul), $N_v = 32 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{ano}$
- Zona V3 (norte), $N_v = 26 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{ano}$
- Zona V3 (sul), $N_v = 32 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{ano}$
- Açores, $N_v = 21 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{ano}$
- Madeira, $N_v = 23 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{ano}$

3.7.4 - Limitação das Necessidades Nominais de Energia Útil para Produção Água Quente Sanitária (N_a)

As necessidades nominais anuais de energia útil para produção de águas quentes sanitárias (N_a) são calculadas pela seguinte expressão:

$$N_a = 0,081 \cdot M_{AQS} \cdot n_d / A_p \quad (\text{kWh/m}^2 \cdot \text{ano})$$

Em que:

- M_{AQS} é o consumo médio de referência de AQS;
- n_d representa o número anual de dias de consumo de AQS;
- A_p é a área útil de pavimento.

Para efeitos regulamentares, as necessidades anuais de energia útil para preparação de água sanitária (AQS) (N_{ac}) são calculadas através da seguinte expressão:

$$N_{ac} = (Q_a / \eta_a) - E_{\text{solar}} - E_{\text{ren}} / A_p$$

Em que:

- Q_a é a energia útil despendida com sistemas convencionais de preparação de AQS;
- η_a é a eficiência de conversão desses sistemas de preparação de AQS;
- E_{solar} é a contribuição de sistemas de colectores solares para o aquecimento de AQS (calculado através do programa SOLTERM do INETI);
- E_{ren} é a contribuição de quaisquer outras formas de energias renováveis (solar fotovoltaica, biomassa, eólica, geotérmica, etc.) para a preparação de AQS, bem como de quaisquer formas de recuperação de calor de equipamentos ou de fluidos residuais;
- A_p é a área útil de pavimento.

Assim, como resultado dos tipos e eficiências dos equipamentos de produção de água quente sanitária, bem como da utilização de formas de energias renováveis, a habitação não pode, sob condições e padrões de utilização normais, exercer um valor máximo admissível de necessidades nominais anuais de energia útil para a produção de águas quentes sanitárias (N_a):

$$N_{ac} < N_a$$

No novo RCCTE o recurso a sistemas de colectores solares térmicos para aquecimento de água sanitária é obrigatório sempre que haja uma exposição solar adequada, na base de 1m^2 de colector por habitante convencional, conforme previsto na metodologia de cálculo das necessidades nominais de energia para aquecimento de água sanitária, podendo este valor ser reduzido de forma a não ultrapassar 50% da área de cobertura disponível, em terraço ou nas vertentes orientadas no quadrante sul, entre sudeste e sudoeste. No caso em estudo não foram contabilizados os painéis solares devido à sua ausência. [14]

3.7.5. – Necessidades Globais de Energia Primária (N_t)

As necessidades nominais anuais globais (N_{tc}) da habitação não podem exceder um valor máximo admissível de energia primária (N_t):

$$N_{tc} < N_t$$

O edifício de serviços é caracterizado pelo indicador necessidades globais específicas de energia primária (N_{tc}), definido pela expressão abaixo indicada, em que os factores de ponderação das necessidades de aquecimento, de arrefecimento e de preparação de AQS têm em conta os padrões habituais de utilização dos respectivos sistemas relativamente aos padrões admitidos no cálculo de N_{ic} e de N_{vc} , na base dos dados estatísticos mais recentes:

$$N_{tc} = 0,1 (N_{ic}/\eta_i) F_{pui} + 0,1 (N_{vc}/\eta_v) F_{puv} + N_{ac} \cdot P_{pau} \text{ (kgep/m}^2 \cdot \text{ano)}$$

O edifício de serviços não pode ter um valor de N_{tc} superior ao de N_t , calculado com base nos valores de N_i , N_v e de N_a , especificados anteriormente e em fontes de energia convencionados, definido pela equação:

$$N_t = 0,9 (0,01 N_v + 0,01 N_i + 0,15 N_a) \text{ (kgep/m}^2 \cdot \text{ano)}$$

Se no edifício de serviços não estiver previsto, especificamente, um sistema de aquecimento ou de arrefecimento ambiente ou de aquecimento de água quente sanitária, considera-se, para efeitos de cálculo de N_{tc} , que o sistema de aquecimento é obtido por resistência térmica, que o sistema de arrefecimento é uma máquina frigorífica com eficiência (COP) de 3, e que o sistema de produção de AQS é um termoacumulador eléctrico com 50 mm de isolamento térmico em edifícios sem alimentação de gás, ou um esquentador a gás natural ou GPL quando tiver o respectivo abastecimento.

3.8 – Soluções construtivas/ parâmetros considerados

3.8.1 – Dados Climáticos e Outros

Zona Climática	I3 V2 N
Altitude (m)	690 m
Número de graus - dias (GD) (°C dias)	2850°C
Duração da Estação de Aquecimento	8 meses
Área útil de pavimento	454,09 m²
Amplitude térmica (°C)	15 °C
Temperatura externa do projecto (°C)	33 °C
Pé direito médio ponderado	3,10 m

Tabela 1 - Dados climáticos e outros

3.8.2 – Envolvente opaca exterior

3.8.2.1 – Paredes Exteriores

Referência	Descrição e resistência térmica	U (W/m ² .°C) *
P1 *Mt = 164 kg/m ²	- Reboco e pintura de cor branca, com 2cm -Tijolo vazado 0,11 m -Caixa-de-ar com 5 cm -Poliestireno extrudido (XPS) com 5 cm -Tijolo furado 0,15 m - Reboco 2 cm	0,46
P2 *Mt = 213 kg/m ²	-Tijolo maciço 11 - Caixa-de-ar com 5 cm Poliestireno extrudido (XPS) com 5 cm - Tijolo 0,15m - Reboco 2 cm	0,50

*(Valores de Mt retirados das Tabelas Técnicas e valor de U retirado ITE 50)

Tabela 2 - Dados paredes exteriores

3.8.2.2 – Pontes Térmicas Planas

Referência	Descrição e Resistência Térmica	U (W/m ² . °C) *
Zona de pilares P1 Mt = 730 kg/m ²	-Reboco e pintura de cor branca, com 2cm (R=0.015) -Rsi=0,13 -R se =0,04 -Poliestireno extrudido com 5cm (R=1,35) -Betão (R=0,18)	0,58 $U=1/ (0,13+0,04+1,35+0.18+0,015*2)$
Zona de pilares P2 Mt=730 kg/m ²	-Reboco e pintura de cor branca, com 2cm (R=0.015) -Rsi=0,13 -R se =0,04 -Poliestireno extrudido com 5cm (R=1,35) -Betão (R=0,18) -Tijolo maciço 0,11m (R=0,16)	0,53 $U=1/ (0,13+0,04+1,35+0.18+0,015+0,16)$
Zonas de vigas P1 Mt= 40 kg/m ²	-Reboco e pintura de cor branca, com 2cm (R=0.015) -Rsi=0,13 -R se =0,04 -Poliestireno extrudido com 5cm (R=1,35) -Betão (R=0,24)	0,56 $U=1/ (0,13+0,04+0,24+1,35+2*0,015)$

Zonas de vigas P2 Mt=40 kg/m ²	-Reboco e pintura de cor branca, com 2cm (R=0.015) -Rsi=0,13 -R se =0,04 -Poliestireno extrudido com 5cm (R=1,35) -Betão (R=0,18) -Tijolo maciço 0,11m (R=0,16)	0,52 U=1/ (0,13+0,04+0,24+1,35+0,015+0,16)
Zonas caixa de estore P2 Mt=40 kg/m ²	-Reboco e pintura de cor branca, com 2cm (R=0.015) -Rsi=0,13 -Rse=0,13 -Poliestireno extrudido com 5cm (R=1,35)	0,62 U=1/ (0,13+0,13+1,35+ 0,015)

*(Valores de Mt retirados das Tabelas Técnicas e cálculo segundo o ponto 1 Anexo VII do RCCTE)

Tabela 3 - Dados pontes térmicas planas

3.8.2.3 – Portas Exteriores

Referência	Descrição e Resistência Térmica	U (W/m ² . °C) *
Portas exteriores envidraçadas	-Caixilharia em P.V.C, com ruptura térmica. -Vidro duplo de 5+10+5	2,4

*(valor de U retirado ITE 50)

Tabela 4 - Dados portas exteriores

3.8.2.4 – Pavimentos em contacto com espaços aquecidos

Referência	Descrição e Resistência Térmica	U (W/m ² .°C) *
Pavimento Lajes aligeiradas pré-esforçadas, com caixa-de-ar sanitária *Mt= 452 kg/m ²	-R se =0,13 -Poliestireno extrudido com 5cm (R=1,35) - Betão (R=0,066) -Betonilha (R=0,54) -Betão (R=0,018) -Areia (R=0,015) -Argamassa (R=0,03) -Revestimento (R=0,08)	0,47 U=1/ (0,04+0,066+1,35+0,54+0,018+0,015+0,03+0,08)

*(Valores de Mt retirados das Tabelas Técnicas e valor de U Calculo segundo o ponto 1 Anexo VII do RCCTE)

Tabela 5 - Dados pavimentos em contacto com espaços aquecidos

3.8.2.5 – Pontes Térmicas Lineares

Ligação entre:
Fachada com os pavimentos térreos. $\Psi=0,6$
Fachada com pavimentos intermédios.
Fachada com pavimentos locais Nu ou exteriores.
Fachada com cobertura inclinada ou terraço. $\Psi=0,75$
Fachada com varanda.
Fachada com caixa de estore. $\Psi=0$
Fachada com padieira, ombreira ou peitoril. $\Psi=0,2$
Duas paredes verticais. $\Psi=0,2$

(* Calculo segundo o ponto 1 Anexo VII do RCCTE)

Tabela 6 - Dados pontes térmicas lineares

3.8.3 – Envolvente Opaca Interior

3.8.3.1 – Paredes em Contacto com Espaços Não úteis ou Edifícios Adjacentes

No caso deste edifício de serviços não temos paredes em contacto com espaços não – úteis ou edifícios adjacentes.

3.8.3.2 - Cálculo do coeficiente de Redução de Perdas Para Espaços Não úteis

Designação do espaço	Ai	Au	Ai/Au	Referência na tabela IV.1 do RCCTE	Tau
Desvão sanitário do piso térreo	454,09 m ²	454,09 m ²	1	Ponto 7.1	0,8

Tabela 7 - Cálculo do coeficiente de Redução de Perdas Para Espaços Não úteis

Segundo as perguntas e respostas da ADENE (Agencia para a Energia) na existência de um desvão sanitário sob o piso térreo as perdas térmicas da fracção autónoma devido a existência de um espaço não útil devem ser calculadas. O valor de τ deverá ser obtido através da tabela IV.1, uma vez que tal situação (desvão sanitário) não se encontra preconizada na tabela mencionada, poderá ser considerada um espaço não útil do tipo “coberturas sobre desvão não habitado”, tendo em consideração a ventilação do desvão sanitário (não ventilado, fracamente ventilado e fortemente ventilado).

3.8.3.3 – Pavimentos sobre Espaços Não úteis

Referência	Descrição e Resistência Térmica	U (W/m ² . °C) *
Pavimento Lajes aligeiradas pré-esforçadas, com caixa-de-ar sanitária *Mt=452 kg/m ²	-Rse =0,13 -Poliestireno extrudido com 5cm (R=1,35) - Betão (R=0,066) -Betoniha (R=0,54) -Betão (R=0,018) -Areia (R=0,015) -Argamassa (R=0,03) -Revestimento (R=0,08)	0,47 U=1/ (0,04+0,066+1,35+0,54+0,018+0,015+0,03+0,08)

*(Valores de Mt retirados das Tabelas Técnicas e valor de U Calculo segundo o ponto 1 Anexo VII do RCCTE)

Tabela 8 - Dados pavimentos sobre espaços não úteis

3.8.3.4 – Cobertura

Referência	Descrição e Resistência Térmica	U (W/m ² . °C) *
Msi=150	Laje aligeirada A cobertura é invertida auto-drenante com acabamento em camada de godo rolado e lavado e isolamento térmico e acústico com placas Rufmate.	0,55

*(Valor de U retirado do livro LNEC ITE 50)

Tabela 9 - Dados cobertura

3.8.3.5 – Vãos Envidraçados em Contacto com Espaços Não-úteis

Inexistentes.

3.8.4 - Coeficientes de transmissão térmica linear – ψ

O RCCTE define ainda valores de referência para os coeficientes de transmissão térmica linear (ψ). Os valores definidos para o coeficiente ψ dos elementos da envolvente são:

3.8.4.1 – Ligação da fachada com pavimentos térreos

Tabela Ar $\psi = 0,60\text{W/m}^{\circ}\text{C}$ sendo que $Z=0$ m.

3.8.4.2 – Ligação da fachada com pavimentos exteriores ou não aquecidos

Inexistentes.

3.8.4.3 – Ligação da fachada com pavimentos intermédios

Inexistentes.

3.8.4.4 – Ligação da fachada com cobertura inclinada ou terraço

A cobertura é em terraço. A laje de cobertura possui uma espessura de 38,30 cm, pelo que terá um valor de $\psi = 0,75\text{ W/m}^{\circ}\text{C}$.

3.8.4.5 – Ligação da fachada com varanda

Inexistente.

3.8.4.6 – Ligação de duas paredes verticais

As fachadas são constituídas por paredes duplas, pelo que terão um valor de $\psi = 0,2$ W/m. $^{\circ}$ C pela Tabela Fr.

3.8.4.7 – Ligação da fachada com caixa de estore

As caixas de estore têm isolamento de 5 cm, pelo que terão o valor de $\psi = 0$ W/m. $^{\circ}$ C.

3.8.4.8 – Ligação da fachada em contacto com padeira, ombreira ou peitoril.

A ligação da fachada em contacto com padeira, ombreira ou peitoril tem um valor de $\psi=0,20$ W/m. $^{\circ}$ C.

3.8.5 – Vãos Envidraçados Exteriores

3.8.5.1 – Verticais

As protecções exteriores dos vãos envidraçados são em P.V.C (Policloreto de vinilo) com ruptura térmica, com persianas exteriores de réguas plásticas de cor branca. A protecção interior dos vãos envidraçados da sala de ensaios das Tunas são cortinas de lonas opacas de cor vermelho escuro, os dois gabinetes para arrecadação dos instrumentos da Tunas e a sala de informática tem como protecções interiores cortinas de lona opaca brancas.

Descrição	U (W/m ² 0C)	g _⊥ 100%
Vãos envidraçados com vidro duplo sendo o exterior com 5mm e o interior com 5mm e 10mm de lâmina de ar. Caixilharia em P.V.C com persianas exteriores de réguas plásticas de cor branco.	1,90	0,04
Vãos envidraçados com vidro duplo sendo o exterior com 5mm e o interior com 5mm e 10mm de lâmina de ar. Caixilharia em P.V.C com protecção interior de cortinas de lonas opacas de cor clara (branco).	2,20	0,37
Vãos envidraçados com vidro duplo sendo o exterior com 5mm e o interior com 5mm e 10mm de lâmina de ar. Caixilharia em P.V.C com protecção interior de cortinas de lonas opacas de cor média (vermelho escuro).	2,20	0,46

Tabela 10 - Dados envidraçados

3.8.5.2- Horizontais

Inexistentes.

3.8.6 – Inércia Térmica

Para o cálculo da inércia térmica (I_t) do edifício de serviços foi considerado o somatório da massa superficial útil (M_{si}) de cada elemento da envolvente afecta de respectiva área, tudo a dividir pela área útil de pavimento (A_p).

$$I_t = (\sum M_{si} \cdot S_i) / A_p$$

A inércia térmica do Edifício de Serviços em estudo é **FORTE**, poderá consultar-se no anexo II o respectivo cálculo.

3.8.7 – Factor de Forma

Para o cálculo do factor de Forma (FF), neste Edifício de Serviços considerou-se as áreas de paredes, coberturas, pavimentos e envidraçados da envolvente exterior (A_{ext}) e as áreas totais de paredes, coberturas, pavimentos e envidraçados da envolvente interior, afectadas dos respectivos ζ ($A_{int} \cdot \zeta$) tudo a dividir pelo volume do Edifício de Serviços.

O FF do Edifício de Serviços é então dado por:

$$FF = [A_{ext} + \Sigma (A_{int} \cdot \zeta)] / V$$

Em que ζ é definido na tabela IV.1 do Anexo IV.

3.8.8 – Ventilação

As fracções possuem ventilação natural com taxas de renovação de ar interior por hora (Rph) que podem ser consultadas na Ficha nº 1 em anexo.

O Edifício de Serviços Cumpre a NP 1037-1 S/N	Não
Classe das Caixilharias	1
Caixas de Estore	Sim
Classe de Exposição da Habitação	1
Existem Aberturas Auto-reguladas (S/N)	Não
Área de Envidraçados > 15% Ap (S/N)	Sim
Portas Exteriores bem Vedadas	Sim

Tabela 11 - Dados ventilação

3.8.9 – Descrição do Sistema de Aquecimento

Para as divisões do Edifício de Serviços o aquecimento é realizado por um sistema constituído por elementos aquecedores (radiadores) cujo circuito é alimentado por água quente, produzida por duas caldeiras murais a gás da gama Aquastar, a combustível gasoso (gás), com potência útil de 28 KW, com isolamento térmico nas tubagens de água quente, que constitui também o sistema de apoio para a preparação das águas quentes sanitárias.

3.8.10 – Descrição do Sistema de Arrefecimento

Não existe sistema de arrefecimento previsto pelo que se considera para efeitos de cálculo do Ntc que é realizado por uma máquina frigorífica com eficiência (COP) de 3, conforme o ponto 6 do ARTº 15º do Decreto-Lei N°80/206, 4 de Abril.

3.8.11 – Descrição do Sistema de Preparação de Águas Quentes Sanitárias

No edifício de serviços em estudo não tem colectores solares, logo o valor de $E_{solar}=0$.

O aquecimento é realizado por duas caldeiras murais a gás da gama Aquastar, modelo ZWC 28/32-1 MFA Vent-2 DH AE, a combustível gasoso (gás), com potência útil de 28 KW, com isolamento térmico nas tubagens de água quente.

3.9- Verificação das disposições regulamentares

3.9.1 – Verificação dos Requisitos Mínimos

3.9.1.1 – Coeficientes de Transmissão Térmica Máximos

(Verificar FICHA 3 do Anexo II)

3.9.1.2 – Factores Solares dos envidraçados – Situação de Verão

(verificar FICHA 3 do Anexo II)

3.9.2 – Necessidades Nominais de Energia para Aquecimento, Arrefecimento, para a Produção de AQS e Necessidades Globais de Energia Primária

A verificação da limitação das necessidades nominais de energia útil para aquecimento e arrefecimento foi realizada em conformidade com o RCCTE e apresenta-se no anexo II as folhas de cálculo regulamentares, incluindo folha de cálculo para a verificação da limitação das necessidades nominais de energia útil para a produção de AQS e necessidades globais de energia primária.

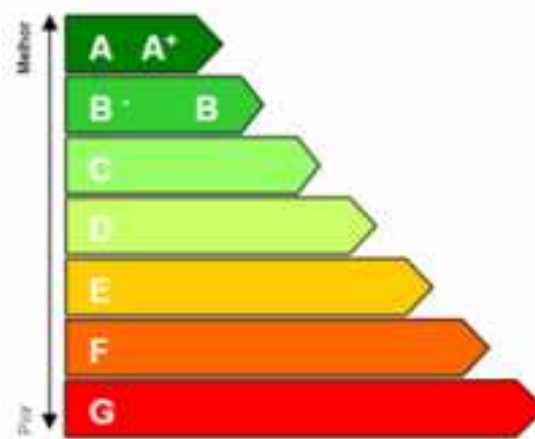
3.10-Classificação do edifício

Após o cálculo N_{tc} (necessidades globais anuais nominais específicas de energia primária) e N_t (necessidades globais anuais máximas de energia primária), verificou-se que o $N_{tc} \leq N_t$.

Para a classificação do edifício utiliza-se a seguinte fórmula:

$$\frac{N_{tc}}{N_t} = \frac{1,79}{2,46} = 0,727$$

		Classe energética	$R = N_{tc} / N_t$
		Edifícios existentes	Edif. Novos
A	$0,25 < R \leq 0,50$		
B	$0,50 < R \leq 0,75$		
B-	$0,75 < R \leq 1,00$		
C	$1,00 < R \leq 1,50$		
D	$1,50 < R \leq 2,00$		
E	$2,00 < R \leq 2,50$		
F	$2,50 < R \leq 3,00$		
G	$3,00 < R$		



Como podemos verificar pelo quadro, a classificação energética do edifício de serviços em estudo é da **CLASSE B**.

3.11 – Conclusões

A nova versão do RCCTE, embora semelhante à versão de 1990, introduziu novos aspectos que passam a ser importantes, que tem impacto no cumprimento dos requisitos de comportamento térmico dos edifícios, e que nesta nova versão passaram a ser tratados, nomeadamente:

- Altitude e Localização (concelho, distância à costa) do edifício em análise;
- O Factor de Forma do edifício (FF);
- As pontes térmicas Planas;
- A qualidade das caixilharias (permeabilidade ao ar);
- A existência de ventilação natural ou mecânica;
- A presença de sistemas solares passivos específicos;
- O sistema de aquecimento (tipo e eficiência);
- O sistema de arrefecimento (tipo e eficiência);
- A existência de colectores solares térmicos para a produção de águas quentes sanitárias;
- O sistema de apoio à produção energéticas utilizadas.

Todos estes aspectos foram devidamente tratados no dimensionamento das soluções e sistemas, ultrapassando-se em vários casos os requisitos mínimos. Assim, atendendo aos critérios estabelecidos no presente projecto, concluindo-se que as soluções construtivas adoptadas vão ao encontro dos objectivos fundamentais do estudo realizado, nomeadamente o cumprimento das disposições legais regulamentares e o nível de conforto térmico adequado exigido ao edifício em análise.

Capítulo 4

Pontes Térmicas

4.1-Introdução

As pontes térmicas são pontos localizados na envolvente do edifício onde há maior perda de calor em relação às restantes áreas dos elementos da envolvente. Este fenómeno aumenta o consumo de energia para aquecimento e pode causar danos na envolvente do edifício, reduzindo a sua durabilidade.

Existem pontes térmicas em vigas e pilares, pois estes elementos maciços têm coeficientes de transmissão térmica superiores aos das paredes exteriores onde estão inseridos. Também podem ocorrer pontes térmicas na intersecção de paredes interiores com paredes exteriores, porque as superfícies internas têm aí menores áreas que as superfícies externas correspondentes, permitindo assim um maior fluxo de calor. O mesmo pode acontecer à volta de janelas e portas, porque a sua superfície interna tem menor distância ao ambiente exterior. [15]

4.1.1-Razões para a ocorrência de pontes térmicas

As pontes térmicas surgem normalmente quando, por questões construtivas, um material ou materiais com baixo isolamento térmico, normalmente os elementos estruturais, interrompem um material com uma maior capacidade de isolamento térmico. Isto dá-se essencialmente, em construções convencionais, nas zonas de contacto entre a estrutura e as paredes sem isolamento contínuo. Os problemas associados com as pontes térmicas agravaram-se após a introdução de isolamentos nas caixas-de-ar das secções das paredes e pela dificuldade construtiva de se realizarem isolamentos contínuos, bem como pela diminuição de estanquicidade ao ar e isolamentos dos sistemas de caixilharias e caixas de estores. [16]

O aumento do isolamento térmico ao nível das zonas correntes de parede deveu-se à necessidade de reduzir o consumo de energia em edifícios, à redução do risco de

ocorrência de condensações e crescimento de fungos e bolores e ao aumento do nível de conforto térmico no interior das habitações, durante o Inverno e o Verão. Verificou-se, no entanto, que em edifícios onde foi colocado o isolamento na caixa-de-ar, a ocorrência de condensações e o crescimento de fungos e bolores não diminuiu, tendo mesmo, em alguns casos, aumentado. Os principais motivos que podem explicar esta situação são, o facto de, com algumas técnicas construtivas e em alguns pontos concretos, se favorecer o aparecimento de pontes térmicas, como nos exemplos representados na figura 8 e de não ser dada atenção às exigências de ventilação dos edifícios.

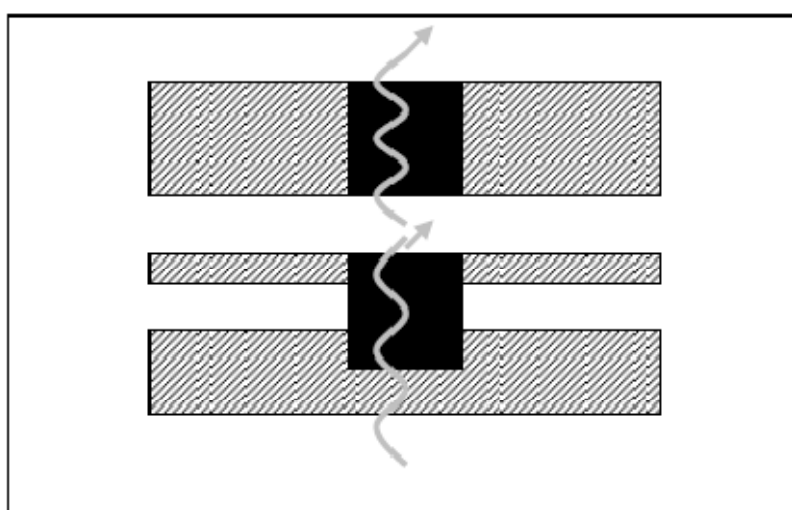


Figura 9 - Exemplos de situações de pontes térmicas mais comuns em fachadas. [16]

4.1.2-Tipos de pontes térmicas

As pontes térmicas mais comuns são as pontes térmicas bidimensionais, designadas por “lineares”, que ocorrem na ligação de dois ou mais elementos do edifício (por exemplo, uma janela numa parede) (figura 9) ou nos locais onde a composição estrutural de um elemento do edifício é alterada (por exemplo, um pilar numa parede). Isto resulta numa mudança do fluxo de calor e da temperatura da superfície na face interna do elemento. [16]



Figura 10 - Ponte térmica linear. [16]

Além das pontes térmicas lineares (figura 10 e 11), existem também as pontes térmicas tridimensionais ou planas. As pontes térmicas planas é uma heterogeneidade inserida em zona corrente da envolvente exterior ou da envolvente interior em contacto com espaços não úteis, tais como pilares, talões de vigas (figura 10) e caixas de estore (figura 11), por onde se considera uma perda térmica unidireccional por unidade de área de superfície.

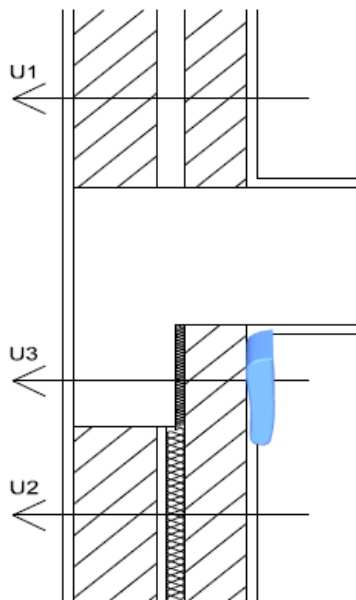


Figura 11 - Talão de viga. [16]

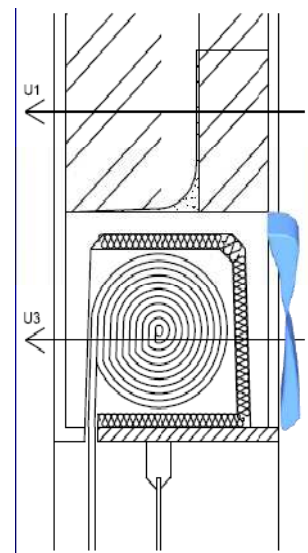


Figura 12 - Caixa de estore. [16]

Se existem pontes térmicas lineares ou planas importantes ou se estas não puderem ser evitadas, na fase de projecto ou após a construção ou reabilitação do edifício, é necessário ter em consideração as consequências da existência de pontes térmicas:

- Realizando uma avaliação das perdas de calor extra ao calcular cargas térmicas, necessidades energéticas e níveis de isolamento dos edifícios;
- Fazendo uma avaliação do risco de ocorrência de condensação e do crescimento de fungos e bolores devido à temperatura superficial mais baixa na face interna da zona onde ocorre a ponte térmica. [16]

4.1.3-Consequências das pontes térmicas

As principais consequências da ocorrência de pontes térmicas são:

- Incremento das perdas térmicas em zonas pontuais, que se tornam mais significativas com o aumento do nível de isolamento em secção corrente;
- Agravamento das condensações superficiais;
- Degradação dos revestimentos interiores (rebocos e tintas);
- Fissurações provocadas pela heterogeneidade das temperaturas superficiais interiores nas junções de materiais diferentes (alvenarias/pilares e vigas) pelas diversas solicitações térmicas, higrométricas e mecânicas, o que favorece as infiltrações de água que incrementam ainda mais as pontes térmicas existentes, ou criam ainda mais discontinuidades;
- A sujidade adere mais facilmente às superfícies frias (o que resulta em faces interiores das paredes exteriores com sujidades nos locais das pontes térmicas);
- Potenciam o desenvolvimento de fungos e bolores e diminuem assim a qualidade do ar interior. [16]

4.1.4-Correção das pontes térmicas

A correção das pontes térmicas deve ser efectuada em função do tipo de pormenor construtivo que a causa, procedendo ao reforço do isolamento térmico nessa zona de modo a minimizar o seu efeito. A análise de cada pormenor susceptível de criar uma ponte térmica e a preconização de uma solução correctiva que melhor se adapte ao tipo

de construção, será a melhor forma de solucionar os problemas associados às pontes térmicas (Figura x). [16]



Figura 13 - Isolamento térmico pelo exterior. [16]



Figura 14 - Correção de uma ponte térmica na zona de um pilar e viga com recurso a poliestireno extrudido. [16]

Era previsto neste capítulo realizar ensaios ao teor de humidade das paredes, mas devido às elevadas temperaturas as paredes estavam secas e não foi possível a realização desse estudo.

Capítulo 5

Solução adoptada para melhorar o desempenho energético do edifício

Para que o edifício de serviços tenha uma classe energética mais elevada é necessário a instalação de painéis solares térmicos. Para o dimensionamento dos painéis solares térmicos foi utilizado o programa SOLTERM.

Um sistema solar térmico é uma instalação que permite utilizar a inesgotável fonte de energia natural que é o sol, para aquecimento de águas quentes sanitárias. O sistema solar térmico permite oferecer o máximo de conforto na produção de água quente, de forma simples, utilizando equipamentos com um longo período de vida útil.

As instalações solares para a produção de água quente, podem ser instaladas em praticamente todas as moradias uni familiares. Os sistemas solares térmicos fornecem água quente para qualquer necessidade: água quente sanitária, apoio ao aquecimento central, aquecimento de piscinas, aplicações industriais em qualquer situação. [17]

As vantagens da utilização de sistemas solares térmicos são as seguintes:

- Poupança energética de forma eficiente, segura e ecológica;
- Rentabilização num curto/médio prazo;
- Incentivos fiscais;
- Integração arquitectónica. [17]

5.1- Imposições regulamentares

O RCCTE (Decreto-Lei n.º80/2006) impõe a obrigatoriedade de instalação de painéis solares térmicos para aquecimento de águas sanitárias, na base de 1m² de colector por ocupante previsto, desde que os edifícios (fracções autónomas) tenham uma cobertura em terraço ou uma cobertura inclinada que esteja orientada numa gama de azimutes de 90° entre sudeste e sudoeste. As coberturas não deverão ainda ser sombreadas por obstáculos significativos no período que se inicia diariamente duas horas depois do nascer do sol e termina duas horas antes de este se pôr. [17]

Embora esteja previsto no RCCTE 1m² de colector por ocupante, este valor poderá ser reduzido de modo a que não seja ultrapassada 50 % da área de cobertura total disponível, em terraço ou não vertentes orientadas no quadrante sul, entre sudoeste e sudeste. Admite-se que os edifícios de serviços sujeitos ao RCCTE são pequenos consumidores AQS sendo o respectivo consumo total diário (M_{AQS}) =100 l. [17]

5.2- Princípio de funcionamento dos painéis solares térmicos para aquecimento de águas quentes sanitárias

O princípio de funcionamento do sistema solar térmico é bastante simples: a radiação solar que incide sobre a cobertura de vidro, que compõe a parte superior do painel solar, transfere-se por calor para o fluido circulante no interior dos tubos que constituem o painel. Este fluido após sofrer o aquecimento, circula em circuito fechado e transfere calor, através da serpentina do depósito, para a água aí acumulada, aquecendo-a. A circulação do fluido é gerida e controlada pelo regulador solar e pelo grupo de circulação, em função das temperaturas registadas na medição. [18]



Figura 15 - Esquema do princípio de funcionamento de um sistema solar térmico [18]

Para a produção de água quente sanitária, o sistema solar é composto por:

- **Painel Solar** – Um ou mais painéis, que transformam a radiação solar incidente em energia térmica.
- **Acumulador Solar** – Depósito que acumula a água quente até que esta seja necessária para consumo.

- **Circuito Hidráulico** – Tubagens, bombas circuladoras e válvulas.
 - **Grupo de Circulação** – Incorporado no circuito hidráulico, faz circular o líquido térmico pelos tubos que ligam o painel solar ao depósito acumulador.
 - **Central de Controlo** – Elementos de controlo e regulação que asseguram o correcto funcionamento do sistema.
 - **Apoio Energético** – Sistemas complementares de aquecimento que apenas são accionados quando as radiações recebidas pelo painel não são suficientes para o nível de aquecimento desejado. Como por exemplo caldeiras e esquentadores.
- [19]

5.3- Descrição do sistema solar térmico para preparação de águas quentes sanitárias do edifício em estudo

O sistema de preparação de Águas Quentes Sanitárias (AQS) é constituído por:

- Quatro colectores solares tipo Calpak 12 VT, plano de cobertura selectiva de 5,1 m², área de captação com inclinação de 36°, orientados a sul com rendimento $\eta=0,50$ e localizados na cobertura;
- Depósito termoacumulador de 200 L colocado na vertical, com coeficiente global de perdas de 2,7 W/K, colocado no exterior;
- Permutador interno, tipo serpentina com uma eficácia de 55%.

O sistema de apoio no edifício de serviços em estudo é constituído por duas caldeiras murais a gás da gama Aquastar, modelo ZWC 28/32-1 MFA Vent-2 DH AE, a combustível gasoso (gás), com potência útil de 28 KW, com isolamento térmico nas tubagens de água quente.

A contribuição solar só poderá ser contabilizada se os sistemas ou equipamentos forem, certificados de acordo com as normas e legislação em vigor, instalados por instaladores certificados pela DGGE (Direcção Geral de Energia e Geologia) e, cumulativamente, se houver garantia de manutenção do sistema em funcionamento eficiente durante um período mínimo de seis anos.

5.4- Dimensionamento dos painéis solares através do programa SOLTERM

O SOLTERM é um programa de análise de desempenho de sistemas solares térmicos, especialmente ajustado às condições climáticas e técnicas de Portugal, que funciona sobre o sistema operativo Microsoft Windows© em ambiente interactivo.

O SOLTERM é o padrão de referência para cálculo de incentivos governamentais à energia solar, e ainda, para a contabilização da contribuição de sistemas de energias renováveis para o balanço energético de edifícios, à luz do recente Sistema de Certificação de Edifícios. [18]

Admite-se que os edifícios de serviços sujeitos ao RCCTE são pequenos consumidores de AQS (aguas quentes sanitárias), sendo o respectivo consumo total diário (M_{AQS}), 100 litros.

Utilização dos edifícios de serviços	Número de dias consumo AQS	Consumo médio diário (litros)	Consumo anual de águas quentes (litros)
Permanente	365	200	36500

Características do painel solar térmico escolhido

No quadro 1 temos as características do painel CALPAK 12 VT (figura 14)

		12 VT	20VT
Collector:			
External dimensions:	length	1600	1600
	width	900	1410
	height	100	100
Weight		36	58
Aperture area		1,26 m ²	2,10 m ²
Number of vacuum tubes		12	20
Glass cover tube external diameter		47 mm	
Glass cover tube length		1500 mm	
Cover material		Borosilicate glass 3.3	
Vacuum		p < 0,005 Pa	
Absorber:			
Absorber material:	Inner copper U-pipes	D=9,52 thickness 0,65 mm	
	Inner aluminium fin	thickness 0,8 mm	
Surface treatment		Selective sputtered	
Absorption coefficient		a > 0,93	
Emission coefficient		e < 0,06	
Absorbing surface glass tube diameter		33 mm	
Heat transfer medium: closed circuit		Glycol brine	
Insulation and casing:			
Thermal insulation thickness of header		30 mm	
Insulation material of header		Expanded Polyurethane (40-45 kg/m ³) and fiberglass	
Casing material		Aluminium	
Diameter of connections		22 mm	
Limitations and efficiency:			
Maximum temperature of operation		220 °C	
Maximum operating pressure		10 bar	
Pressure tested in production		15 bar	
Output for Germany (Würzburg)		647 kWh/m ² /year	
Certifications:			
EN 12975-2 / ISO 9806-1 / Solar Keymark No. PSK-036/2008			

Figura 16 - Características técnicas do painel. [20]

Principais fases na determinação do desempenho energético dos sistemas solares térmicos

Fase nº1- Definição do clima e local

Em primeiro lugar para o cálculo do desempenho dos painéis solares térmicos temos de definir o clima e o local. Neste contexto, por clima entende-se toda a informação relativa ao recurso solar e à temperatura ambiente que permite simular o desempenho dos sistemas solares térmicos. Os detalhes locais referem-se a características particulares do local onde é instalado o sistema solar térmico, sombras e obstruções do horizonte, e turbidez da atmosfera (conteúdo de poeiras).

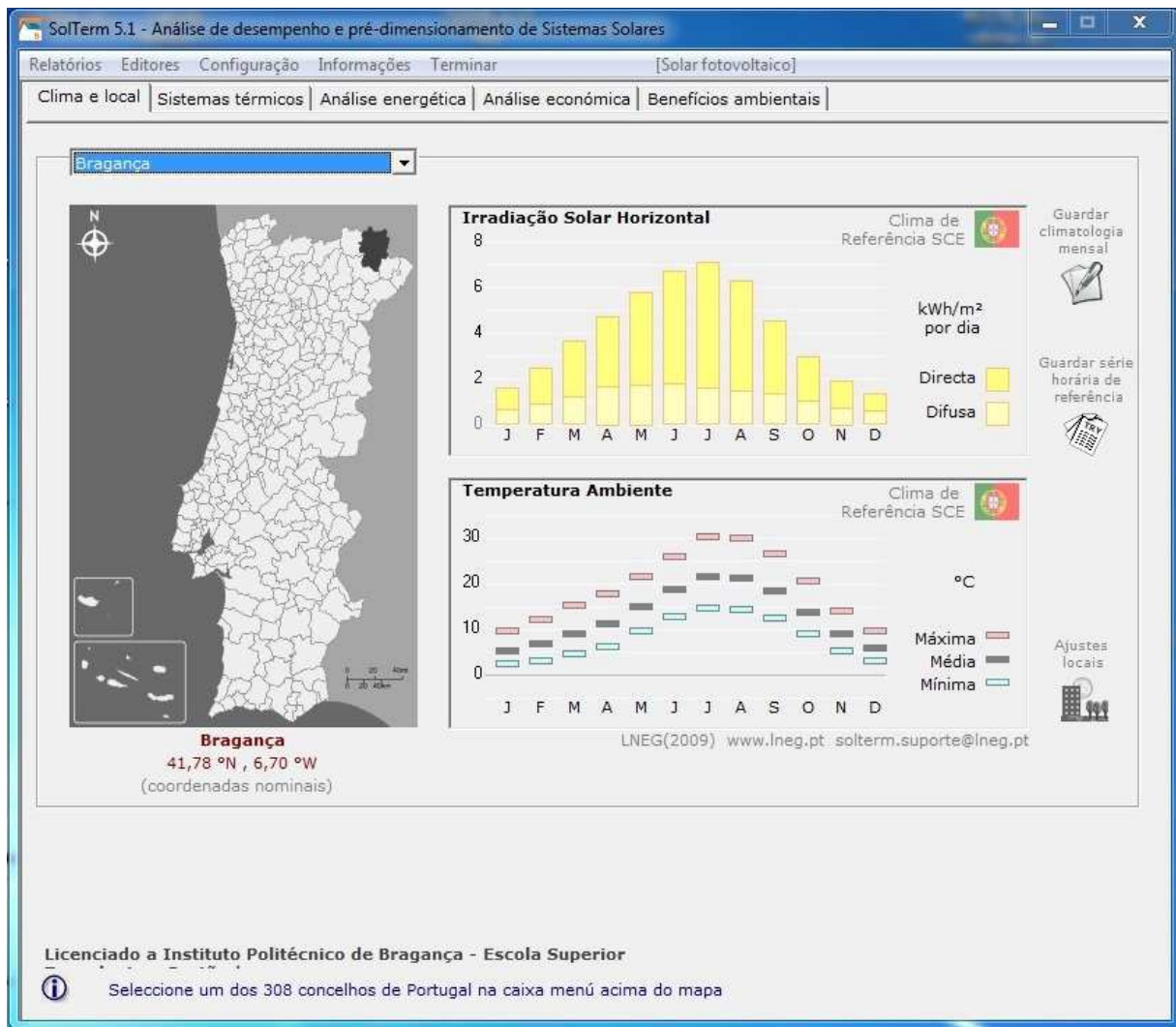


Figura 17 - Definição do clima e local.

Na figura 15 temos o mapa de Portugal onde podemos escolher a cidade para a colocação dos painéis solares térmicos. A cidade onde vão ser colocados os painéis solares térmicos é a cidade de Bragança.

Detalhes do local

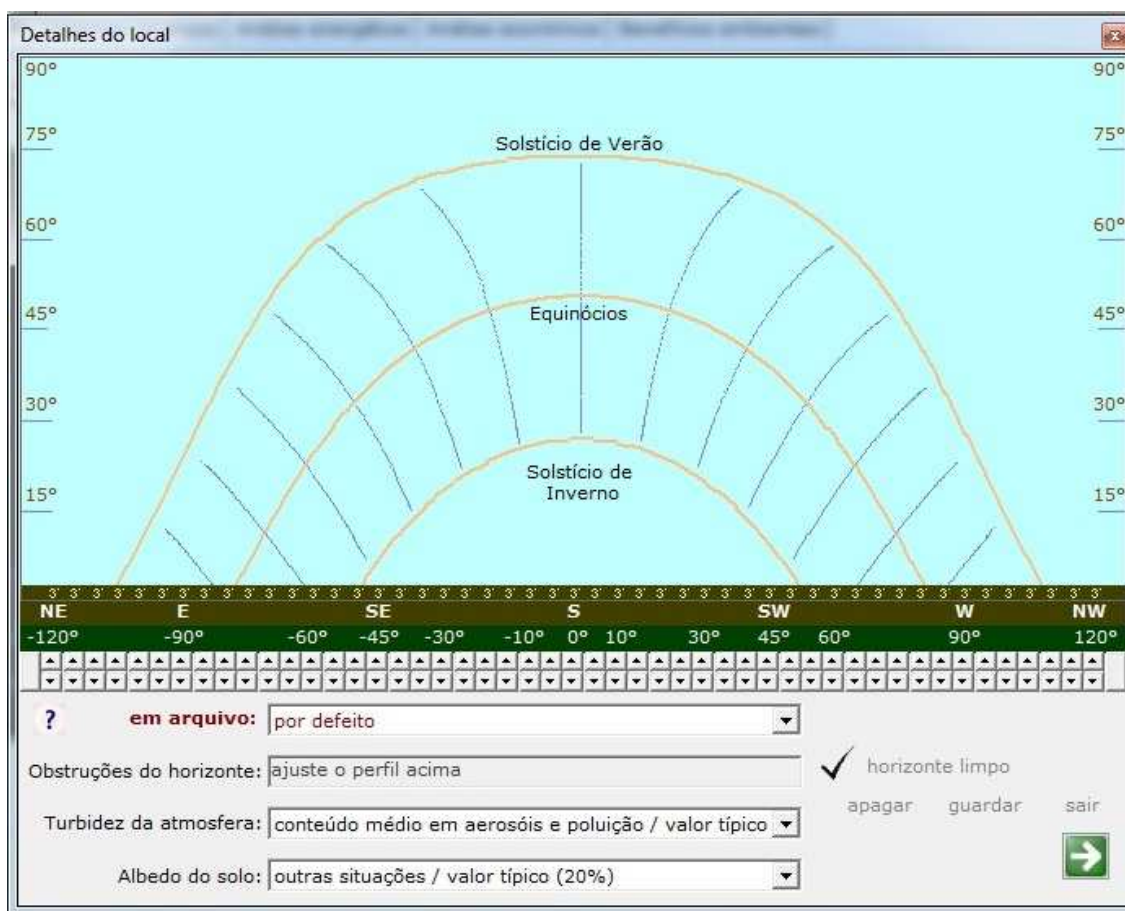


Figura 18 - Detalhes do local.

Na figura 16 temos os detalhes do local onde vão ser instalados os painéis solares térmicos. A climatologia não inclui o efeito localizado de sombras e obstruções, albedo (medida relativa da quantidade de luz reflectida) e transparência da atmosfera. Essas são informações que permitem ajustar em alguma medida a informação que é providenciada para cada zona.

Fase nº2- Definição do sistema solar térmico:

- Características do colector;
- Características do depósito;
- Características do permutador;
- Características do sistema de apoio;
- Características do consumo.

A configuração do sistema solar térmico é com um depósito, sendo esta opção geralmente a mais interessante do ponto de vista energético e frequentemente também do ponto de vista económico. Em seguida vamos escolher o tipo de colectores. Os colectores escolhido para este dimensionamento são os colectores Calpak 12 VT, irão ser utilizados quatro colectores que ocuparam uma área de 5,1 m².

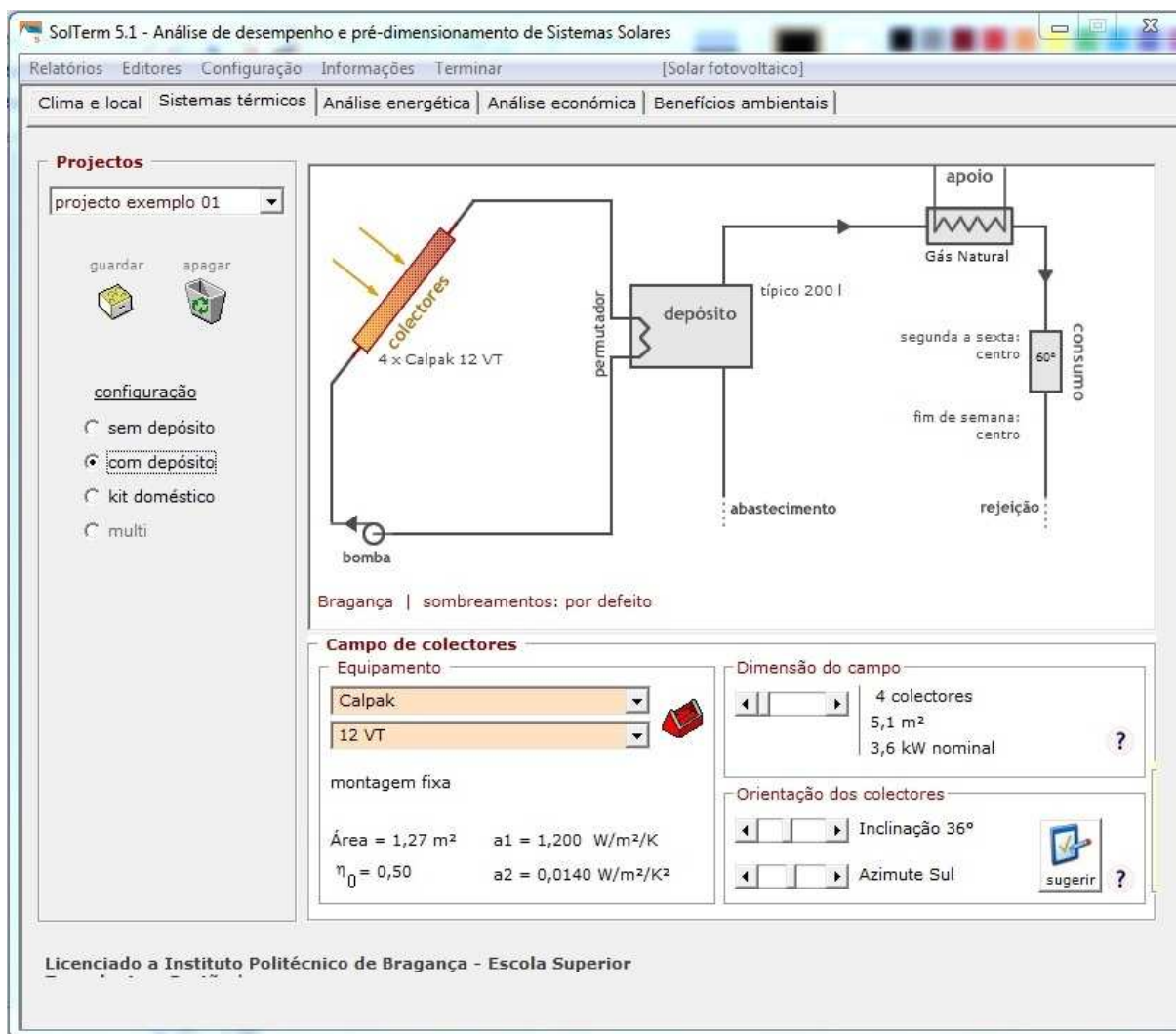


Figura 19 - Configuração de um sistema solar térmico.

A configuração básica de um sistema solar térmico inclui: um circuito primário (solar) constituído por um campo de colectores ligado por um permutador a um depósito, e um circuito secundário que interliga tomadas de água quente no depósito, cargas térmicas (consumos de energia na forma de água quente, com ou sem reaproveitamento da água em si) e abastecimento de água ao depósito.

No circuito primário temos 4 colectores Calpak 12 VT e um depósito típico de 200 L (figura 18). No circuito secundário existe por regra um sistema de apoio que complementa a energia de origem solar de forma a atingir a energia requerida pelas cargas térmicas. O sistema de apoio é o gás natural, dado fornecido pela memória do projecto de rede de abastecimento de gás do edifício (figura 19).

A figura 18 dá-nos a informação sobre as características do depósito e do permutador.

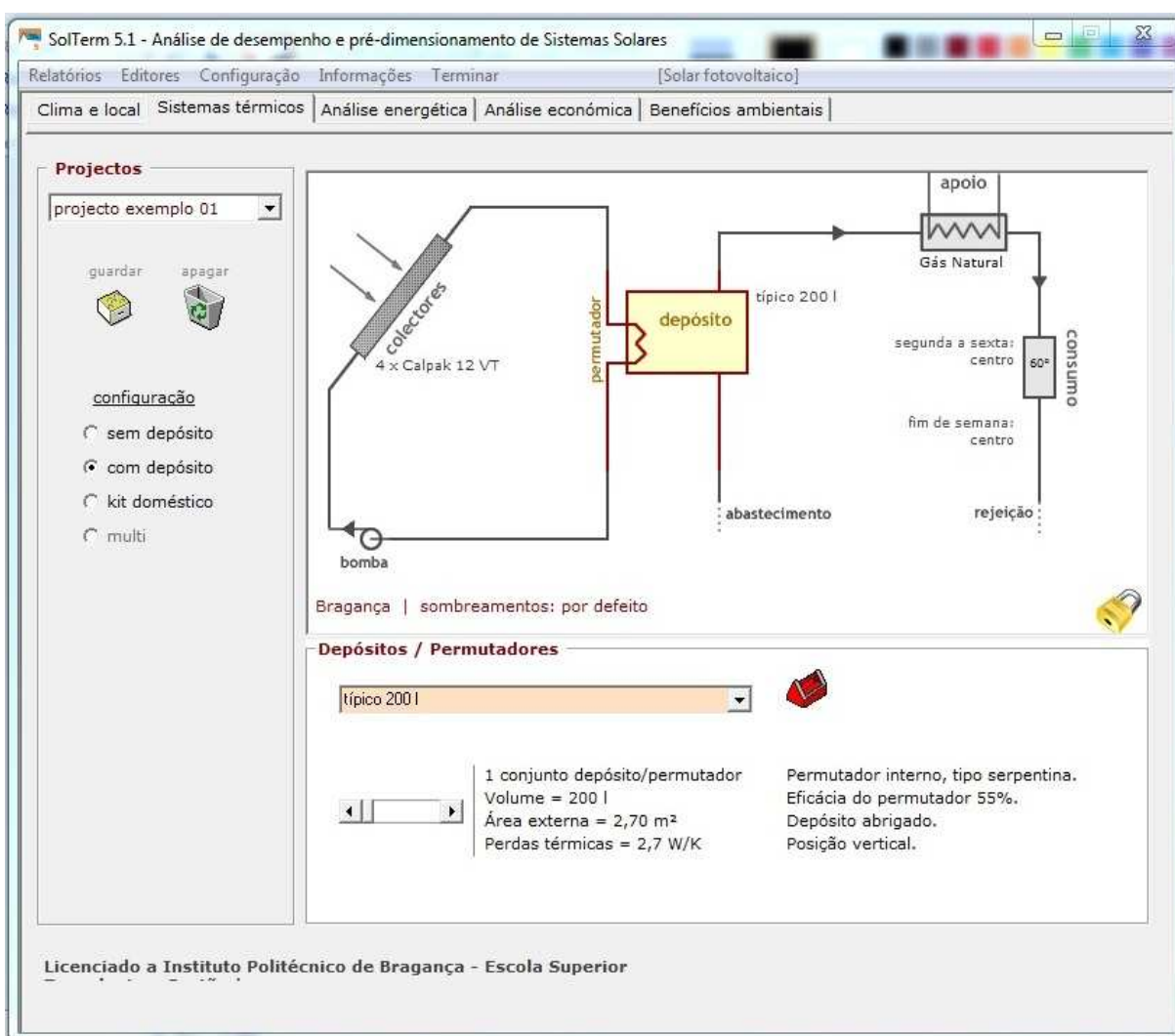


Figura 20 - Características do depósito e do permutador.

A figura 19 mostra as características do sistema de apoio, que no nosso caso é o gás natural.

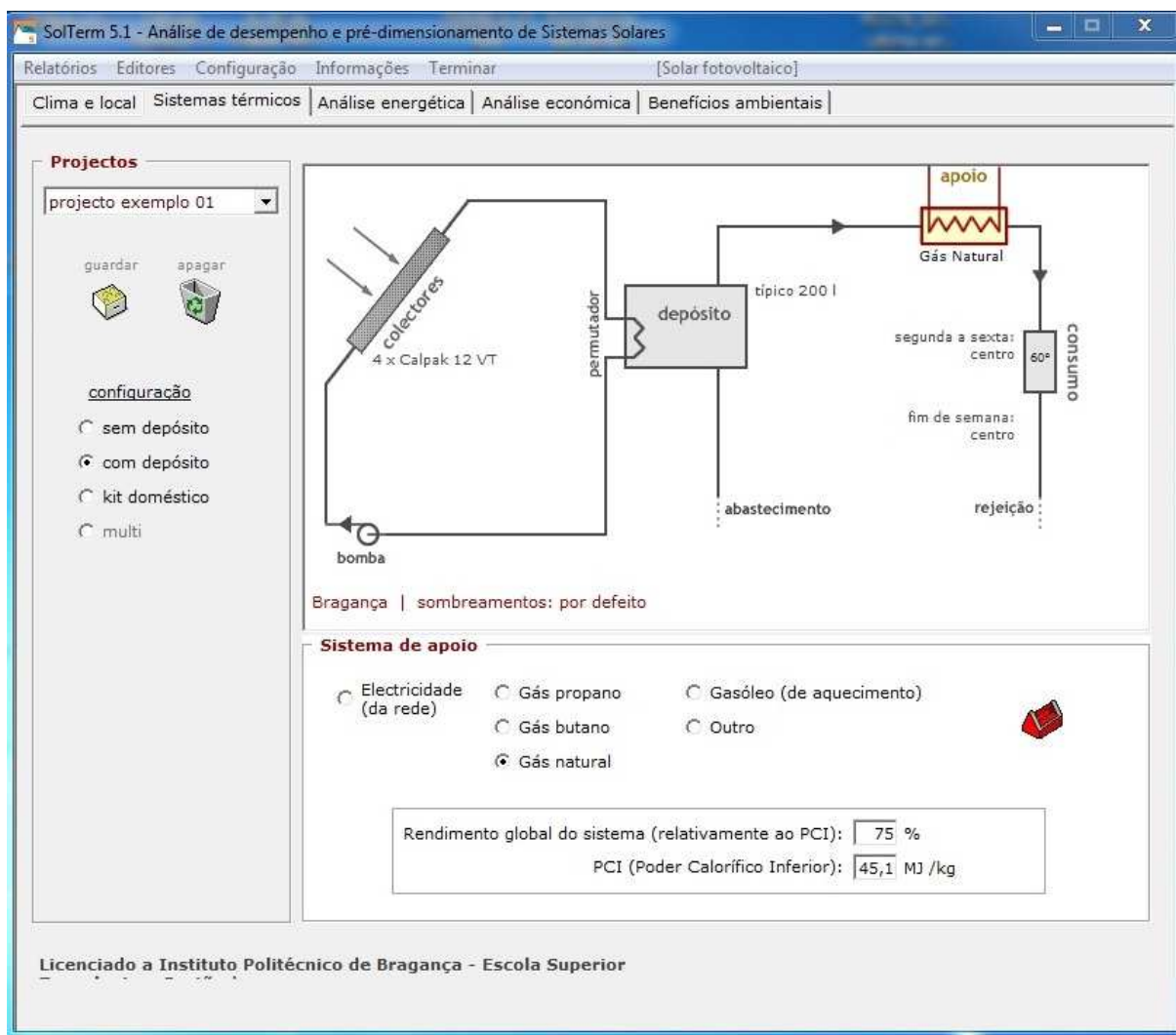
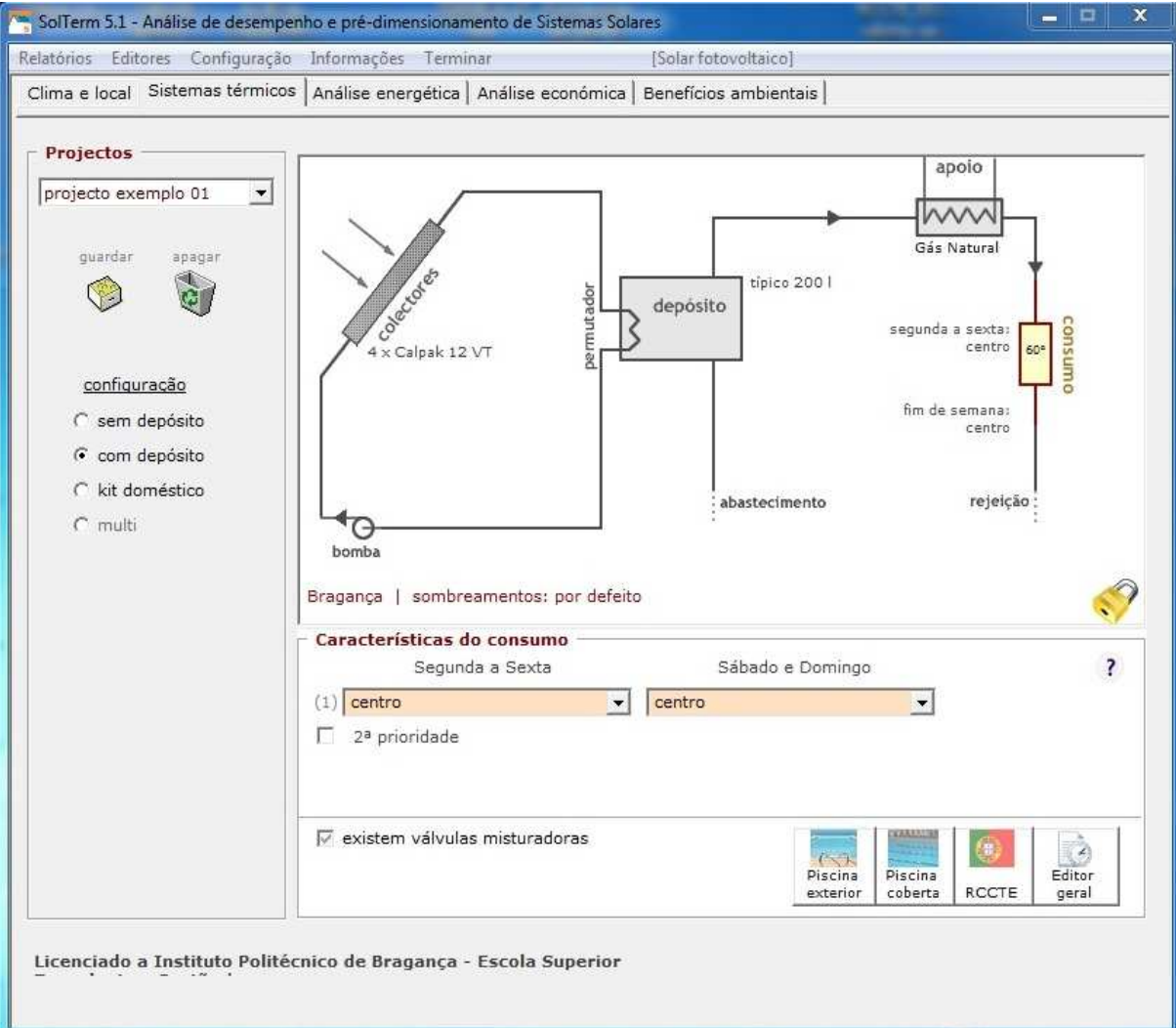


Figura 21 - Características do sistema de apoio.

Na figura 20 temos as características do consumo do edifício. No nosso caso o consumo de água é de 200 L.



The screenshot shows the SolTerm 5.1 software interface. The main window displays a schematic diagram of a solar heating system. On the left, there are solar collectors labeled 'colectores' (4 x Calpak 12 VT) connected to a pump ('bomba') and a circulator ('permutador'). The system leads to a storage tank ('depósito') with a capacity of 'típico 200 l'. From the tank, the system branches into two paths: one leading to a gas boiler ('apoio Gás Natural') and another leading to a consumption point ('consumo') set at 60°C. The consumption point is configured for 'segunda a sexta: centro' and 'fim de semana: centro'. Below the schematic, the 'Características do consumo' section is visible, showing settings for 'Segunda a Sexta' and 'Sábado e Domingo', both set to 'centro'. There is a checkbox for '2ª prioridade' which is unchecked, and a checked checkbox for 'existem válvulas misturadoras'. At the bottom, there are icons for 'Piscina exterior', 'Piscina coberta', 'RCCTE', and 'Editor geral'. The software title bar indicates it is for 'Análise de desempenho e pré-dimensionamento de Sistemas Solares'.

Figura 22 - Características do consumo.

Na figura 21 temos o consumo de água gastos por hora, a origem do abastecimento é água da rede.

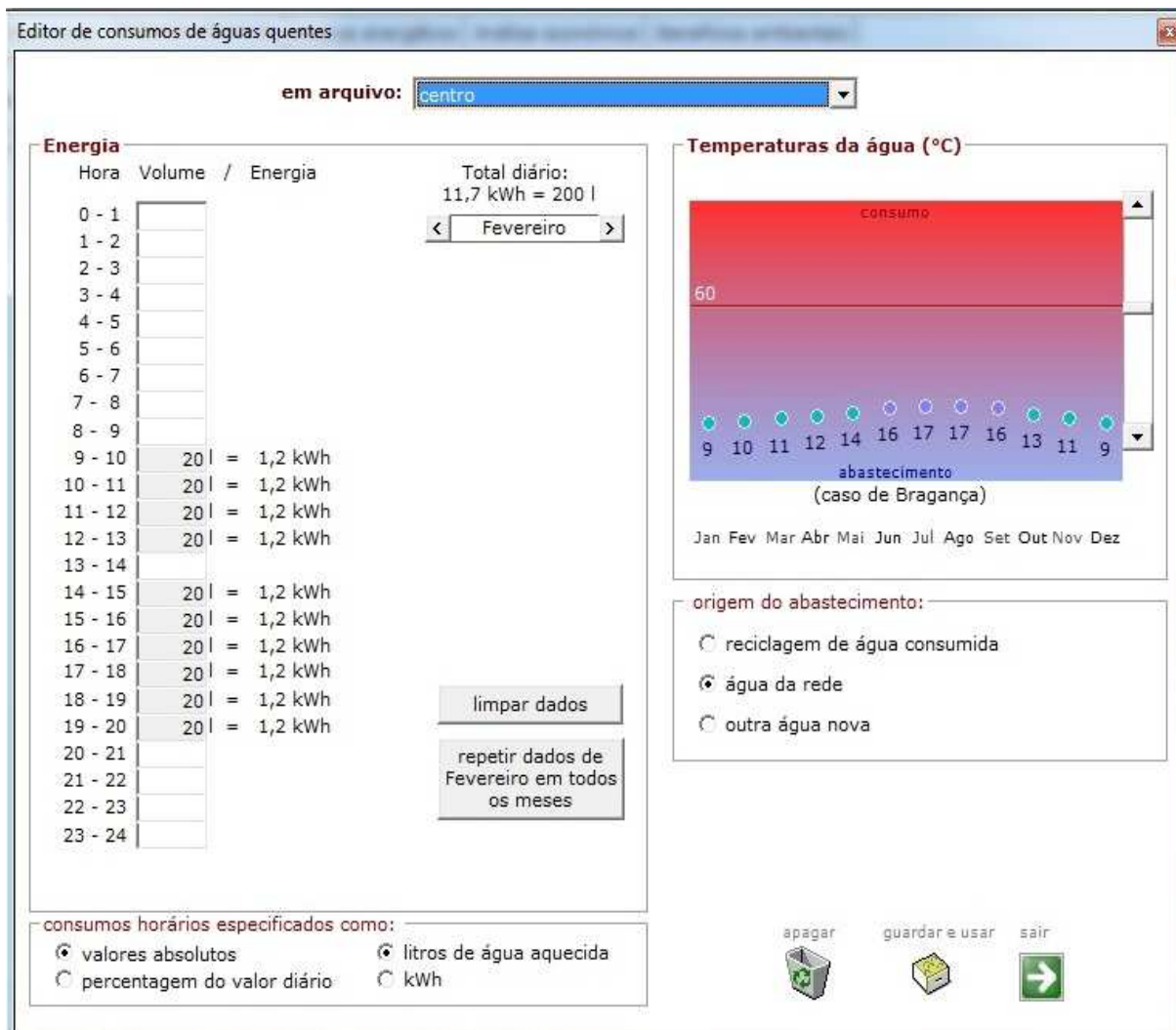


Figura 23 - Consumo de águas quentes sanitárias.

Fase 3- Obtenção de resultados:

- Análise Energética: obtenção do *Esolar* e relatório de desempenho energético detalhado;
- Análise económica e benefícios ambientais.

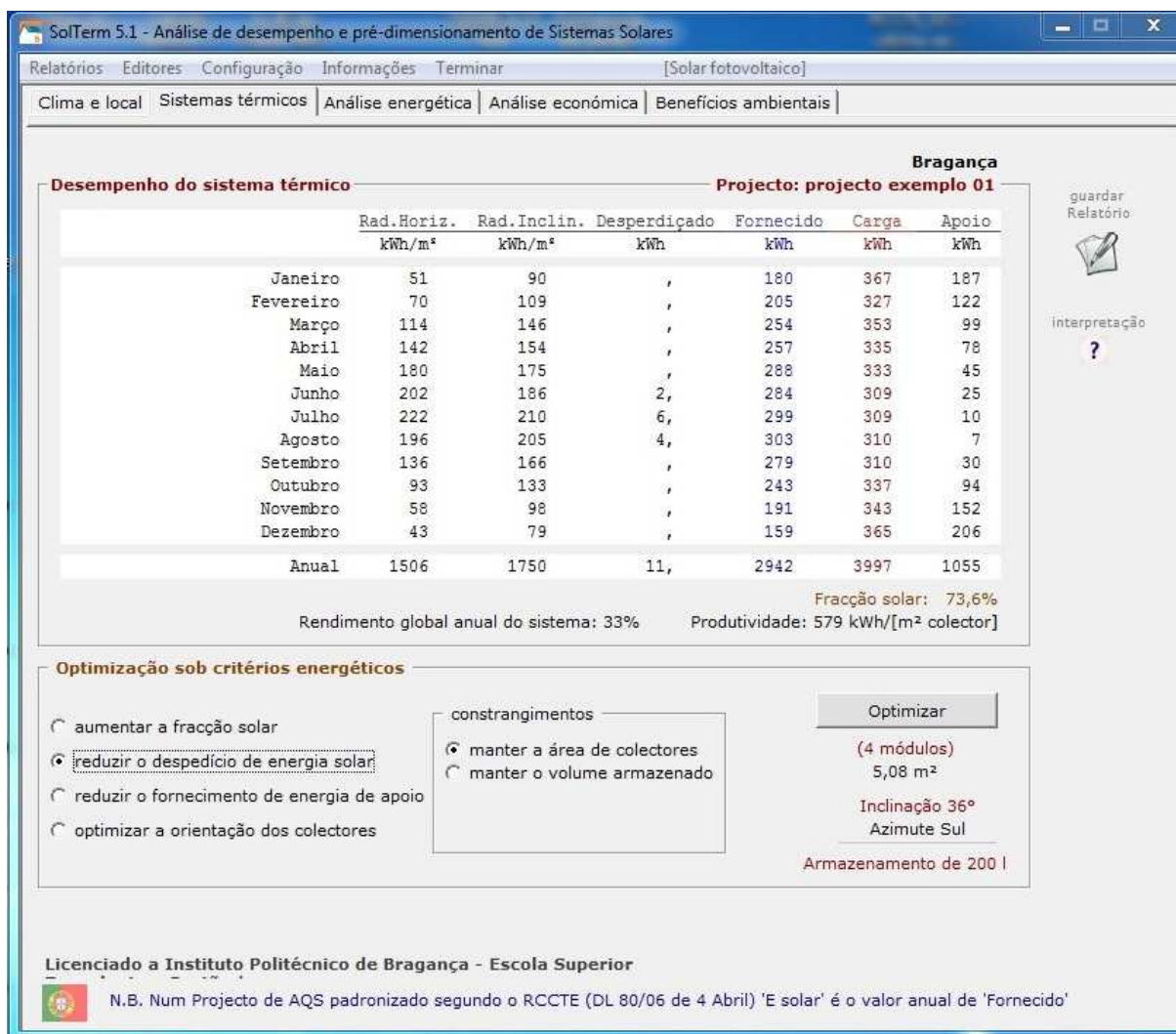


Figura 24 - Análise energética.

O valor do *Esolar* = 2942 KWh.

A figura 22 apresenta as seguintes colunas de valores mensais, bem como o valor anual:

- **Radiação Horizontal** – energia acumulada (mensal ou anual) da radiação solar global na horizontal à superfície, por unidade de área (kWh/m²). A radiação global é a soma das componentes directa (vinda da direcção do Sol) e difusa

(vinda do hemisfério celeste e reflectida do solo e superfícies junto ao solo) da radiação.

- **Radiação Inclinada** – energia acumulada (mensal ou anual) da radiação solar global à face dos colectores solares, por unidade de área (kWh/m²), portanto num plano inclinado. Note-se que este valor não tem incluído o efeito dos modificadores de ângulo de incidência. [21]
- **Desperdiçado** – energia acumulada (mensal ou anual) que o sistema solar recolhe mas tem de dissipar (kWh). O desperdício de energia recolhida surge quase sempre por se ultrapassarem limites de temperatura de armazenamento de água em situações em que o consumo é pequeno ou nulo. Este valor não deve ser confundido com as perdas térmicas em depósitos, tubagens, etc.
- **Fornecido** – energia acumulada (mensal ou anual) que o sistema fornece para consumo (kWh). Trata-se de energia final útil, isto é efectivamente entregue. Este valor é designado por *Esolar* nos Regulamentos Energéticos para Edifícios, vd. Decreto-Lei no. 80/2006, de 4 de Abril.
- **Carga** – valor acumulado (mensal ou anual) da energia solicitada para consumo (kWh).
- **Apoio** – energia acumulada (mensal ou anual) entregue para consumo pelo sistema de apoio, ou auxiliar, para complementar a energia fornecida pelo sistema solar (kWh). Trata-se de energia final útil. [21]

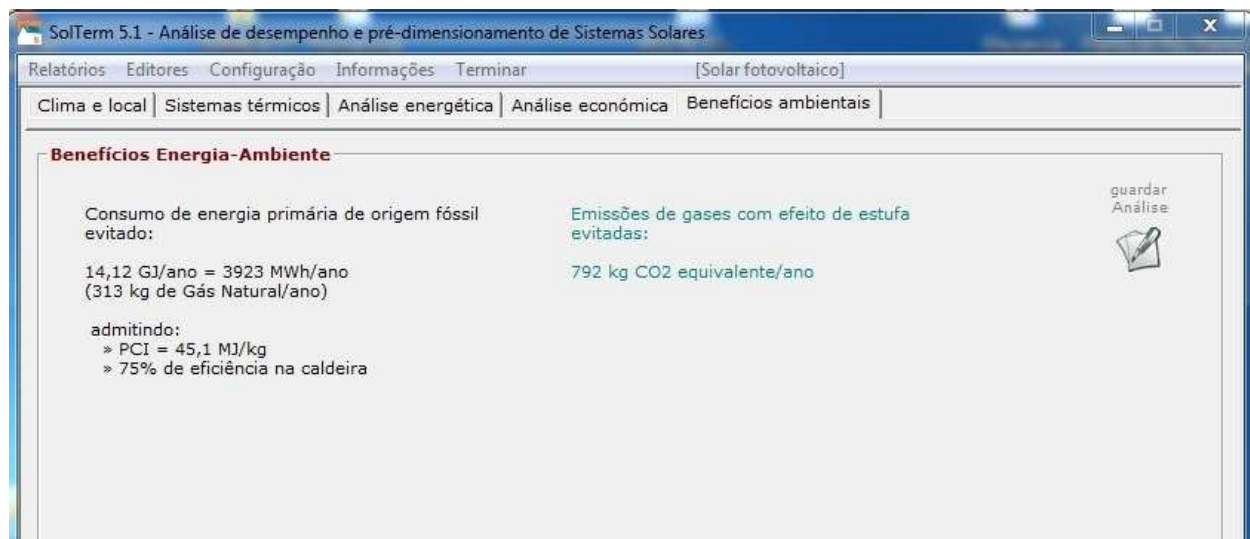


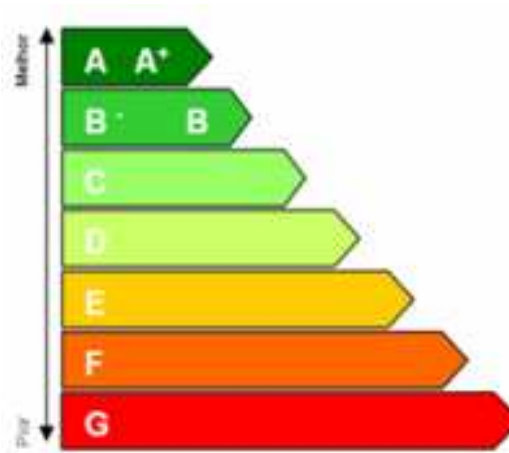
Figura 25 - Benefícios ambientais.

Na figura 23 podemos observar os benefícios ambientais. Com a utilização destes painéis solares térmicos as emissões de gás com efeito estufa evitadas por ano são de 792 Kg CO₂.

Após a instalação dos painéis solares térmicos a classificação energética do edifício em estudo atingiu a **CLASSE A**.

$$\frac{N_{tc}}{N_T} = \frac{1,20}{2,46} = 0,488$$

		Classe energética	$R = N_{tc} / N_t$
Edifícios existentes	Edif. Novos	A+	$R \leq 0,25$
		A	$0,25 < R \leq 0,50$
		B	$0,50 < R \leq 0,75$
		B-	$0,75 < R \leq 1,00$
	Edif. Existentes	C	$1,00 < R \leq 1,50$
		D	$1,50 < R \leq 2,00$
		E	$2,00 < R \leq 2,50$
		F	$2,50 < R \leq 3,00$
		G	$3,00 < R$



Após colocação do *Esolar* = 2942 KWh nas folhas de cálculo fornecidas pelo IPB (Instituto Politécnico de Bragança) e fazendo os cálculos (Anexo III) podemos verificar que o edifício obteve uma classe superior á inicial.

Capítulo 6

Outras propostas de melhoria nos consumos energéticos do edifício

Para além da instalação de painéis solares térmicos, também podem ser propostas outras melhorias para o desempenho energético do nosso edifício.

Em seguida vão ser apresentadas outras medidas que podem ser implementadas para a redução dos consumos energéticos do edifício em estudo, tais como: melhoramento no sistema de iluminação, instalação de painéis fotovoltaicos, alteração do combustível do sistema de apoio do aquecimento, colocação de vegetação e colocação de palas verticais.

6.1 - Iluminação

6.1.1-Eficiência energética na iluminação

O conceito de eficiência energética na iluminação torna-se insignificante se o sistema de iluminação não fornecer as condições adequadas à realização das diversas tarefas por parte dos seus utilizadores. A adopção de tecnologias energeticamente eficientes não deve, sob nenhuma hipótese, prejudicar o conforto e a satisfação dos utilizadores. Na sua forma mais simples, um sistema de iluminação energeticamente eficiente pode ser obtido através da minimização de duas variáveis, o tempo de utilização e a potência instalada. A minimização da potência instalada é obtida através da utilização de componentes do sistema de iluminação artificial energeticamente eficientes como lâmpadas com alta eficiência luminosa, balastos com elevado factor de potência e circuitos de distribuição e controlo. [22]

6.1.2- Lâmpadas utilizadas no edifício de serviços

A iluminação interior do edifício é assegurada por lâmpadas fluorescentes, estas são muito utilizadas por proporcionarem uma boa iluminação com pouca potência e um baixo consumo energético. As lâmpadas florescentes são as mais adequadas para locais

com necessidades de longa iluminação, têm uma elevada eficácia e um período de vida muito elevado (cerca de 12 000 horas), permitindo economizar energia até 85 por cento, dependendo do modelo e da potência. [22]

Características	Lâmpadas Incandescentes		Lâmpadas fluorescentes	
	Clássica	Halogéneo	Tubular	Compacta
Potência (W)	15-2.000	20-2.000	15-58	9-23
Eficiência Luminosa (lumen/W)	8-15	15-25	58-93	55-65
Duração (h)	1.000	2.000	12.000-18.000	6.000-15.000

Figura 26 - Características básicas de cada tipo de lâmpadas. [22]

Comparativamente com a tecnologia incandescente as lâmpadas fluorescentes apresentam um rendimento luminoso superior. Na prática, para a mesma intensidade de luz produzida (fluxo luminoso), as lâmpadas fluorescentes consomem cerca de 5 vezes menos energia. [22]

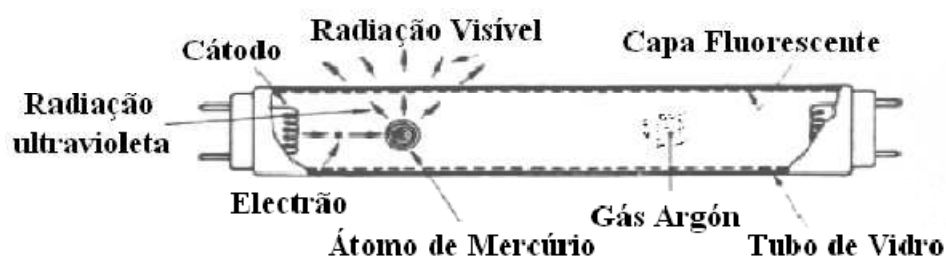


Figura 27 - Constituição das lâmpadas fluorescentes. [24]

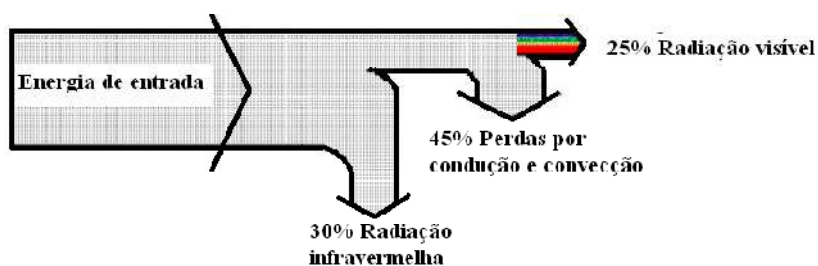


Figura 28 - Desagregação da energia consumida por uma lâmpada fluorescente. [25]

6.1.3- Balastros

Os balastros são equipamentos auxiliares necessários para o acendimento das lâmpadas de descarga. Servem para limitar a corrente e adequar as tensões para o perfeito funcionamento das lâmpadas. Os tipos de balastros encontrados no mercado são: electromagnéticos e electrónicos.

No edifício em estudo os balastros usados são electrónicos, estes trabalham em alta frequência (de 20 kHz a 50 kHz). Proporciona maior fluxo luminoso com menor potência de consumo, é esta característica que transforma os balastros electrónicos em produtos economizadores de energia e com maior eficiência que os balastros electromagnéticos. [25]

No que diz respeito á eficiência energética da iluminação do edifício, não há nada a melhorar pois os materiais utilizados são os mais eficientes.

6.2- Painéis solares fotovoltaicos

6.2.1- Painéis solares fotovoltaicos: produção de energia eléctrica

A descoberta do efeito fotovoltaico permitiu converter a energia libertada pelo sol, sob a forma de radiação solar, directamente em energia eléctrica. As primeiras aplicações foram em casas isoladas e sistemas de bombagem. No entanto, o desenvolvimento do sector deu-se com as instalações ligadas à rede, que permitiram o crescimento exponencial da capacidade de produção e da potência instalada a nível mundial.

Os painéis solares fotovoltaicos são compostos por células solares, assim designadas já que captam, a luz do sol. Actualmente, os custos associados aos painéis solares fotovoltaicos tornam esta opção pouco rentável. O aumento do custo dos combustíveis fósseis, e a experiência adquirida na produção de células solares, que tem vindo a reduzir o custo das mesmas, indica que este tipo de energia será no futuro mais utilizada. [29]

6.2.2- Enquadramento Legal

Decreto de Lei 68/2002:

- Regula a actividade de produção independente de energia eléctrica em baixa tensão (BT) destinada a consumo próprio sem prejuízo de entrega da produção excedente a terceiros ou à rede pública.
- Estabelece o limite máximo em 150 kw de entrega de energia à rede pública, em cada ponto de recepção.
- Define que 50% da energia eléctrica produzida se destine a consumo próprio ou de terceiros. [26]

Decreto de Lei 363/2007:

- Regime Jurídico da produção de electricidade por intermédio de instalações de pequena potência.

“Podem ser microprodutores de electricidade por intermédio de unidades de microprodução todas as entidades que disponham de um contrato de compra de electricidade em baixa tensão.” Art. 4º. [26]

6.2.3- Remuneração

A remuneração da energia eléctrica produzida em instalações de microprodução poderá ser realizada segundo dois regimes:

- Regime Geral;
- Regime Bonificado.

Regime Geral

Aplicável a todos os produtores que tenham acesso à actividade de microprodutor.

O valor da energia vendida pelo produtor é igual ao valor pago pela energia comprada.

Regime Bonificado

Para unidades de microprodução com potência de ligação até 3,68 kW que utilizem fontes de energia nas seguintes condições:

- 1) Entidades que pretendam instalar unidades de cogeração de biomassa desde que esta esteja integrada no aquecimento do edifício.
- 2) No caso das entidades que pretendam instalar unidades de microprodução que utilizem outras fontes de energia, desde que estas disponham de colectores solares térmicos para aquecimento de água na instalação de consumo, com um mínimo de 2m² de área de colectores.
- 3) Os condomínios, devendo estes, realizar uma auditoria energética do edifício. [26]

6.2.4 - Constituição de um painel solar fotovoltaico

Os sistemas fotovoltaicos ligados á rede são constituídos por:

- Campo solar (1)
- Caixa ligação (campo solar) (2)
- Inversor (3)
- Contador de energia (4)
- Interligação com a rede (5)



Figura 29 - Constituição de um sistema fotovoltaico. [27]

As células fotovoltaicas que compõem o(s) módulo(s) produzem corrente elétrica contínua, através da captação da radiação solar. Ao conjunto de módulos interligados entre si, em série e/ou paralelo, chamamos campo solar. A corrente contínua produzida é encaminhada por meio dos cabos elétricos para uma caixa de interligação, e posteriormente para o inversor. O inversor converte a corrente contínua em corrente alternada. Essa corrente é então injetada na rede elétrica nacional, sendo contabilizada num sistema de contagem autónomo. [27]

6.2.5 - Dimensionamento dos painéis fotovoltaicos para o edifício de serviços

Ponto 1- Selecção do inversor

A potência a ser instalada é de 3,68 kW, que é o valor máximo admitido no regime bonificado. Em sistemas fotovoltaicos com baixas potências instaladas e onde a superfície possui uma orientação e inclinação uniforme e não existem sombreamentos deve utilizar-se um único inversor para potências até 5 kW. Em sistemas com potências instaladas mais elevadas, a utilização de mais que um inversor pode ser vantajosa na medida em que aumenta a fiabilidade do sistema.

A potência nominal do inversor é determinada pela potência de pico do módulo, a qual é fornecida pelo fabricante para as condições de STC (Standart Testing Conditions) (1000 W/m^2 , 25°C e $\text{AM}=1,5$), as quais muito raramente se verificam na prática. Por esta razão, a potência nominal do inversor pode tomar valores na ordem dos 5% a 10% mais baixos do que a potência de pico dos módulos, mas o valor máximo da corrente de entrada e da tensão no inversor nunca devem ser excedidos.

O inversor escolhido é o Fronius IGTL 3.6, como podemos ver na figura 29. Escolhi este inversor porque tem uma potência de 3,680 kW à saída, o máximo que é permitido pelo regime bonificado do regime de microprodução.

Dados técnicos do inversor IG TL 3.6 ,retiramos da pagina do fornecedor do inversor.

Dados segundo a norma EN 50524:2008				
DADOS DE ENTRADA	Fronius IG TL 3.0	Fronius IG TL 3.6	Fronius IG TL 4.0	Fronius IG TL 5.0
Potência máxima DC	3130 W	3840 W	4190 W	5250 W
Corrente de entrada máxima ($I_{dc\ max}$)	8,9 A	11,0 A	12,0 A	15,0 A
Tensão de entrada mínima ($U_{dc\ min}$)			350 V	
Alimentação de tensão inicial ($U_{dc\ start}$)			350 V	
Tensão de entrada nominal ($U_{dc,n}$)			350 V	
Tensão de entrada máxima ($U_{dc\ max}$)			850 V	
Intervalo de tensão MPP ($U_{mpp\ min} - U_{mpp\ max}$)			350 - 700 V	
DADOS DE SAÍDA				
Potência nominal AC ($P_{ac,n}$)	3000 W	3680 W	4000 W	4600 W/5000 W
Potência de saída máx.	3000 W	3680 W	4000 W	5000 W
Corrente de saída máxima ($I_{ac\ max}$)	13,0 A	16,0 A	17,4 A	21,7 A
Ligação à rede			Monofásica, NPE 230 V	
Tensão de saída mínima ($U_{ac\ min}$)			180 V	
Tensão de saída máxima ($U_{ac\ max}$)			270 V	
Frequência (f)			50 Hz/60 Hz	
Gama de frequências ($f_{min} - f_{max}$)			45 Hz - 65 Hz	
Distorção harmónica			< 3 %	
Factor de potência ($\cos \varphi_{ac,n}$)			1	
Consumo nocturno			< 1 W	

Figura 30 - Características técnicas do inversor para os painéis fotovoltaicos. [34]

$$P_{m\acute{a}x. \text{ entrada}} = 3840 \text{ W} \times 1.1 = 4224 \text{ W}$$



Figura 31 - Inversor utilizado. [34]

Ponto 2 - Seleção do módulo

Para satisfazer as necessidades de produção os módulos têm que ser ligados em série (para aumentar o valor de tensão) ou em paralelo (para aumentar o valor de corrente).

O módulo escolhido da marca Kyocera KD235 GH-2PB.

Características do módulo retirados da página do fornecedor.

DADOS ELÉCTRICOS			DIMENSÕES		
Tipo de módulo PV		KD235GH-2PB	Comprimento	[mm]	1662 (±2,5)
A 1000 W/m ² (STC)*			Largura	[mm]	990 (±2,5)
Potência nominal P	[W]	235	Espessura / inclusive tomada	[mm]	46
Tensão máx. do sistema	[V]	1000	Peso	[kg]	21
Tensão à potência nominal	[V]	29,8	Cabo	[mm]	(+)1030 / (-)830
Corrente à potência nominal	[A]	7,89	Tipo de conexão		MC PV-KBT3 / MC PV-KST3
Tensão de circuito aberto	[V]	36,9	Tomada de conexão	[mm]	105x108x20
Corrente de curto-circuito	[A]	8,55	Código IP		IP65
A 800 W/m ² (NOCT)**			DADOS GERAIS		
Potência nominal P	[W]	166	Garantia de desempenho		10*** / 20 anos****
Tensão à potência nominal	[V]	26,4	Garantia		5 anos*****
Corrente à potência nominal	[A]	6,31	CÉLULAS		
Tensão de circuito aberto	[V]	33,3	Quantidade por módulo		60
Corrente de curto-circuito	[A]	6,93	Tecnologia da célula		policristalina
NOCT	[°C]	47,9	Tamanho da célula (quadrado)	[mm]	156x156
Tolerância de potência	[%]	+5 / -3	Contacto da célula		3-Barramento
Carca de corrente de retorno I _k	[A]	15	* Valores eléctricos sob condições de teste padrão (STC); irradiação de 1000 W/m ² , massa de ar-AM 1.5 e temperatura da célula à 25 °C		
Protecção máx. de cordão	[A]	15	** Valores eléctricos sob temperatura de operação nominal das células (NOCT); irradiação de 800 W/m ² , massa de ar-AM 1.5, velocidade do vento de 1 m/s e temperatura ambiente de 20 °C		
Coefficiente de temperatura da tensão de circuito aberto	[V/°C]	-1,33x10 ⁻¹	*** 10 anos para 90% da potência P mínima especificada sob condições de teste padrão (STC)		
Coefficiente de temperatura da corrente de curto-circuito	[A/°C]	5,13x10 ⁻³	**** 20 anos para 80% da potência P mínima especificada sob condições de teste padrão (STC)		
Coefficiente de temperatura da potência à Pmax	[W/°C]	-1,07	***** Para o território europeu		
Redução do grau de actuação (1000 à 200 W/m ²)	[%]	6,0			

Figura 32 - Características do módulo fotovoltaico. [35]

Inicialmente o número de módulos é calculado através do quociente entre potência máxima na entrada do inversor (W) obtida no ponto 1 e a potência de pico do módulo escolhido, como mostra a equação.

$$\frac{\text{Potência máxima de entrada do inversor (W)}}{\text{Potência de pico do módulo}} = \frac{42,24 \text{ W}}{235 \text{ W}} = 17,97 \text{ módulos}$$

⇒ 18 módulos



Figura 33 - Módulo Kyocera KD 235 GH -2PB.[35]

Ponto 3 - Verificação das tensões dos módulos

É necessário determinar os valores extremos da tensão dos módulos. As tensões mais elevadas ocorrem no inverno, quando a temperatura dos módulos é mais baixa, enquanto as tensões mais baixas ocorrem no verão quando os módulos estão quentes.

Assim, é necessário recorrer às folhas de características para obter a seguinte informação:

- Tensão e corrente no ponto de potência máxima, respectivamente, V_{MPP} e I_{MPP} ;
- Tensão em circuito aberto, V_{OC} , para a temperatura mais baixa, isto é -8°C .

Os valores de V_{MPP} e I_{MPP} , assim como o de V_{OC} , nas *Standard Test Conditions* (25°C) são obtidos a partir das folhas de características. A tensão em circuito aberto (V_{OC}) nas temperaturas extremas, no local da instalação, é calculada utilizando os respectivos

coeficientes de variação com a temperatura, também fornecidos nas folhas de características. A temperatura dos módulos varia entre: -8°C e 75°C .

As variações relativamente às *Standard Test Conditions* (a 25°C) podem ser calculadas como se segue:

$V_{\text{MPP}} (a -8^{\circ}\text{C}) = V_{\text{OC}} (a 25^{\circ}\text{C}) + [25 - (-8)]^{\circ}\text{C} \times \text{coeficiente de variação com a temperatura}$

Assim:

$$V_{\text{MPP}} (a -8^{\circ}\text{C}) = 29,8 + 33 \times 1,33 \times 10^{-1} = 34,19 \text{ V}$$

Do mesmo modo se obtêm:

$$V_{\text{MPP}} (75^{\circ}\text{C}) = 29,8 + (25 - 75) \times 1,33 \times 10^{-1} = 23,15 \text{ V}$$

$$V_{\text{OC}} (a -8^{\circ}\text{C}) = 36,9 + (25 - (-8)) \times 1,33 \times 10^{-1} = 41,29 \text{ V}$$

Ponto 4 - Verificação dos limites de tensão e da configuração dos módulos

O objectivo deste passo é determinar o número de módulos por fileira. A tensão da fileira deve estar dentro dos limites superiores e inferiores da tensão no M_{PP} (isto é, dentro dos limites de variação da V_{MPP} para a qual o inversor é capaz de acompanhar o ponto de potência máxima).

A tensão em circuito aberto (V_{OC}) da fileira deve ser inferior à tensão máxima admissível à entrada do inversor.

A tensão máxima V_{MPP} dos módulos PV ocorre à temperatura mais baixa (-8°C), uma vez que a tensão aumenta com a diminuição da temperatura.

A tensão mínima V_{MPP} dos ocorrerá à temperatura mais elevada ($+75^{\circ}\text{C}$).

$$\text{N}^{\circ} \text{máximo de módulos} = \frac{V_{\text{MPP máx.}}}{V_{\text{MPP}} (-8^{\circ}\text{C})} = \frac{700}{34,19} = 20,47 \text{ V}$$

$$N^{\circ} \text{ máximo de módulos} = \frac{V_{DC \text{ máx.}}}{V_{OC(-8^{\circ}C)}} = \frac{850}{41,29} = 20,58 \text{ V}$$

$$N^{\circ} \text{ mínimo de módulos} = \frac{V_{MPP \text{ min.}}}{V_{MPP(75^{\circ}C)}} = \frac{350}{23,15} = 15,12 \text{ V}$$

Logo, o número de módulos numa fileira varia entre:

$$16 \leq n^{\circ} \text{ de módulos} \leq 20$$

Com estes valores obtidos podemos então escolher uma solução para o nosso sistema.

Solução: 1 fileira de 18 módulos.

Ponto 5 – Compatibilidade entre o inversor e a configuração do painel PV

Agora é necessário verificar se:

- A tensão das fileiras está dentro dos limites da V_{MPP} e não excede a tensão máxima admissível à entrada do inversor;
- A corrente das fileiras está dentro dos limites da I_{MPP} e não excede a corrente máxima admissível à entrada do inversor.

Configuração: 1 fileira de 18 módulos em serie.

Verificações:

$$V_{MPP} \text{ (a } 75^{\circ}C) = 18 \times 23,15 = 416,7 \text{ V}$$

Está acima do limite inferior de V_{MPP} ($V_{PV} \text{ mínimo} = 350 \text{ V}$)

$$V_{MPP} \text{ (a } -8^{\circ}C) = 18 \times 34,19 \text{ V} = 615,42 \text{ V}$$

Está abaixo do limite superior de V_{MPP} ($V_{PV} \text{ máximo} = 700 \text{ V}$)

$$V_{OC} \text{ (a } 18^{\circ}C) = 18 \times 41,29 \text{ V} = 850 \text{ V}$$

Está abaixo da tensão máxima admissível à entrada do inversor ($V_{DC \text{ máx.}} = 850 \text{ V}$)

$$I_{MPP} = 1 \times 7,89 = 7,89 \text{ V}$$

Está abaixo da corrente de entrada máxima admissível à entrada do inversor

($I_{DC\text{ máx.}} = 11,0\text{ A}$)

Após a verificação, podemos concluir que podemos instalar uma fileira de 18 módulos em serie. Para confirmar os cálculos dos paines fotovoltaicos utilizei uma folha de excel feita na unidade curricular de sistemas fotovoltaicos.(Anexo IV)

Estimação da produção de energia

Para podermos obter uma estimativa da energia produzida pelo nosso sistema, ou seja, para a nossa potência instalada de 3,68 kW, utilizamos um software online (Photovoltaic Geographical Information System – Interactive Maps).

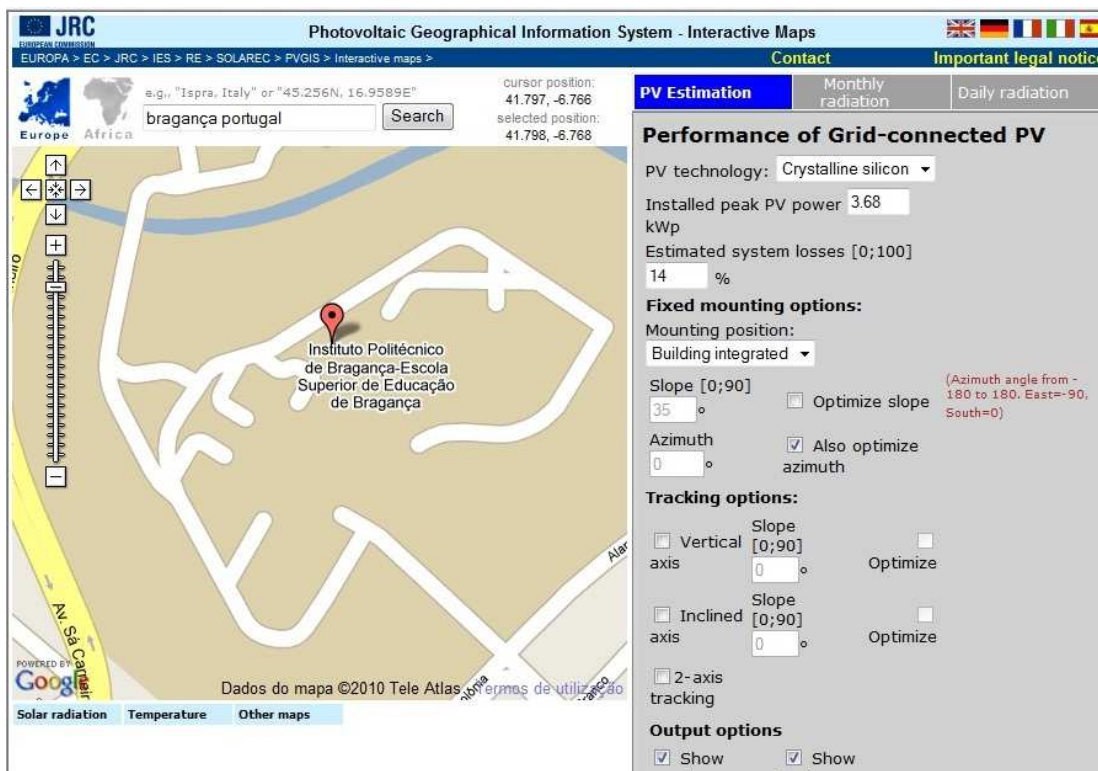


Figura 34 - Dados para estimação de produção de energia.

Informação do relatório produzido (pdf):

Localização: 41°47'51" Norte, 6°46'6" Oeste, Cota: 673 m

Potência nominal do sistema fotovoltaico: 3.7 kW (silício cristalino)

Estimativas da perda devido à temperatura: 14.6% (com temperatura ambiente no local)

Perdas estimadas devido a efeitos de reflexão angular: 2.7%

Outras perdas (cabos, inversores, etc.): 14.0%

Perdas combinadas sistema PV: 28.5%

Fixed system: inclination=33 deg., orientation=-2 deg. (optimum)				
Month	Ed	Em	Hd	Hm
Jan	8.48	263	2.99	92.8
Feb	10.10	284	3.66	102
Mar	13.90	431	5.22	162
Apr	13.10	394	5.01	150
May	14.70	455	5.69	177
Jun	16.00	481	6.35	190
Jul	16.30	504	6.49	201
Aug	16.60	514	6.61	205
Sep	14.70	440	5.70	171
Oct	11.30	352	4.25	132
Nov	8.19	246	2.94	88.2
Dec	6.16	191	2.18	67.6
Year	12.50	379	4.76	145
Total for year		4550		1740

Em que:

- Ed: Valor médio da energia produzida por dia (kWh/dia)
- Em: Valor médio da energia produzida por mês (kWh/mês)
- Hd: Valor médio diário da radiação solar global, por m², que incide sobre o painel PV (kWh/m²)
- Hm: Valor médio mensal da radiação solar global, por m², que incide sobre o painel PV (kWh/m²)

A energia média produzida por ano no local, para uma potência instalada de 3,68 kW é de 4550 kWh.

6.3- Eficiência do combustível utilizado para o aquecimento

6.3.1- Gás utilizado para o aquecimento: gás natural.

O tipo de combustível utilizado para o aquecimento das águas e para o aquecimento central é o gás natural. Este gás, por ser mais leve do que o ar, tem tendência a subir e a dissipar-se na atmosfera, sendo por isso muito seguro. Porém, uma combustão incompleta, num espaço confinado, pode produzir monóxido de carbono. [30]

O gás natural constitui uma das energias com mais baixo custo por kWh. A sua distribuição é feita através da canalização o que proporciona um maior conforto, uma vez que permite uma continuidade de fornecimento sem interrupções inesperadas. Constitui uma opção interessante para aquecimento, porque necessita de pouco espaço e investimento. A grande desvantagem do gás natural é que só é possível utilizar onde existir rede pública de gás natural. As principais vantagens são: o gás natural é um combustível económico, o aquecimento com caldeiras a gás necessita de pouco espaço (pelo tamanho dos equipamentos e porque não necessita de reservatório), é uma energia que está sempre disponível de forma contínua ou seja não necessita de depósitos nem botijas e a sua combustão é muito limpa no que respeita a impacto ambiental. [30]

O edifício de serviços gastou 2406,42 m³ de gás natural num ano.

6.3.2- Alternativas para uma melhor eficiência no sistema de apoio

Como alternativas ao gás natural podemos colocar como sistema de apoio aquecimento a gasóleo e a electricidade. Através do preço de cada um deles vamos fazer um estudo para ver qual será o mais rentável.

Gás natural

$$\text{Consumo} = 2406,42 \text{ m}^3$$

$$\text{Poder calorífico inferior} = 37681,2 \text{ kJ/m}^3$$

$$\text{Energia} = 2406,42 \text{ m}^3 \times 37681,2 \text{ kJ/m}^3 = 90676793,3 \text{ kJ}$$

Electricidade

$$\frac{90676793,3 \text{ kJ} \times 1\text{kWh}}{3600 \text{ kJ}} = 25187,998 \text{ kWh}$$

Gasóleo

Poder calorífico inferior = 43 MJ/kg

Vamos ver qual a quantidade de gasóleo que precisamos para esta energia:

$$\frac{91290574,7892 \text{ kJ} \times 1\text{kWh}}{4300 \text{ kJ}} = 2122,037 \text{ Kg}$$

Peso específico do gasóleo = 0,8495 kg/dm³

$$\frac{2122,037 \text{ Kg} \times 1\text{dm}^3}{0,8495 \text{ Kg}} = 2499,16 \text{ dm}^3$$

Depois de termos os consumos para cada um dos combustíveis vamos multiplica-los pelos seus preços de forma a concluirmos qual o combustível mais rentável.

- O preço do m³ do gás natural é de 0,58 €/m³
2406,42 m³ × 0,58 € = 1395,72 €
- O preço do gasóleo é de 0,60 €/litro
2499,16 litros × 0,70 €/litro = 1749,41 €.
- O preço do kWh da electricidade é de 0,1174 €/ kWh. A tarifa do contracto é de médias utilizações, media tensão e o ciclo é horário diário.
25187,998 × 0,1174 €/ kWh = 2957,07 €.

Após os cálculos efectuados, concluímos que o sistema de apoio a gás natural é mais rentável do que a electricidade e a gasóleo.

6.4 - Colocação de vegetação

As fachadas a Oeste estão sujeitas a radiação muito intensa durante o Verão, pelo que se deve evitar aberturas nestas zonas. Caso existam devem ser de pequena dimensão visto

a sua única função é ventilação e iluminação, pois não são úteis para captura de radiação no Inverno. No caso em estudo a área dos envidraçados orientados a oeste são de grande dimensão, para combater isso teremos de colocar árvores de folha caduca próximas dos envidraçados. As árvores de folha caduca são uma solução, para além de sombrearem sem impedirem a entrada de luz natural, no inverno deixa a radiação solar entrar e no verão ajuda a arrefecer o ambiente.



Figura 35 - Exemplo de sombreamento com uma árvore de folha de caduca no Inverno (à esquerda) e no Verão (à direita). [33]

6.5 - Colocação de palas verticais

A outra solução para combater o excesso da radiação solar nas fachadas a oeste é a colocação de palas verticais, mas esta solução implica alterar o projecto de arquitectura. As palas verticais são as mais adequadas para os vãos orientados a este e a oeste, pois são mais eficazes na intercepção da luz solar directa de pequena inclinação, ou seja, quando o sol se encontra mais baixo. Mas para estes elementos serem realmente eficazes podem chegar a ter dimensões tanto em largura como em altura demasiado extensas e consequentemente um impacto excessivo ou não desejado sobre a fachada. [34]

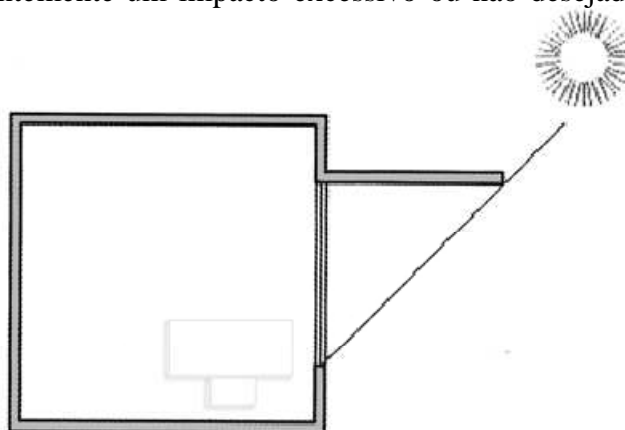


Figura 36 - Incidência solar sobre pala vertical. [34]

Capítulo 7

Conclusões

O desempenho energético é cada vez mais importante no sector da construção. Quando uma família vai comprar uma casa é importante ter a informação sobre a sua construção e das soluções tecnológicas utilizadas para assegurar o conforto térmico.

Hoje em dia quem pretende vender uma casa tem de fornecer ao comprador um certificado energético. O certificado energético dá ao proprietário a informação sobre as características térmicas do edifício, informando-o sobre possíveis medidas que pode tomar no futuro para melhorar o desempenho energético do edifício e a sua viabilidade económica. Se tivermos uma construção eficiente vamos obter uma redução no consumo de energia.

Com os novos regulamentos energéticos (RSECE e RCCTE), verifica-se um conjunto de exigências para os novos edifícios, entre os quais se deve salientar a obrigatoriedade da utilização de colectores solares para aquecimento de águas quentes. Desde 2006 que é obrigatório que todos os novos edifícios a licenciar, tenham um sistema solar de aquecimento de águas quentes, excepto em casos em que tal é impossível.

Não sendo uma situação obrigatória, a utilização de painéis fotovoltaicos começa a ser uma prática cada vez mais visível no nosso país. Verificasse pois, a par das medidas de eficiência energética, uma cada vez maior integração de energias renováveis (térmica e eléctrica) nos edifícios. Este caminho, levar-nos-á, a num futuro próximo, conceber edifícios, de “balanço energético quase nulo”.

Este trabalho tinha como objectivo a classificação energética do edifício e propostas de melhorias para obter uma classificação energética mais elevada. A classificação energética inicial do edifício é a “CLASSE B”, mas através da instalação de painéis solares térmicos podemos verificar que o edifício obtém uma classificação energética “CLASSE A”.

Referências

- [1] - Energia2020.fc.ul.pt/
- [2] - <http://www.dgge.pt/>
- [3] - www.eficiencia-energetica.com/
- [4] - Departamento ambiental e energia IFEDEC
- [5] - www.eds.norte.pt/
- [6] - Utilização racional da energia em edifícios 2004/2005
- [7] - Eficiência energética em edificações e o uso de fontes alternativas de energia em projectos residenciais urbanos – estudo de casos
- [8] - Eficiência Energética em edifícios Residenciais, www.Enerbuilding.eu
- [9] - LAMBERTS, R., DUTRA, L., PEREIRA, F. O. R.. Eficiência Energética na Arquitectura. São Paulo, 1997.
- [10] - www.engtrust.pt/
- [11] - www.casacertificada.pt/
- [12] - www.esac.pt/
- [13] - www.construlink.com/
- [14] - Decreto-Lei 80/2006, de 4 de Abril, Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE).
- [15] - www.scribd.com/
- [16] - www.aveirodomus.pt/
- [17] – Decreto lei nº80/2006 de 4 de Abril.
- [18] - www.spaes.com.pt/termico.htm
- [19] - www.portal-energia.com
- [20] - www.calpak.pt
- [21] - Manual do SOLTERM 5.1
- [22] - www.eco.edp.pt
- [23] - Teixeira, Armínio., Iluminação Interior – Fontes luminosas. Porto: FEUP, 2006
- [24] - Teixeira, Armínio., Iluminação Interior - O Projecto Luminotécnico. Porto: FEUP, 2006.
- [25] - www.renovaveisnhora.pt
- [26] - www.gasfomento.pt
- [27]- e-lee.ist.utl.pt/realisations/
- [28] - wapedia.mobi.pt/Painel_solar_fotovoltaiico

- [29] - www.cobriga.com
- [30] - lge.deec.uc.pt/ensino/gee/aulas%20teoricas/auditorias.PDF
- [31] - Diário da República, n.º. 98, IIª Série, de 29 de Abril de 1983
- [32] - SIMÕES, Fausto (2008) “*Introdução à Arquitectura Bioclimática*”
- [33] - *Introducción a la Arquitectura Bioclimática*
- [34] - www.fronius.com/
- [35] - www.kyocera.pt/

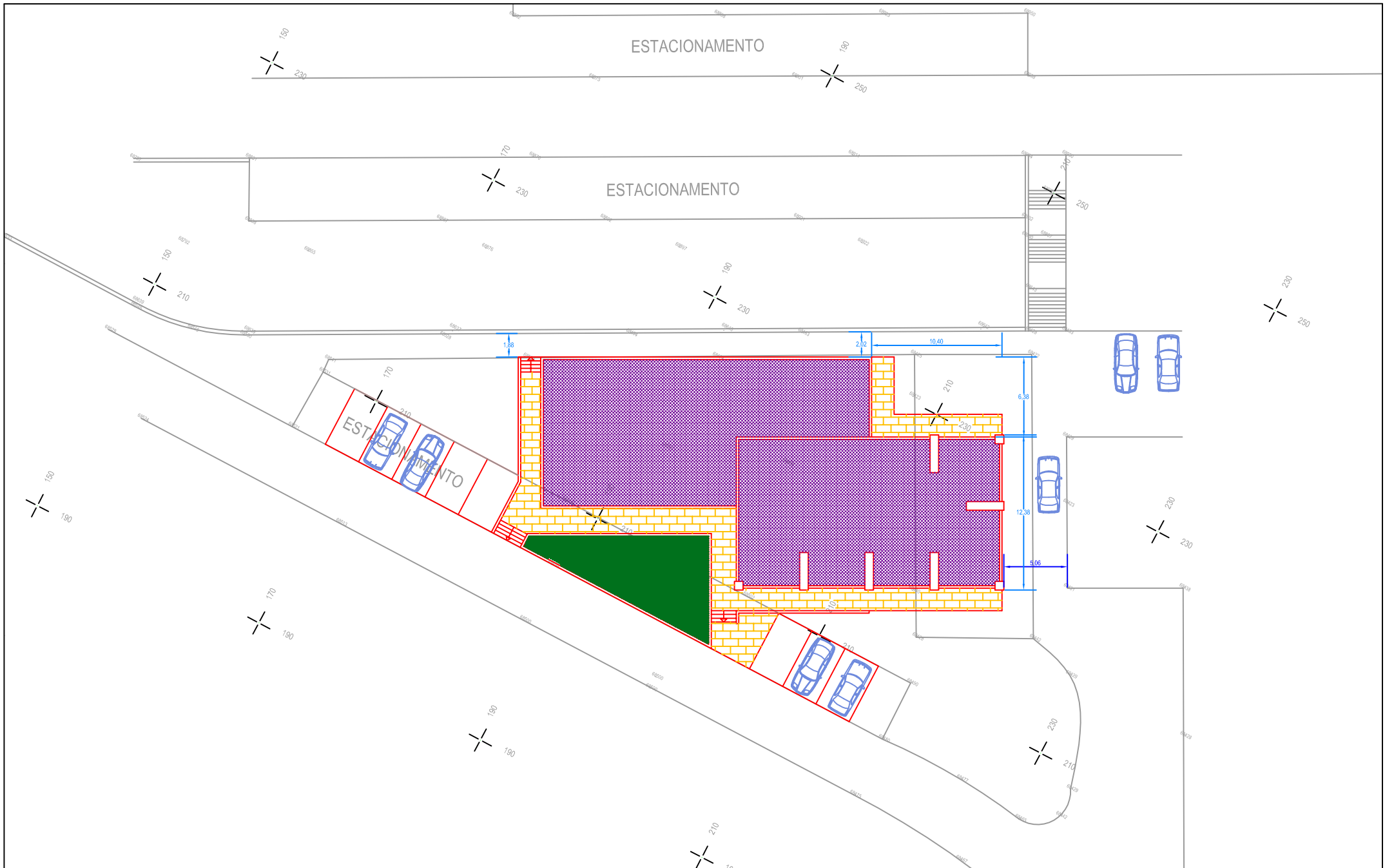
Outras referencias:

- Gestão de energia e eficiência energética, André Fernando Ribeiro de Sá, Publindústria arte & construção Maio/09-Dossier _2004
- www.ceifa-ambiente.net
- <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps3/pvest.php>
- www.plurienergia.pt/
- Lanham, A. et al.2004 *Arquitectura Bioclimática- Perspectivas de inovação e futuro*, Instituto Superior Técnico
- www.adene.pt/NR/rdonlyres/.../EE_EdRes_enerbuilding.pdf -
- www.oz-diagnostico.pt/reabilitacao_energetica_edificios/Susana_Fernandes.pdf
- www.habitarcomsaude.com/
- Despacho n.º 17313/2008, Diário da República n.º 122, 26 de Junho 2008.

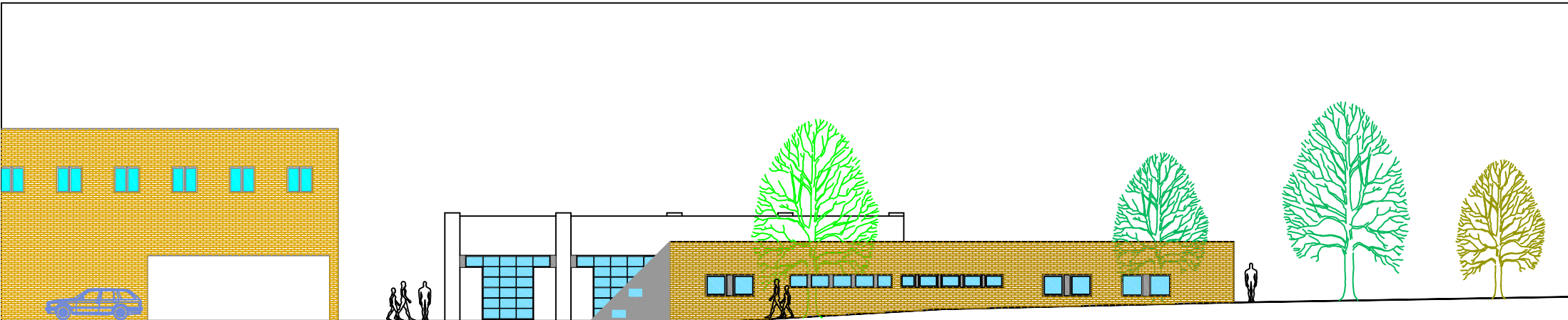
Anexos


Anexo I

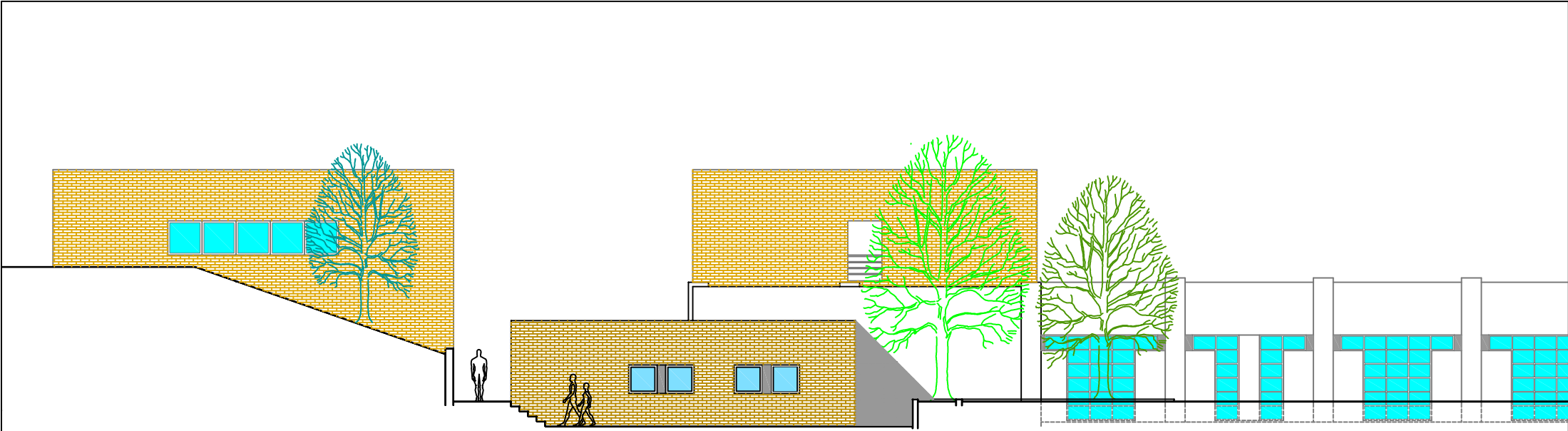
**Plantas do edifício de serviços e
pormenores construtivos**



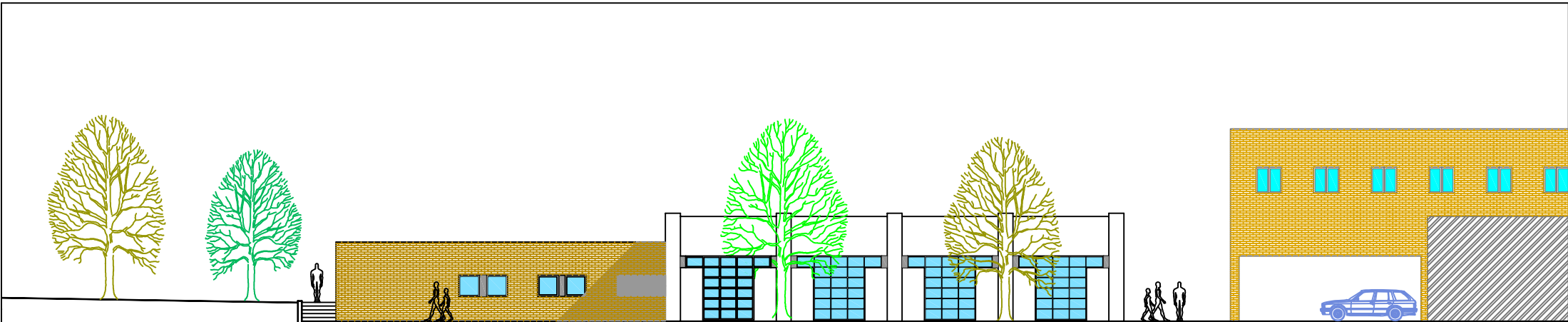
RESP.		CENTRO ACADÉMICO DO I.P.B.		DUARTE TRANCOSO ARQUITECTO
DATA	2007-10-12	QUINTA DE Sta. APOLÓNIA BRAGANÇA		
DESENHO	03	REQUERENTE	INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA	
PROC.	02.09.07.10.A.09.	ESC.	1:200	AV. DO SABOR # 10 - 2º 5300-111 BRAGANÇA Tel.273382680 Fax.273327590 Telex.91572249 esquasso@portugalmail.pt
PROJECTO DE EXECUÇÃO		IMPLANTAÇÃO		




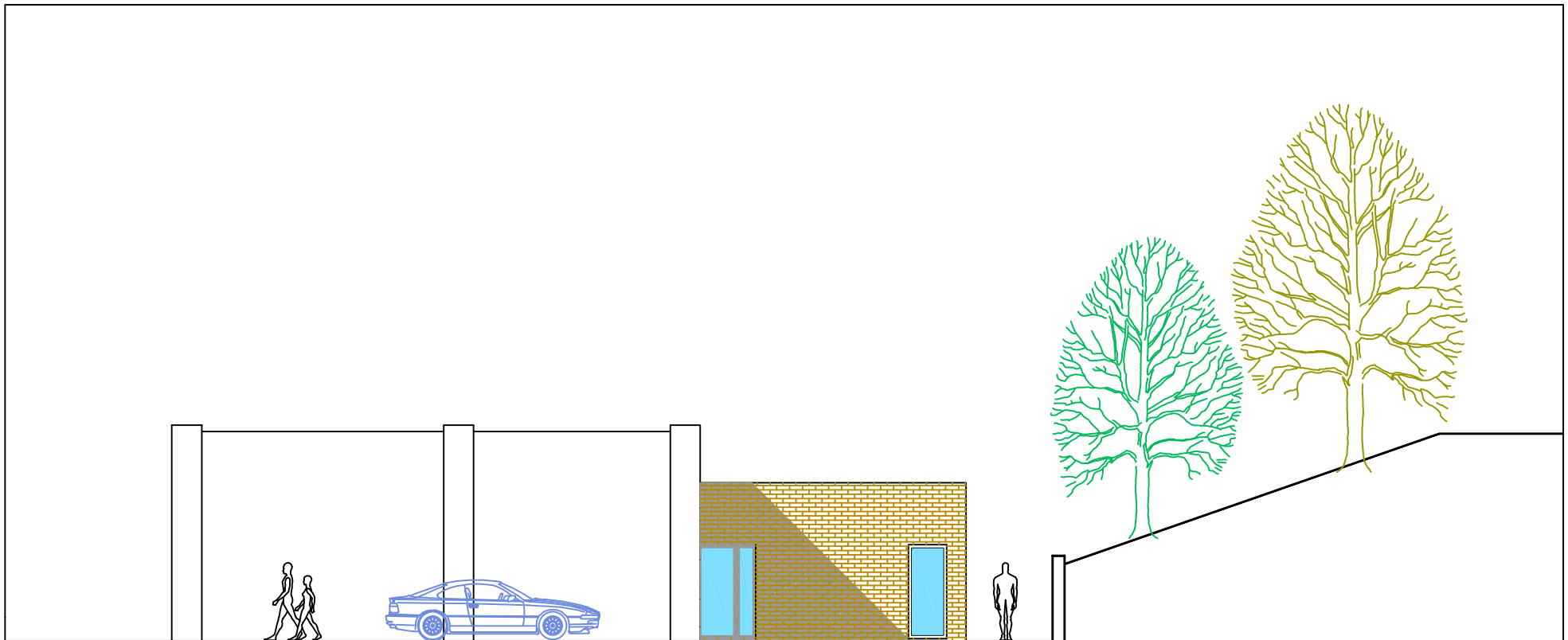
RESP.		CENTRO ACADÉMICO DO I.P.B.		DUARTE TRANCOSO ARQUITECTO 
DATA	2007-10-12	QUINTA DE Sbt. APOLÓNIA BRAGANÇA		
DESENHO	12	REQUERENTE	INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA	<small>AV. DOSSINHO # 107 5300-111 BRAGANÇA T42.273382660 Fax:273327590 T44.917572249 duarte@duartetrancoso.com</small>
PROJ.	02.05.07;10.A.09.	ESC.	1:100	
PROJECTO DE EXECUÇÃO		ALÇADO NASCENTE		




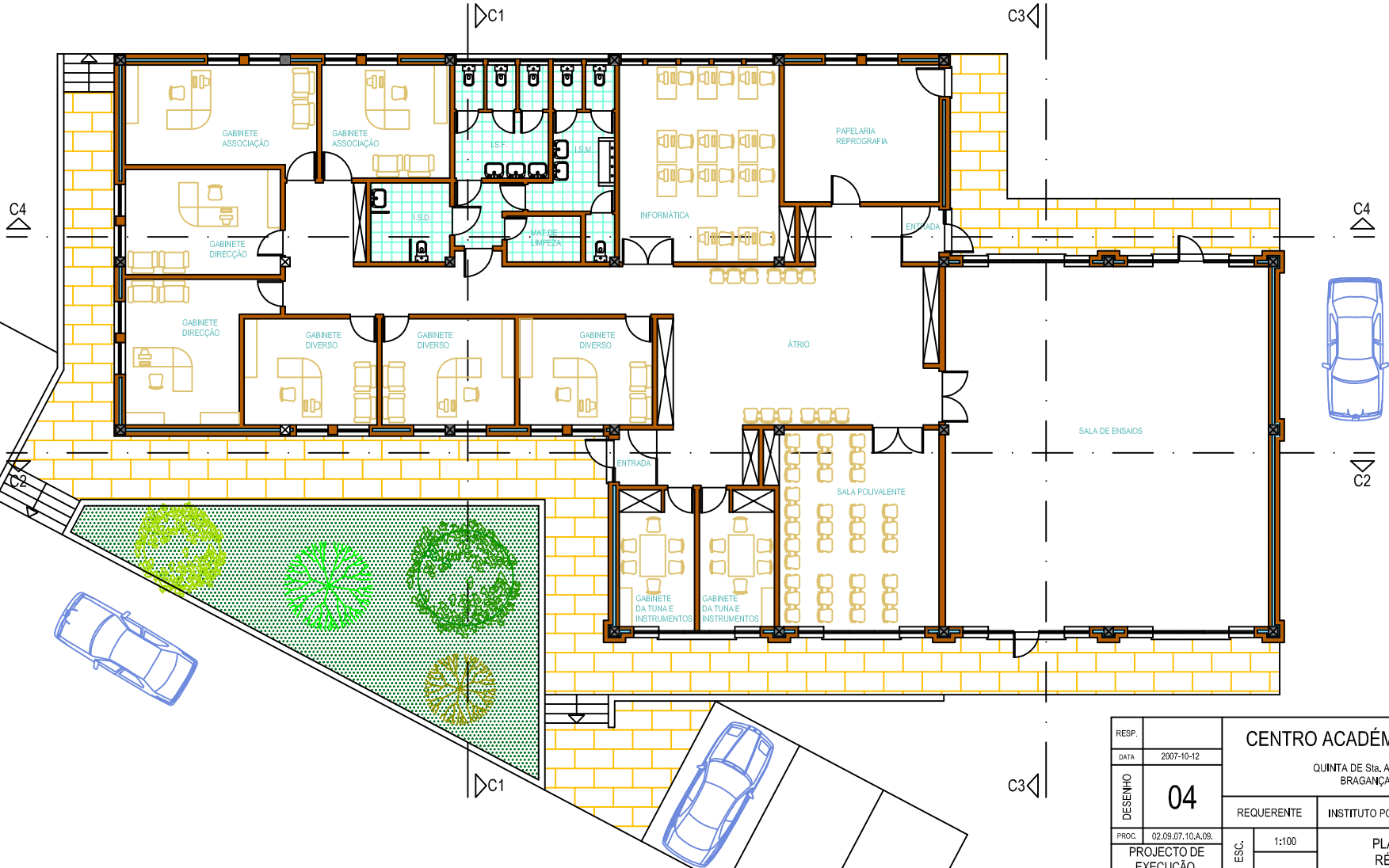
RESP.		CENTRO ACADÉMICO DO I.P.B.		DUARTE TRANCOSO ARQUITECTO
DATA	2007-10-12			
DESENHO	13	QUINTA DE Sta. APOLÓNIA BRAGANÇA		
PROC.	02.09.07.10.A.09.	REQUERENTE	INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA	
PROJECTO DE EXECUÇÃO		ESC.	1:100	ALÇADO NORTE
<small>AV. DO SABOR Nº 10 - 2º 5300-111 BRAGANÇA Tel.273382680 Fax.273327590 Telfm.917572249 esquissos@portugalnet.pt</small>				



RESP.		CENTRO ACADÉMICO DO I.P.B.		DUARTE TRANCOSO ARQUITECTO 
DATA	2007-10-12	QUINTA DE Sbt. APOLÓNIA BRAGANÇA		
DESENHO	10	REQUERENTE	INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA	
PROJ.	02.06.07;10.A.09.	ESC.	ALÇADO POENTE	
PROJECTO DE EXECUÇÃO				
				<small> V.L. 2005/05/01 # 147 030/011 BRAGANÇA T42.273382660 Fax:273327590 T44-917572249 duarte@duartetrancoso.com </small>

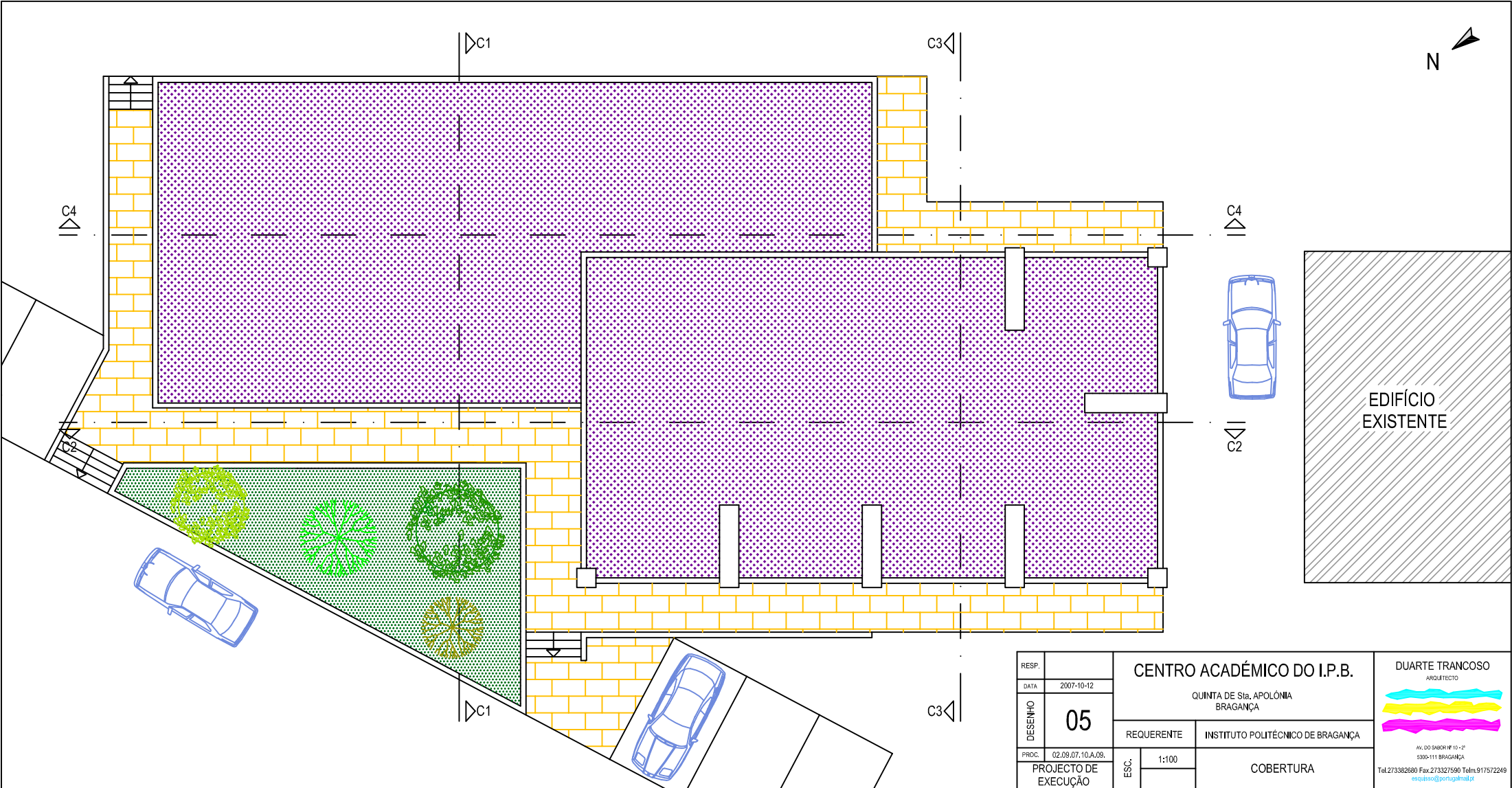


RESP.		CENTRO ACADÉMICO DO I.P.B.		DUARTE TRANCOSO ARQUITECTO	
DATA	2007-10-12				
DESENHO	11	QUINTA DE Sta. APOLÓNIA BRAGANÇA			
PROC.	02.09.07.10.A.09.				
PROJECTO DE EXECUÇÃO	ESC.	REQUERENTE	INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA		AV. DO SABOR Nº 10-2º 5300-111 BRAGANÇA Tel.273382680 Fax.273327590 Tlm.917572249 esquisso@portugalmall.pt
			ALÇADO SUL		



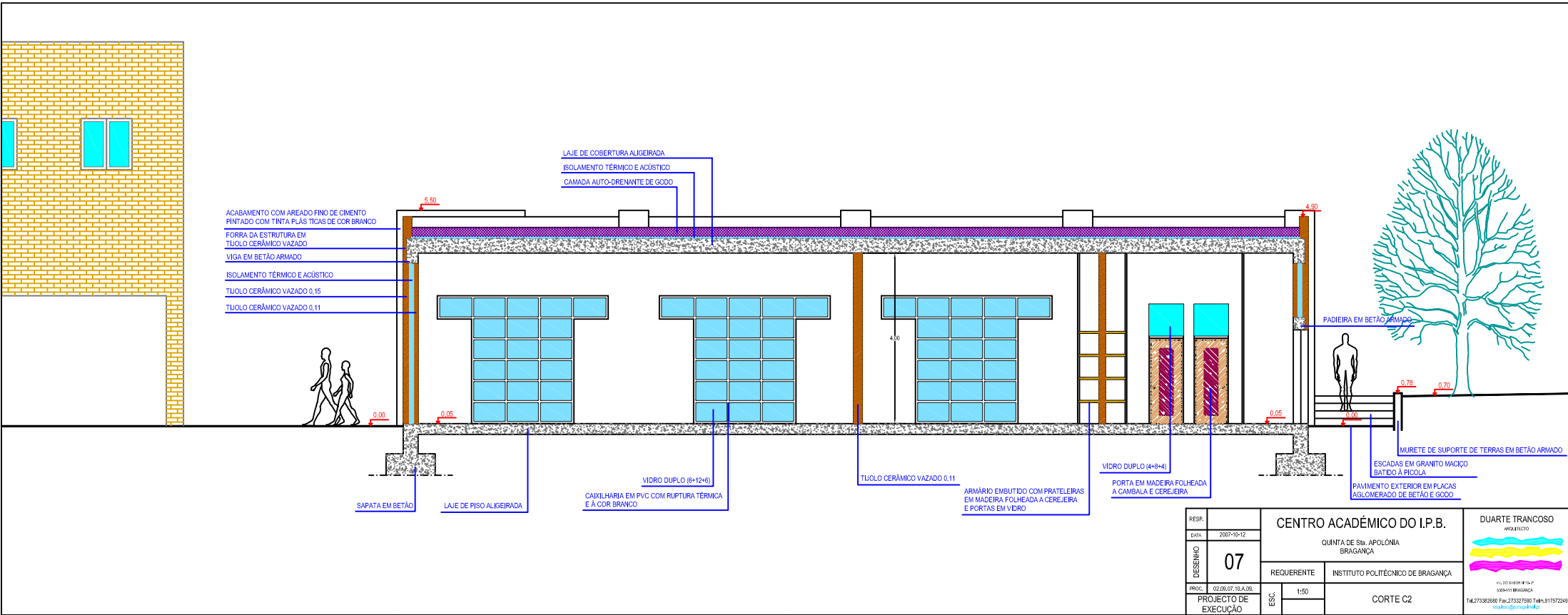
RESP.		CENTRO ACADÉMICO DO I.P.B.		DUARTE TRANCOSO ARQUITECTO
DATA	2007-10-12			
DESENHO	04	REQUERENTE	INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA	
PROC.	02.09.07.10.A.09.	ESC.	1:100	PLANTA GERAL RÉS-DO-CHÃO
PROJECTO DE EXECUÇÃO				

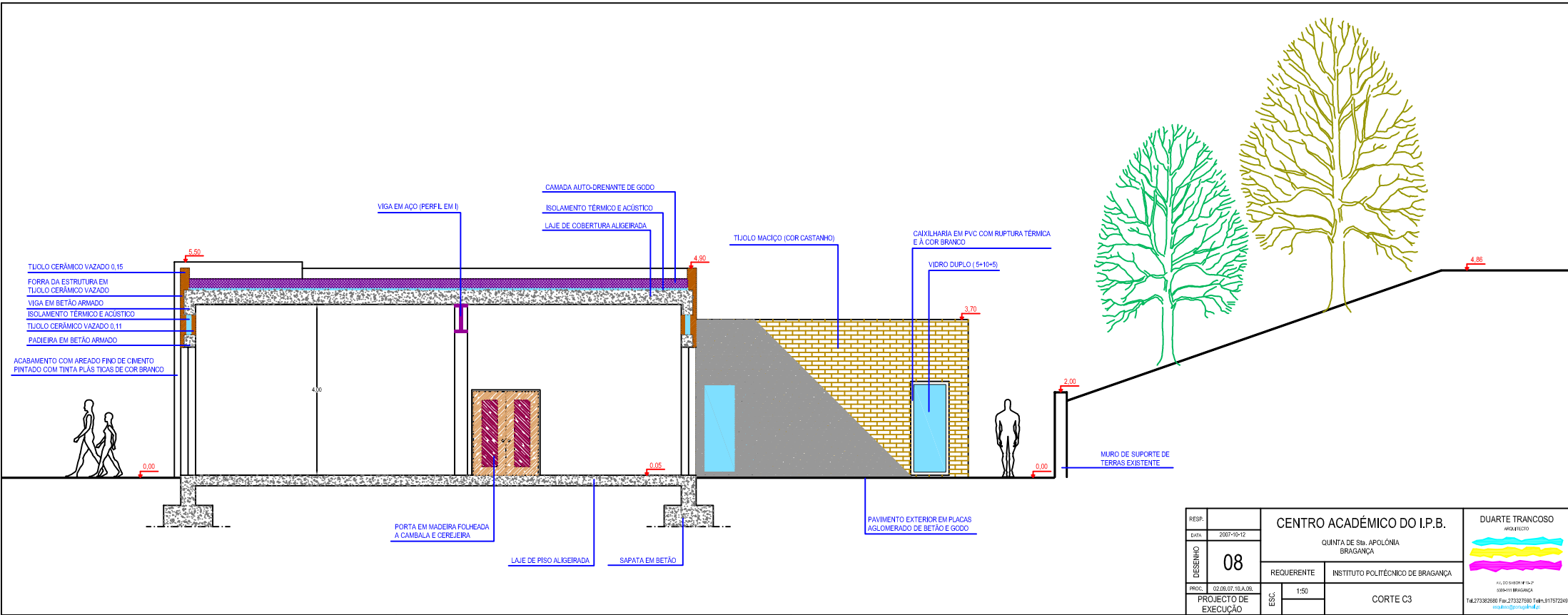
AV. DO SABOR Nº 10 - 2º
5300-111 BRAGANÇA
Tel.273382680 Fax.273327590 Tefm.917572249
esquissos@ipbr.pt




RESP.		CENTRO ACADÉMICO DO I.P.B.		DUARTE TRANCOSO ARQUITECTO
DATA	2007-10-12	QUINTA DE Sta. APOLÓNIA BRAGANÇA		
DESENHO	05	REQUERENTE	INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA	
PROC.	02.09.07.10.A.09.	ESC.	1:100	COBERTURA
PROJECTO DE EXECUÇÃO				

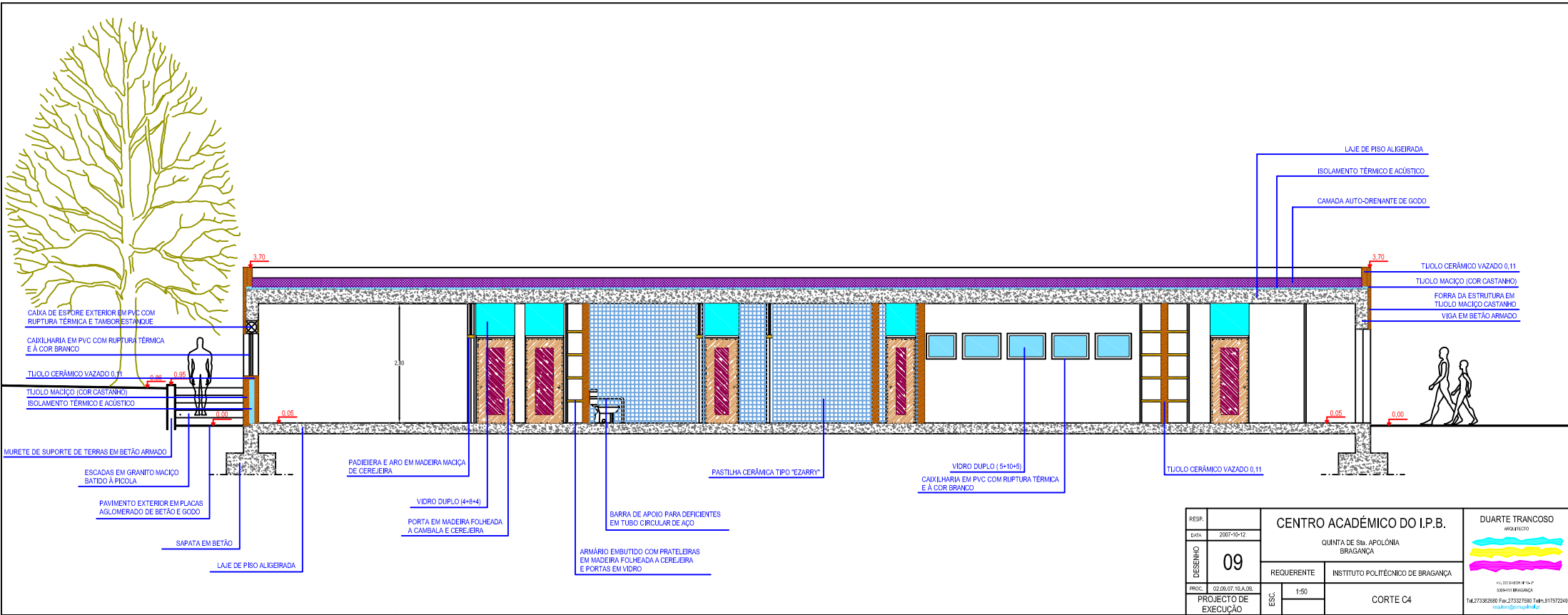
Av. DO SABOR Nº 10 - 2º
 5300-111 BRAGANÇA
 Tel.273382680 Fax.273327590 Telfm.917572249
 esquissos@ipbr.pt





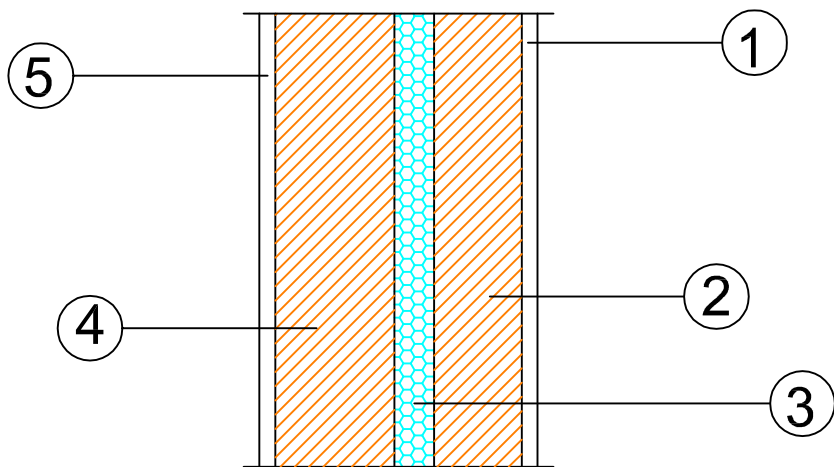
RESP.	2007-10-12	CENTRO ACADÉMICO DO I.P.B.		DUARTE TRANCOSO ARQUITECTO 
DATA	08	QUINTA DE Sbt. APOLÓNIA BRAGANÇA		
DESENHO	08	REQUERENTE	INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA	
PROJ.	02.06.07;10.A.09.	ESC.	1:50	CORTE C3
PROJECTO DE EXECUÇÃO				

N.º 226/2004 (S) 2.º
 500/011 BRAGANÇA
 T44.273382680 Fax:273327580 T44x-917572249
trancosodt@ipb.pt



RESP.	2007-10-12	CENTRO ACADÉMICO DO I.P.B. QUINTA DE Sbt. APOLÓNIA BRAGAÇA		 DUARTE TRANCOSO ARQUITECTO
DESENHO	09			
PROJ.	02.06.07; 10.A.09.	REQUERENTE	INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGAÇA	
PROJECTO DE EXECUÇÃO		ESC.	1:50	CORTE C4

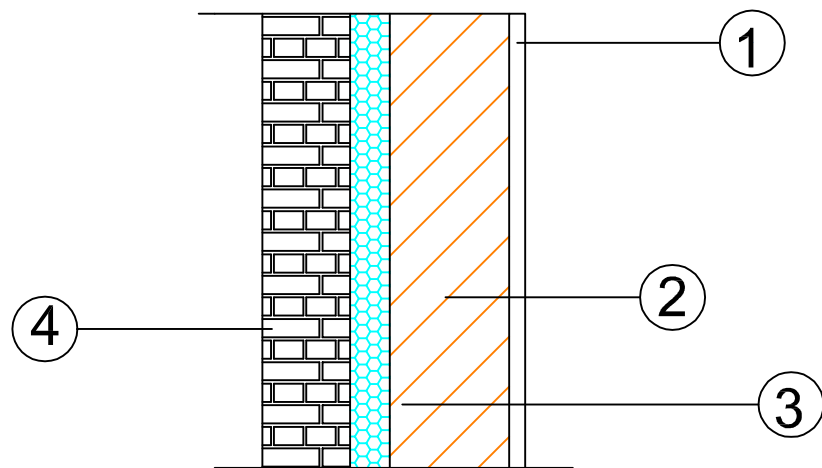
VLS00000000 # 107
 000011 BRAGAÇA
 T44.273382680 Fax:273327580 T44#-917572449
www.duarte-trancoso.com



Legenda :

- ① AREADO FINO DE CIMENTO
- ② TIJOLO CERÂMICO VAZADO 0,11
- ③ ISOLAMENTO TÉRMICO WLALMATE 5 cm
- ④ TIJOLO CERÂMICO VAZADO 0,11
- ⑤ AREADO FINO DE CIMENTO

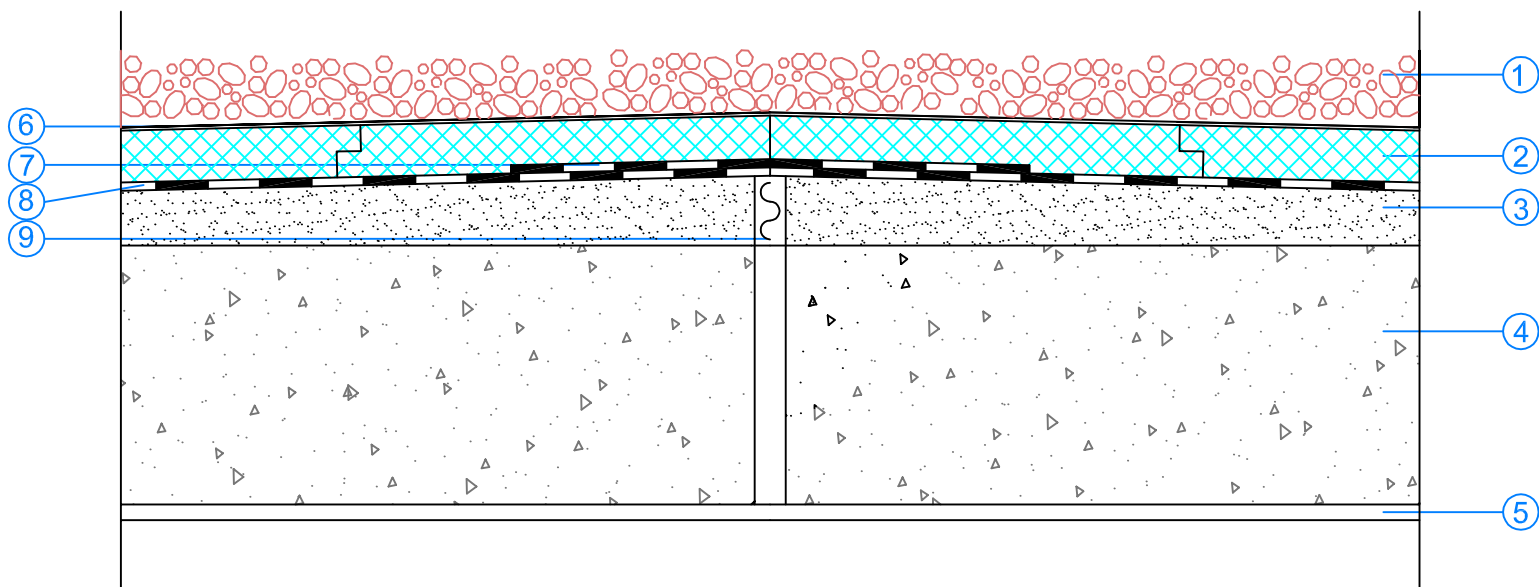
RESP.		CENTRO ACADÉMICO DO I.P.B.	
DATA	2010	QUINTA DE Sta. APOLÓNIA BRAGANÇA	
DESENHO		REQUERENTE	INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA
PRCC.	CÁLCULO TÉRMICO	ESC.	1:5 PAREDE DUPLA DE TIJOLO VAZADO




Legenda :

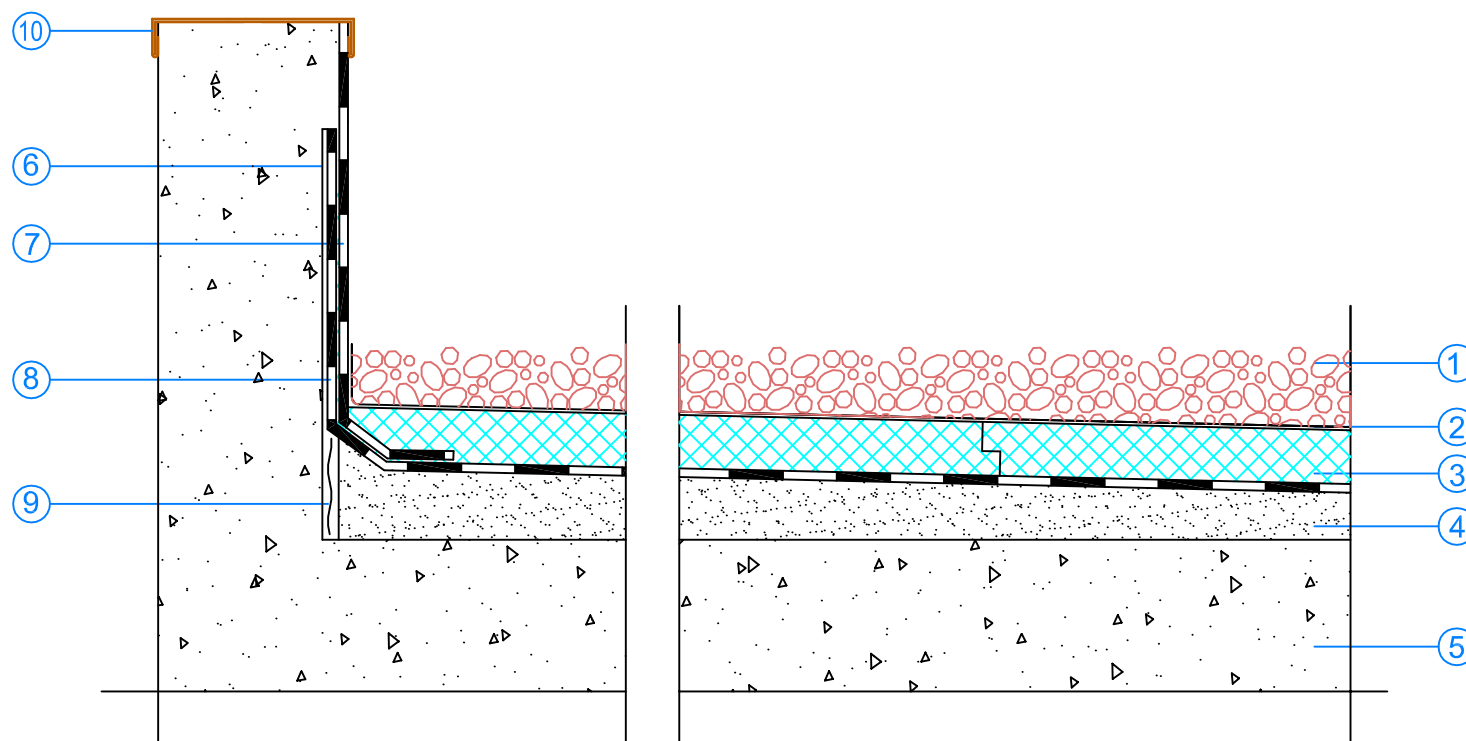
- ① AREADO FINO DE CIMENTO
- ② TIJOLO CERÂMICO VAZADO 0,11
- ③ ISOLAMENTO TÉRMICO WLALMATE 5 cm
- ④ TIJOLO CERÂMICO MACIÇO

RESP.		CENTRO ACADÉMICO DO I.P.B.	
DATA	2010	QUINTA DE Sta. APOLÓNIA BRAGANÇA	
DESENH.		REQUERENTE	INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA
PROC.		ESCALA	1:5
	CÁLCULO TÉRMICO		PAREDE TIJOLO CERÂMICO MACIÇO




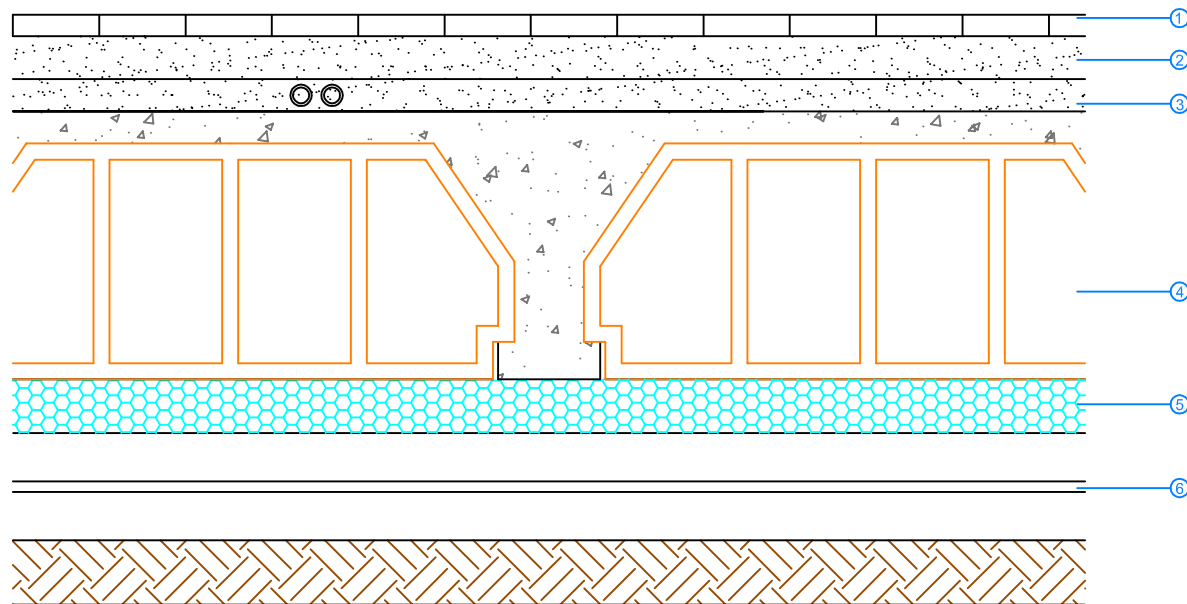
- ① SEIXO ROLADO
- ② ISOLAMENTO TÉRMICO ROOFMATE SL
- ③ CAMADA DE FORMA / FORMAÇÃO DE PENDENTE
- ④ LAJE
- ⑤ REVESTIMENTO INTERIOR
- ⑥ FELTRO GEOTÊXTIL
- ⑦ REFORÇO DA IMPERMEABILIZAÇÃO
- ⑧ SISTEMA DE IMPERMEABILIZAÇÃO
- ⑨ JUNTA ELÁSTICA

RESP.		CENTRO ACADÉMICO DO I.P.B.		DUARTE TRANCOSO ARQUITECTO
DATA	2007-10-12			
DESENHO	08-CT	QUINTA DE Sta. APOLÓNIA BRAGANÇA		
PROC.	02.09.07.10.A.09.	REQUERENTE	INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA	
	CÁLCULO TÉRMICO	ESC.	1:5	AV. DO SABOR Nº 10 - 2º 5300-111 BRAGANÇA Tel.273382680 Fax.273327590 Teln.917572249 esquisso@portugalmail.pt
		ISOLAMENTO TÉRMICO DE COBERTURA INVERTIDA EM BRITA		



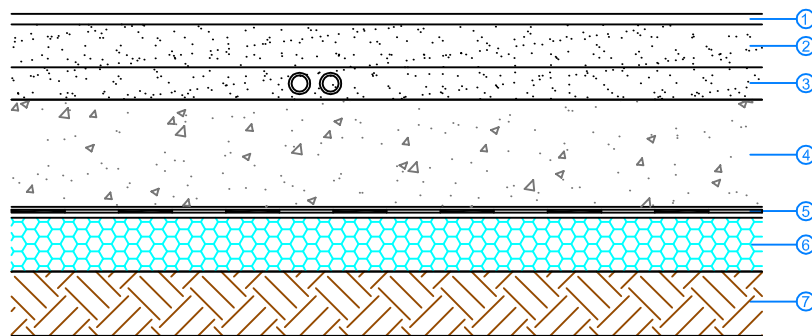
- ① SEIXO ROLADO
- ② FELTRO GEOTÊXIL
- ③ ISOLAMENTO TÉRMICO ROOFMATE SL
- ④ CAMADA DE FORMA / FORMAÇÃO DA PENDENTE
- ⑤ LAJE
- ⑥ ROÇO PARA RECEBIMENTO DE MEMBRANA
- ⑦ REFORÇO COM MEMBRANA AUTOPROTEGIDA
- ⑧ SISTEMA DE IMPERMEABILIZAÇÃO
- ⑨ JUNTA ELÁSTICA
- ⑩ RUFO EM CHAPA DE ZINCO

RESP.		CENTRO ACADÉMICO DO I.P.B.		DUARTE TRANCOSO ARQUITECTO	
DATA	2007-10-12				
DESENHO	06-CT	QUINTA DE Sta. APOLÓNIA BRAGANÇA			
		REQUERENTE	INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA		
PROC.	02.09.07.10.A.09.	ESC.	1:5	ISOLAMENTO TÉRMICO DE COBERTURA INVERTIDA EM BRITA	
CÁLCULO TÉRMICO					
				<small>AV. DO SABOR Nº 10-2º 5300-111 BRAGANÇA Tel.273382680 Fax.273327590 Telm.917572249 esquisso@portugalmall.pt</small>	



- ① REVESTIMENTO
- ② ARGAMASSA
- ③ CAMADA DE AREIA
- ④ LAJE
- ⑤ FLOORMATE 200 / WALLMATE IB
- ⑥ CAIXA DE AR

RESP.		CENTRO ACADÉMICO DO I.P.B.		DUARTE TRANCOSO ARQUITECTO
DATA	2007-10-12			
DESENHO	02-CT	QUINTA DE Sta. APOLÓNIA BRAGANÇA		
PROC.	02.09.07.10.A.09.	REQUERENTE	INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA	
	CÁLCULO TÉRMICO	ESC.	1:5	AV. DO SABOR Nº 10-2º 5300-111 BRAGANÇA Tel.273382680 Fax.273327590 Telm.917572249 esquisso@portugalmail.pt
			ISOLAMENTO TÉRMICO SOB LAJE SANITÁRIA	



- ① REVESTIMENTO
- ② ARGAMASSA
- ③ CAMADA DE AREIA
- ④ SOLEIRA EM BETÃO
- ⑤ FILME DE POLIETILENO OU SIMILAR
- ⑥ FLOORMATE 200
- ⑦ TERRENO

RESP.		CENTRO ACADÉMICO DO I.P.B.		DUARTE TRANCOSO ARQUITECTO
DATA	2007-10-12			
DESENHO	01-CT	QUINTA DE Sta. APOLÓNIA BRAGANÇA		
		REQUERENTE	INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA	
PROC.	02.09.07.10.A.09.	ESC.	1:5	<small>AV. DO SABOR Nº 10-2º 5300-111 BRAGANÇA</small> Tel.273382680 Fax.273327590 Telm.917572249 esquisso@portugalmail.pt
CÁLCULO TÉRMICO				

Anexo II

**Cálculos efectuados para a classificação
energética do edifício de serviços**

(Folha de cálculo no cd)

Anexo III

**Cálculos para uma classificação
energética mais elevada do edifício**

(Folha de cálculo no cd)

Anexo IV

**Folha de excel utilizada para o cálculo
dos painéis fotovoltaicos**

FOLHA DE CÁLCULO PARA SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Sónia Luz nº 15626

1 - Estimação inicial da potência a instalar

Orçamento disponível €

Área disponível	0	m
Comp.	<input style="width: 50px;" type="text" value=""/>	m
Larg.	<input style="width: 50px;" type="text" value=""/>	m

Custo da instalação €/kWp

Tipo de célula	Monocrist.	Policrist.	Pelíc. Fina
Área para 1 kW	6-9 m ²	7-10 m ²	15-20 m ²

Area necessária para o tipo de módulo selecionado m²

Potencia a instalar	3,68	kWp
Relação orçamento	0	kWp
Relação área	#DIV/0!	kWp

2 - Previsão inicial dos módulos necessários

Características do painel	KD 235 GH
Potência máxima (W)	235
Tolerância de potência (%)	
Tensão máx. sistema (V)	
Comprimento (m)	
Largura (m)	
I _{sc} (A)	
V _{oc} (V)	36,9
I _{MPP} (A)	7,89
V _{MPP} (V)	29,8
Coef. var. V _{oc} (V/°C)	0,133
Coef. Var. I _{sc} (A/°C)	
Coef. Var. P _{máx.} (W/°C)	

A partir das características técnicas de um módulo PV, obtém-se: m²/kWp

Estimção inicial do nº de módulos

Potência máx (Wp) obtida no passo 1 / Potência máx do módulo (Wp) módulos

São necessários módulos

Fazer o resto deste passo se houver limitações de espaço

Será que os **18** módulos cabem no local?

Colocação dos módulos na horizontal

Ct/Cm	#DIV/0!	módulos	Total de módulos
Lt/Lm	#DIV/0!	módulos	#DIV/0!

Colocação dos módulos na vertical

Ct/Lm	#DIV/0!	módulos	Total de módulos
Lt/Cm	#DIV/0!	módulos	#DIV/0!

Os módulos serão colocados na

3 - Verificação das tensões dos módulos

A temperatura nos módulos varia, anualmente, entre:

-8 °C e **75** °C

Voc (a -8°C)	41,289	V
VMPP (a -8°C)	34,189	V
VMPP (a 75°C)	23,15	V

A tensão máxima, Voc, ocorrerá a	-8 °C	=	41,289 V
A gama de tensão do MPP será de	23,15 V	a	34,189 V

4 - Selecção do inversor

Características do inversor	Fronius IG3.6
Potência Máxima (Pc máx)	3840
Potência Nominal (PDC nom)	
VMPP mín	350
VMPP máx	700
VDC máx	850
IDC máx	11
IDC nominal	
Nº entradas	

5 - Verificação dos limites de tensão e da configuração dos módulos

Nº máximo de módulos	20,474422
Nº mínimo de módulos	15,11879

15,11879 ≤ nº de módulos ≤ **20,47442**

Como a tensão da fileira não poderá ultrapassar a tensão máxima da entrada do inversor temos:

Nº máximo de módulos	20,586597
----------------------	------------------

Logo, teremos:

15,11879 ≤ nº de módulos ≤ **20,47442**

6 - Compatibilidade entre o inversor e a configuração dos paineis.

Nº de fileiras 0,879145783

Nº real de fileiras será de:

1

Verificações						
VMPP (a 75°C) ≥ VMPP mín.	18	23,15	=	416,7	≥	350
VMPP (a -8°C) ≤ VMPP máx.	18	34,189	=	615,402	≤	700
Voc (a -8°C) ≤ VDC máx.	18	41,289	=	743,202	≤	850
IMPP ≤ IDC máx.	1	7,89	=	7,89	≤	11

7 - Solução final

Inversor:	Fronius IG3.6
Módulo:	KD 235 GH

Vamos ter 1 fileiras com 18 módulos cada.