

# INTEGRAÇÃO ARQUITETÓNICA DE SOMBREAMENTO SOLAR OTIMIZADO



**V. FORTUNATO**  
Mestre Arq.  
ISCTE-IUL  
Lisboa  
Arq.vanessafortunato  
@gmail.com



**V. RATO**  
Prof. Auxiliar  
ISCTE-IUL  
Lisboa  
Vasco.Rato  
@iscte.pt

## SUMÁRIO

Os sistemas de sombreamento ajudam, não só, no equilíbrio energético do edifício como também desenvolvem um papel fundamental na fachada.

O presente artigo aborda uma revisão dos conceitos de uma arquitetura sustentável através de sistemas de sombreamento de forma a dar uma melhor resposta no que toca a problemática atual relacionada com temas como a crise energética e o aquecimento global.

Apresenta qual a importância de um sistema que proteja o edifício de ganhos solares excessivos e que, conseqüentemente, diminua o consumo de energia proveniente de fontes não renováveis resultantes.

Para concretizar este estudo foi necessário a utilização de uma ferramenta de cálculo OIKONET/ISCTE-IUL [1], que disponibiliza a informação do valor dos ângulos solares e das dimensões dos elementos horizontais de sombreamento consoante a época que se deseja sombrear, a latitude e a altura do vão.

Este estudo apresenta e analisa o modo como os elementos de sombreamento são fundamentais num edifício na procura de uma arquitetura sustentável e esclarece o seu desempenho. É também apresentado um sistema de sombreamento no Centro de Investigação Marítima, onde se pretende encontrar um equilíbrio luz/sombra e pensar a estética que este pode dar ao edifício tendo a conta a sua localização e clima local.

## PALAVRAS-CHAVE

Arquitetura sustentável, Radiação Solar, Sistemas de Sombreamento e Otimização Solar.

## ABSTRACT

Shading systems help not only the energy balance of the building but also play a key role in the façade.

This article discusses a review of the concepts of a sustainable architecture through shading systems in order to give a better answer on current issues related to issues such as the energy crisis and global warming.

It presents the importance of a system that protects the building from excessive solar gain and, consequently, reduces the consumption of energy from non-renewable sources.

To accomplish this study, it was necessary to use an OIKONET / ISCTE-IUL calculation tool, which provides information on the value of the solar angles and the dimensions of the horizontal shading elements according to the time to be shaded, the latitude and height of the Go.

This study presents and analyzes how these are fundamental in a building in search of a sustainable architecture and clarifies its performance. It is also presented a shading system in a Maritime Research Center, where it is intended to find a light / shadow balance and think the aesthetics that this can give the building taking into account its location and local climate.

## KEYWORDS

Sustainable architecture, Solar radiation, Solar shading systems and solar optimization.

## 1. INTRODUÇÃO

Os sistemas de sombreamento desempenham um papel fundamental, tanto no seu funcionamento e desempenho como pela sua imagem na fachada de um edifício. O presente artigo procura demonstrar a importância das principais estratégias para uma boa sustentabilidade, que passa pela proteção solar dos edifícios de forma adaptada. Os sistemas de sombreamento diminuem não só o consumo energético para o arrefecimento como permitem a entrada de iluminação natural.

Para contextualizar o trabalho é necessário perceber, por um lado, o efeito estético dos sistemas, e, por outro, a sua função como proteção térmica na arquitetura, atuando como sistema de controlo de ganhos solares indesejados nos períodos quentes e permitindo a entrada dos mesmos nos períodos frios do ano, ao mesmo tempo que equilibra a entrada de iluminação natural.

Nos dias de hoje, é importante que o edificado responda de forma racional às questões relacionadas com a utilização de fontes de energia, privilegiando-se a redução no consumo de energias não renováveis. Para que tal possa acontecer é necessário que o arquiteto tenha preocupações de sustentabilidade desde o desenho de planeamento urbano até ao desenho de edificado.

A grande complexidade destes sistemas de sombreamento é conseguir responder de forma positiva tanto a nível de sombreamento como de iluminação. Estas soluções não devem ser aplicadas apenas como soluções funcionais de sustentabilidade, mas também responder a uma melhor qualidade, tanto da arquitetura como do espaço, uma vez que estes sistemas têm um papel fundamental na imagem do edifício.

Por último, foi necessário desenvolver um sistema de sombreamento de forma racional através de novas formas, materiais e até instrumentos tecnológicos de desenho de forma a poder avaliar e analisar o comportamento dos sistemas, dependendo do local, forma e clima a que estes estão sujeitos.

## 2. ENQUADRAMENTO TEÓRICO

### 2.1 RADIAÇÃO SOLAR

A principal fonte de energia e de calor para o planeta Terra é a radiação solar. Esta é simultaneamente fonte de calor e de luz natural. O sol desempenha então um papel essencial permitindo que se tire partido da luz e do calor (por exemplo, como fonte energética), sendo igualmente possível evitá-los quando esse verifica serem excessivos.

A radiação solar, no contexto deste trabalho, consiste na quantidade de energia emitida pelo sol que é incidente numa determinada superfície terrestre. Esta radiação é recebida tanto como radiação solar difusa como radiação solar direta. A quantidade de radiação que atinge uma superfície terrestre varia devido às condições atmosféricas e meteorológicas. Isto é, num dia chuvoso e nublado recebe menos radiação solar do que num dia em que o céu esteja limpo. A radiação depende também das características geográficas e da topografia, ou seja, a altitude pode determinar a quantidade de radiação solar recebida. Todos estes fatores podem ser considerados vantagens ou desvantagens, dependendo de outros elementos importante como a cor da superfície, a materialidade e a inclinação, que influencia a quantidade de radiação recebida.

A radiação solar varia também ao longo do ano devido ao movimento de translação do planeta [2]. Esse movimento faz com que a terra percorra uma trajetória num plano inclinado em relação ao equador. Este ângulo origina quantidades de radiação solar distintas nos dois hemisférios ao longo do ano, caracterizando-se por solstícios (verão e inverno) e pelos equinócios (primavera e outono).

## 2.2 RADIAÇÃO SOLAR DIFUSA E DIRETA

Tal como se referiu, a radiação Solar pode incidir sobre a superfície terrestre na sua forma difusa e direta. A radiação solar difusa é a soma do fluxo luminoso difundido, ou seja, a radiação solar que é refletida por intermédio do edifício ou da envolvente [3].

Por seu turno, a Radiação Solar Direta é a quantidade de energia radiante numa superfície [3]. A intensidade da radiação solar direta depende da altura solar e do ângulo de incidência; em função destes parâmetros, a componente térmica pode ser elevada. É esta componente elevada que se pretende evitar para que não haja excesso de iluminação natural e demasiado desconforto visual, por um lado, e ganhos de calor excessivos no verão, por outro. Deve ainda considerar-se que, no inverno, a entrada de radiação solar direta nos edifícios pode ter um contributo decisivo na obtenção de condições de conforto térmico. De notar que devido a esses fatores é necessário e indispensável o desenvolvimento de sistemas que permitam um equilíbrio entre estes diversos objetivos.

## 3. GEOMETRIA SOLAR E SOMBREAMENTO

Segundo Lamberts a Geometria Solar estuda o percurso do sol numa determinada localidade, num determinado dia/mês do ano e o tempo que este fica acima do horizonte [4]. Para se estudar a geometria solar tem de se analisar a localização aparente do sol através da latitude e da longitude e, para um determinado dia e uma determinada hora, são necessárias coordenadas horizontais: o Azimute e a Altura solar.

A Longitude localiza um determinado local na terra através da representação em graus de  $0^\circ$  a  $180^\circ$  para Este ou para Oeste a partir do Meridiano de Greenwich, uma linha “imaginária” que liga o Polo Norte ao Polo Sul, que passa em Greenwich (Inglaterra) dividindo o globo em dois lados, Ocidente e Oriente.

A Latitude é definida através do ângulo entre o plano do equador e a linha imaginária que une o centro da Terra ao local.

Em geral, pode-se assumir que a Longitude determina pontos em planos verticais paralelos ao Meridiano de Greenwich, e a Latitude determina pontos nos planos horizontais paralelos ao plano do Equador.

A Altura Solar e o Azimute ajudam-nos a calcular a energia disponível ao longo do dia numa determinada superfície [2]. A Altura Solar é o ângulo que a radiação solar faz com o plano do horizonte, o Azimute é o ângulo entre o plano vertical que contém a radiação solar e a direção correspondente a Sul.

O Azimute e a Altura são coordenados que determinam a posição do sol relativamente a um ponto da terra, variando ao longo do dia devido ao movimento de rotação da Terra em torno do eixo polar, e variando também ao longo do ano devido ao movimento de translação da terra em torno do sol [3].

A Altura Solar é um fator determinante que ajuda a perceber qual a luz solar que o edifício irá receber tanto no verão como no inverno, e com esses valores é possível determinar ou prever as sombras que serão projetadas pelos elementos, quais os sistemas para o sombreamento a utilizar e qual o seu dimensionamento [5].

### 3.1 SOLSTÍCIOS E EQUINÓCIOS

Ao longo do ano ocorrem quatro estações, dois equinócios e dois solstícios. Os equinócios ocorrem quando os raios solares cruzam paralelos ao plano do equador, o que significa que o dia e a noite tenham exatamente a mesma duração, 12 horas [5].

Estes solstícios ocorrem em março e setembro. Em março entra a primavera no hemisfério norte e em setembro entramos no outono no mesmo hemisfério.

Os solstícios ocorrem em junho e dezembro. Em junho, no início do verão (no hemisfério norte), a duração do dia é maior enquanto em dezembro ocorre o oposto, ou seja, entramos no inverno e o dia tem menos duração do que a noite. No hemisfério sul, sucede o inverso.

Uma vez que Portugal se encontra no hemisfério norte, os equinócios da primavera e outono têm lugar respetivamente a 21

de março e a 23 de setembro, onde os dias têm a mesma duração que as noites. Durante os equinócios os raios solares atingem o equador num ângulo aproximadamente de 0°.

Por sua vez, os solstícios ocorrem a 21 de junho e a 22 de dezembro, respetivamente o de verão e o de inverno. O solstício de verão corresponde ao dia do ano com mais horas de sol, onde o meio-dia solar atinge a maior altura fazendo um ângulo consoante a latitude. No solstício de inverno, trata-se do dia mais curto do ano, ocorrendo o oposto.

### 3.2 SOMBREAMENTO

O objetivo do sistema de sombreamento é evitar ganhos solares no verão (quando se quer evitar a entrada de calor) e permitir a captação de ganhos solares necessários no inverno. Para além desta vertente tem também um outro propósito igualmente importante: a iluminação, que permite a existência de um equilíbrio entre a luz que entra e a que é necessária sem recorrer a iluminação artificial. Mas nem sempre é fácil equilibrar os dois elementos (sombreamento e iluminação), sem afetar os principais requisitos que o sombreamento deve responder, conforto e eficiência.

Para um sombreamento eficaz é necessário ter em conta alguns fatores de modo a desenvolver um equilíbrio entre evitar a entrada de calor e incentivar a entrada de luz natural. Para que tal aconteça, é necessário desenvolver um adequado sistema de controlo solar, de forma a evitar a entrada de radiação solar quando é indesejada, garantir uma boa iluminação natural quando o espaço assim o necessita, mas garantindo um equilíbrio entre a luz incidida e refletida, evitando o ofuscamento e procurando um balanço entre uniformidade e contraste. Deve por isso permitir uma fácil visibilidade do espaço interior para com o exterior, ou seja, deve permitir uma otimização da visibilidade, mas ao mesmo tempo bloquear o excesso de raios solares no interior, considerando assim um bom conforto visual para o indivíduo que utiliza o espaço.

Da mesma forma que o sistema de sombreamento tem de garantir um controlo de raios solares no verão e uma boa iluminação natural, ele deve garantir o inverso no inverno. Ou seja, no inverno o sistema de sombreamento deve permitir a entrada de raios solares para o interior do espaço, de forma controlada e permitindo que aqueça o espaço sem se recorrer a sistemas mecânicos. Simultaneamente este sistema deve contabilizar a quantidade de iluminação natural com o propósito de não afetar o conforto visual do indivíduo.

Ao nível do exterior, o sombreamento deve tentar responder não só a questões funcionais, de segurança e de privacidade, mas também a soluções de estética, qualidade e inovação de forma a oferecer um caráter próprio ao edifício em concordância com o ambiente em que este se insere.

Os sistemas de sombreamento são um elemento importante na fachada e têm um papel fundamental para a imagem do edifício, sendo que devem apresentar-se como um elemento integrante do edifício e não como um elemento acessório à fachada. Para isso é necessário ter em atenção componentes visuais como o ritmo, a luz, a cor e a textura [6].

Ao nível da composição, forma e geometria existe uma variedade de sistemas, mas devem ser aplicados consoante o local, ambiente e requisitos climáticos onde se inserem.

### 3.3 SOMBRA

A definição de sombra pode ser bastante intuitiva, podendo ser descrita como uma área escura formada pela ausência da luz proporcionada pela presença de um objeto.

No que toca a arquitetura, a definição de sombra pode ser mais complexa e inclui dois tipos distintos: auto sombra e sombra projetada [7]. No primeiro tipo, considera-se a sombra projetada sobre o próprio corpo, por exemplo, uma pala que sombreia uma fachada de um edifício. O segundo tipo, a sombra projetada, corresponde à sombra que o edifício projeta no pavimento desenhando os contornos da fachada.

Consoante o tipo de objetos e a sua materialidade, a sombra pode sofrer alterações. Um objeto totalmente opaco não permite que exista qualquer passagem de luz, logo a sombra tem mais definição, enquanto se um objeto for menos opaco, ou com uma materialidade de transparência, a luz passa numa quantidade mínima, conferindo alguma fluidez à sombra. Conclui-se por isso, que o objeto é o principal responsável pela luz que pode ou não passar através dele.

Este conceito já é estudado desde os anos 50 por Louis Kahn, que defende que *“uma planta de um edifício dever ser lida como uma harmonia de espaços na luz (...) Cada espaço deve ser definido por sua estrutura e pelo carácter de sua luz natural [7].*

Na arquitetura, pode-se controlar a sombra que se pretende receber e a sua intensidade através de sistemas de sombreamento e da sua materialidade. Tal como foi explicado anteriormente, a luz pode ser controlada de forma a ser recebida de forma agradável e não indesejável.

## 4. APRESENTAÇÃO DO PROJETO INDIVIDUAL

O projeto em estudo diz respeito a um Centro de Investigação Marítima em Sines. Esta cidade do distrito de Setúbal é considerada a primeira cidade portuária de Portugal bem como uma das principais cidades industriais do país.

A indústria, a pesca e alguma agricultura constituíram a base da atividade económica do concelho até ao final da década de 60. Mais tarde, no governo de Marcello Caetano, entre 1968 a 1974, foi criado o grande porto industrial em Sines, com intenção de dotar Portugal de maior autonomia em setores fundamentais, designadamente energia e transformação de matérias-primas. Esta profunda transformação da cidade acabaria, porém, por resultar num conjunto de consequências negativas que seriam identificados mais tarde, tanto ao nível paisagístico como ambiental, com forte impacto na qualidade de vida da população local [8].

Entre 1972 e 1981 a população sofreu um aumento de aproximadamente 92% devido ao desenvolvimento industrial, sendo que os sectores primários sofreram com esta alteração, em grande parte devido aos grandes níveis de poluição. Por essa razão, em 1982 realizou-se a primeira “Greve Verde” motivada por um conjunto de descargas que se fizeram sentir na costa norte da cidade [8].

Atualmente Sines possui um dos portos industriais com maior influência em Portugal, devido às excecionais condições de profundidade marítima que a tornam num local relevante para a atividade portuária. Nos dias de hoje, coexistem na cidade dois portos industriais, uma refinaria de Petróleo, indústrias da Petroquímica e uma zona industrial logística (ZIL).

Uma vez que Sines se trata de uma cidade demasiado dependente da atividade industrial, mas também da pesca, tornou-se pertinente o desenvolvimento de um projeto que tivesse como benefício a melhoria da qualidade de vida da população local. Ainda que o aumento da indústria, e, conseqüentemente, da população, acabe por prejudicar o setor piscatório, sobretudo devido aos impactos ambientais.

A criação de um Centro de Investigação Marítima é então justificada pela necessidade de fazer face a estes impactos da poluição na qualidade de vida quer dos pescadores quer da população em geral. Este centro está preparado para receber varias áreas de estudo como a biologia marinha, a geologia, engenharia mecânica e geofísica. Todas estas áreas funcionam em conjunto com o objetivo comum de melhorarem a qualidade da água local.

O departamento de biologia marinha foca-se no estudo de todos os organismos que vivem em águas salgadas, bem como na relação entre eles e o ambiente. O departamento de geologia é por sua vez responsável por projetos para o desenvolvimento das ciências do mar. O departamento de engenharia serve de apoio ao desenvolvimento de projetos e de equipamentos que ajudem na exploração dos fundos marinhos, bem como a manutenção dos meios já existentes.

Por último, o departamento de geofísica suporta o estudo de compreensão da estrutura, composição e dinâmica do planeta Terra, no âmbito da física. Em todos estes departamentos trabalham investigadores especializados em cada uma das áreas de estudo, mas favorecendo o desenvolvimento de equipas multidisciplinares com o objetivo comum de melhorar a qualidade da água, o sector piscatório e a qualidade de vida dos habitantes.

Para além de laboratórios o Centro inclui também salas de aula, que podem ser utilizadas para apresentar amostras e resultados recolhidos ao longo dos tempos, bem como preparar futuros investigadores que poderão ingressar no Centro de Investigação Marítima.

#### 4.1. Conceito do projeto

O presente estudo foi complementado com um estudo prático, o Centro de Investigação Marítima, tendo como propósito o desenvolvimento de um sistema de sombreamento otimizado que se enquadrasse arquitetonicamente com o edifício.

Esta análise possibilita então a determinação do sistema de sombreamento mais adequado de acordo com fatores como o local de implantação, a orientação e a intensidade de calor e luminosidade que podem ser favoráveis para a função do edifício. Para esse efeito, conclui-se que o sistema de sombreamento exterior e fixo é o que melhor se pode enquadrar no projeto Centro de Investigação Marítima de Sines.

Este sistema é exterior por cumprir de forma mais eficiente a função de controlo dos raios solares, um fator especialmente crítico para um clima quente como o de Portugal. Por outro lado, a escolha de um sistema fixo é justificada pela maior economia no que diz respeito à montagem e manutenção.

#### 4.2. Objetivos do Projeto

O principal objetivo deste estudo era procurar cooperar para uma melhor otimização dos sistemas de sombreamento, tanto a nível da sua função como no equilíbrio luz-sombra.

Para que essa otimização e equilíbrio sejam encontrados, o projeto apresentado irá explorar qual o melhor sistema de sombreamento tanto na sua eficácia lumínica como na otimização da diminuição de brilho. Ou seja, encontrar um equilíbrio entre ambos de forma a melhorar não só o desempenho energético do edifício como o conforto corporal e visual do indivíduo que habite o espaço.

#### 4.3. Estratégia de projeto

Para que este estudo seja válido foi necessário desenvolver uma estratégia que englobasse dois fatores fundamentais a serem estudados numa primeira fase: as coordenadas geográficas (localização exata do edifício) e o conhecimento dos dados climáticos do local (tipo de clima). As coordenadas geográficas (latitude 37,9572 e longitude -8,8609 [9]) permitem ajudar a perceber quais os ângulos solares para o local. Em relação aos dados climáticos, estes possibilitam perceber qual o momento do ano com mais calor, ou seja, o período em que é mais necessário o sistema de sombreamento. Neste caso de estudo a temperatura média de Sines é de 16,9°C [10].

Numa fase posterior do estudo serão adicionados dois fatores: a utilização a dar ao edifício (habitação unifamiliar, escritórios, hospital etc.) e a orientação do vão que será intervencionado com o sistema de sombreamento – o que em Portugal, por norma, consiste no(s) vão(s) a Sul e/ou a Nascente.

Neste caso, sabe-se a localização do edifício e qual(is) o(s) vão(s) que necessita(m) de um sistema de sombreamento (orientação) e o tipo de clima que se encontra no local. Uma vez esclarecidas estas informações, pode-se avançar para o desenvolvimento de um sistema de sombreamento adequado.

Após a obtenção dos dados acima referidos, são delineados os tipos de vão de forma a apresentarem uma leitura Interior-Exterior, isto é, desenhar vãos que permitam aos utilizadores usufruírem da vista que estes possibilitam, juntamente com uma intenção arquitetónica e permitindo que estes façam parte integrante da leitura do edifício. Assim que os vãos estão pensados e desenhados, são realizados estudos de dimensões dos componentes horizontais e verticais, sendo que o maior foco será nos elementos horizontais.

Estes estudos são realizados com ajuda da ferramenta de cálculo OIKONET/ISCTE-IUL Energy efficiency HorShading [1] (Figura 1) e recorrendo a um modelo 3D em Revit para estudos das sombras de acordo com a latitude e com o período de maior necessidade de sombreamento.

The screenshot shows a web-based calculation tool. On the left, there are input fields for 'Location', 'Latitude [°]', 'Day for total shading', 'Day for total sunlight', and window dimensions 'h [m]', 'a [m]', and 'b [m]'. The 'a' and 'b' fields show '#VALOR!' errors. In the center, there are dropdown menus for 'Shading/Sunlight until...' and 'Use Max Solar Altitude?' (both set to 'yes'), and an 'Angle [°]' field. To the right, there are 'Max solar altitude [°]' and 'Solar radiation coming from...' fields, all showing '#VALOR!' errors. Below these fields are the formulas:  $a = \frac{h}{\tan \alpha_1 - \tan \alpha_2}$  and  $b = \frac{\tan \alpha_2 \cdot h}{\tan \alpha_1 - \tan \alpha_2}$ . On the far right, a diagram shows a window of height 'h' with horizontal shading of depth 'a'. Sun rays are shown at angles  $\alpha_1$  and  $\alpha_2$  from the horizontal. The diagram is enclosed in a red box.

Figura 1: OIKONET MOOC Energy efficiency HorShading [1] realizado pelo Professor Vasco Moreira Rato, cedido a 09/05/2016 para estudo do dimensionamento das palas horizontais.

Foram estudados sistemas de sombreamento para dois tipos de vão, 1,20m e 2,00m de altura, entre as 10h00 e as 15h00, altura em que o sol está mais intenso. No total foram estudados 26 exemplos diferentes em função da altura da janela, do tipo de pala de sombreamento e das datas consideradas para o cálculo da sombra. Para cada altura de janela, as palas consideradas são de três tipos: distanciadas do vão, junto ao vão ou duplas. Foram consideradas, para cada altura de janela e para cada tipo de pala, quatro datas para o cálculo de sombras, agrupadas de acordo com o período do ano que se pretendia analisar.

#### 4.3.1. Palas distanciadas do vão, nos dias 20 de junho e 21 de setembro

Neste subcapítulo são apresentados dois exemplos de palas que estão distanciadas do vão, e foram estudos feitos para duas datas distintas, no dia 20 de junho e no dia 21 de setembro. Na figura 2 são perceptíveis os ângulos solares que o vão irá receber nas datas estipuladas ao meio dia solar, ou seja, em ambos os vãos no dia 20 de junho ao meio dia solar irá estar totalmente em sombra, contudo, no dia 21 de setembro ao meio dia solar os vãos irão estar totalmente ao sol. Isto significa que a sombra vai perder intensidade ao longo do verão.

O segundo exemplo apresentado (Figura 3) foi estudado para os dias de 20 de março e 21 de setembro, para ambos os vãos. Neste caso de estudo o raciocínio mantém-se o mesmo, ou seja, os ângulos apresentados na figura representam a sombra que os vãos irão receber no dia 20 de março ao meio dia solar e o sol que irão receber no dia 21 de setembro ao meio dia solar.

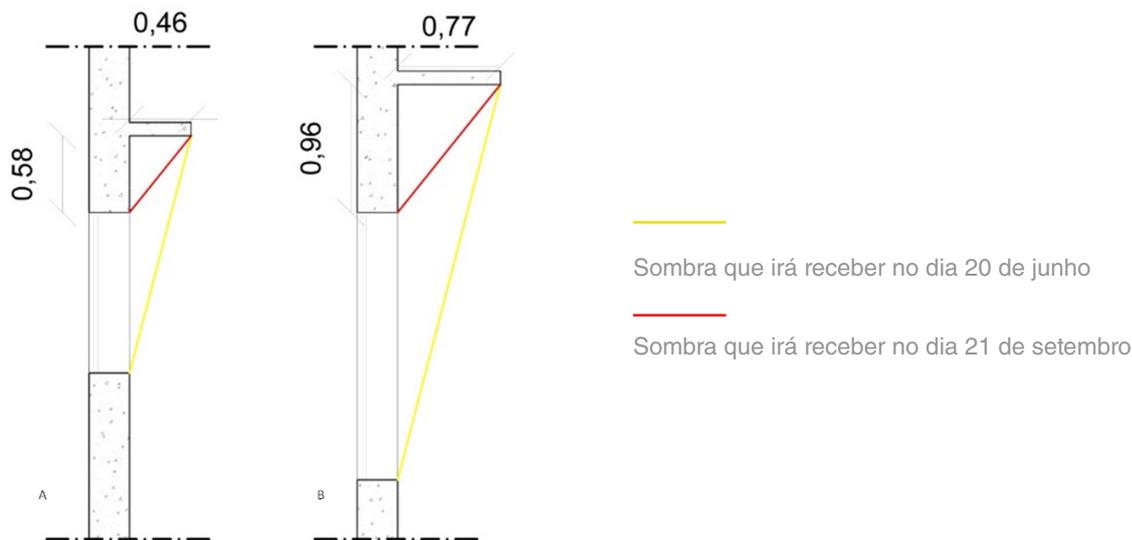


Figura 2: Corte de vãos. A) 1,20 m, B) 2,00 m com indicação dos ângulos solares nos dias 20 de junho e 21 de setembro

#### 4.3.2. Palas distanciadas do vão, nos dias 20 de março e 21 de setembro

Neste subcapítulo são apresentados outros dois exemplos de palas que estão distanciadas do vão, e para duas datas distintas, no dia 20 de março e no dia 21 de setembro. Na Figura 3 é perceptível os ângulos solares que o vão irá receber nas datas estipuladas ao meio dia solar.

Este estudo refere-se aos dias 20 de março e 21 de setembro, considerando-se os mesmos horários, 10h00, 12h00 e 15h00.

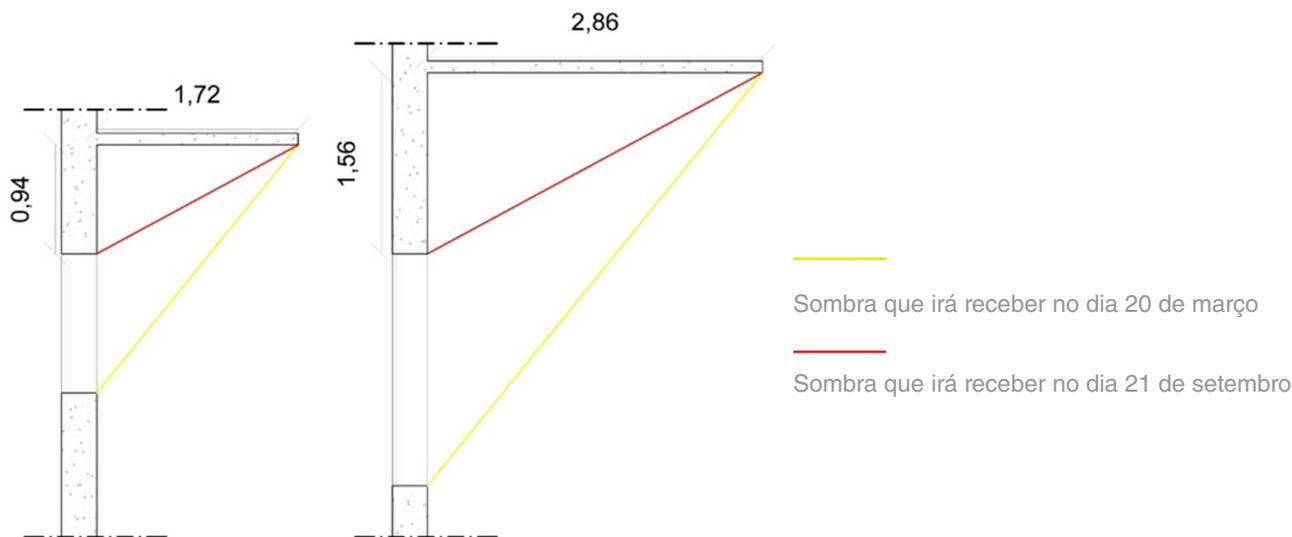


Figura 3: Corte de vãos. A) 1,20 m, B) 2,00 m com indicação dos ângulos solares

No estudo de palas para estas duas datas, é perceptível que para se ter sombra total até finais de setembro (objetivo que resulta da necessidade de limitar a entrada de radiação solar num momento do ano em que as temperaturas exteriores são

ainda elevadas) seria necessário começar por sombrear a partir de março, sendo isso uma desvantagem uma vez que no mês de março ainda se deseja entrada de luz solar. Para além dessa desvantagem as palas horizontais necessitariam de ter dimensões consideráveis e neste estudo não é isso que se pretende.

#### 4.3.3. Palas junto ao vão, nos dias 20 de junho e 21 de setembro

Após a apresentação dos estudos acima referidos, segue-se um outro estudo onde se estipula uma nova condicionante: o elemento horizontal vai ficar junto ao vão e serão apresentados os mesmos vãos e as mesmas datas apresentadas anteriormente (20 de junho e 21 de setembro).

No corte em baixo (Figura 4) é perceptível qual o ângulo de sombra nos dias 20 de junho ao meio dia solar e no dia 21 de setembro ao meio dia solar, em ambos os vãos, 1,20 metros e 2,00 metros de altura. Contudo esta pala não tem capacidade para sombrear durante todo o verão.

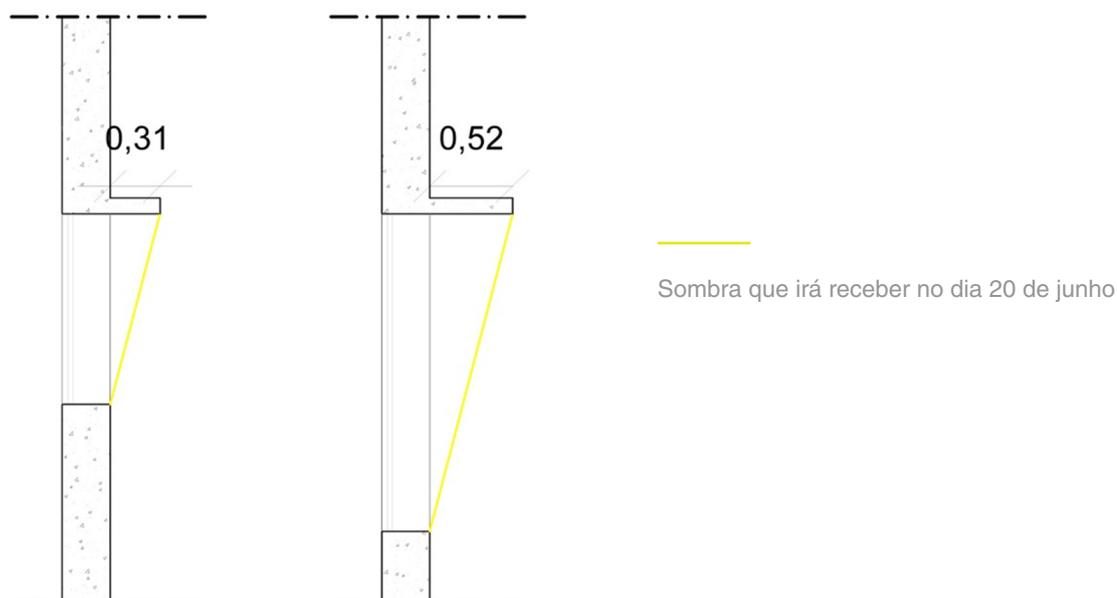


Figura 4: Corte de vãos. A) 1,20 m, B) 2,00 m com indicação dos ângulos solares

#### 4.3.4. Palas junto ao vão, nos dias 20 de março e 21 de setembro

A Figura 5 ajuda a perceber como se comporta o ângulo de sombra nos dias 20 de março e 21 de setembro no meio dia solar. Estes tipos de palas sombreiam o vão na totalidade tanto numa data como na outra. Pretende-se sombra total ao longo do verão (de junho a setembro), no entanto, é uma desvantagem receber sombra total no mês de março.

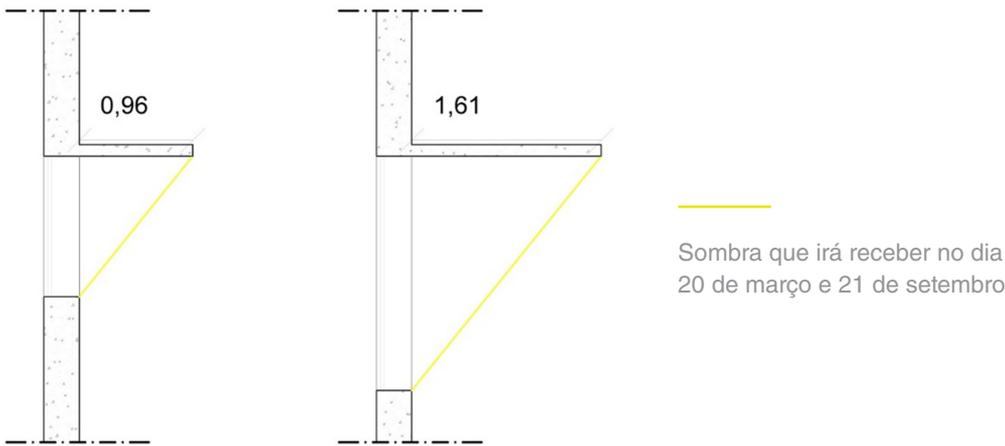


Figura 5: Corte de vãos. A) 1,20 m, B) 2,00 m com indicação dos ângulos solares

Embora neste estudo a pala esteja junta ao vão e tenha diminuído um pouco a sua dimensão, ainda assim não se aproxima do objetivo definido porque as dimensões ainda são consideráveis. Esta solução cumpre a função de sombrear durante todo o verão até final de setembro, apesar de em março ainda não ser necessário sombra total, o que faz com que perca radiação solar numa altura em que esta ainda é necessária.

4.3.5. Palas duplas, nos dias 20 de junho e 21 de setembro

Num último estudo de palas realizado, foi adotado um sistema de duplicação das palas como forma de reduzir o seu comprimento. O teste é realizado nas mesmas três datas acima apresentadas, no dia 20 de março, 20 de junho e 21 de setembro para o mesmo horário, às 10h00, às 12h00 e às 15h00. O corte em baixo (Figura 6) mostra como são os ângulos para o dia 20 de junho e 21 de setembro ao meio dia solar.

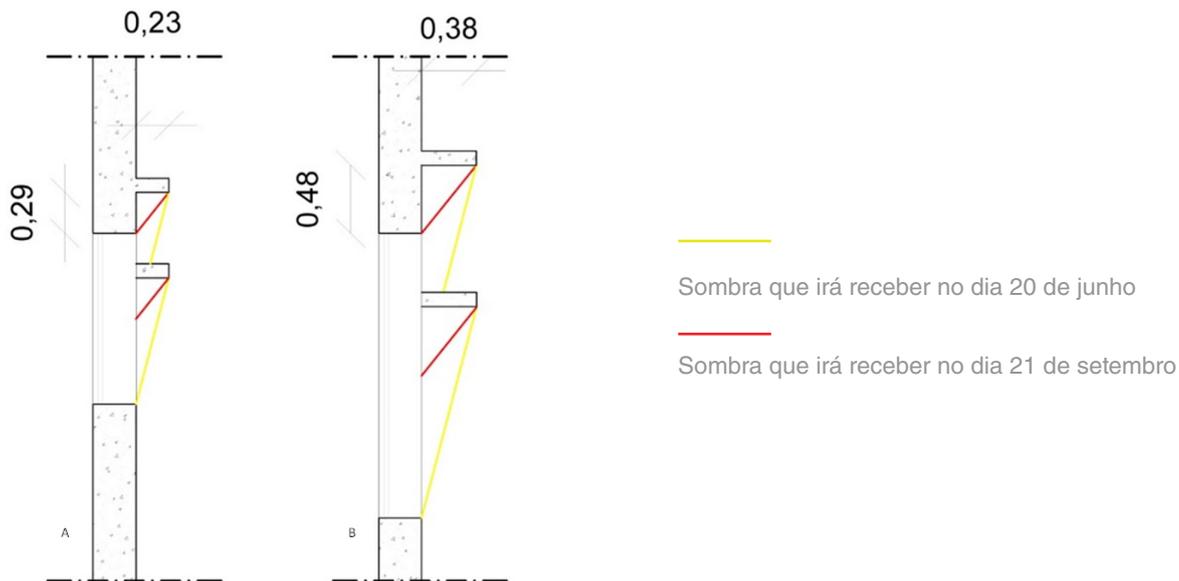


Figura 6: Corte de vãos. A) 1,20 m, B) 2,00 m com indicação dos ângulos solares.

Neste estudo percebe-se que o sistema de sombreamento cumpre a sua função em junho, ou seja, a 20 de junho o vão está totalmente em sombra, já a 21 de setembro o vão encontra sem qualquer tipo de sombra, o que significa que ao longo do verão a sombra se vá dissipando ao ponto de em setembro o vão já não estar em sombra.

Embora este tipo de palas não seja viável também tem a desvantagem de poder obstruir a vista do utilizador para o exterior. É de fácil percepção de que este sistema não é válido para este estudo, uma vez que, uma das palas só será útil para uma parte do vão.

#### 4.3.6. Palas duplas, nos dias 20 de março e 21 de setembro

O próximo e último estudo deste capítulo foi realizado nos dias 20 de março e 21 de setembro para se perceber se cumprem também as funções como os exemplos acima apresentados.

Na Figura 7 encontra-se um corte que serve como exemplo de como são os ângulos tanto a 20 de março e a 21 de setembro no meio-dia solar.

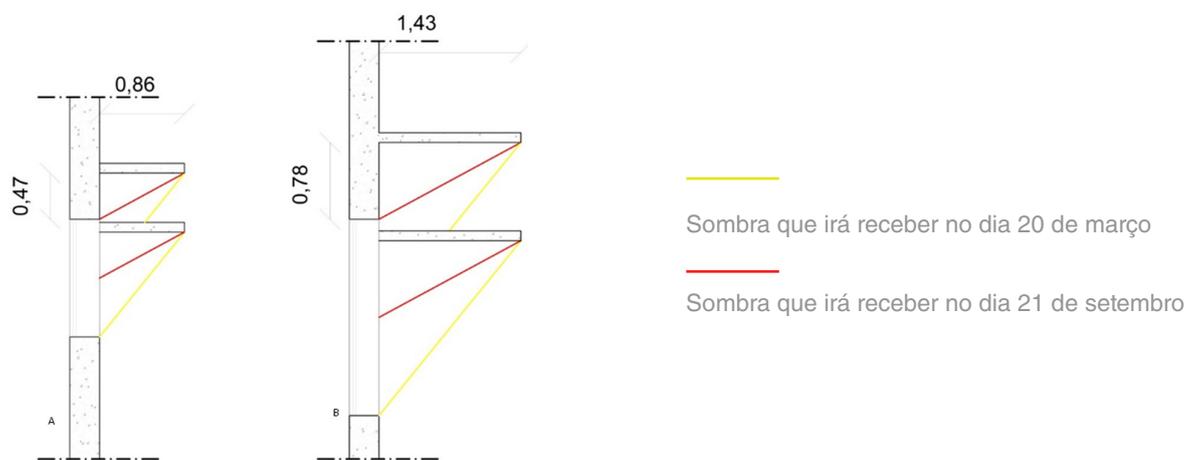


Figura 7: Corte de vãos. A) 1,20 m, B) 2,00 m com indicação dos ângulos solares

#### 4.3.7. Desenho e dimensionamento dos elementos horizontais distanciados do vão

Neste subcapítulo serão apresentados apenas alguns exemplos de palas que foram estudadas conforme os meses do ano e a necessidade de sombrear no verão (de junho a setembro), bem como em diferentes épocas para se perceber a diferença entre uma e a outra.

O primeiro estudo a ser realizado tem como princípio base, que a sombra total seja até ao final de agosto, sendo que no mês de setembro ainda ocorre sombra, embora não na totalidade da superfície do vão. A Figura 8 apresenta qual o ângulo da sombra no dia 20 de abril e 21 de agosto ao meio dia solar, num vão com 1,20 metros e outro com 2,00 metros de altura, assim como a diferença entre as palas.

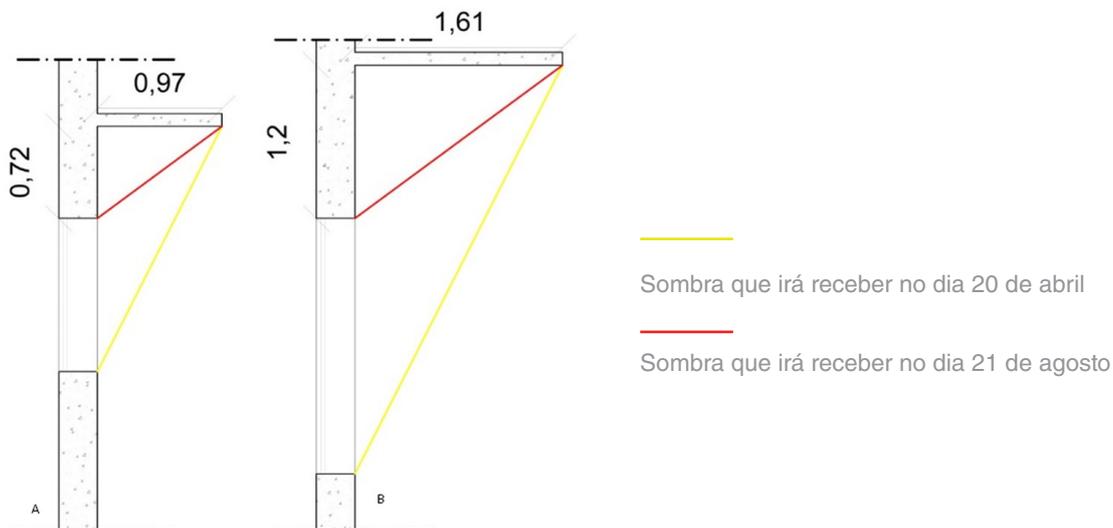


Figura 8: Corte de vãos. A) 1,20 m, B) 2,00 m com indicação dos ângulos solares

O corte acima apresentado é um modelo 2D desenvolvido no Autocad em que se representam os vãos de estudo em corte juntamente com a pala horizontal. Este exemplo serve para demonstrar qual será a incidência solar tanto numa data como na outra.

No exemplo A o elemento horizontal tem 0,97 cm enquanto que no B tem 161 centímetros de comprimento e encontram-se a 0,72 centímetros e 120 centímetros acima do vão respetivamente. Percebe-se, portanto, que esta pala funcionaria para o vão de 1,20 metros uma vez que tem sombra total no verão e luz solar total no inverno, no entanto no vão de 2,00 metros, já não responde a essas necessidades.

Este exemplo de palas demonstra que sombreia praticamente o verão todo, até 21 de agosto aproximadamente, o que significa que vai ter sombra até meados de setembro, embora não seja sombra total. Tem como desvantagem o facto de ter sombra total em abril, uma vez que o espaço interior ainda necessita de luz solar.

A pala para o vão de 2,00 metros acaba por ser uma condicionante, uma vez que é uma pala que supera um metro de comprimento e está acima do vão, 1,20 metros de altura, não se tornando viável para este estudo.

O segundo estudo a ser realizado (Figura 9), teve como base ter sombra total até final de setembro, para os mesmos vãos, 1,20 metros e 2,00 metros de altura. Sendo que neste estudo a sombra total prolonga-se até meados de setembro.

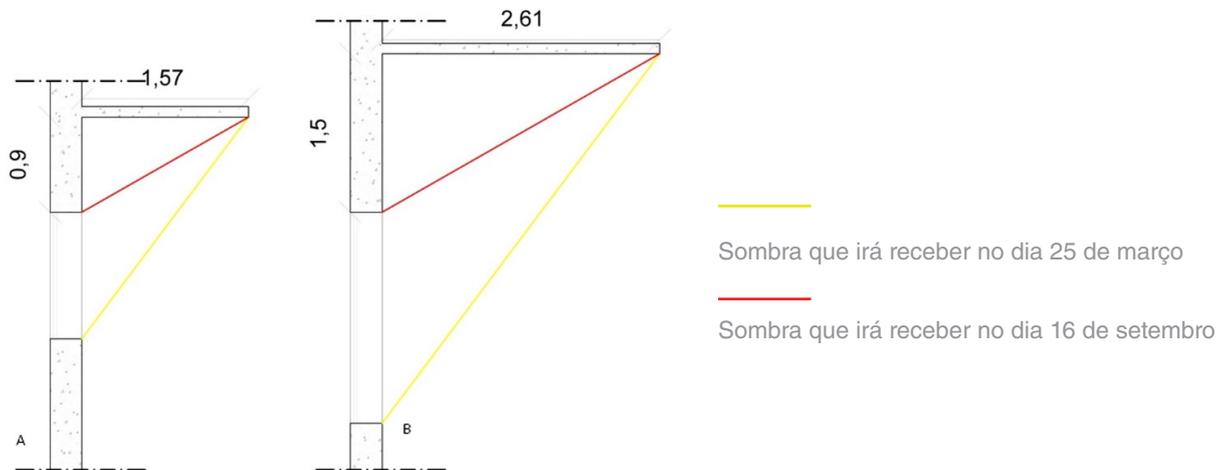


Figura 9: Corte de vãos. A) 1,20 m, B) 2,00 m com indicação dos ângulos solares

O exemplo A tem 157 cm de comprimento e encontra-se a 0,90 centímetros acima do vão, no exemplo B o elemento horizontal tem 261 centímetros de comprimento e encontra-se a 150 centímetros acima do vão. Percebe-se, portanto, que esta pala não funcionaria nem para o vão de 1,20 metros nem para o de 2,00 metros de altura, uma vez que tem dimensões excessivas. No entanto seriam palas que cumpririam a sua função de sombrear, uma vez que sombreiam até ao final do verão e permitem entrada de luz solar ao longo do inverno.

Através dos exemplos apresentados, pretende-se que a sombra total seja até setembro, no entanto não se pretende que exista sombra total em março, por ser uma época próxima do inverno e existir necessidade de luz solar no espaço.

Este tipo de palas horizontais apresenta duas desvantagens: o facto de começar a sombrear em março e ter dimensões excessivas, o que se considera ter como consequência um prejuízo formal para o edifício, uma vez que são elementos inseridos posteriormente e não que fazem parte integrante deste.

#### 4.3.8. Desenho e dimensionamento dos elementos junto ao vão

Neste subcapítulo são apresentadas mais soluções de elementos horizontais, mas eliminou-se uma variante, a altura a que a pala estaria distanciada do vão.

Uma vez que em Sines o verão é consideravelmente quente e que o inverno é frio, mas suportável, consideraram-se só os elementos horizontais que tivessem como função sombrear no verão. No inverno terá como consequência receber sombra, mas num curto espaço de tempo.

Adotou-se o mesmo objetivo de sombrear até final do verão e os mesmos horários, fazendo-se estudos com diferentes datas afim de perceber qual se enquadra melhor neste estudo.

O exemplo seguinte (Figura 10) demonstra como se poderia sombrear desde abril até ao final de agosto. Este exemplo mostra como estas palas sombreavam se estivessem junto ao vão, ou seja, uma vez que estão juntas a este, significa que no inverno também existirá sombra, embora menor, uma vez que o sol no inverno se encontra mais baixo que no verão. No corte realizado em Autocad, é perceptível quais seriam as dimensões das palas e qual o alcance da sombra ao longo do verão.

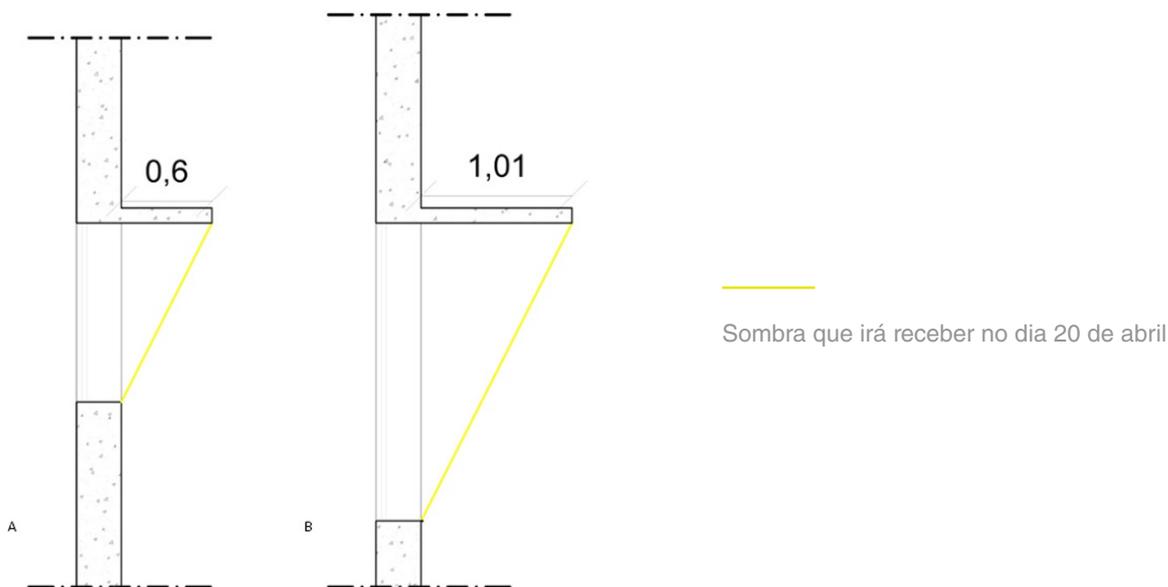


Figura 10: Corte de vãos. A) 1,20 m, B) 2,00 m com indicação dos ângulos solares.

Este é um dos exemplos em que poderia ser viável a utilização destas palas. Primeiro porque conseguem sombrear praticamente o verão inteiro, havendo sombra total até finais de agosto, o que significa que em setembro existe igualmente sombra, embora não na totalidade. Em segundo, porque não são excessivas o que a nível estrutural é o que se procura. Contudo tem a desvantagem de no inverno também ocorrer sombra.

Este é um dos casos em que tem que se contrabalançar aquilo que é imprescindível e o que não é, neste caso dá-se prioridade à capacidade de sombrear o verão todo com palas aceitáveis.

O segundo estudo realizado para palas junto ao vão (Figura 11) demonstra como se poderia sombrear desde 25 de março a 16 de setembro. Este exemplo mostra como estas palas sombreariam se estivessem junto ao vão. No inverno verifica-se a existência de sombra, embora menor, uma vez que o sol no inverno se encontra mais baixo que o verão.

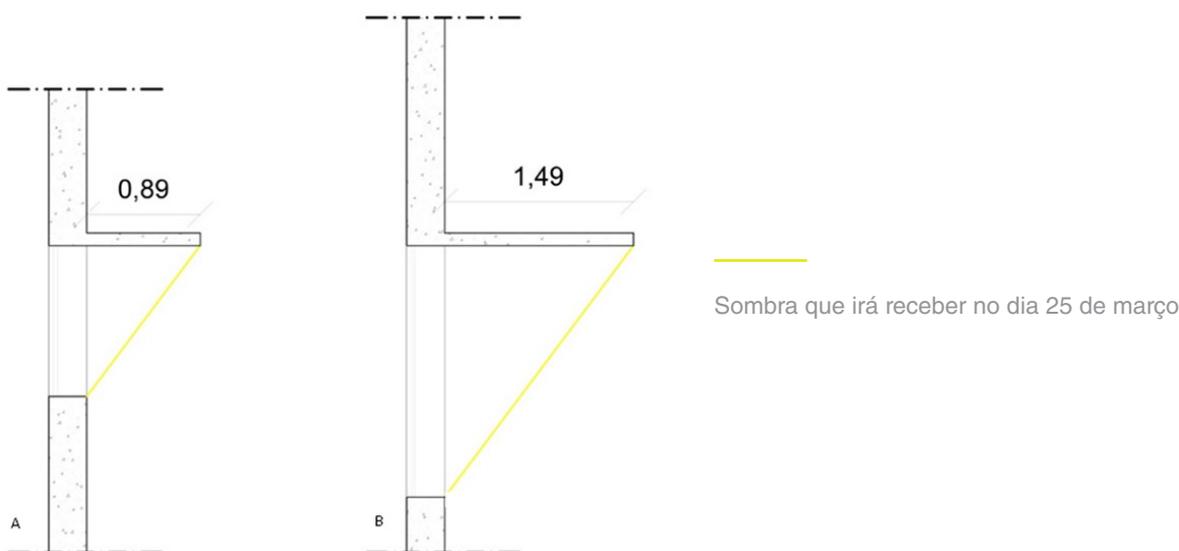


Figura 11: Corte de vãos. A) 1,20 m, B) 2,00 m com indicação dos ângulos solares.

Através dos exemplos acima apresentados, percebe-se que é possível sombrear desde março até finais de setembro. Pretende-se que a sombra total seja até setembro, no entanto não se pretende que exista sombra total em março, por ser uma época ainda próxima do inverno sendo necessária a entrada de luz solar para aquecer o espaço. A pala para o vão de 1,20 metros tem dimensões aceitáveis, no entanto a pala de 2,00 metros de altura já é um pouco mais comprida, mas ainda assim é uma pala que talvez seja possível de considerar. A nível de estética pode danificar, contudo pode adaptar-se de forma a que não danifique o mesmo.

#### 4.3.9. Desenho e dimensionamento dos elementos com palas duplas

Neste subcapítulo serão apresentados apenas alguns exemplos de palas que foram estudadas conforme os meses do ano acima apresentados e a necessidade de sombrear no verão. Os seguintes estudos, foram realizados com base, no mesmo período do ano e com os mesmos vãos, no entanto desenvolveu-se uma nova abordagem. Ao invés de se utilizar uma única pala horizontal com dimensões consideráveis, optou-se por utilizar duas palas horizontais, fazendo com que fosse reduzida significativamente a dimensão das mesmas.

O primeiro estudo tem como base, duas palas num vão de 1,20 metros e de 2,00 metros de altura, com os mesmos princípios dos outros estudos acima apresentados. Tem como objetivo sombrear de 20 de abril até final de agosto tendo como foco principal três horários distintos, 10h00 da manhã, 12h00 e às 15h00 da tarde. O corte apresentado (Figura 12) tem como objetivo mostrar qual o ângulo de sombra no mês de abril e no mês de agosto e qual o ângulo de luz solar que o mesmo espaço irá receber para as duas palas.

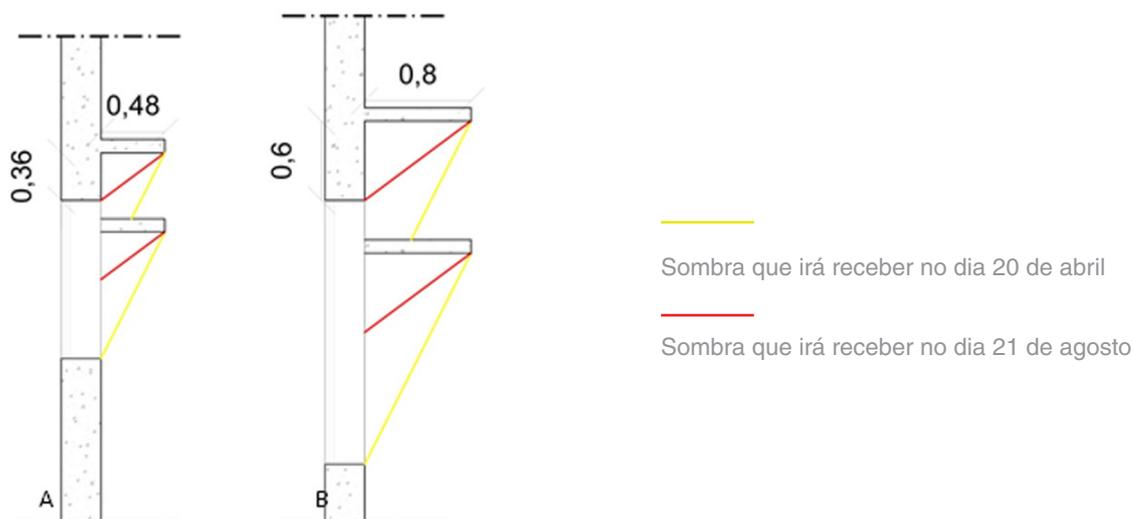


Figura 12: Corte de vãos. A) 1,20 m, B) 2,00 m com indicação dos ângulos e com duas palas horizontais nos dias 20 de abril e 21 de agosto

Num exemplo como este percebe-se que as palas, tanto num vão como noutro, respondem às questões de sombreamento e para além disso não danificam a vista que o utilizador pode ter para o exterior. Contudo a pala superior só tem a função de sombrear uma pequena parcela do vão, o que nos permite concluir que esta solução tanto no ponto de vista formal como no ponto de vista de sombreamento não faz sentido nem seria uma solução posta em causa para um edifício. O corte apresentado (Figura 13) tem como objetivo mostrar qual o ângulo para o dia 25 de março ao meio dia solar e o ângulo para o dia 16 de setembro ao meio dia solar.

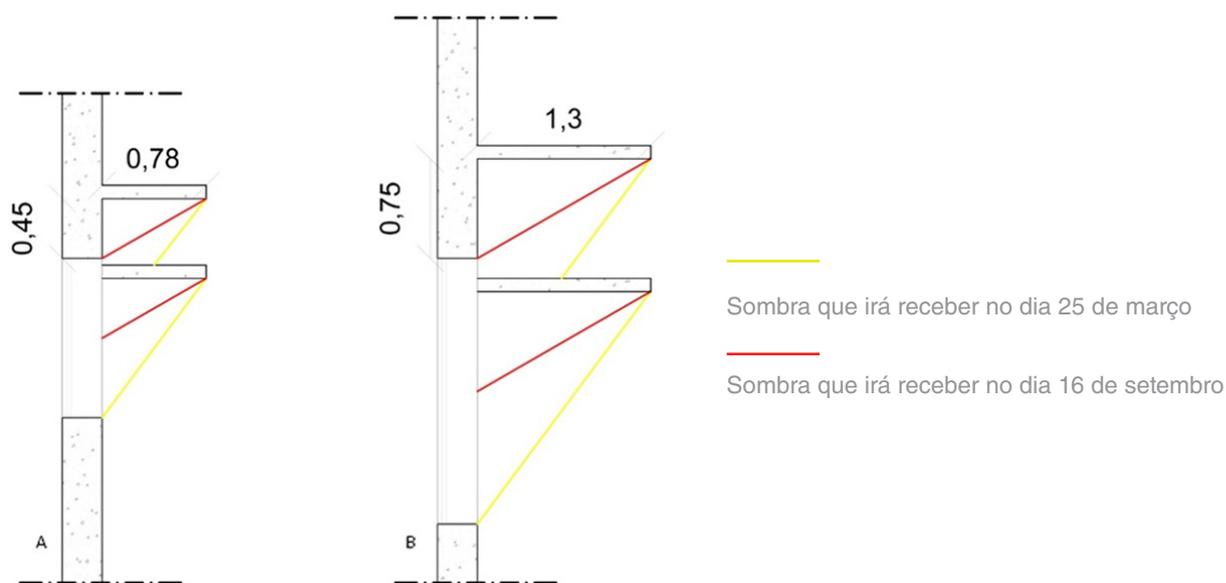


Figura 13: Corte de vãos. A) 1,20 m, B) 2,00 m com indicação dos ângulos solares e com duas palas horizontais nos dias 25 de março e 16 de setembro

Tanto neste como o primeiro exemplo apresentados neste capítulo, respondem às questões de sombreamento e não impossibilitam a vista do utilizador para o exterior do espaço, no entanto, neste exemplo a pala superior não cumpre qualquer tipo de função uma vez que está quase no topo do vão. Esse seria um dos motivos pelo qual não se deve aplicar este tipo de sombreamento. A solução passaria por optar por um outro sistema que funcionasse tanto esteticamente como financeiramente.

Todos os exemplos apresentados são meramente representativos e fazem parte de um estudo para se perceber qual a melhor pala e qual cumpre as diversas funções, desde sombrear, fazer parte integrante do edifício e não impedir a vista aos utilizadores. Contudo percebe-se desde logo que alguns exemplos não são possíveis soluções, quer pelas dimensões que estes apresentam quer pelo facto de estarem a distâncias consideráveis do vão.

Foram realizados vários estudos acerca dos elementos de sombreamento em vários períodos do ano de forma a obter-se sombreamento total ao longo do verão e luz solar ao longo do inverno. No entanto não é fácil conjugar os períodos em que se quer sombra com os períodos de sol juntamente com os elementos horizontais.

Para conseguir sombra total até ao final do verão teria de se abdicar da luz solar ao longo de uma parte importante do inverno, no entanto, para este estudo torna-se mais relevante os elementos horizontais que possam responder as questões de sombreamento na época de maior calor.

Isto acontece, pois, o edifício tem como função investigação marítima, assim sendo, cada laboratório tem ventilação individual, o que se torna mais fácil controlar a temperatura interior do edifício com sistemas de ar condicionado. Assim sendo optou-se por palas que cumprem a função de sombrear só no verão não impedindo, no entanto que no inverno não ocorra sombra.

Este estudo teve a questão acima apresentada como uma dificuldade. Teve que se optar por sombrear no verão e incidência de raios solares no inverno ou sombrear no verão e um pouco no inverno, mas obter palas que pudessem ser utilizadas no edifício, de modo a não o danificar esteticamente.

Conclui-se com este estudo, que este tipo de sistema de sombreamento não era viável uma vez que não se justifica duplicar as palas, uma vez que, uma das palas nunca poderá cumprir a função de sombreamento.

## 5. AVALIAÇÃO DA APLICAÇÃO DO SISTEMA DE CONTROLO SOLAR NO PROJETO INDIVIDUAL

Com este estudo pretendeu-se desenvolver um sistema de sombreamento capaz de responder às questões de uma arquitetura sustentável. Em primeiro lugar ter a capacidade de sombrear ao longo do dia, em segundo lugar não obstruir a vista do usuário para o exterior, e por último, não transparecer a imagem de serem elementos agregados à fachada.

Após todo o estudo, apresentado no capítulo anterior, este é usado como uma base indispensável para se poder concluir qual o melhor sistema de controlo solar para este edifício em questão.

Conclui-se então, que para uma fachada a Sul o mais apropriado para um vão será um sistema de sombreamento horizontal. Neste caso foram escolhidos os vãos a Sul por se tratar de uma zona com temperaturas médias elevadas no verão e por ser a fachada que mais radiação solar recebe no verão ao longo do dia.

O sistema de sombreamento vertical, neste estudo, não iria melhor as condições interiores, uma vez que este tem mais utilidade nas fachadas Nascente e Poente, o que não é o propósito deste estudo. O sistema vertical na fachada a Sul poderia obstruir a vista do utilizador do espaço para o exterior, e não é o que se procura num sistema de sombreamento.

O que se procurou obter com este estudo foi desenvolver um sistema de sombreamento capaz de responder às questões de uma arquitetura sustentável. Em primeiro lugar, ter a capacidade de responder às questões solares, ou seja, ter a capacidade de sombrear ao longo do dia. Em segundo lugar não obstruir a vista do usuário para o exterior, e por último, não transparecer a imagem de serem elementos agregados à fachada, mas sim elementos que fazem parte integrante do edifício.

Ao longo deste estudo foram encontradas algumas dificuldades, como por exemplo, encontrar uma pala que permitisse obter sombra ao longo do verão sem que esta danifique a estética do edifício e que não bloqueasse a entrada de raios solares no inverno.

Neste caso, como era prioritário ter sombra ao longo do verão, posicionou-se a pala junto ao vão, contudo no inverno o mesmo posicionamento da pala proporciona o bloqueio da entrada de luz solar. No entanto esta solução não é desvantajosa uma vez que as zonas em questão são na sua maioria laboratórios, logo têm a capacidade de aquecer o espaço com mecanismos automáticos, ou seja, através de ar condicionados e controlar a temperatura interior do espaço independentemente da temperatura exterior.

Os seguintes exemplos apresentam as dimensões das palas que foram selecionadas para o projeto individual. Foram pensadas e desenhadas de forma a cumprirem a função de sombrear na época mais quente do ano.

As palas têm um metro de comprimento e estão junto ao vão. Estas palas têm uma dimensão específica pelo facto de ser um meio termo, tanto para o vão de 1,20 metros como para o de 2,00 metros de altura. No vão de 1,20 metros esta pala é o suficiente para sombrear em qualquer altura do verão, no entanto no vão de 2,00 metros de altura não tem a capacidade de sombrear na totalidade; contudo, os raios solares que entram para o interior do espaço não interferem com o bem-estar do ocupante.

O corte apresentado (Figura 14) tem como objetivo mostrar qual o ângulo da sombra no verão, que o espaço irá receber nos dias 20 de junho. Para melhor compreensão da sombra no espaço, a Tabela 1, permite visualizar imagens em 3D realizadas em Revit.

Para o estudo foram estipuladas três datas em que o objetivo era começar a ter sombra total (25 de março, 20 de abril e 20 de junho), e a data de 21 de setembro onde se pretendia que o espaço começasse a receber raios solares. A Tabela 1 demonstra exemplo em 3D de como se comporta a sombra nestas datas.

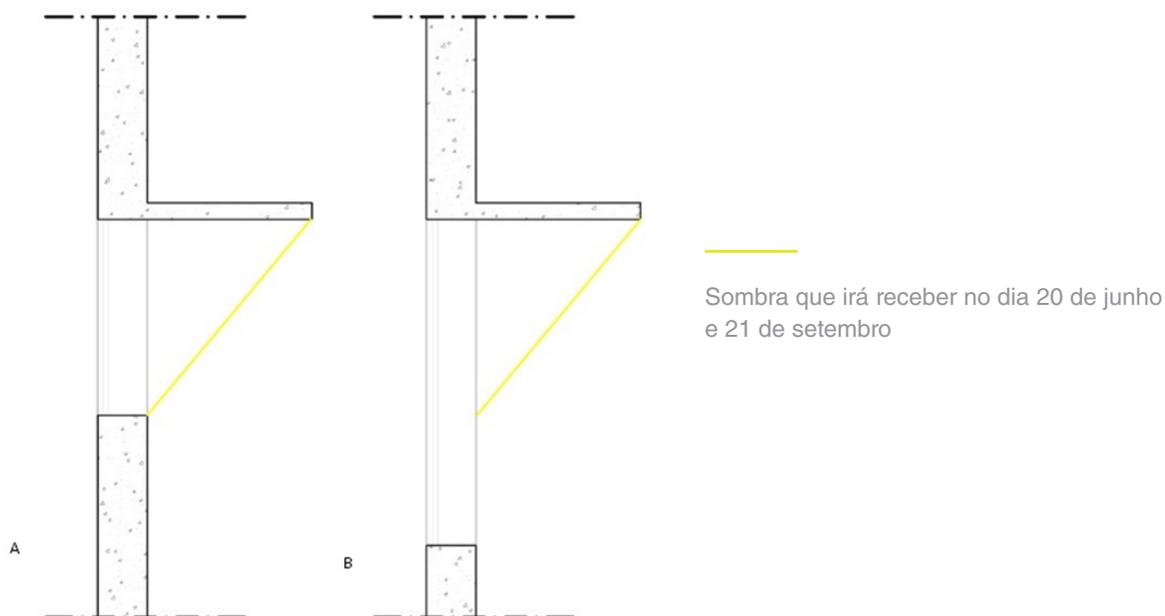


Figura 14: Corte de vãos. A) 1,20 m, B) 2,00 m com indicação dos ângulos solares nos dias 20 de junho e 21 de setembro.

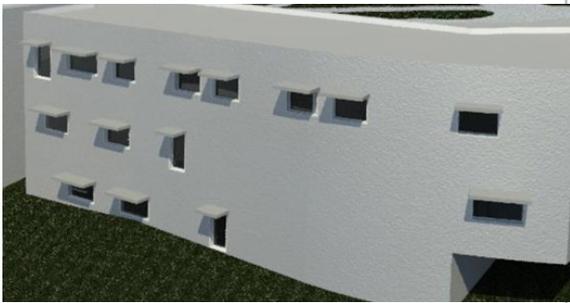
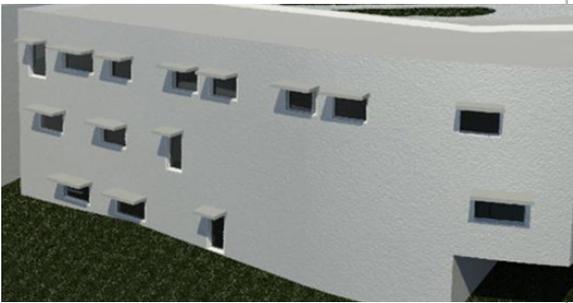
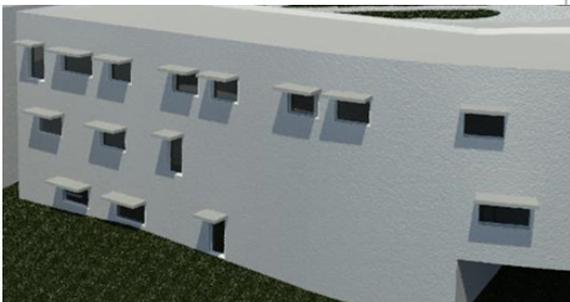
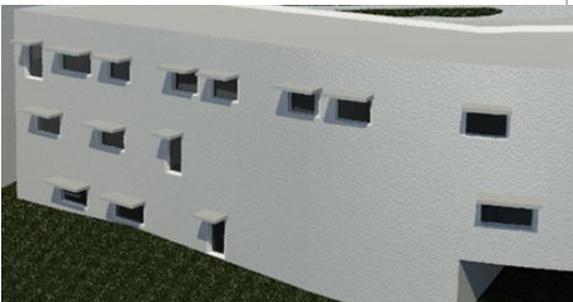
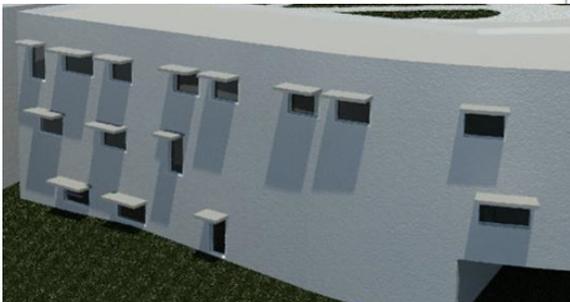
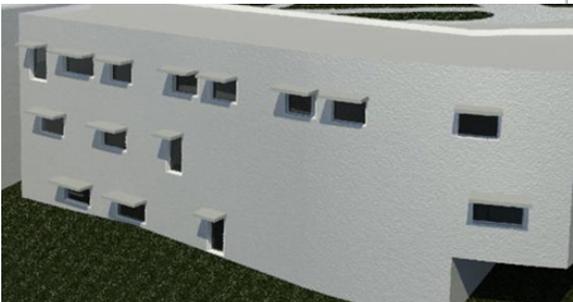
Conclui-se assim, que uma pala de um metro de comprimento responde às questões de sombreamento ao longo do verão. Para além de ser uma pala com dimensões consideráveis, sombreia o espaço ao longo do verão e não danifica a estética do edifício, tornando-se assim um elemento fundamental para o caráter do mesmo.

No caso deste estudo, adaptou-se a mesma pala para os dois vãos, 1,20 metros e 2,00 metros de altura, por questões de linguagem do edifício. No entanto, para o vão de 1,20 metros bastava uma pala de 0,85m para cumprir todas as questões

de sombreamento, mas uma vez que este estudo também tem como objetivo a estética do edifício, optou-se por manter a dimensão para ambos os vãos.

Estas palas são um exemplo representativo, pensado e estudado para o projeto em estudo e com uma localização exata do edifício, constituindo assim um estudo específico para o Centro de Investigação Marítima em Sines. Para ser aplicado a outro edifício e localização será necessário realizar novo estudo de modo a perceber quais as dimensões mais adequadas.

Tabela 1 – Visualização de imagens em 3D realizadas em Revit

Hora	25 de março	21 de setembro
12h00		
Hora	20 de abril	21 de setembro
12h00		
Hora	20 de Junho	21 de setembro
12h00		

## 6. CONCLUSÕES

O presente estudo tinha como objetivo demonstrar a importância que um sistema de sombreamento desempenha num edifício. Estes contribuem não só para uma arquitetura energeticamente eficiente e com conforto térmico, mas também não deve ser excluída a dimensão estética que estes sistemas podem proporcionar a um projeto arquitetónico.

O projeto em questão, Centro de Investigação Marítima, localiza-se em Sines, localidade caracterizada por um clima no verão com temperaturas médias de 16,9°C, pelo que a fachada que se optou para a colocação de sistemas de sombreamento foi a fachada a sul, uma vez que é esta aquela que mais raios solares recebe.

Os sistemas aplicados no edifício foram pensados também de acordo com as dimensões que estes poderiam assumir. Ou seja, optou-se por uma pala horizontal de 1 metro de comprimento, pois com esta dimensão pode-se sombrear ao longo do verão e ao longo de todo o dia, permitindo também que no inverno o espaço receba abundantemente luz solar. Ressalve-se, porém, que este tipo de sistema foi pensado e desenvolvido tendo em conta as especificidades do projeto apresentado.

O projeto apresentado comprovou como é possível desenvolver um sistema de sombreamento horizontal simultaneamente capaz de responder às questões de sombreamento, considerar também a regulação da iluminação natural, sem descuidar preocupações estéticas.

## REFERÊNCIAS

- [1] OIKONET MOOC Energy efficiency HorShading realizado pelo Professor Vasco Moreira Rato, cedido a 09/05/2016 para estudo do dimensionamento das palas horizontais.
- [2] Moita, F. (2010). Energia Solar Passiva (2ªed.). Lisboa: Argumentum .
- [3] Goulding, J. R., Lewis, J. O., & Steemers, T. C. (1997). Energy Conscious Design: A Primer for Architects. London.
- [4] Lamberts, R., Dutra, L., & Pereira, F. (1997). Eficiência energética na Arquitectura. São Paulo : PW Editores.
- [5] Frota, A. B. (2004). Geometria da Insolação. São Paulo: Geros LTDA.
- [6] Olgyay, V. (1998). Arquitectura y Clima: Manual de Diseño Bioclimático para Arquitectos y Urbanistas. Barcelona: Gustavo Gili S.A.
- [7] Kahn, L. I., & Vassella, A. (1969). Silence and Light. Zurich.
- [8] Sines, M. d. (s.d.). <http://www.sines.pt>. Obtido de Sines Município: <http://www.sines.pt/frontoffice/pages/311>
- [9]<http://www.distancesfrom.com/pt/Sines-latitude-longitude-Sines-latitude-Sineslongitude/LatLongHistory/1503516.aspx> consultado em 28/04/2016
- [10] <http://pt.climate-data.org/location/7107/> consultado em 28/04/2016